



AFCAB

ASSOCIATION FRANÇAISE
DE CERTIFICATION
DES ARMATURES DU BÉTON

BIENVENUE A LA

MATINALE 2014

7 octobre 2014



MATINALE 2014

Laura MASSIS

Bernard CRETON

Président de l'AFCAB

PROGRAMME

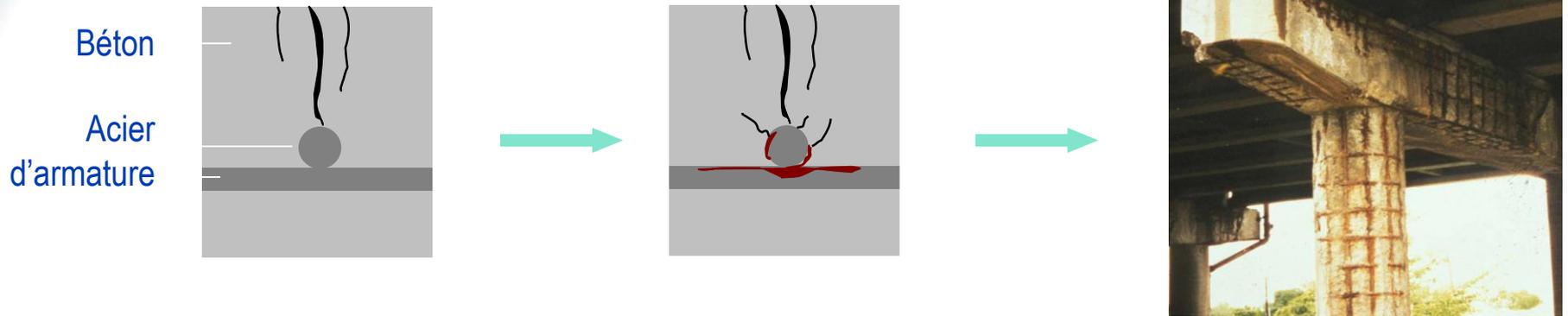
- Les armatures non métalliques
- Les aciers plats
- Les aciers cryogéniques
- Les réactions du marché suite à la mise en application de l'Eurocode 8
- Post-Scriptum

Les armatures non métalliques (armatures composites)

Sylvain CHATAIGNER - IFSTTAR

Contexte

Principale pathologie des ouvrages en béton armé: Corrosion



- Deux possibilités pour y remédier:
 - Protection des armatures (revêtements, enrobage: type de béton, épaisseur, ...)
 - Utilisation d'autres types d'armatures: inox, composites, ...
- Intérêt également pour les câbles de haubans et les armatures actives

Plan

- I) Introduction sur l'utilisation des matériaux composites en génie civil
 - I) Champs d'application et avantages
 - II) Cas des renforcements collés

- II) Les armatures composites pour le renforcement du béton
 - I) Généralités sur les armatures composites
 - II) Propriétés des armatures
 - III) Influence sur le dimensionnement
 - IV) Présentation d'une entreprise de fabrication d'armatures composites

- III) Quelques applications
 - I) Structures au Japon
 - II) Structures au Canada
 - III) Thématiques de travail à l'IFSTTAR

Introduction sur l'utilisation des matériaux composites en génie civil

Champs d'application et avantages



UR Navier, J.F. Caron, G. Foret

Développement de l'utilisation des matériaux composites dans le domaine des ouvrages d'art (+ bâtiment):

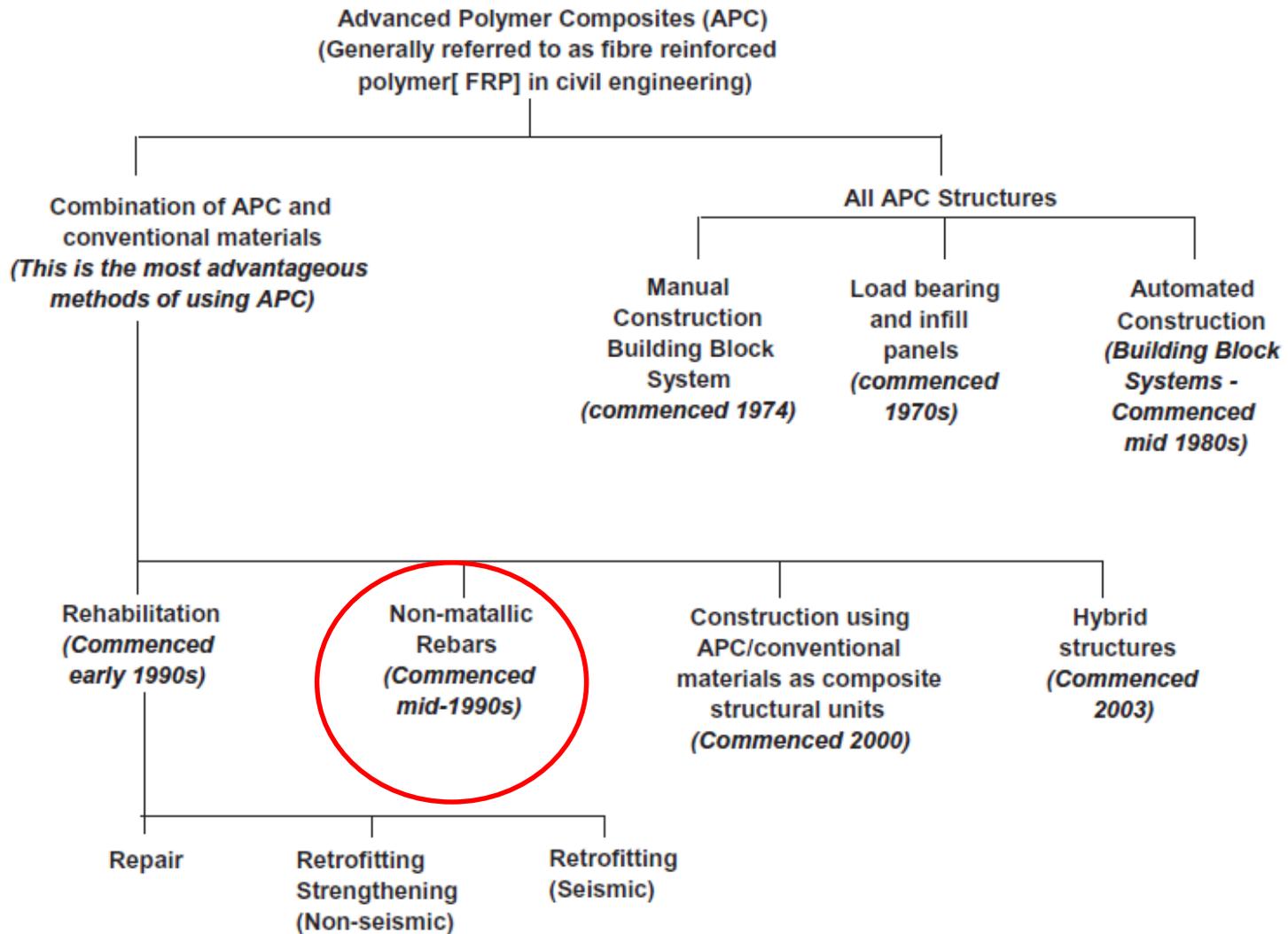
- Adaptation de la structure à de nouvelles utilisations ou de nouvelles réglementations
- Renforcement de structures existantes
- Réparation de structures existantes
- Réalisation de nouveaux éléments de structures plus durable
- Développement de nouveaux concepts structuraux

Adapté aux objectifs du Grenelle:

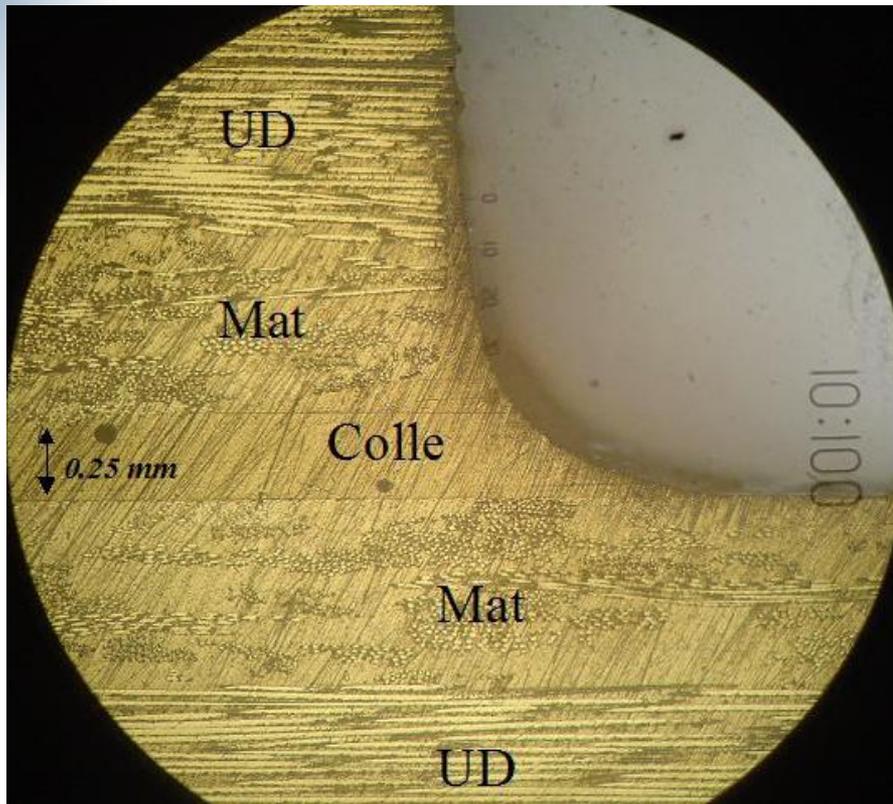
- Augmentation de la durée de vie des structures (matériaux non corrosifs, faible densité, ...)
- Économie des ressources
- Sécurité des usagers ,



CETE Lyon, C. Aubagnac



Un matériau est composite dès qu'il est constitué de plusieurs matériaux, l'expression « matériaux composites » a été détournée et désigne les matériaux à matrice organique et fibres longues



Un composite

Mélange Fibre-Matrice= FRP (Fiber Reinforced Polymer)

- Importance des différents matériaux en présence
- Importance de l'échelle de la microstructure
- Importance de l'adhésion fibre-matrice

Fibres:

- Assurent la rigidité et la résistance du matériau (propriétés mécaniques élevées)
- La forme de fibre permet d'obtenir des propriétés mécaniques beaucoup plus élevée que la forme massique (dépendantes du procédé de fabrication)
- Plusieurs types de fibres: Carbone, Verre, Kevlar, etc...

Matrice:

- Rôle de protection des fibres, de répartition et de transmission des contraintes au sein du matériau
- Incidence de la matrice sur la mise en œuvre et sur certaines des propriétés des matériaux composites (tenue au feu, certaines propriétés mécaniques, etc...)
- Deux principaux types de matrices organiques:
 - Thermoplastiques
 - Thermodurcissables: les plus utilisées (prix, mise en œuvre)

Cas des renforcements par composites collés



Plat pultrudé

Système plat pultrudé:

- Composite réalisé en usine (Volume de fibres très important)
- Raideur très élevée (proche de celle de l'acier) ($E = 160\ 000\ \text{MPa}$)
- Géométrie prédéfinie

Système tissu sec:

- Composite réalisé in-situ
- Raideur plus faible ($70\ 000\ \text{MPa}$)
- S'adapte à la plupart des géométries (sauf angles saillants)

Deux principaux procédés déjà utilisés couramment en génie civil



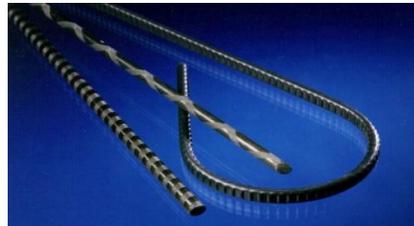
Tissu sec



Guide de recommandations sur le sujet (AFGC)

Organisme délivrant des avis techniques (CSTB)

Les armatures composites pour le renforcement du béton



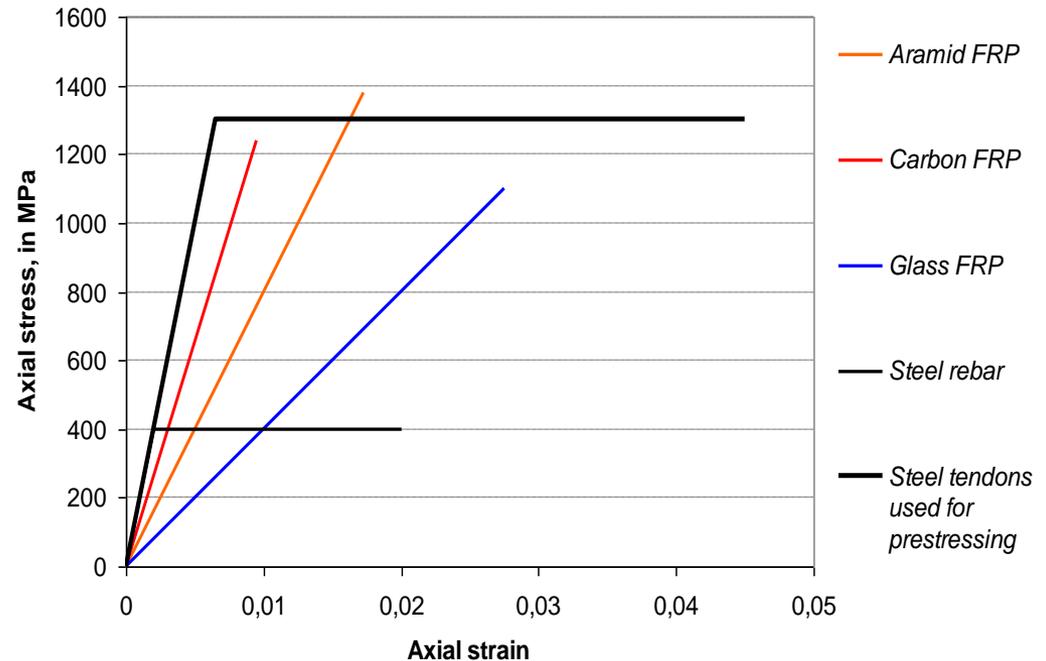
Généralités

- Armatures composites utilisées depuis le début des années 90 d'abord au Japon, puis au Canada et aux Etats-Unis:

- Fibre: Verre, Carbone, Aramide, Basalte, ...
- Matrice: Epoxy ou Vinylester

- Leurs avantages:

- Durabilité (pas de corrosion)
- Légèreté
- Amagnétique et faible conductivité thermique pour certaines
- Bonnes propriétés mécaniques



Pinzelli R., Fibres aramides pour matériaux composites, Techniques de l'Ingénieur, A 3 985, 1994.

⇒ Leur comportement fragile implique des règles de dimensionnement différentes de celles utilisées pour le béton armé avec armatures métalliques!

Certification – Normalisation

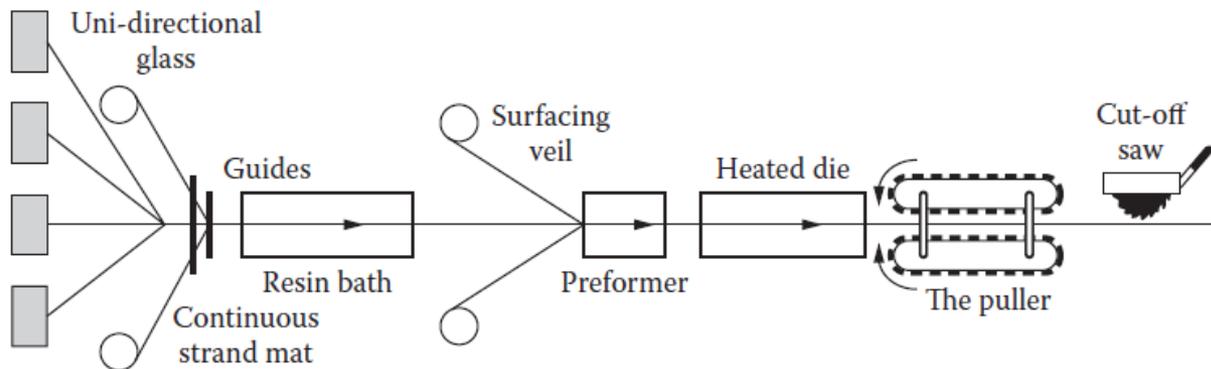
- Certification:
 - ISIS Canada, Exigences pour l'homologation de barres d'armature en polymères renforcés de fibres pour les structures en béton, Canada, 2006.
- Normalisation:
 - JSCE: recommandations sur la conception de béton armé renforcé par armatures composites en 1996 (Japon)
 - ACI: recommandations sur la conception en 2001, guide sur la caractérisation des armatures composites en 2004, guide sur la future certification de ces armatures en 2008 (US)
 - CSA: recommandations sur la conception en 2002 (Canada)
- Recommandations:
 - Fib, FRP reinforcement in RC Structures, bulletin 40, Technical report, 2007 (Europe)
 - CNR-DT 203/2006, Guide for the design and construction of concrete structures reinforced with fibre-reinforced polymer bars, National Research Council, Rome, 2007 (Italie)

⇒ Groupes de travail Eurocode en démarrage

Propriétés des armatures

- Microstructure des armatures:

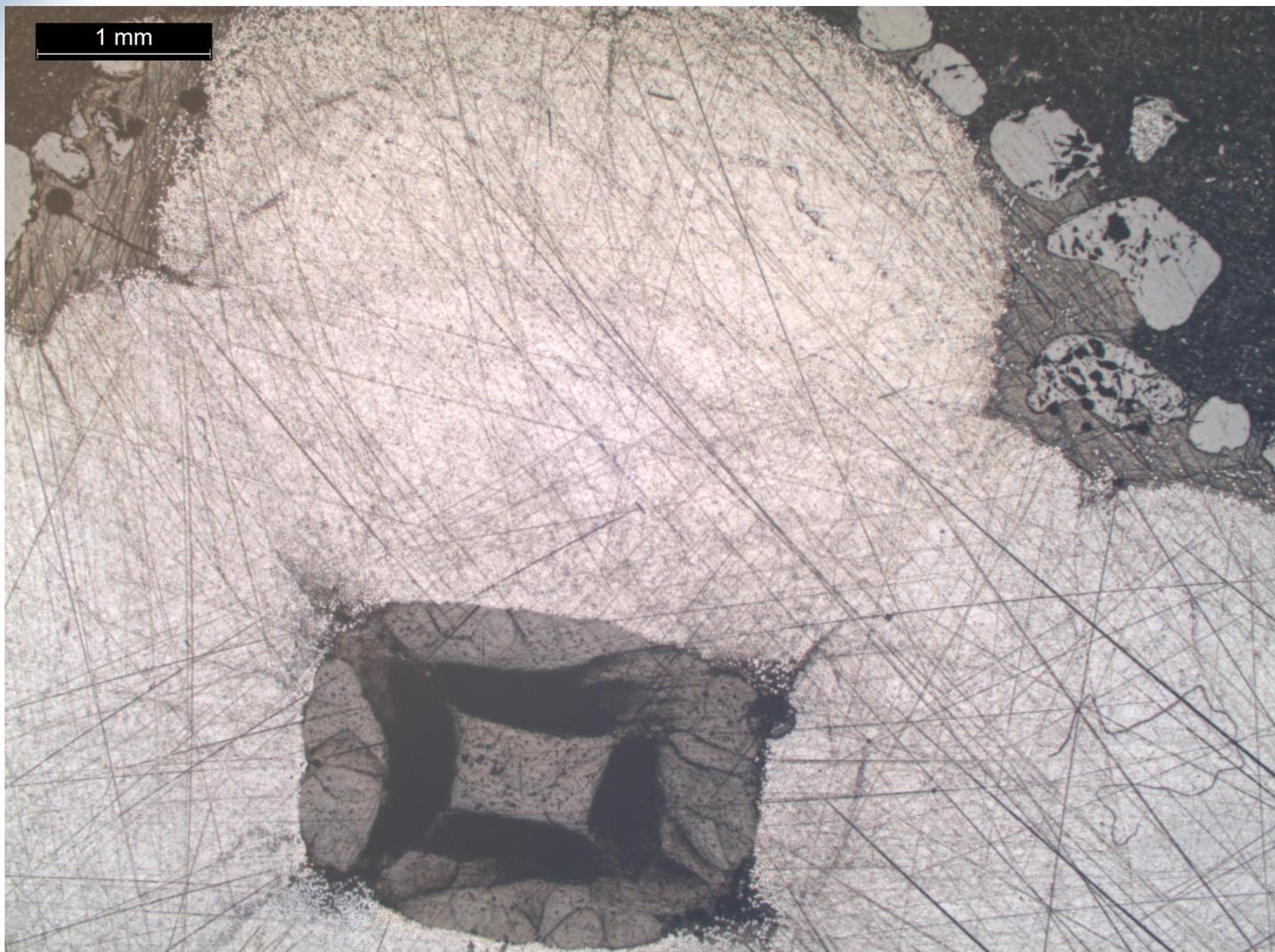
- Influence le comportement de l'armature (taux de fibres, adhésion fibre-matrice, ...)
- Importance de l'homogénéité de la section (variabilité des propriétés)
- Comportement anisotrope de l'armature (faible raideur en cisaillement)



