21e édition

CARREFOUR des GESTIONS LOCALES de l'eau

29&30 JANVIER