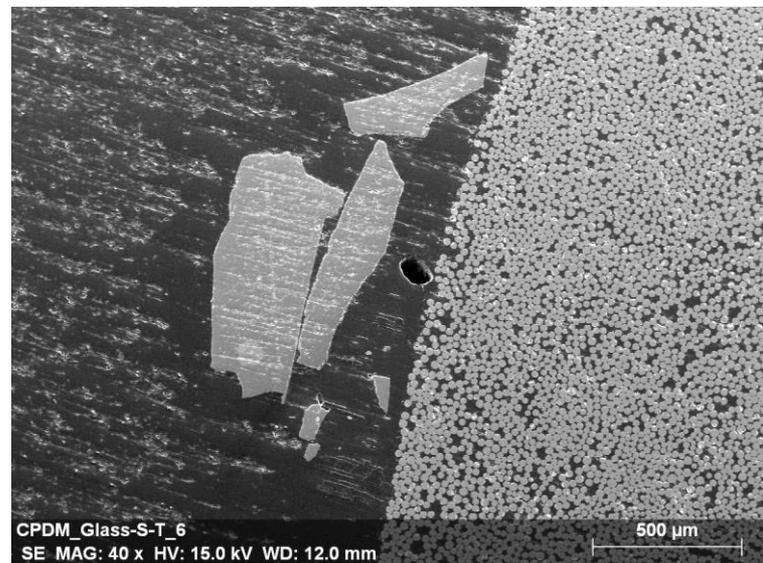
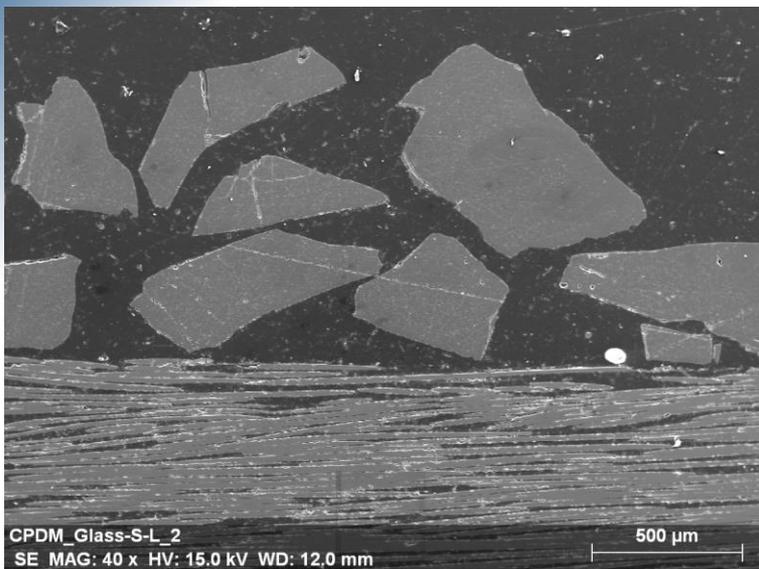
Une ligne de pultrusion, Gangarao and al., 2007

Type	Rod (round)	Rod (rectangular)	strand	braid	grid
Symbol	R, D	P	S	B	L
Configuration					

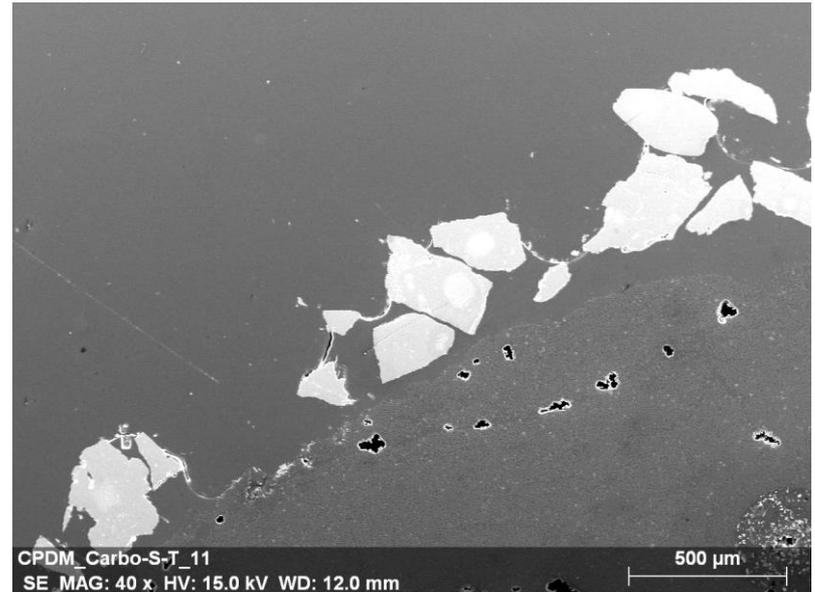
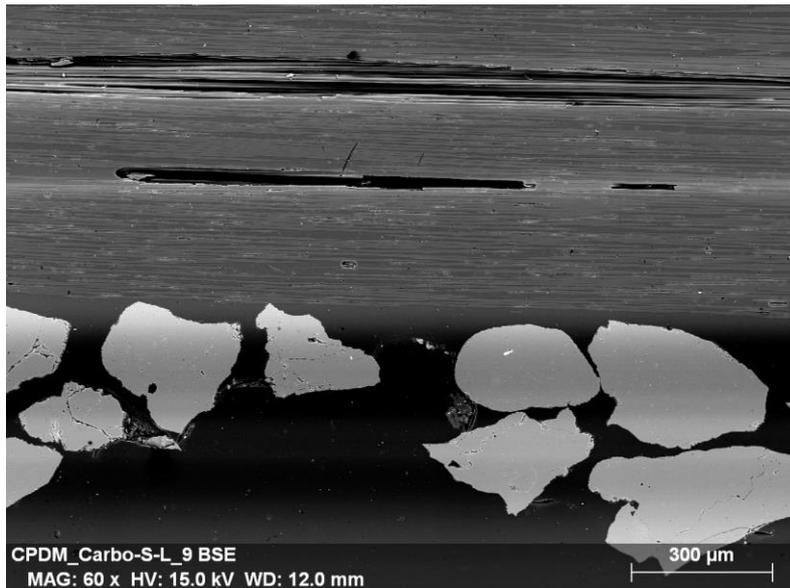
Les différentes sections, Ueda T., FRP for construction in Japan, CFRRA



Exemple d'observation au microscope d'une section d'armature composite tressée à fibre aramide et sablée



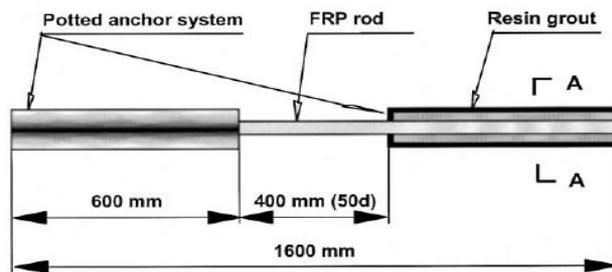
Exemple d'observation au microscope d'une section d'armature composite à fibre de verre et sablée



Exemple d'observation au microscope d'une section d'armature composite à fibre de carbone et sablée

Propriétés mécaniques usuelles en traction des armatures:

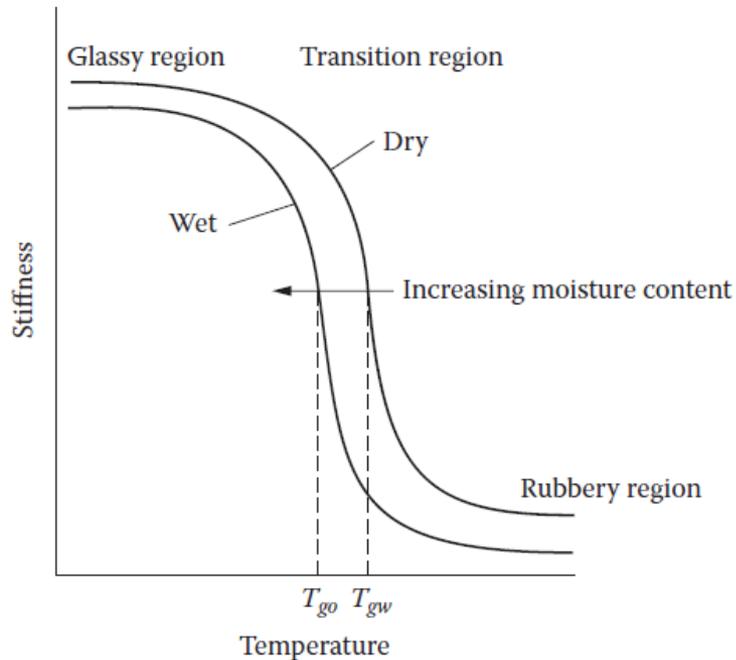
Matériau	Résistance ultime	Module élastique en traction	Déformation à la rupture
PRF de verre	517-1207 MPa	30-55 GPa	2-4.5 %
PRF de carbone	1200-2410 MPa	147-165 GPa	1-1.5 %
PRF d'aramide	1200-2068 MPa	50-74 GPa	2-2.6 %
Acier	483-690 MPa	200 GPa	>10 %



Benmokrane B., Zhang B., Chennouf A., Tensile properties and pullout behaviour of AFRP and CFRP rods for grouted anchor applications, Construction and Building Materials, Vol. 14 (3), pp. 157-170, 2000.

Propriétés thermo-mécaniques:

- Existence d'une température caractéristique dépendante de la matrice (Température de transition vitreuse, T_g)
- Dilatations thermiques anisotropes et différentes de celle du béton

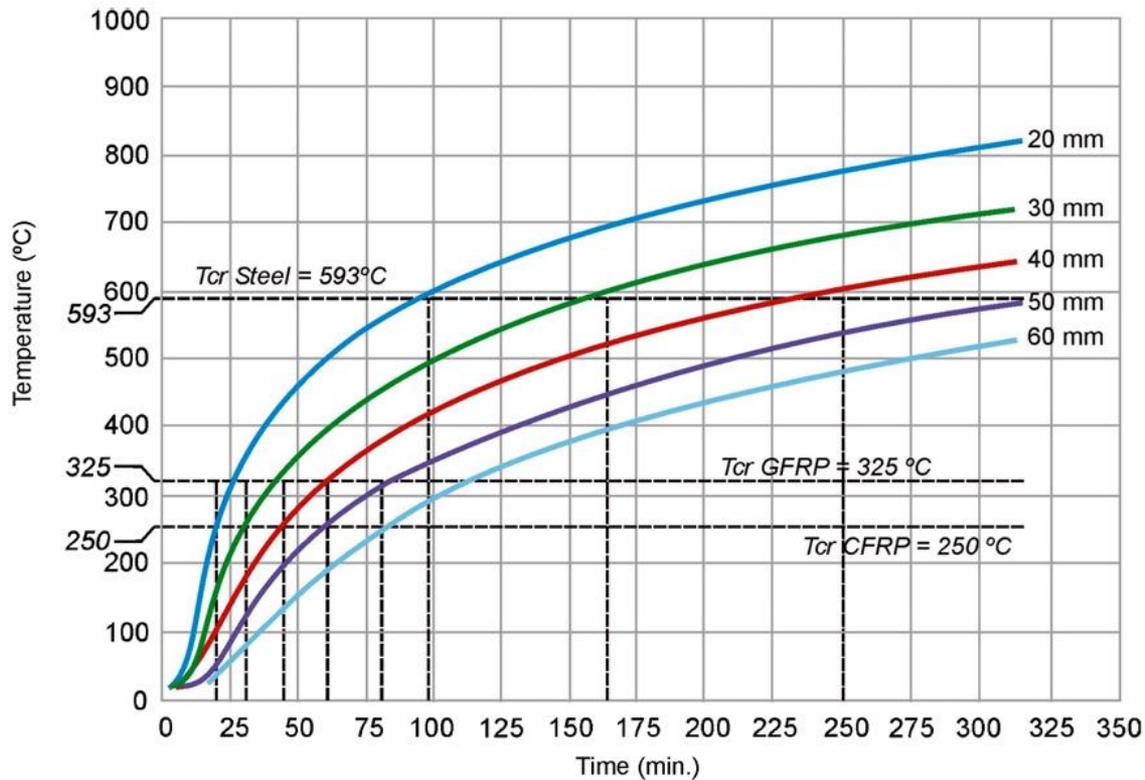


Direction	Coefficient of thermal expansion ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)			
	Steel	GFRP	CFRP	AFRP
Longitudinal, α_L	11.7	6.0 to 10.0	-1.0 to 0	-2.0 to -6.0
Transverse, α_T	11.7	21.0 to 23.0	22.0 to 50.0	60.0 to 80.0

Ceroni F., Cosenza E., Gaetano E., Pecce M., *Durability issues of FRP rebars in reinforced concrete members*, *Cement and concrete composites*, Vol. 28 (10), pp. 857-868, 2006.

(Gangarao H.V.S., Taly N., Vijay P.V., *Reinforced concrete design with FRP composites*, Taylor and Francis Group, 2007.)

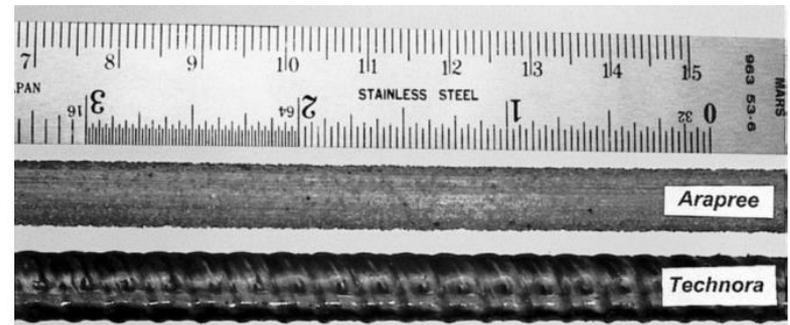
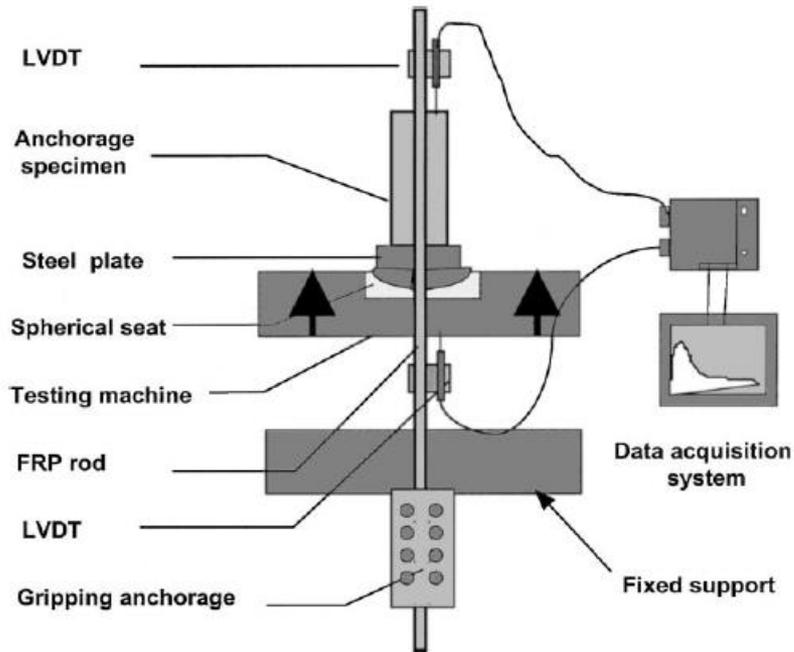
Comportement au feu:



L.A. Bisby, V.K.R. Kodur, Evaluating the fire endurance of concrete slabs reinforced with FRP bars: Considerations for a holistic approach, Composites Part B, Vol.38, 2007

Adhésion armature-béton

- Possibilités de verrous (géométrie, enroulement, ...) ou de sablage
- Caractérisation par essais pull-out
- Utilisation de barres composites pré-coudées

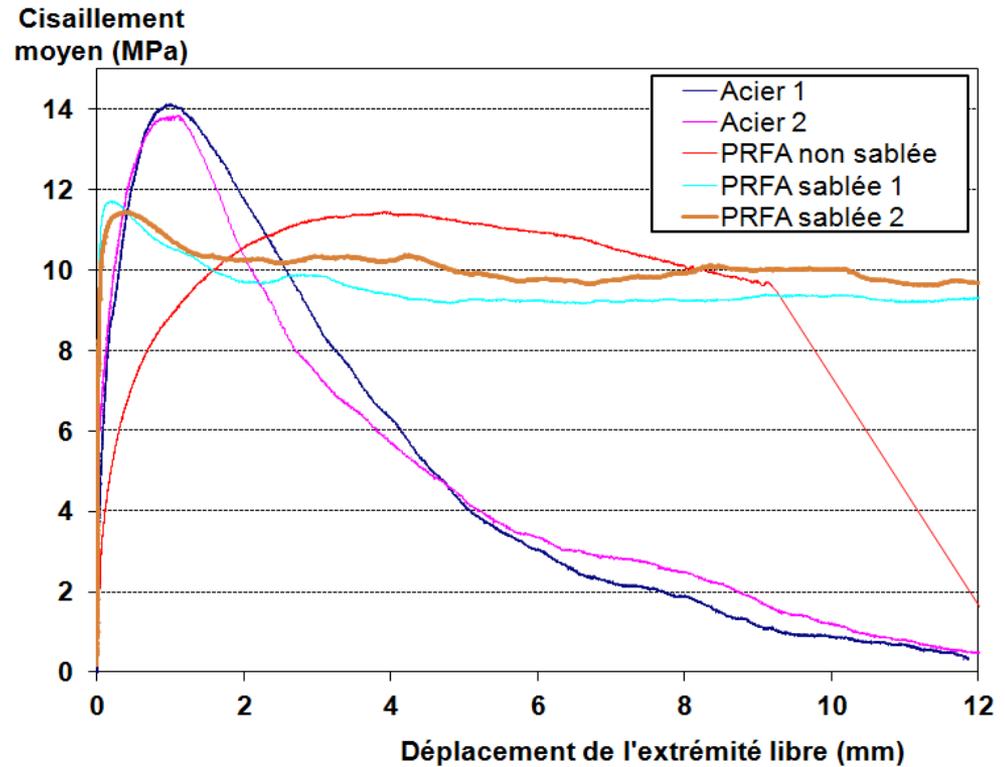


Benmokrane B., Zhang B., Chennouf A., Tensile properties and pullout behaviour of AFRP and CFRP rods for grouted anchor applications, Construction and Building Materials, Vol. 14 (3), pp. 157-170, 2000.



Essais pull-out sur armatures PRF aramide sablée ou non sablée et sur acier:

- Peu de différences en capacités ultimes
- Raideur plus faible
- Apport du sablage pour la raideur



Chataigner S., Rolland A., Benzarti K., Dieng L., Boudarene O., Paul J.M., Quierlant M., Argoul P., Collet P., *Caractérisation d'armatures en PRF d'aramide utilisées dans les structures en béton armé*, JNC 18, Nantes, Juin 2013.

Durabilité des armatures composites:

- Possibilité de sensibilité au milieu alcalin (en particulier pour les fibres de verre non protégées vis-à-vis de la réaction alcali-silice)
- Prise en compte du fluage et de la relaxation par des facteurs de sécurité dans les guides de dimensionnement

Enrobage des armatures:

- Nécessaire pour le transfert des efforts et éventuellement la protection des armatures vis-à-vis de la température

Table 4
Reduction factors

Factor	ACI 440	NS 3473	CHBDC	JSCE	BISE	CNR
Reduction for environmental deterioration	C_E	η_{env}	Φ_{FRP}	$1/\gamma_{fm}$	$1/\gamma_m$	η_a
	GFRP: 0.7–0.8	GFRP: 0.5	GFRP: 0.75	GFRP: 0.77	GFRP: 0.3	GFRP: 0.7–0.8
	AFRP: 0.8–0.9	AFRP: 0.9	AFRP: 0.85	AFRP: 0.87	AFRP: 0.5	AFRP: 0.8–0.9
	CFRP: 0.9–1.0	CFRP: 1.0	CFRP: 0.85	CFRP: 0.87	CFRP: 0.6	CFRP: 0.9–1.0
Stress limit for permanent load	GFRP: 0.20	Not specified	F	0.8 of creep failure strength	Not specified	η_1
	AFRP: 0.30		GFRP: 0.8–1.0	GFRP \leq 0.7		GFRP: 0.3
	CFRP: 0.55		AFRP: 0.5–1.0	AFRP \leq 0.7		AFRP: 0.5
			CFRP: 0.9–1.0	CFRP \leq 0.7		CFRP: 0.9

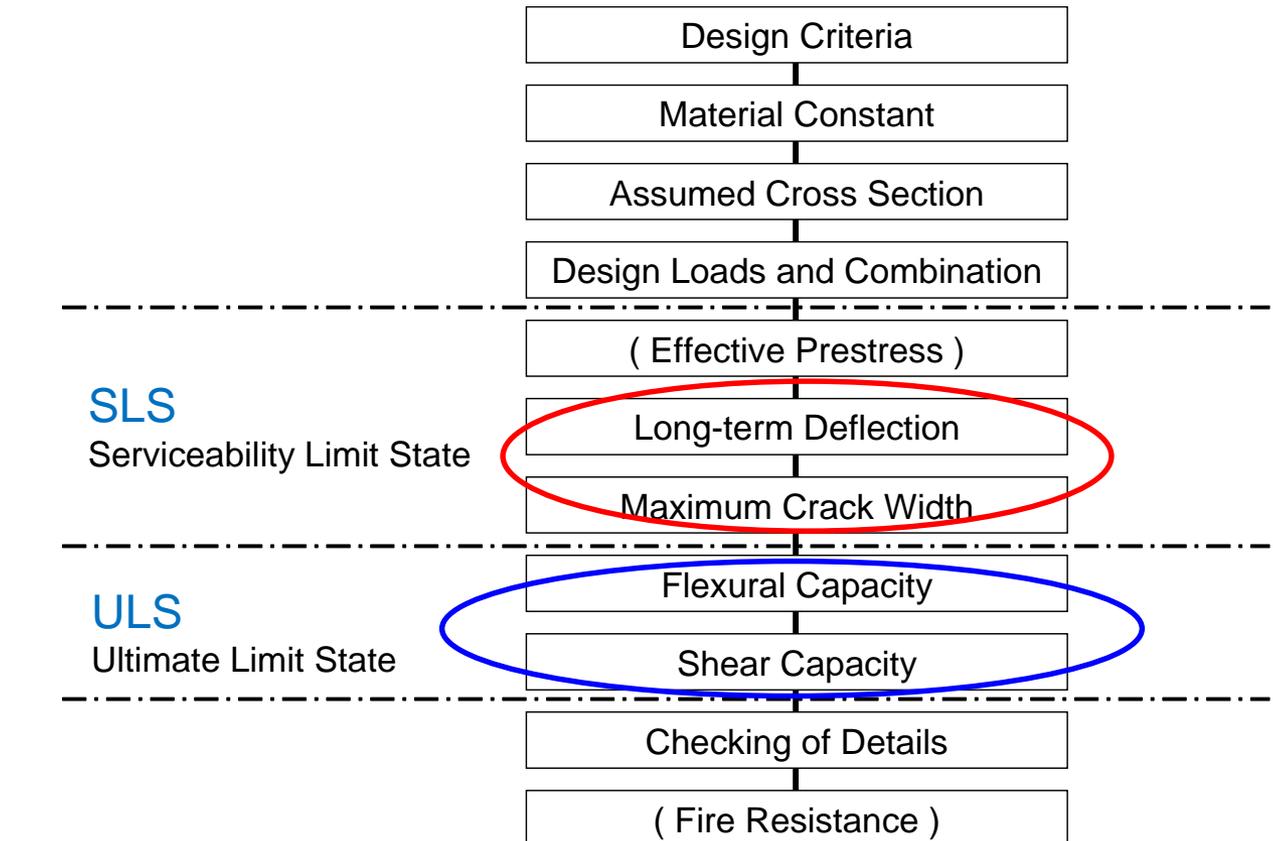
Ceroni F., Cosenza E., Gaetano E., Pecce M., *Durability issues of FRP rebars in reinforced concrete members, Cement and concrete composites*, Vol. 28 (10), pp. 857-868, 2006.

Influence sur le dimensionnement

- Dimensionnement piloté par des facteurs différents

- Approches des codes existants conservatives (notamment pour les limites en terme de flèche et de fissuration, la non prise en compte des armatures en compression, le sur renforcement...)

- Influence de l'anisotropie de l'armature sur le dimensionnement (pas d'effet goujon pour l'effort tranchant)



 En général dimensionnant pour les armatures FRP

 En général dimensionnant pour les armatures acier

Présentation d'une entreprise de fabrication d'armatures composites: Fibex

- Créée en Juin 1992
- Détenue par Sumitomo Construction (50 %) et Shinko Wire (50%)
- 18 employés (9 ingénieurs)
- Production de 300 000 m d'armatures par an (80 % armatures passives)



Hall de pultrusion



Tresse d'aramide



Bain de résine



Résine époxy bi-composant



Etirage de la tresse imprégnée



Excédent de résine



*Contrôle des paramètres de pultrusion
(effort, températures, ...)*



Passage dans les fours de polymérisation



Excédent de résine



Outil de traction



Sciage des armatures

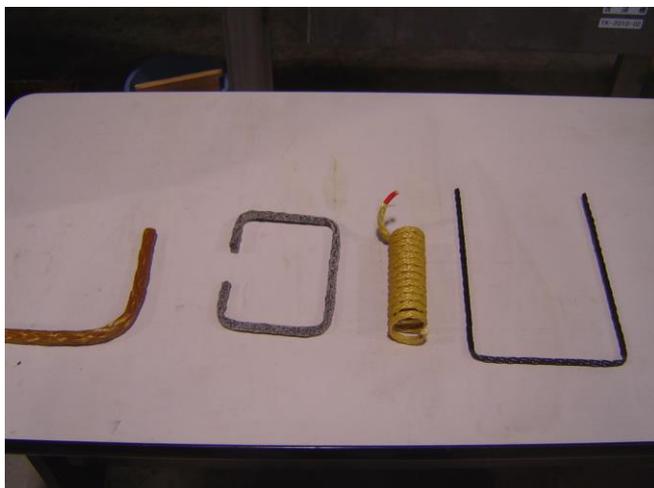




Sablage éventuel



*Cas des éprouvettes coudées
(formage avant polymérisation)*



Quelques applications

Structures au Japon

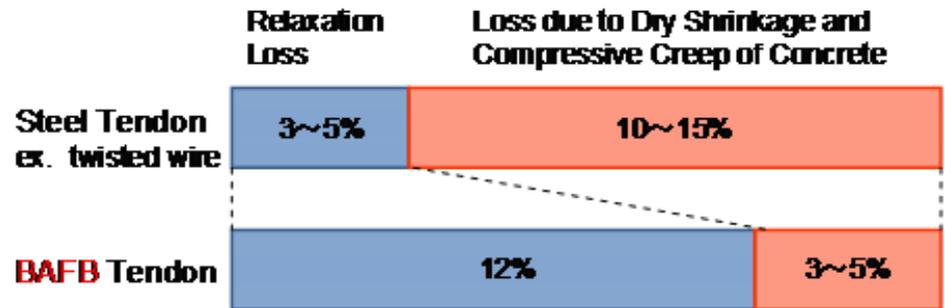
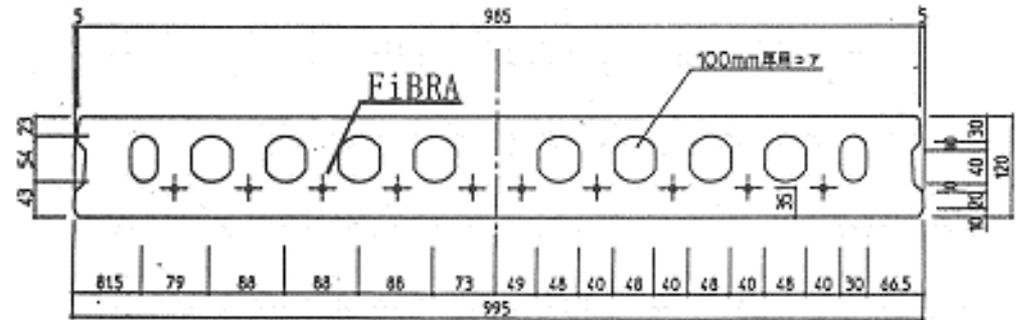
Fondations en béton armé de composite à fibre aramide tressé



- *Intérêt de l'amagnétisme*
- *Facilité de manipulation sur site*
- *Durabilité > 10 ans*



Dalles précontraintes avec des composites à fibre aramide: Rainbow bridge

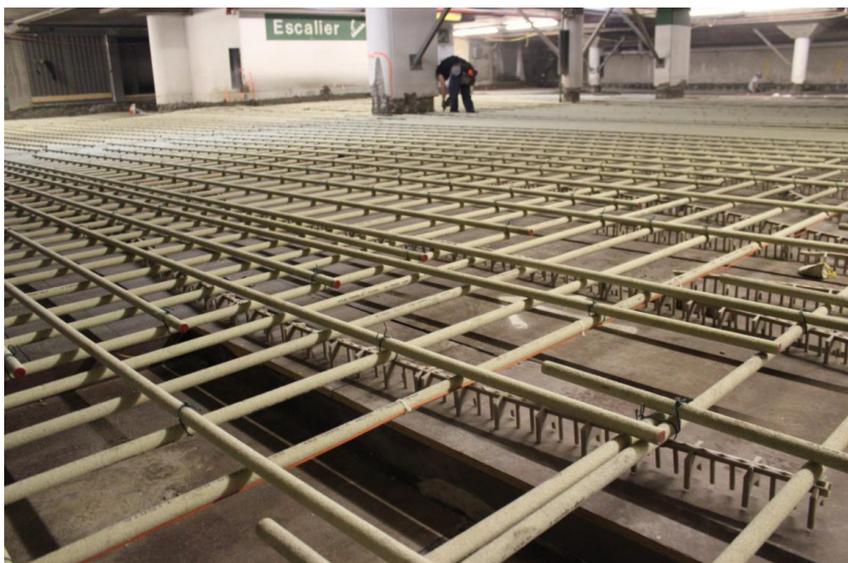


- Milieu maritime
- Cout équivalent à la solution avec armatures acier si prise en compte des couts de protection par peinture
- Durabilité > 20 ans

Structures au Canada

Restauration d'un parking

- *Etat de dégradation avancé = remplacement des dalles en béton armé*
- *Utilisation d'armatures composites à fibre de verre*
- *Coût global des deux solutions (acier et FRP identiques) car moins de dispositifs d'étanchéité nécessaires*



Etat de dégradation avancé

- Ponts en béton armé (sels de déverglaçage)
- Structures portuaires et maritimes
- Chaussées en béton
- Structures contenant des produits chimiques ou agressifs (stations d'épuration)
- Dalles pour radar ou scanner (amagnétisme)



S. Salib, J. Maccall, Versatility of FRP applications in structural projects, Proceedings of CICE 2014, Vancouver

Thématiques de travail en cours à l'IFSTTAR concernant les armatures composites

Durabilité des armatures composites

Thèse en cours sur le sujet avec de nombreuses investigations expérimentales notamment sur le sujet du comportement de l'interface (*A. Rolland, M. Quiertant, K. Benzarti, P. Argoul*)

Analyse environnementale de la solution

Utilisation de la méthode ACV (Analyse du Cycle de Vie) pour comparer différentes solutions d'armatures

Perier V., Chataigner S., Pruvost A., Comparaison de différentes armatures utilisées pour le renforcement du béton, GC 2013, Paris, 2013

Comportement sous différentes températures de ces armatures

Rolland A., Chataigner S., Benzarti K., Dieng L., Boudarene O., Paul J.M., Quiertant M., Collet P., Low temperature behaviour of braided aramid fiber bars/concrete interface, FRPPRCS-11, Guimaraes

Conclusion

- Fort potentiel des armatures composites pour le renforcement du béton pour des marchés spécifiques (environnement agressif, nécessité d'amagnétisme ou d'isolation thermique, ...)
=> Solution économiquement viable dans certains cas
- Technologie maîtrisée dans certains pays étrangers (Japon, Canada et Etats-Unis)
=> Au Canada, plus de 100 ouvrages par an sont réalisés avec ce type d'armatures,
=> En France, besoin de chantiers tests (nombreuses demandes de maîtres d'ouvrage concernant ces alternatives) et éventuellement d'entreprises productrices.
- Règles de dimensionnement à adapter et durabilité à prouver expérimentalement ou sur des cas concrets (expérience de 20 ans)

Merci de votre attention,
Avez-vous des questions ?

Les aciers plats

Marcel MATIERE - MATIERE

Daniel CONSTANTIN – MATIERE

Henry THONIER – PONTS PARIS TECH

Ferrailage du béton
par des aciers plats crantés
à adhérence variable

Norme PROCÉDE ECOSTEEL® by MATIERE



Une entreprise innovante
110 brevets et 32 marques
et exportatrice
65% du CA

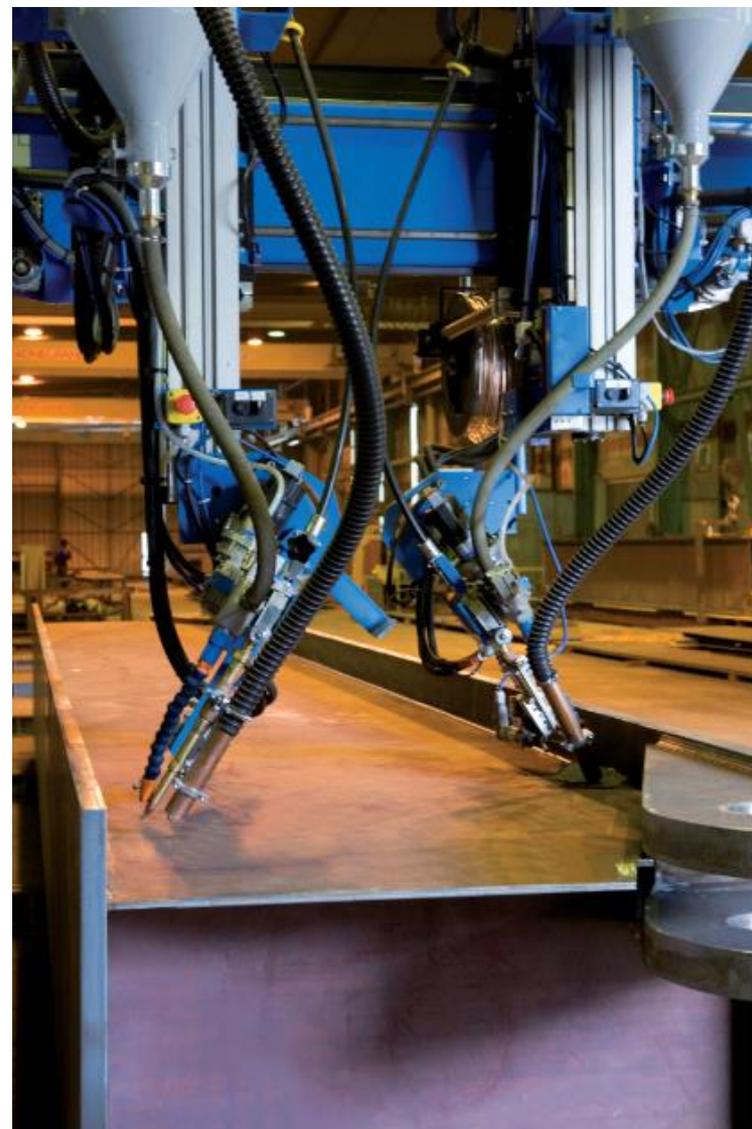
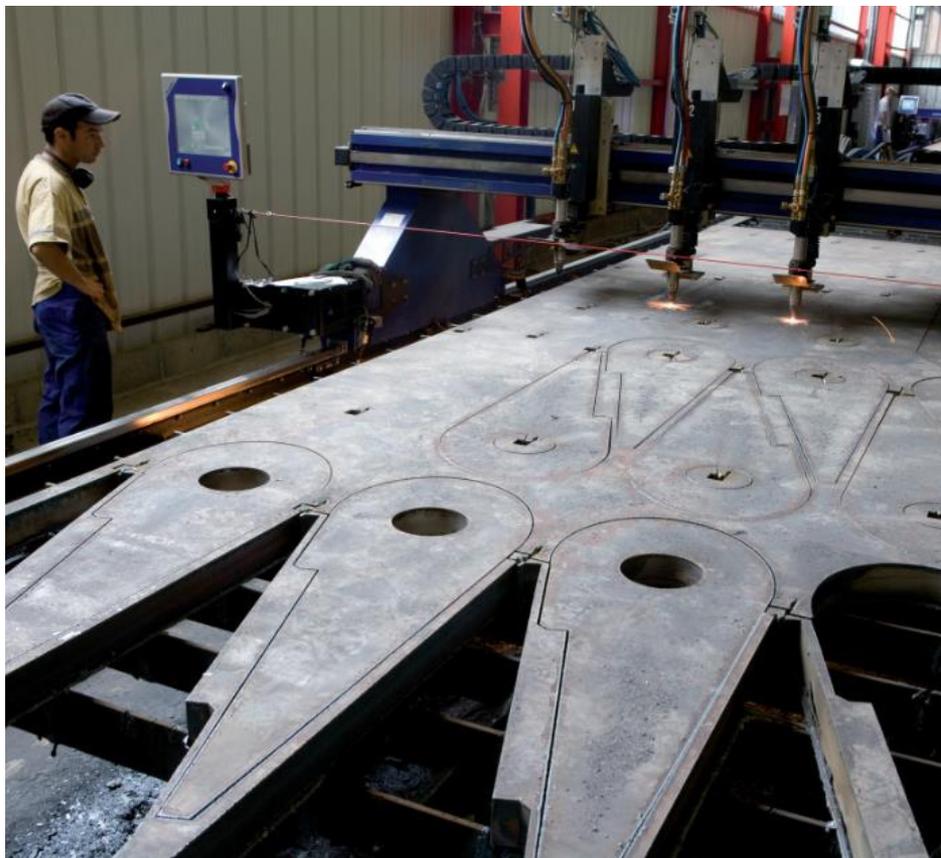






Ponts UNIBRIDGE





ACIERS PLATS

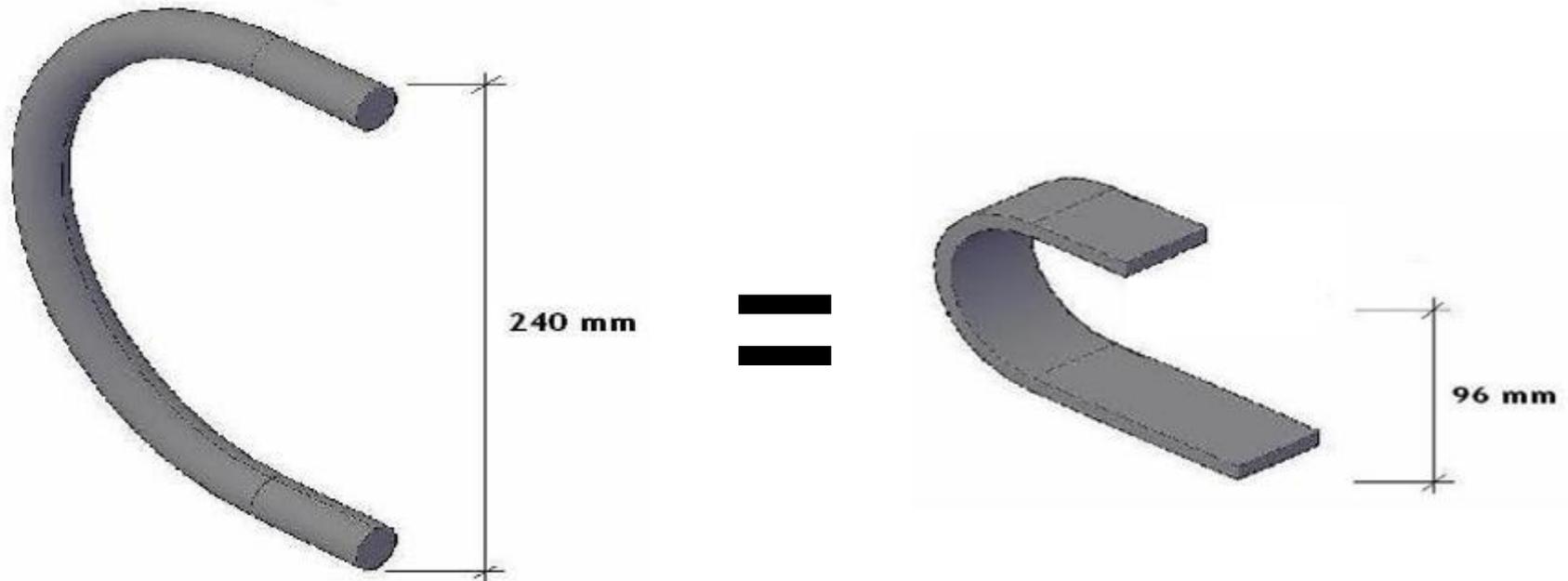
Les avantages du concept imaginé par
Marcel MATIERE :

- la section rectangulaire
- le crantage
- l'adhérence variable

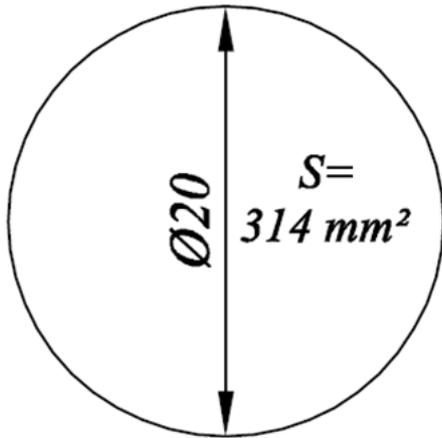
1- INNOVATIONS LIEES A LA SECTION

Idée de base

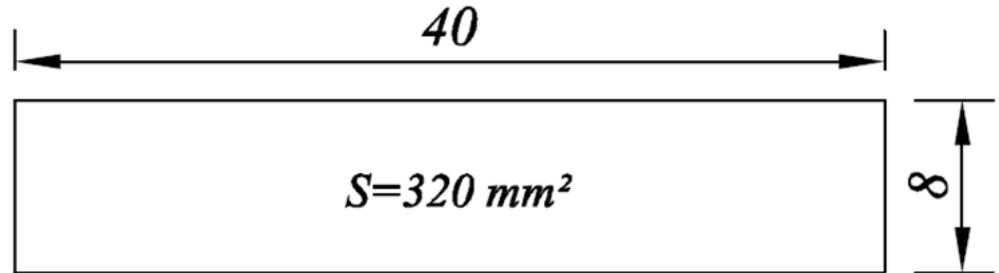
Réduire l'encombrement des cages
à sections égales d'armatures



Augmentation de la surface adhérente

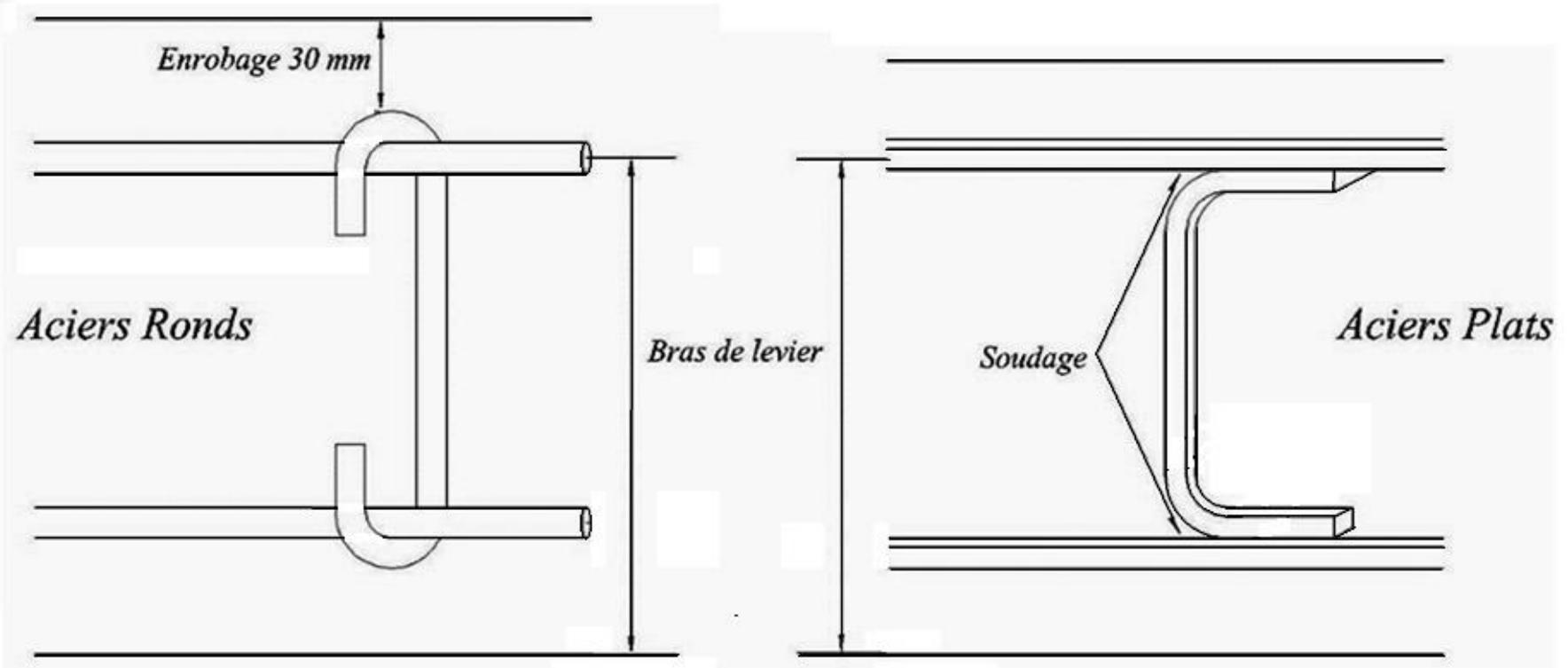


P = 63 mm

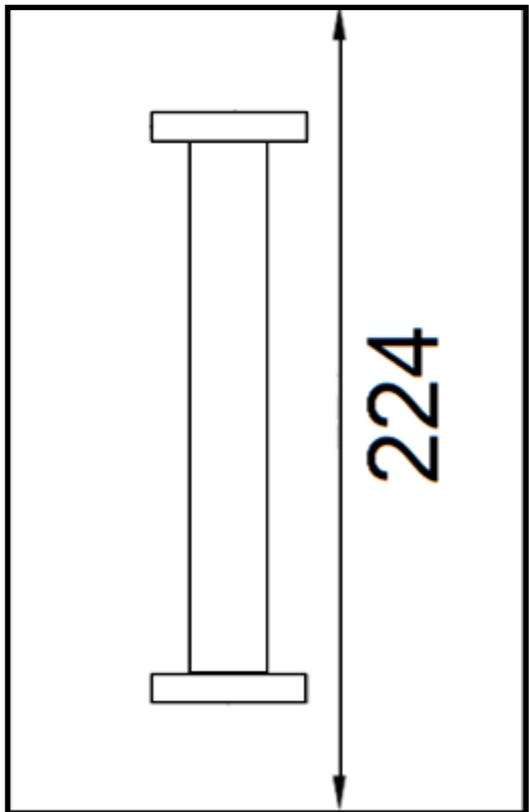


P = 96 mm

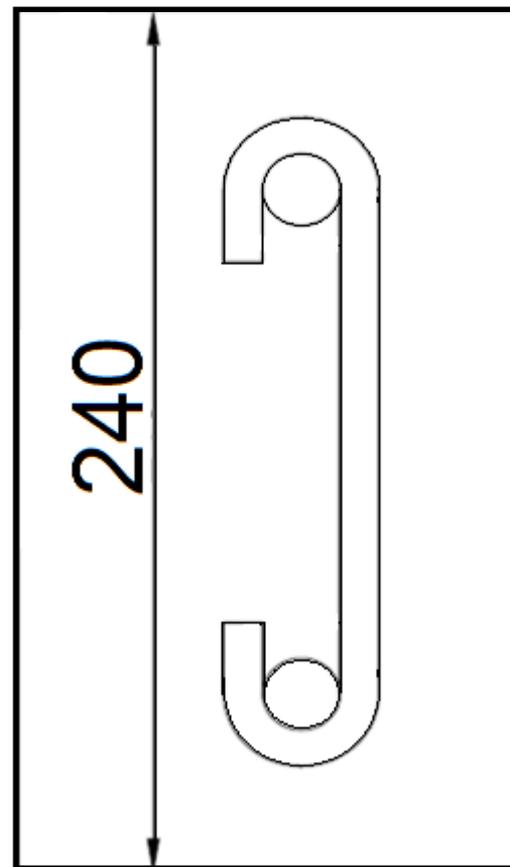
Entretoises intérieures



Réduction de l'épaisseur à fonctionnement mécanique équivalent



||



Possibilités de réaliser des vrilles



Production de plats crantés

Les premiers aciers ont été obtenus par laminage à chaud de fil machine rond lisse aux aciéries de Bonpertuis (groupe Experton-Revollier), et sont entièrement crantés.



Production de plats crantés

5 dimensions de plats déjà réalisées :

- 17 x 3 mm (HA 8)
- 20 x 4 mm (HA 10)
- 22,5 x 5 mm (HA 12)
- 30 x 5 mm (HA 14)
- 35 x 6 mm (HA 16)

2 - Essais réalisés sur structure

350 au total :

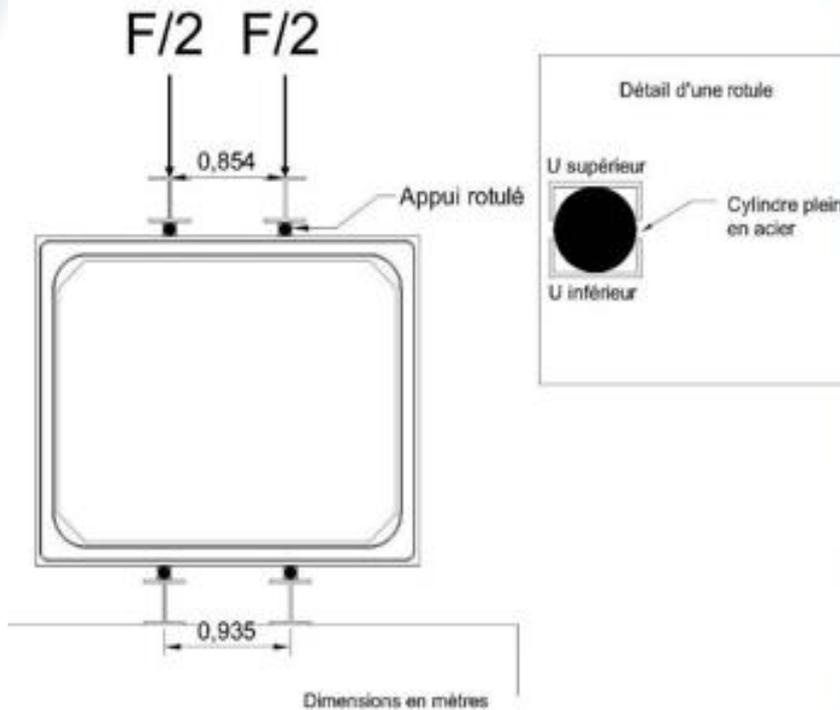
90 chez Matière

260 en laboratoires publics et universités
françaises et étrangères

Essais sur dalots



Essais sur dalots



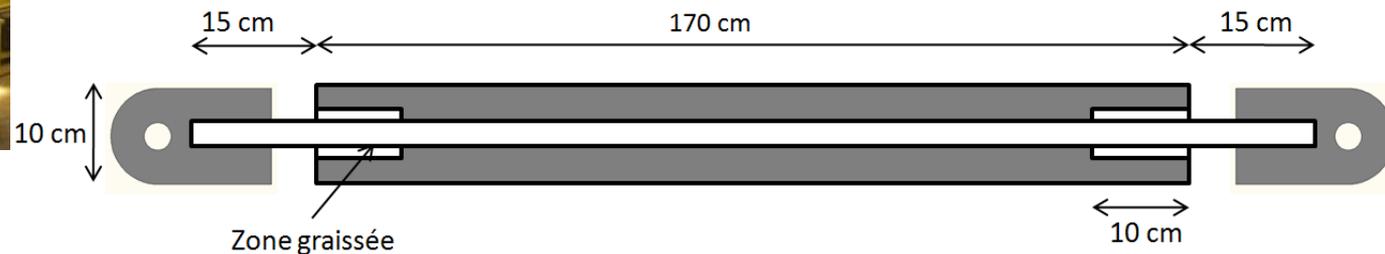
Mode de chargement du dalot



Dispositif d'essai sur dalots

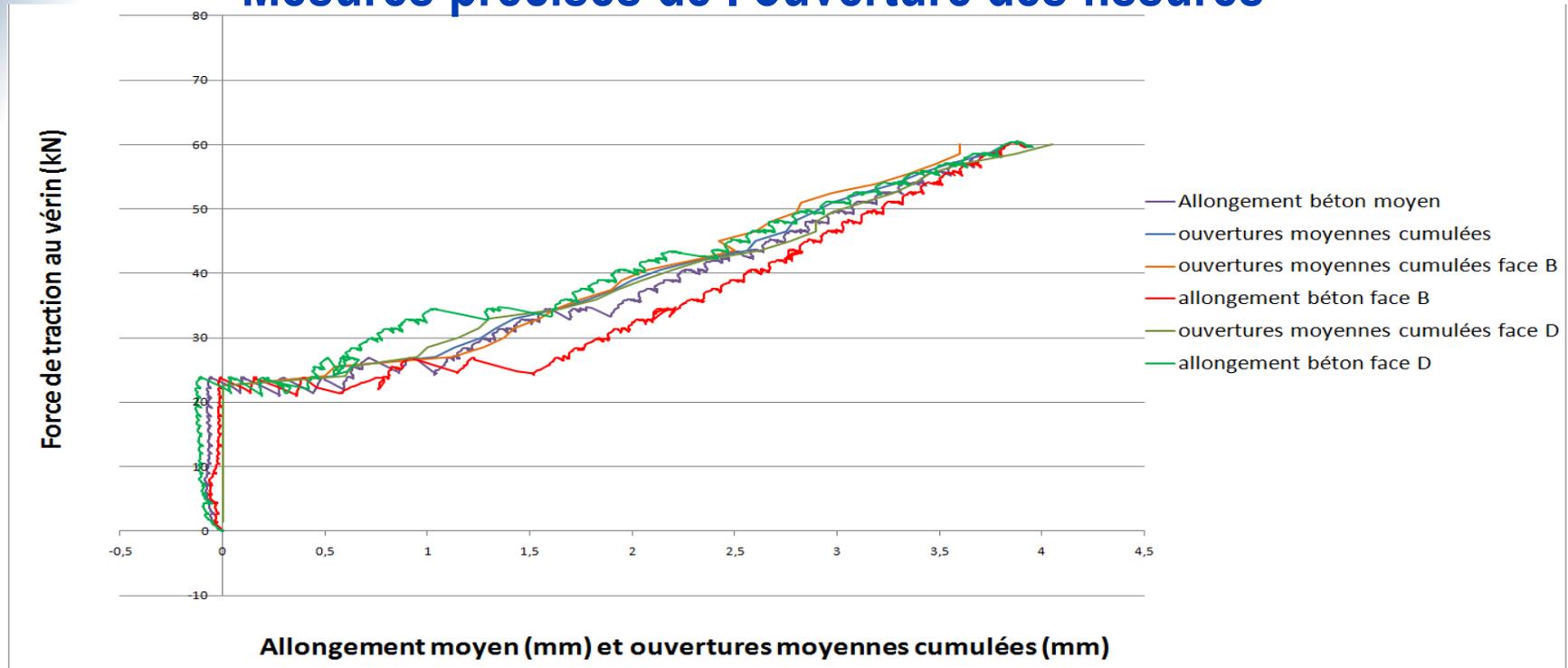
Essais sur tirants

Observation
de la fissuration
en traction pure



Essais sur tirants

Mesures précises de l'ouverture des fissures



Avec aciers plats :

fissures apparaissant plus tôt sous faible charges (mais pas de risques de corrosion, car $w < 0,2$ mm)

fissures plus faibles sous fortes charges (d'où un moindre risque de corrosion)

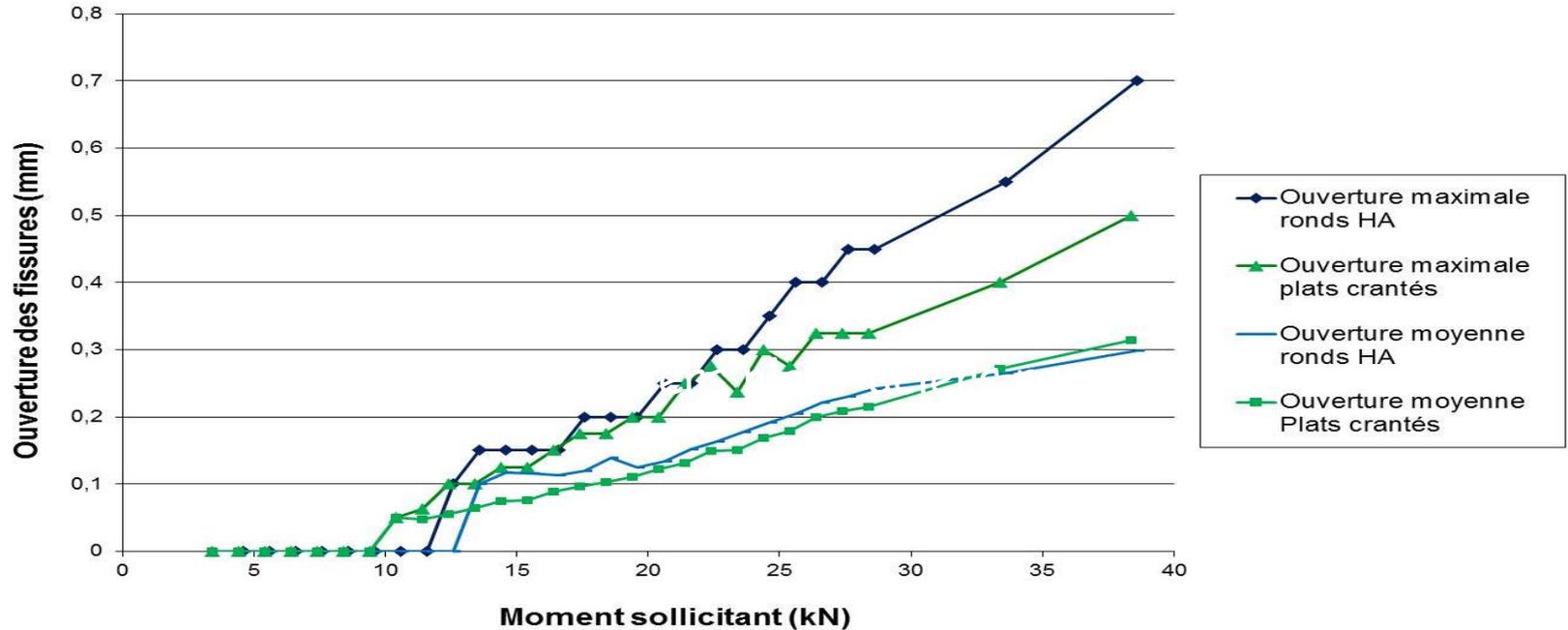
Essais sur poutres-dalles

Comportement en flexion



Essais sur poutres-dalles

Comparaison aciers plats-aciers ronds



Avec aciers plats :

fissures apparaissant plus tôt sous faible charges (mais pas de risques de corrosion, car $w < 0,2$ mm)

fissures plus faibles sous fortes charges (d'où un moindre risque de corrosion)

Longueur d'ancrage

	Acier rond	Acier plat
Section	$\frac{\pi\varnothing^2}{4}$	a×b
Périmètre	$\pi\varnothing$	2(a+b) ≈ 2a (en négligeant l'épaisseur par rapport à la largeur)
Section/Périmètre	$\frac{\varnothing}{4}$	b/2

- Béton C50/60 → $f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/1,5 = 2,9/1,5 = 1,93$ MPa
→ $f_{bd} = 2,25 \times 1,93 = 4,35$ MPa
- Acier rond : $f_{yd} = 500/1,15 = 435$ MPa ; $L_{b,rqd} = (\varnothing/4).(435/4,35) = 25\varnothing$
- Acier plat : $f_{yd} = 550/1,15 = 478$ MPa ; $L_{b,rqd} = (b/2).(478/4,35) = 55b$
- (b = épaisseur du plat)

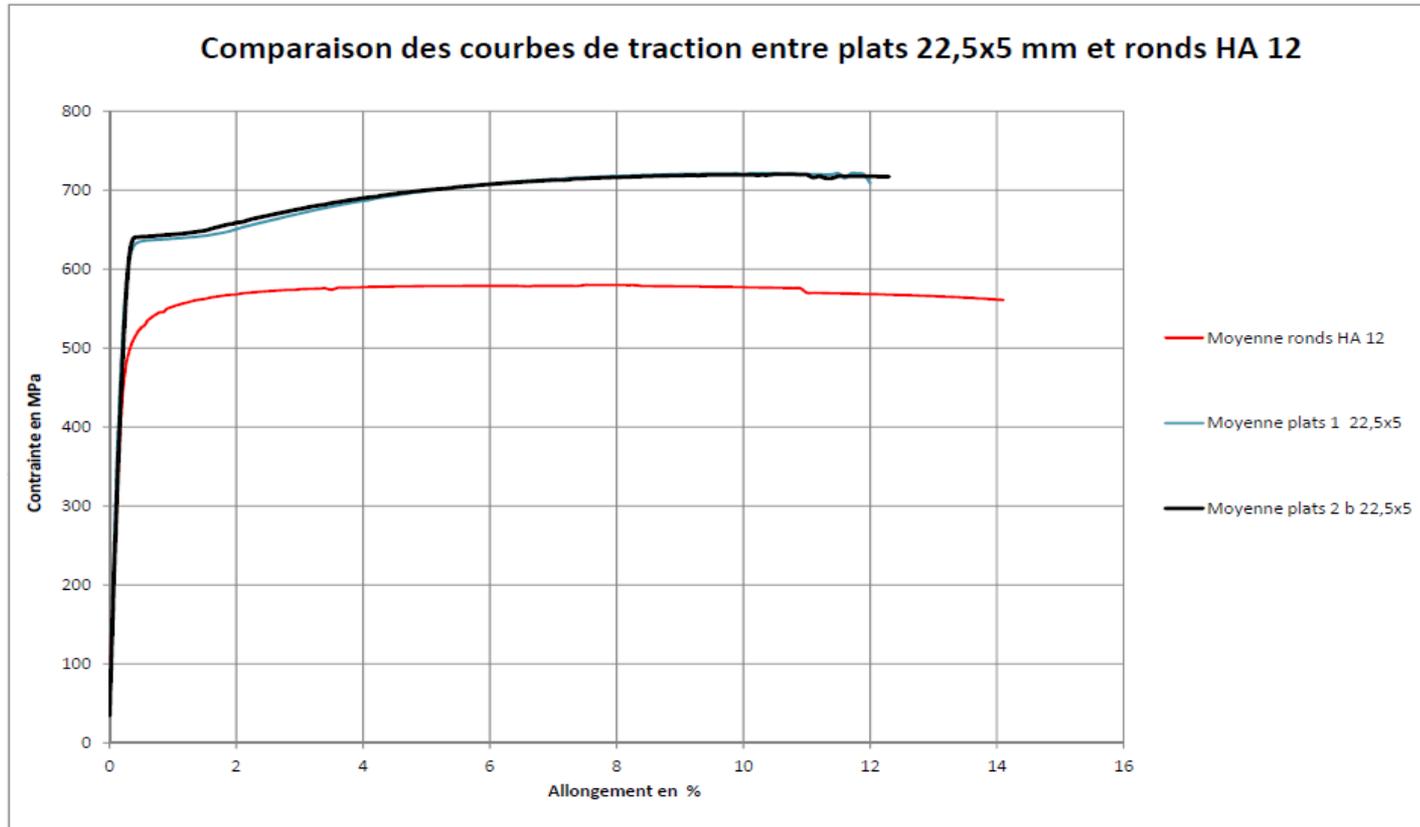
Longueur d'ancrage

	Rond	Plat
dimensions	Ø8	17×3
section	0,50 cm ²	0,51 cm ²
$L_{q,rqd}$	25×8 = 200 mm	55×3 = 165 mm

A effort égal, la longueur d'ancrage est diminuée de $(165/200).(500/550) = 0,75$ soit **-25%**

	Rond	Plat
dimensions	Ø16	35×6
section	2,01 cm ²	2,10 cm ²
$L_{q,rqd}$	25×16 = 400 mm	55×6 = 330 mm

Diagramme contraintes–déformations des aciers

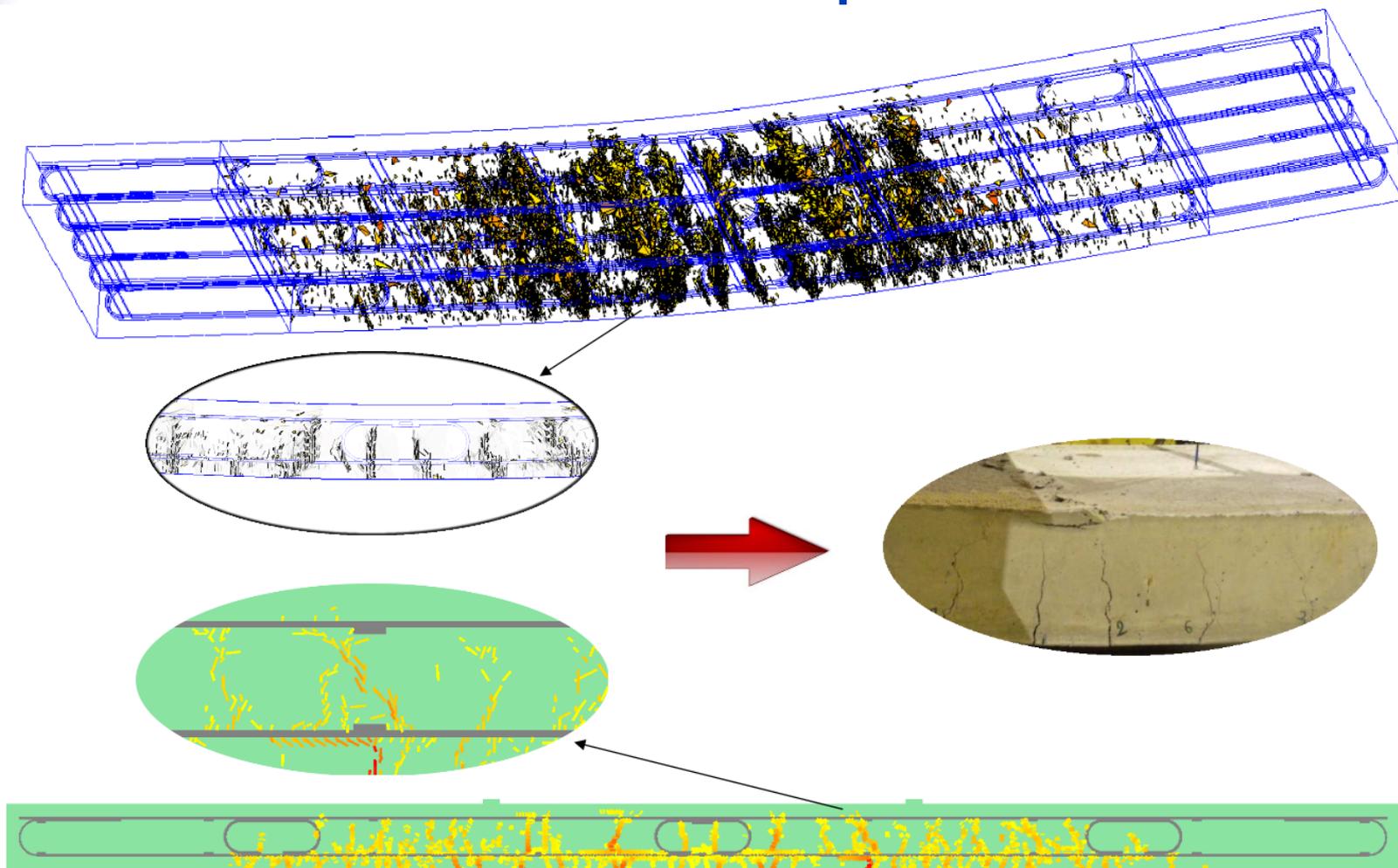


Le processus de fabrication des aciers plats, pour un même acier d'origine (billettes), conduit à des limites élastiques caractéristiques de 550 à 600 MPa au lieu de 500 MPa pour des aciers ronds

3 – Modélisation numérique en 3D

- Modélisation des aciers plats crantés au LCPC (IFSTTAR) sous la conduite de Pierre ROSSI et Jean-Louis TAILHAN, en collaboration avec Polytech' Clermont (Philippe BROSSOLETTE) et Henry THONIER
- Thèse de Thanh Song PHAN confirmant les résultats d'adhérence et de fissuration obtenus expérimentalement

Modélisation numérique en 3D



Conclusions du rapport IFSTTAR

I. Conclusions

Dans le cadre de cette thèse, une étude expérimentale et une étude numérique (modélisation par la méthode des éléments finis) ont été menées en parallèle et de manière coordonnée.

L'étude expérimentale réalisée entièrement au sein de Polytech' Clermont-Ferrand a consisté en des essais de flexion.3 points sur des poutres larges.

Les poutres larges ont été armées respectivement par des aciers ronds HA et des aciers plats adhérents. En ce qui concerne les aciers plats.

Pour ce qui concerne l'étude numérique, elle a été réalisée au sein de l'IFSTTAR.

Un modèle probabiliste de fissuration discrète a été utilisé pour le béton. Ce modèle développé par le passé au sein de l'IFSTTAR a déjà fait l'objet de validations lors d'études antérieures.

Un modèle d'interface acier/béton a été tout spécialement développé (*thèse de Thanh Song PHAN*).

La comparaison entre les résultats expérimentaux et les calculs numériques a mis en évidence leur bonne concordance que ce soit vis-à-vis du comportement global des poutres que vis-à-vis de leur processus de fissuration (nombre, espacement, ouverture des fissures).

Cette cohérence entre l'expérimentale et la modélisation permet de fonder la conclusion principale suivante :

4 – Méthode de calcul conforme aux Eurocodes

Henry THONIER
Professeur honoraire
à Ponts ParisTech

Étude comparative sur un mur de soutènement

ENTREPRISE MATIERE					
LGV SEA TOURS – BORDEAUX PRO 0980 – CR des 4 vents + PGF DALLE NERVUREE DE L'OUVRAGE					
EXEMPLE DE CALCUL D'UNE DALLE NERVUREE ARMEE AVEC DES ACIERS PLATS CRANTES					
NOTE DE CALCULS					
	E				
	D				
	C				
	B				
03-03-2014	0	1 ^{ère} diffusion	PK	MB	
Date	Indice	Modifications	Rédigé par	Vérifié par	
	SOCIETE D'ETUDES ET DE CALCULS EN OUVRAGES D'ART 83 avenue François Arago 92017 NANTERE CEDEX Tél : 01.46.95.10.20 – Fax : 01.47.29.10.90 Adresse Internet : secoa@secoa.fr			Echelle	Numéro
				Unités	Indice
					0

C-3.7 Longueur d'ancrage des "aciers ronds HA

Les longueurs d'ancrage des armatures sont calculées conformément à NF-EN1992-1-1:8.4

Longueurs d'ancrage de calcul : $l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,req} \geq l_{b,min}$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4 avec :

- $l_{b,req} = (\sigma_{sd} / f_{bd})$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.3
- $f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.2
- $\eta_1 = 1.0$ lorsque les conditions d'adhérence sont bonnes
 $\eta_1 = 0.7$ lorsque les conditions d'adhérence sont médiocres : sans objet cf. §2.
- $\eta_2 = 1.0$ lorsque les armatures sont telles que $\phi \leq 32$ mm $\Rightarrow \eta_2 = 1.0$
- $\sigma_{sd} = f_{yd} = 500/1.15 = 435$ MPa
- $l_{b,min} = \max(0.3 * l_{b,req}; 10\phi; 100$ mm) cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4

Cas des ancrages rectilignes de ronds HA :

- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5 = 1.00$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4; Tableau 8.2
- partie préfabriquée : le béton est de classe C50/60 $\Rightarrow f_{ctd} = 1.93$ MPa
 - Les aciers transversaux sont considérés assemblés par ligatures (sécuritaire) $\Rightarrow \alpha_4 = 1.0$
 - D'où, puisque le béton est de classe C50/60 : $f_{ctd} = 1.93$ MPa
 - $f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2.25 * 1.00 * 1.00 * 1.93 = 4.35$ MPa
 - $l_{b,req} = (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (435 / 4.35) = 100$ mm $\Rightarrow l_{b,req} = 100$ mm
 - $l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,req} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 100 = 100$ mm $\Rightarrow l_{bd} = 100$ mm
 - [$l_{bd} = 25\phi$] $\Rightarrow \max(0.3 * l_{b,req}; 10\phi; 100$ mm)
 - \Rightarrow respecté si $\phi \geq [100/25 = 4.0]$ \Rightarrow OK $\Rightarrow l_{bd,droit} = 25\phi$
 - Soit :
 - pour des aciers ronds HA32 : $l_{bd,droit} = 25 * 3.2 = 80.0$ cm $\Rightarrow l_{bd,droit} = 80.0$ cm
 - pour des aciers ronds HA25 : $l_{bd,droit} = 25 * 2.5 = 62.50$ cm arrondi à $l_{bd,droit} = 65.0$ cm

3.7 Longueur d'ancrage des "aciers plats crantés"

Les longueurs d'ancrage des armatures sont calculées conformément à NF-EN1992-1-1:8.4

Longueurs d'ancrage de calcul : $l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,req} \geq l_{b,min}$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4 avec :

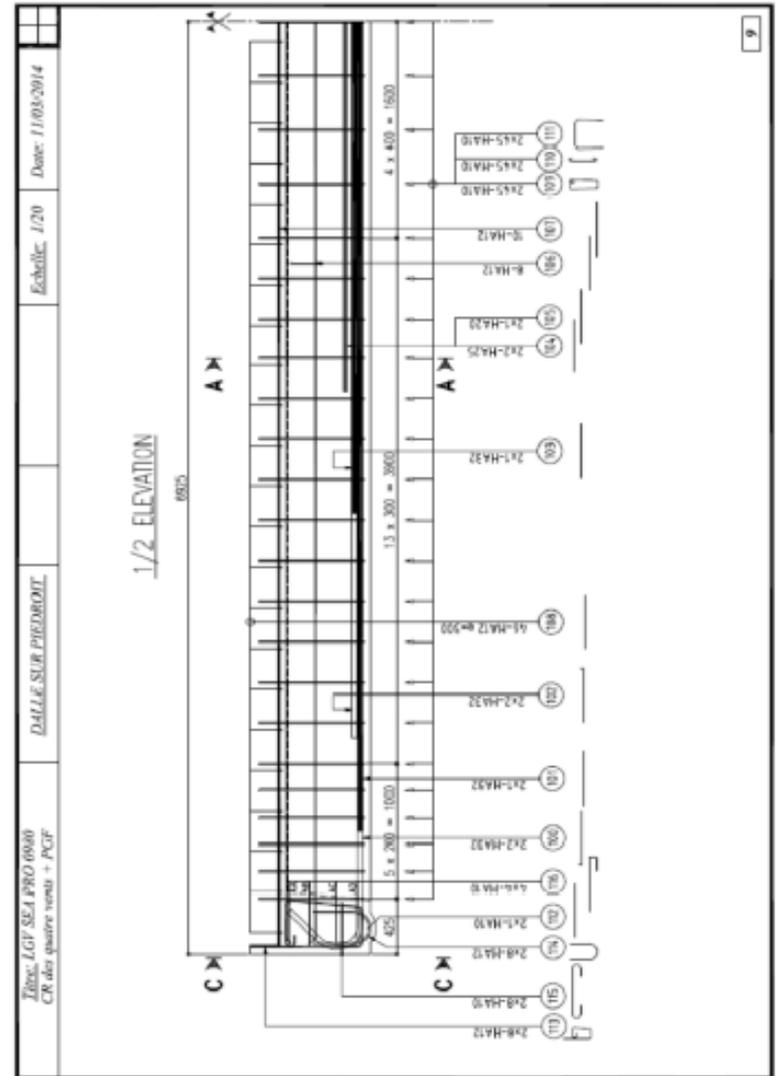
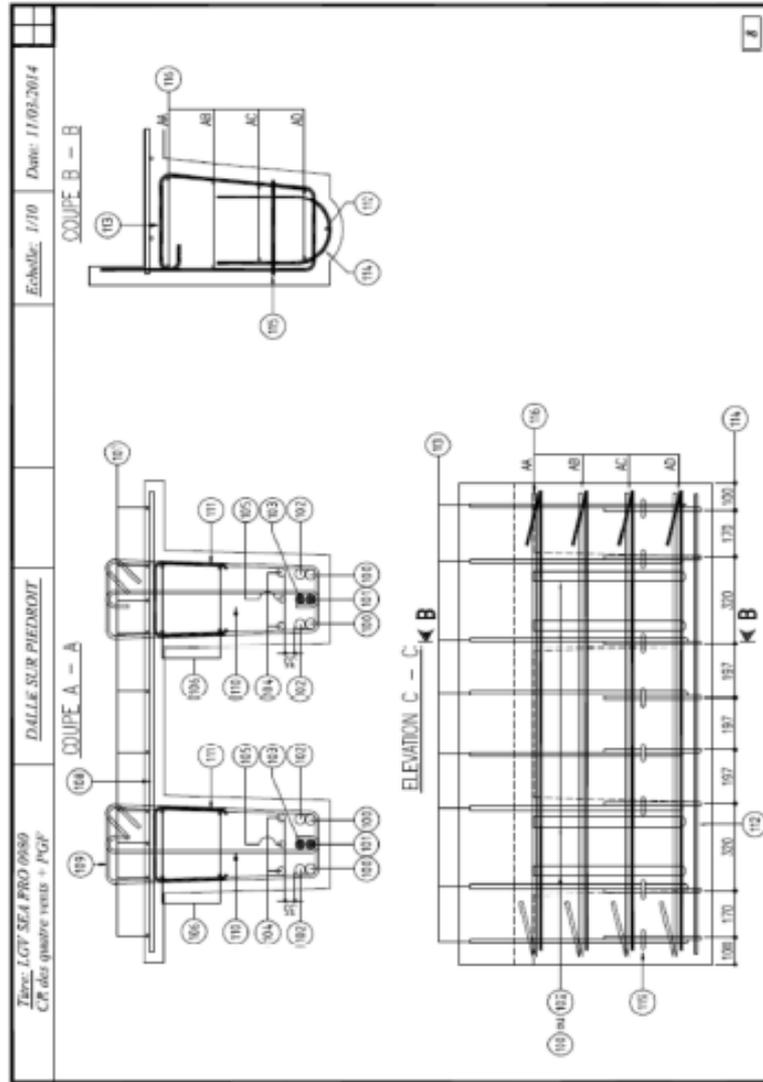
- la formule de $l_{b,req}$ donnée par NF-EN1992-1-1:8.4.3 pour les aciers ronds provient de l'égalité entre deux expressions de l'effort de traction F_{tk} mobilisable à un ancrage. En notant respectivement S et P la section et le périmètre de l'armature :
 - effort mobilisable dans l'armature : $F_{tk} = S * f_{yd}$
 - effort mobilisable par adhérence sur le béton : $F_{tk} = P * l_{b,req} * f_{bd}$
 d'où : $P * l_{b,req} * f_{bd} = S * f_{yd} \Rightarrow l_{b,req} = S / P * (f_{yd} / f_{bd})$ et :
 - pour un acier rond : $l_{b,req} = S / P * (f_{yd} / f_{bd}) = (\pi * \phi^2 / 4) / (\pi * \phi) * (f_{yd} / f_{bd}) = \phi / 4 * (f_{yd} / f_{bd})$: c'est la formule donnée dans NF-EN1992-1-1:8.4.3
 - pour un acier plat cranté : $l_{b,req} = S / P * (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (ab) / (2a) * (f_{yd} / f_{bd}) \Rightarrow l_{b,req} = b / 2 * (f_{yd} / f_{bd})$
- $f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.2
- $\eta_1 = 1.0$ lorsque les conditions d'adhérence sont bonnes,
 $\eta_1 = 0.7$ lorsque les conditions d'adhérence sont médiocres : sans objet cf. §2.2
- $\eta_2 = 1.0$ lorsque les armatures sont telles que $\phi \leq 32$ mm
- Cet article concerne un phénomène d'adhérence : comme annoncé en §3.2 le paramètre ϕ des Eurocodes est, dans ce cas, remplacé par le diamètre équivalent $\phi_{eq,pl}$ de l'acier plat cranté : $\phi_{eq,pl} = 2 * a / \pi$.
- On constate que le plus gros plat cranté envisagé dans le tableau du §3.2 a un diamètre équivalent égal à $\phi_{eq,pl} = 31.8$
- $\Rightarrow \phi_{eq,pl} \leq 32$ mm vrai pour tous les aciers plats envisagés au §3.2 $\Rightarrow \eta_2 = 1.0$
- $\sigma_{sd} = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 550 / 1.15 = 478$ MPa
- $l_{b,min} = \max(0.3 * l_{b,req}; 10\phi; 100$ mm) cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4
- Cet article concerne un phénomène d'adhérence et nous remplaçons ϕ par $\phi_{eq,pl} = 2 * a / \pi$
- $\Rightarrow l_{b,min} = \max(0.3 * l_{b,req}; 10\phi_{eq,pl}; 100$ mm)

Cas des ancrages rectilignes d'aciers plats crantés :

- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_5 = 1.00$ cf. NF-EN1992-1-1:8.4.4; Tableau 8.2
- partie préfabriquée : le béton est de classe C50/60 $\Rightarrow f_{ctd} = 1.93$ MPa
 - Les aciers transversaux sont considérés assemblés par ligatures (sécuritaire) $\Rightarrow \alpha_4 = 1.0$
 - $f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2.25 * 1.00 * 1.00 * 1.93 = 4.35$ MPa
 - $l_{b,req} = b / 2 * (f_{yd} / f_{bd}) = b * (1/2 * 478 / 4.35) = b * 54.943 \Rightarrow l_{b,req} = 55 * b$
 - $l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,req} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 55 * b = 55 * b \Rightarrow l_{bd} = 55 * b$
 - on vérifie que cette valeur est bien supérieure à $l_{b,min} = \max(0.3 * l_{b,req}; 10\phi_{eq,pl}; 100$ mm)
 - [$l_{bd} = 55b$] $\geq \max(0.3 * 55 * b = 16.5 * b; 10\phi_{eq,pl}; 100$ mm)
 - \Rightarrow respecté si : $55 * b \geq 10\phi_{eq,pl} \Rightarrow 55 * b \geq 10 * (2 * a / \pi) \Rightarrow a / b \leq 8.6$
 - \Rightarrow on vérifie dans le tableau §3.2 que tous les aciers plats prévus dans le tableau §3.2 ont un coefficient de forme $K_{form} = a / b$ qui respecte cette condition $\Rightarrow l_{bd,droit} = 55 * b$.

Nota : pour tenir compte des possibilités de transfert des efforts du béton aux aciers plats nous adoptons les dispositions spécifiques suivantes :

- lorsque l'acier à ancrer est en contact avec le béton sur ses deux faces larges :
 - $\Rightarrow l_{bd,droit} = 55 * b$
 - En particulier pour des plats 50x5 : $l_{bd,droit} = 55 * 5 = 275$ arrondi à : $l_{bd,droit} = 300$ mm
- lorsque l'acier à ancrer est en contact avec le béton sur une seule de ses faces larges (ce qui se produit lorsque le plat ancré est situé au-dessus d'un autre plat d'un paquet de deux aciers : nous doublons la longueur d'ancrage :
 - $\Rightarrow l_{bd,droit} = 2 * (55 * b)$
 - En particulier pour des plats 50x5 : $l_{bd,droit} = 2 * 55 * 5 = 550 \Rightarrow l_{bd,droit} = 550$ mm



Date: 11/03/2014

DALLE SUR PIEDROIT

LEV SEA PRO 0980 - DALLE SUR PIEDROIT
NOMENCLATURE DES ACIERS HA - MARQUE B500 B

MANDRINS DE DISTRIBUE	
Dimensions	5 6 8 10 12 14 16 18 20 25 32 40
HA Crossets (Type 1)	70 78 106 101 154 166 230 258 200 430
HA Cafres (Type 2)	30 31 42 54 76 102 85 200 300 430
HA Crossets (Type 3)	30 43 56 78 100 85 200 300
DA Cafres (Type 1)	28 31 38 45 14 50 100 150 200 204

COTATION DES ACIERS

- LES COTES DONNEES SONT DES DIMENSIONS EXTERIEURES EXPRIEMES EN MM
- LES ANGES DONNES SONT DES ANGES EN DEGRES

SECOA - 2014

Date: 11/03/2014

DALLE SUR PIEDROIT

LEV SEA PRO 0980 - DALLE SUR PIEDROIT
NOMENCLATURE DES ACIERS HA - MARQUE B500 B

Rep. des Barres	No. de Barres (en mm)	No. de Barres (en mm)	Long. (en mm)	Taille	Type	Dimension	Schéma	Rev.	
									HA
101	HA10	1	90	90	970	2.01	2	HA10	Rev. 1
102	HA10	1	90	90	740	2.01	2	HA10	Rev. 1
103	HA10	1	2	2	1600	8.00	1	HA10	Rev. 1
104	HA10	1	16	16	2116	8.00	2	HA10	Rev. 1
105	HA10	1	16	16	160	1.00	1	HA10	Rev. 1
106	HA10	1	16	16	560	2.01	2	HA10	Rev. 1
107	HA10	1	16	16	234	2	HA10	Rev. 1	
108	HA10	1	4	4	2200	2.01	2	HA10	Rev. 1
109	HA10	1	4	4	2200	2.01	2	HA10	Rev. 1
110	HA10	1	4	4	2200	2.01	2	HA10	Rev. 1
111	HA10	1	4	4	2200	2.01	2	HA10	Rev. 1

SECOA - 2014

Titre: LGV SEA PRO 0980 CR des quatre vers + PCF		DALLE SUR FIEBROIT		Date: 11/03/2014	
Rep Barre	Schéma	Rep Barre	Schéma		
001		011			
002		012			
003		013			
004		014			
005		015			
006		016			
007					
008					
009					
010					

Titre: LGV SEA PRO 0980 CR des quatre vers + PCF		DALLE SUR FIEBROIT		Date: 11/03/2014	
Titre: LGV SEA PRO 0980-CR des quatre vers + PCF					
RECAPITULATIF DES PLATS - NUANCE S255B					
Rep. (m)	PLAT (kg)	No. de PLAT	No. de PLAT	Long (m)	Long (m)
1	50x13	1	2	13,00	52,00
2	50x13	1	4	13,00	52,00
3	50x13	1	4	13,00	52,00
4	50x13	1	2	10,00	30,00
5	50x13	1	4	8,70	34,80
6	50x13	1	2	8,70	17,40
7	50x13	1	4	8,50	34,00
8	50x13	1	8	13,00	52,00
9	50x13	1	5	13,00	65,00
10	50x13	1	4	13,00	52,00
11	50x13	1	4	13,00	52,00
12	50x13	1	4	13,00	52,00
13	50x13	1	4	13,00	52,00
14	50x13	1	4	13,00	52,00
15	50x13	1	4	13,00	52,00
16	50x13	1	2	1,00	2,00
17	50x13	1	4	13,00	52,00
18	50x13	1	4	13,00	52,00
19	50x13	1	4	13,00	52,00
20	50x13	1	4	13,00	52,00
21	50x13	1	4	13,00	52,00
22	50x13	1	4	13,00	52,00

RECAPITULATIF POUR T ÉLÉMENT PRÉFABRIQUÉ			
PLATS	Long (m)	Poids (kg)	Poids (kg)
25x4	481,910	0,628	298,45
25x5	860,960	0,886	298,84
25x6	3,320	1,688	5,59
25x13	542,144	2,025	1,114,08
TOTAL PLATS			179,44

Conclusion

Inconvénients	Avantages
<p>✓ Faible résistance au flambement pour des barres comprimées</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Bras de levier plus grand : économie d'acier et/ou de béton➤ Fissuration corrosive n'apparaissant que sous plus fortes charges➤ Grande ductilité : plus grande absorption d'énergie en parasismique➤ Limite élastique 550 MPa au lieu de 500 (économie d'acier)➤ Longueur d'ancrage diminuée de 25%➤ Contrôle de la fissuration par alternance de zones crantées et de zones lisses

UNE VRAIE RECONNAISSANCE ET UNE CAUTION MAJEURE :



Rapporteur du label pour les ministères en charge de la
Construction et de la Recherche :

Jacques CORTADE

Président des Commissions B.A.E.L. ,
B.P.E.L. et EUROCODES 2

Merci de votre attention,
Avez-vous des questions ?

Les aciers cryogéniques

Christophe HENNEBERT - ERICO
Sylvain GAILLARD - TUDOR

Les aciers cryogéniques

Introduction

Christophe HENNEBERT

Objet de la présentation

Préambule

Étymologie :

cryo - : Du grec ancien κρύος, krúos, « **froid** ».

Définitions (Larousse) :

cryogénie : Production des cryotempératures.

cryotempérature : Basse température, inférieure par convention, à 120 K (**- 153,15°C**).

Objet de la présentation

Barres d'armatures du béton et dispositifs de raboutage pour armatures du béton (manchons) exposés à des températures cryogéniques (inférieures à **- 153,15°C**).

Application principale des barres d'armature et des manchons cryogéniques

- Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL)
(*LNG tanks – LNG terminals*)

Sous certaines conditions et dans certains cas, des barres d'armatures cryogéniques sont utilisées dans le réservoir externe des « tanks GNL ». Quand ces barres d'armatures cryogéniques chevauchent les ouvertures temporaires des réservoirs externes, alors des manchons cryogéniques sont également employés.

Le recours aux barres d'armatures cryogéniques et éventuellement aux manchons cryogéniques dépend de la prise en compte du risque de fuite du réservoir interne entraînant le refroidissement local du béton armé à environ -165°C .

Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL) ?

Transport du gaz naturel (GN)

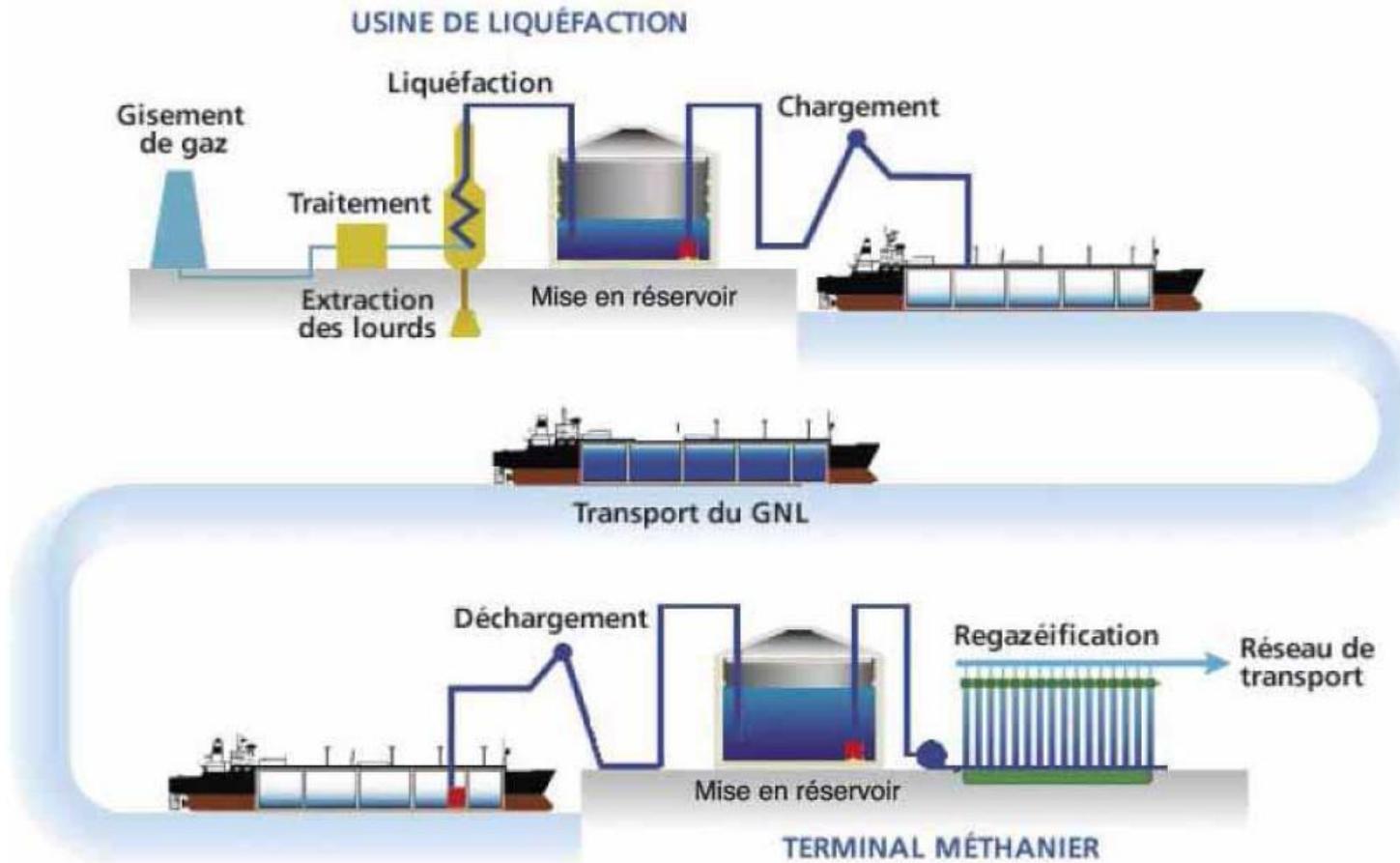
- Sous forme gazeuse => gazoduc
- Sous forme liquide (GNL) => bateaux (méthaniers)

Caractéristiques du GNL

- Composant principal: méthane (CH_4)
- Température de liquéfaction: ~ - 165 °C (à 1 atm)
- Densité NL / Densité GNL: ~1/600 (à 1 atm)

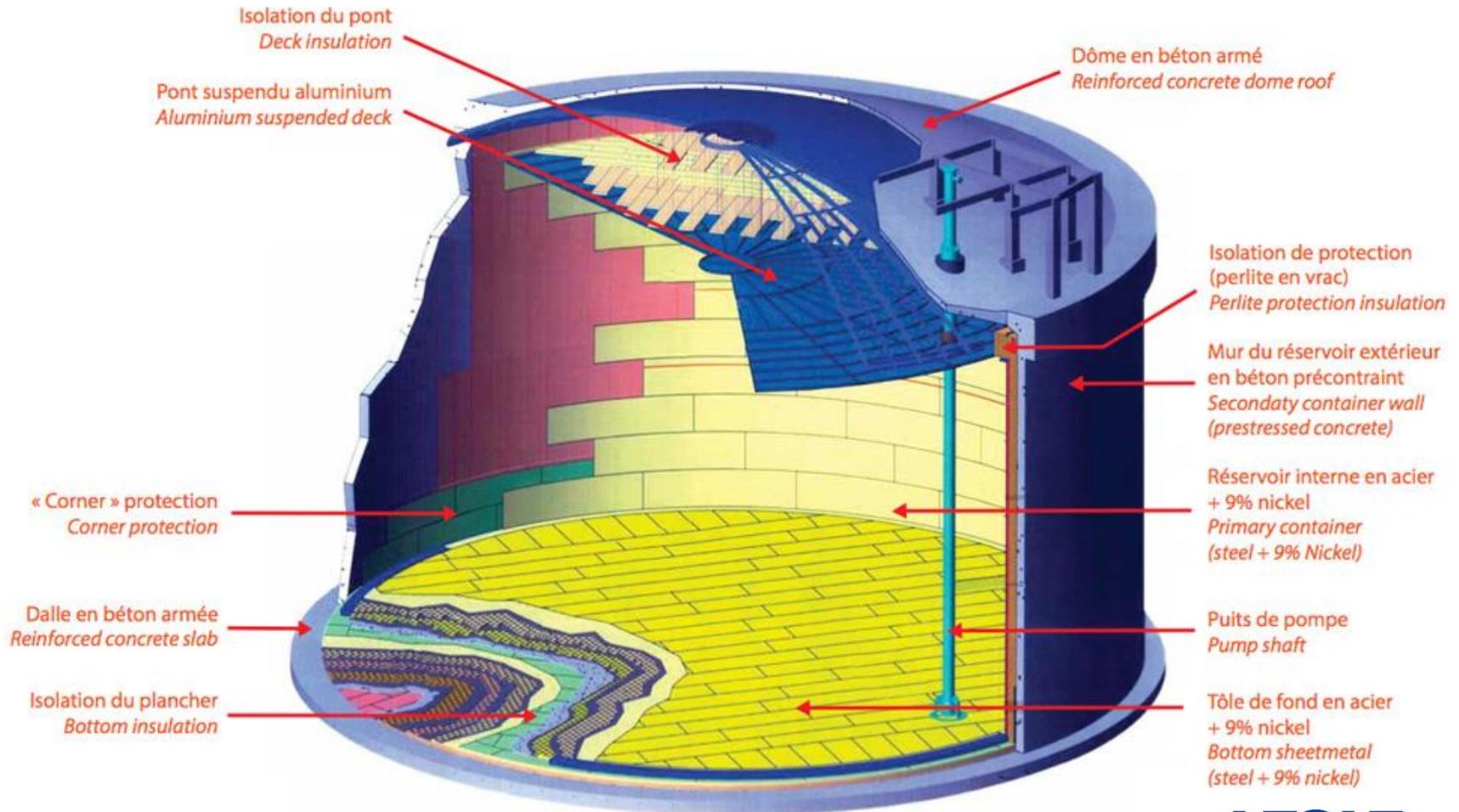
Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL) ?

Chaîne d'approvisionnement du gaz naturel liquéfié (GNL)



Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL) ?

Réservoir de stockage GNL: Schéma



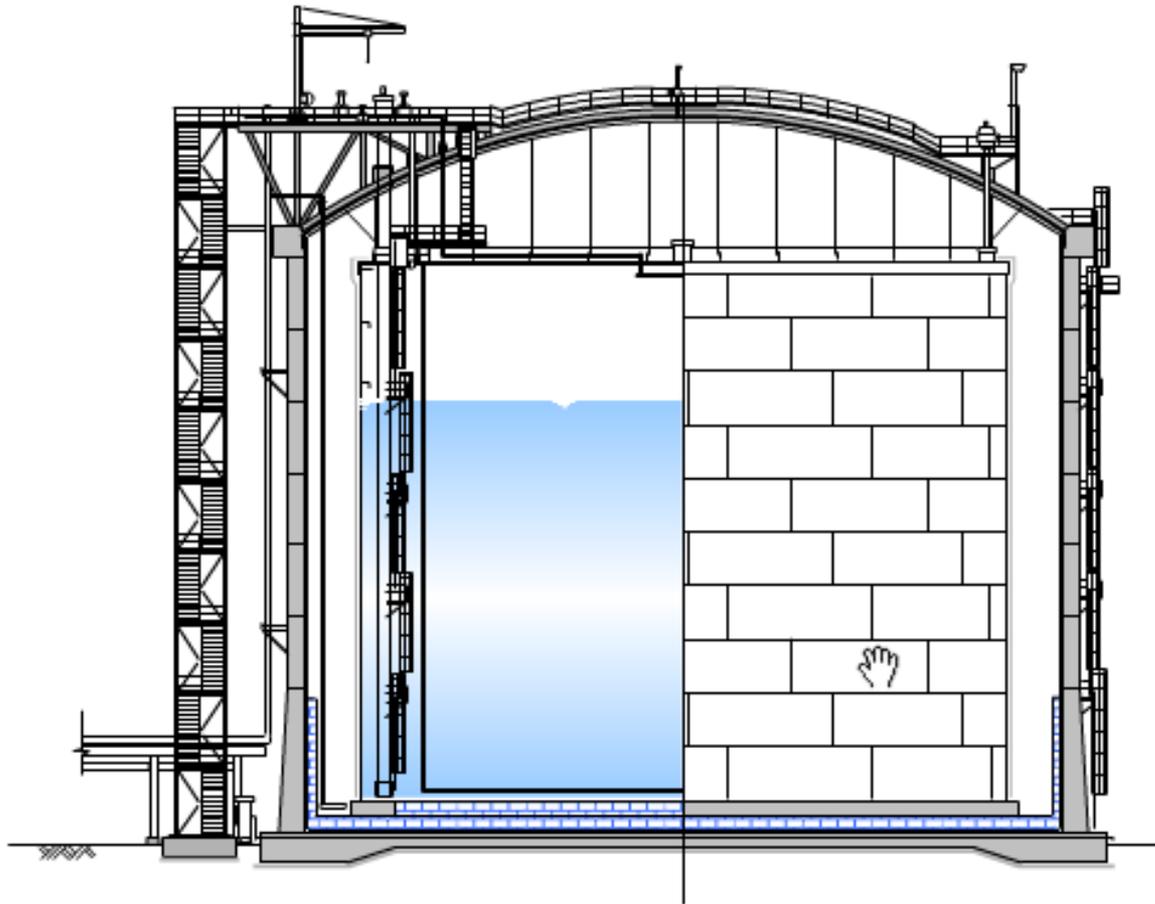
Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL) ?

➤ Réservoir de stockage GNL: Schéma (suite)



Réservoirs de stockage des terminaux méthaniers (tanks GNL) ?

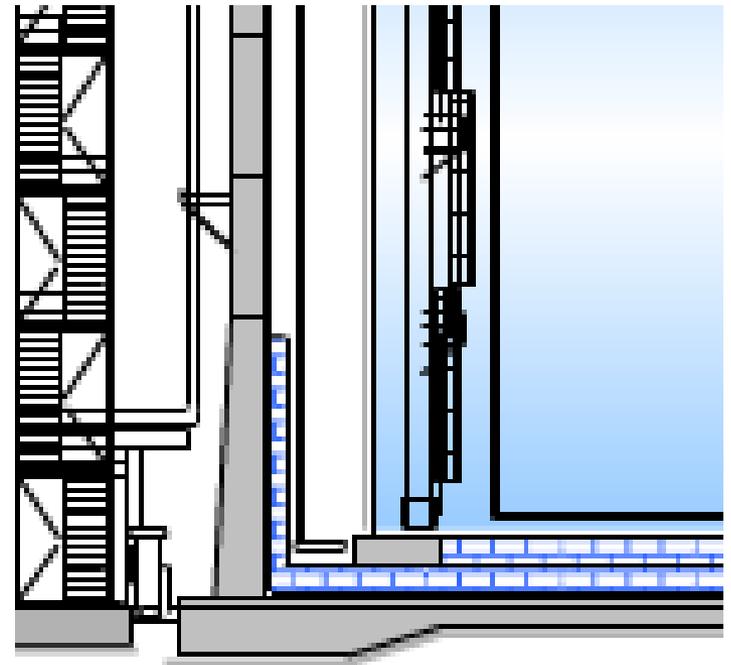
➤ Réservoir de stockage GNL: Schéma (suite)



Réservoir de stockage GNL: Scénario de fuite (tank interne)

Intrados du tank externe directement en contact avec le GNL

=> Barres d'armatures cryogéniques sur l'intrados (face interne) du tank externe dans la zone exposée au GNL.



Barres cryogéniques sur l'intrados du tank externe ?

➤ Intrados du tank externe directement en contact avec le GNL

La nécessité de barres cryogéniques et l'étendue de la zone où elles sont mises en œuvre sont variables, notamment en fonction:

- Du cadre normatif:
 - Industrie du GNL: EN 1473, NFP A 59A, etc.
 - Exigences normatives locales
- Des critères de conception propres à chaque projet (entre autres, les scénarios de fuite de la cuve interne)
- Des méthodes de construction (en particulier des murs du tank externe)

Manchons (parfois cryogéniques) et réservoirs GNL

- Ouvertures temporaires (2) à la base des réservoirs durant leur construction

Tant pour des raisons inhérentes

- aux méthodes et séquences de construction
- à la géométrie et dimension de l'ouvrage
- au planning (chemin critique)

=> Le tank externe est toujours construit en premier lieu.

Des ouvertures temporaires (2 en général) sont ménagées à sa base afin de donner accès pour la réalisation, notamment, de la cuve interne.

Ouvertures temporaires des réservoirs et manchons



Tank externe – vue de la base

Ouvertures temporaires des réservoirs et manchons



Tank externe – ouverture temporaire

Ouvertures temporaires des réservoirs et manchons



Tank externe
Ouverture temporaire en phase de fermeture
Barres manchonnées



Ouvertures temporaires des réservoirs et manchons



Tank interne – vue d'ensemble avec ouvertures temporaires

Critères sismiques d'application pour les réservoirs GNL

Incidence sur les barres et manchons cryogéniques?

➤ Critères sismiques d'application pour les réservoirs GNL
(ref. EN 1473)

➤ **OBE** (*Operating Basis Earthquake*) : période de retour = **475 ans**

Maximum earthquake for which no damages is sustained and restart and safe operation can continue.

➤ **SSE** (*Safe Shutdown Earthquake*) : période de retour = **5000 ans**

Maximum earthquake event for which the essential fail-safe functions and mechanism are designed to be preserved.

Critères sismiques d'application pour les réservoirs GNL

Incidence sur les barres et manchons cryogéniques?

Incidences

- Sur les infrastructures GNL et les tanks en particulier

Critères sismiques sévères (comparables à ceux de l'industrie nucléaire), dimensionnant pour les infrastructures en zone sismique.

- Sur les barres et manchons cryogéniques

Barres d'armatures cryogéniques : sans incidences

Manchons cryogéniques: conformité aux critères sismiques de la normes ISO 15835 parfois exigée.

Les aciers cryogéniques

Essais de validation des performances
Sylvain GAILLARD

Référentiels :

BS 7777-3 (norme périmée depuis 2006)

Flat-bottomed , vertical, cylindrical storage tanks for low temperature service – Part 3: Recommendations for the design and construction of prestressed and reinforced concrete tanks and tank foundations, and for the design and installation of tank insulation, tank liners and tank coatings

EN 14620-3 (dernière version : 2006)

Conception et fabrication de réservoirs en acier à fond plat, verticaux, cylindriques, construits sur site, destinés au stockage des gaz réfrigérés, liquéfiés, dont les températures de service sont comprises entre 0°C et -165°C – Partie 3 : Constituants béton

Objet de l'essai :

✓ Valider les performances mécaniques des armatures dans les conditions d'utilisation les plus sévères

→ $R_{p_{0,2}}$ (ou Re_H / Re_L), R_m , A_{gt}

✓ Etudier la Sensibilité à l'effet d'Entaille

→ RSE

Conditions d'essai :

- Essais à réaliser à la température de calcul du métal
 - plus basse température à laquelle l'armature puisse être exposée
- Différence de température entre 2 points de l'éprouvette $\leq 5^{\circ}\text{C}$
- Différence de température entre 1 point de l'éprouvette et la température de calcul $\leq 5^{\circ}\text{C}$

Conditions d'essai :

Essais à réaliser selon ISO 6892-1 (modes de pilotage) :

→ sur une barre d'armature non entaillée

→ sur une barre d'armature entaillée

Ratio de Sensibilité à l'effet d'Entaille (RSE) :

(ou Notch Sensitivity Ratio (NSR))

$$RSE = \frac{\text{Limite de rupture pour la barre entaillée}}{\text{Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % sur barre non entaillée}}$$

ou

$$RSE = \frac{\text{Limite de rupture pour la barre entaillée}}{\text{Limite apparente basse d'élasticité sur barre non entaillée}}$$

Caractéristiques de l'entaille :

située à mi-longueur de l'armature

entaille en V

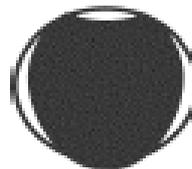
angle d'ouverture : 45°

rayon à la base : 0,25mm

profondeur : 1mm

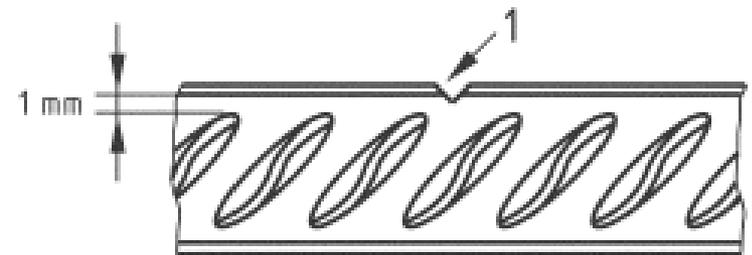


→ Entaille de type
« Charpy » (ISO
148-1)

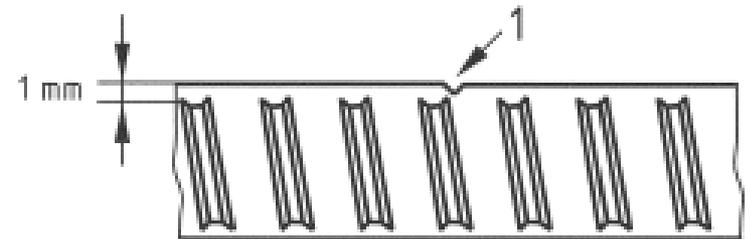


Légende

1 Entaille en V



a) Barre nervurée à arêtes longitudinales



b) Barre nervurée à arêtes transversales

Critères de validation:

	BS 7777-3 (référentiel périmé)	EN 14620-3
Limite d'élasticité de l'éprouvette non entaillée	/	$\geq 1,15$ fois la limite d'élasticité minimale adoptée au stade de la conception
Agt éprouvette non entaillée	$\geq 3\%$	$\geq 3\%$
Agt éprouvette entaillée	$\geq 1\%$	/
NSR	≥ 1	≥ 1

Cas particulier des assemblages manchonnés :

Pour les basses températures, les coupleurs doivent faire l'objet des mêmes essais à température de calcul et il convient de comparer les résultats de ces essais à ceux obtenus à température ambiante. Lorsque les résultats des essais à température de calcul sont dans le limite des 5% de ceux obtenus à température ambiante, les coupleurs sont considérés comme validés pour l'application considérée.

Les aciers cryogéniques

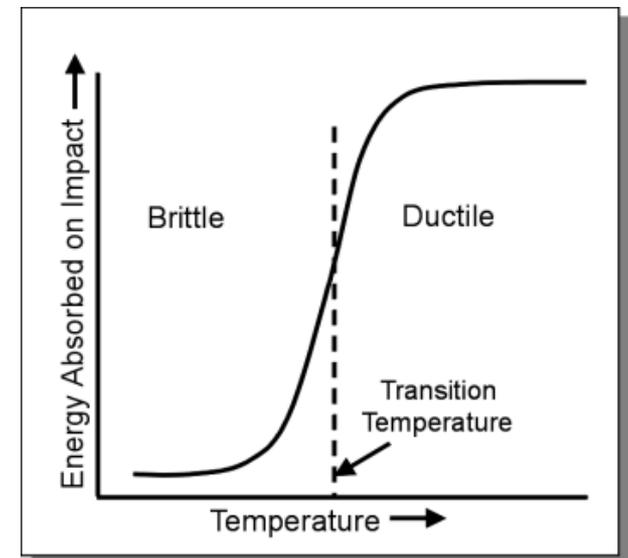
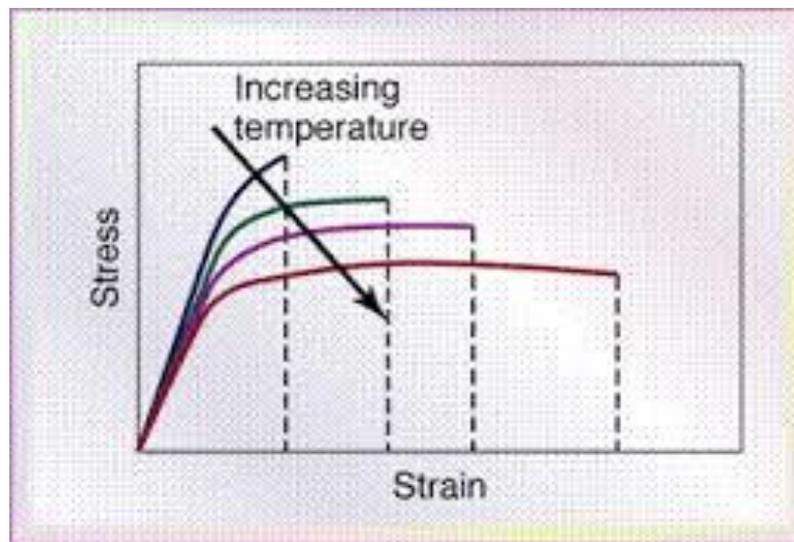
Manchons cryogéniques
Christophe HENNEBERT

Objet de la présentation

- Effets des basses températures sur les performances mécaniques de la matière
- Critères de performances des manchons à températures cryogéniques ($\sim -165^{\circ}\text{C}$) et ambiantes
- Défis technologiques propre à la conception des manchons cryogéniques
- Justification de la qualité

Effets des basses températures sur les performances mécaniques de la matière

- Augmentation de la résistance (R_e , R_m)
- Diminution de la ductilité (A_{gt})
- Fragilisation (*Diminution de la résilience*)



Critères de performances des jonctions mécaniques à températures cryogéniques (~ -165°C)

- Absence de cadre normatif pertinent
- Choix de ERICO pour les manchons cryogéniques LENTON
 - => Conformité aux exigences pour les barres entaillées (BS 7777)
 - Ratio de Sensibilité à l'effet d'Entaille (RSE) ≥ 1
(*Notch Sensitivity Ratio* (NSR))
 - Agt $\geq 1\%$
 - Rupture fragile du manchon proscrite
- Spécification projet: Exigences propres à certains projets

Critères de performances des jonctions mécaniques à températures ambiantes

- Conformité aux exigences (normes) locales
- Critères sismiques (en zone sismique): ISO 15835 en Europe (en général), normes équivalentes en Asie et en Amérique.

Défis technologiques propre à la conception des manchons cryogéniques

- ✓ Sélection d'une technologie de rabouillage appropriée
(certaines technologies sont intrinsèquement peu ou pas adaptées)
- ✓ Sélection d'un matériau approprié (composition chimique et structure cristallographique)
- ✓ Prise en compte du comportement à basse température des barres à rabouter (ex: coefficient de dilatation)

Justification de la qualité

- Essais à basses températures (-165 °C) sur la production
- Systeme qualite ISO 9001

Merci de votre attention,
Avez-vous des questions ?

Les réactions du marché suite à la mise en application de l'Eurocode 8

Jean-Michel SOHM - SNAAM
Jean-Marc TRUCHE - FIMUREX

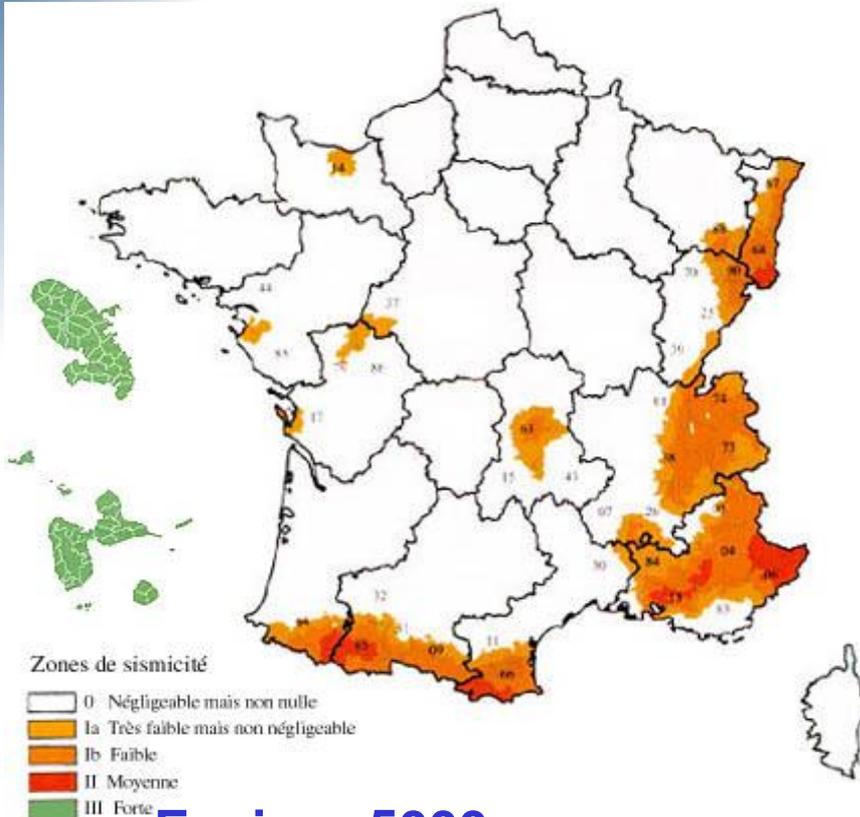
HISTORIQUE DES REGLES DE CALCUL

L'OUVRAGE BETON ARME N'EST PAS SOUMIS AU CALCUL PARASISMIQUE	L'OUVRAGE EST SOUMIS AU CALCUL PARASISMIQUE	
	Règles générales pour les bâtiments	Règles simplifiées maisons individuelles
<p>B A E L 91 mod.99 31 mars 2010</p>	<p>Règles PS 92 1er mai 2011</p>	<p>Règles PS MI 89 révisées 92 pour les zones de sismicité Ia, Ib, II 1er mai 2011</p>
<p>EC 2 ou BAEL</p> <p>Selon les Documents Particuliers des Marchés</p> <p><u>Pour les marchés publics:</u> Recommandation sur la référence aux Eurocodes, Fascicule 65</p> <p><u>Pour les marchés privés:</u> se référer au contrat</p> <p>Le BAEL est retiré de la liste des DTU en vigueur (CGN or Bat-DTU)</p>	<p>EC 8 / PS 92</p> <p>Nouvelle carte, nouvelles accélérations 01-janv-14</p>	<p>Règles PS MI Amendement A2 pour les zones de sismicité 3 et 4 CP MI Antilles pour zone 5</p>
	<p>EC 8 OBLIGATOIRE</p>	<p>En attente Règles CP MI EC8 pour les zones de sismicité 3 et 4</p>

temps

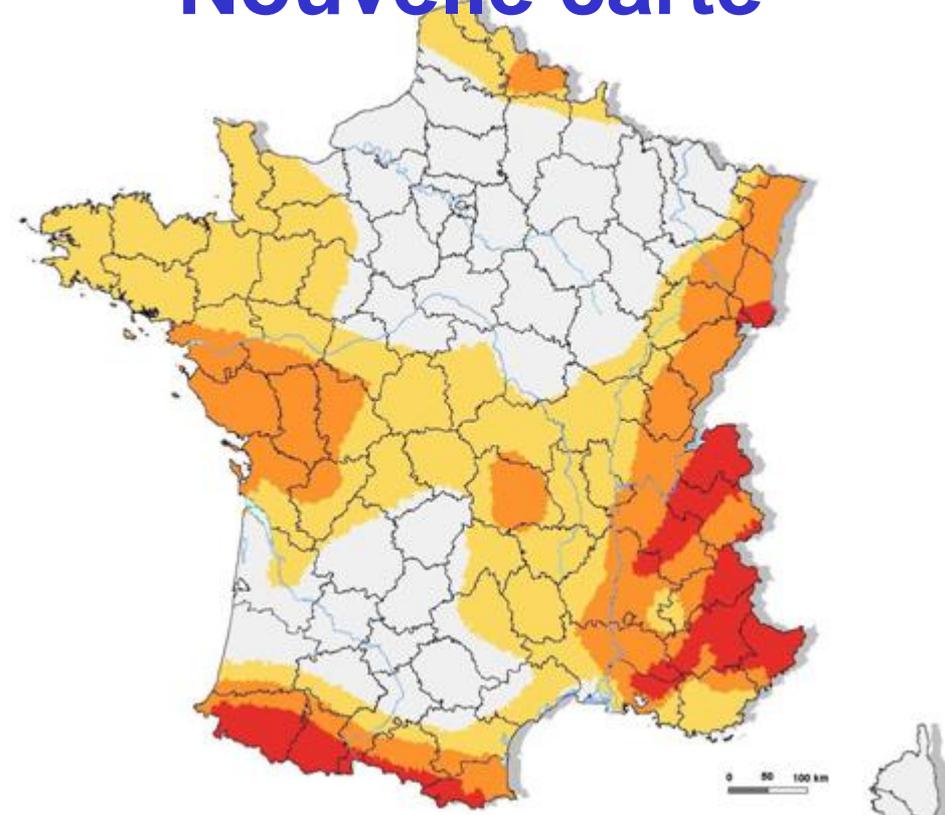


Ancienne carte



Environ 5000 communes

Nouvelle carte



Environ 20000 communes

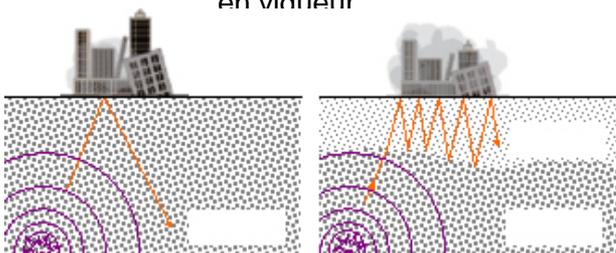
Ancienne terminologie		Nouvelle terminologie	
Zone 0	négligeable	Zone 1	très faible
Zone Ia	très faible	Zone 2	faible
Zone Ib	faible	Zone 3	modérée
Zone II	moyenne	Zone 4	moyenne
Zone III	forte	Zone 5	forte

Catégorie d'importance	Description
<p>I</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
<p>II</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, $h \leq 28$ m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
<p>III</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, $h > 28$ m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
<p>IV</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

LES REGLES DE CONSTRUCTION APPLICABLES AUX BATIMENTS

	CATEGORIE D'IMPORTANCE du Bâtiment (Risque normal)	II		III	IV
		I	Maison Individuelle (selon définition NF P 06-014)		
ZONE DE SISMICITE	1	Aucune exigence parasismique EC2, BAEL ou autre Selon marché			
	2				
	3	PS MI Amendement A2	Eurocode 8 Depuis le 1 ^{er} janvier 2014		
	4				
	5 (Antilles)				CP MI Antilles(*)(**)

(*): Construction Parasismique Maison Individuelle Antilles (**): sous réserve du respect des conditions des textes en vigueur



Avec étude de sols
Si sismique

POUR UNE BONNE DEFINITION DE L'ARMATURE...

- ✓ **Diamètres et nuances d'acier**
- ✓ **Longueurs, dimensions et longueurs d'ancrage**
- ✓ **Diamètres de façonnage**
- ✓ **Plan de montage pour armature assemblée**
- ✓ **Tolérances d'exécution**
- ✓ **Rigidité de l'armature assemblée**
- ✓ **Identification**

Normalement, l'armaturier ne doit pas se poser de questions et ne doit pas interpréter. Par exemple, pour les armatures en situation sismique, les nuances d'acier, les types d'ancrage,...doivent être parfaitement définis sur les plans

LES PRINCIPALES NORMES APPLICABLES AUX STRUCTURES EN BETON DES BATIMENTS

NF EN 1990 + A.N (**Eurocode 0**)

Base de calcul des structures

NF EN 1990 (Mars 2003 – 2^{ème} tirage Avril 2003) et NF EN 1990/NA (Version 2 - Décembre 2011)

NF EN 1992 + A.N (**Eurocode 2**)

Calcul des structures en béton

NF EN 1992-1-1 (Octobre 2005 – 4^{ème} tirage mai 2013) et NF EN 1992-1-1/NA (Version 1 - mars 2007)

Règles générales et règles pour les bâtiments

NF EN 1992-1-2 (Octobre 2005 – 3^{ème} tirage déc. 2013) et NF EN 1992-1-2/NA (Version 1 – oct. 2007)

Calcul du comportement au feu

**(Partie 1.2 Réglementaire – Arrêté du 14 mars 2011 modifiant l'arrêté du 22 mars 2003
– Entrée en vigueur le 1^{er} avril 2014)**

Fascicule de documentation (**non normatif**) FD P 18-717 (version 1 – décembre 2013)

Guide d'application des normes NF EN 1992

NF EN 13670/CN

Exécution des structures en béton

(Version 1 - Février 2013)

DTU 21

Exécution des ouvrages en béton

(Mars 2004)

Révision en cours (enquête AFNOR close)

LES PRINCIPALES NORMES APPLICABLES AUX STRUCTURES EN BETON DES BATIMENTS - PARASISMIQUE

Réglementation : Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », modifié par les arrêtés du 19 juillet 2011, du 28 octobre 2012 (fin de la période transitoire) et du 15 septembre 2014

NF EN 1998 + A.N (Eurocode 8)

Calcul des structures pour leur résistance aux séismes

NF EN 1998-1 (Sept. 2005 – 2^{ème} tirage octobre 2010 + Amendement A1 mai 2013)
et NF EN 1998-1/NA (Version 1 - déc. 2007 [Version 2 – déc. 2013])

Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments

NF EN 1998-5 (Sept. 2005 – 3^{ème} tirage oct. 2013) et NF EN 1998-5/NA (Version 1 - oct. 2007 [Version 2 - déc. 2013]) **Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques**

Fascicule de documentation (non normatif et non réglementaire) FD P XX-XXX
Guide d'application de la norme NF EN 1998-1 (*en cours de finalisation*)

***Cas particulier des maisons
individuelles et bâtiments assimilés****

Règles PS-MI 89 rév. 92

(Mars 1995 – Amendé A1, février 2001 –
Amendé A2, janvier 2011)

***Cas particulier des maisons
individuelles aux Antilles*****

Guides CP-MI Antilles

(Recommandations AFPS Tome IV mars 2004)

* Sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

** Sous réserve du respect des conditions du guide CP-MI

LES PRINCIPALES NORMES APPLICABLES AUX STRUCTURES EN BETON DES BATIMENTS – NORMES DE PRODUITS

BETON

NF EN 206-1/CN
Béton - Spécification, performance, production et conformité
(Décembre 2012)
(en cours de révision = NF EN 206/CN)

NF A 35-024
Aciers pour Béton Armé – Treillis soudés de surface constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm (Décembre 2007)
+ Amendement A1 (Novembre 2009)

DISPOSITIFS DE RABOUTAGE (Coupleurs) ET DISPOSITIFS D'ANCRAGE

NF A 35-020-1
Dispositifs de raboutage et dispositifs d'ancrage d'aciers pour béton armé (Juin 2011)

ACIERS POUR BETON ARME

NF EN 10080
Aciers pour l'armature du béton – Aciers soudables pour béton armé
(Septembre 2005)

NF A 35-080-1 et -2
Aciers pour Béton Armé – Aciers soudables – Partie 1 - Barres et couronnes
Partie 2 – Treillis soudés
(Décembre 2013)

XP A 35-014
Aciers pour béton armé - Barres et couronnes en acier inoxydable
(Décembre 2003)

XP A 35-025
Barres et couronnes pour béton armé galvanisés à chaud
(Mars 2002)

ARMATURES

NF A 35-027
Produits en acier pour béton armé - Armatures
(Novembre 2009)
(en cours de révision)

Les réactions du marché suite à la mise en application de l'Eurocode 8

LE DEBAT

Extraits Eurocode 8

5.3 Dimensionnement selon l'EN 1992-1-1

5.3.1 Généralités

(1) Il est recommandé de n'appliquer le dimensionnement sismique pour la ductilité limitée (classe de ductilité L), selon l'EN 1992-1-1:2004, sans autre exigence que celles de 5.3.2, que dans les cas de faible sismicité (voir 3.2.1(4)).

5.3.2 Matériaux

(1)P Dans les éléments sismiques primaires (voir 4.2.2), l'acier de béton armé de classe B ou C dans l'EN 1992-1-1:2004, Tableau C.1, doit être utilisé.

5.3.3 Coefficient de comportement

(1) Un coefficient de comportement q jusqu'à 1,5 peut être utilisé dans le calcul des actions sismiques, quels que soient le système structural et la régularité en élévation.

Annexe nationale

Clause 5.3.2(1)P

Il est toutefois précisé que la classe A peut également être retenue pour les aciers suivants :

- les aciers qui ont un rôle d'aciers de montage tels que les cadres entourant les armatures longitudinales des chaînages,
- les aciers des murs qui résultent de dispositions constructives minimales tels que les « aciers de peau » ou « treillis de surface »,
- les aciers des dalles qui ne jouent qu'un rôle de portance sous charges gravitaires et/ou de résistance au cisaillement dans leur fonctionnement en diaphragme, compte tenu du coefficient γ_d de la clause 4.4.2.5(2).

5.4 Dimensionnement pour la classe DCM

5.4.1 Contraintes géométriques et matériaux

5.4.1.1 Exigences relatives aux matériaux

- (1)P Le béton d'une classe inférieure à C 16/20 ne doit pas être utilisé dans les éléments sismiques primaires.
- (2)P À l'exception des cadres, des étriers et des épingles, seules des barres nervurées doivent être utilisées comme armatures de béton armé dans les zones critiques des éléments sismiques primaires.
- (3)P Dans les zones critiques des éléments sismiques primaires, l'acier de béton armé de classe B ou C dans l'EN 1992-1-1:2004, Tableau C.1, doit être utilisé.
- (4)P Les treillis soudés peuvent être utilisés s'ils respectent les prescriptions des alinéas (2)P et (3)P du présent paragraphe.

5.5 Dimensionnement pour la classe DCH

5.5.1 Contraintes géométriques et matériaux

5.5.1.1 Exigences relatives aux matériaux

- (1)P Le béton de classe inférieure à C 20/25 ne doit pas être utilisé dans les éléments sismiques primaires.
- (2)P La prescription de l'alinéa 5.4.1.1(2)P s'applique au présent paragraphe.
- (3)P Dans les zones critiques des éléments sismiques primaires, l'acier de béton armé de classe C dans le Tableau C.1 de l'EN 1992-1-1:2004 doit être utilisé. De plus, la valeur caractéristique supérieure (fractile à 95 %) de la limite d'élasticité réelle, $f_{yk,0,95}$, ne doit pas dépasser la valeur nominale de plus de 25 %.

CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ACIERS POUR BETON ARME SUIVANT NF A 35-080

Nuance d'acier	Limite apparente d'élasticité, R_e MPa	Rapport $R_{e,act}/R_{e,nom}$ max.	Rapport R_m/R_e		Allongement total pour cent sous force maximale, A_{gt} %
			min	max	
B500A	500	1,30	1,05 ^a	—	2,5 ^b
B500B	500	1,30	1,08 ^c	—	5,0 ^d
B500C	500	1,25	1,15	1,35	7,5
B450B	450	1,30	1,08 ^c	—	5,0 ^d
B450C	450	1,25	1,15	1,35	7,5

POST-SCRIPTUM :

Quelles nouveautés en 2014 ?

Guillaume GARNIER – AFCAB

SOMMAIRE

- La normalisation
 - Les aciers et les armatures
 - Autres
- L'information
- L'organisation de l'AFCAB

LA NORMALISATION

- Les normes françaises d'aciers et d'armatures
 - NF A 35-080-1 (acier pour béton armé) et 2 (treillis soudés) publiées en décembre 2013,
 - XP A 35-026 (aciers plats crantés soudables) publiée en novembre 2013,
 - NF A 35-027 en cours de révision globale (prise en compte des Eurocodes)

- **Autres normes**

- ISO 15630-1 et 2 : révision décidée le 23/09/2014.

- B. CRETON désigné comme animateur du GT,

- ISO 15835-1 et 2 : Coupleurs d'armature destinés aux rabotages mécaniques de barres révision décidée le 23/09/2014.

- Animateur du GT à désigner

- NF EN ISO 17065 : Certification de produits et services remplace la NF EN 45011, transition jusqu'en septembre 2015

L'INFORMATION

- Reconduction de l'accréditation COFRAC le 29 septembre 2014
- Maintien du nombre de certifiés
- Refonte des certificats

L'ORGANISATION DE L'AFCAB

- Amélioration du site internet
- Règles de certification
 - RCC03 - Règles de certification de la marque NF - Aciers pour Béton Armé : mise à jour en décembre 2013
- Reconduction du mandat de notre Président pour une durée de 3 ans.

MOT FINAL DU PRESIDENT

Bernard CRETON

The logo for AFCAB features the acronym 'AFCAB' in a bold, blue, sans-serif font. A thick red curved line starts from the left side of the image, passes behind the letters 'A', 'F', and 'C', and then crosses over the letters 'A', 'B', and 'B'.

AFCAB

ASSOCIATION FRANÇAISE
DE CERTIFICATION
DES ARMATURES DU BÉTON

www.afcab.org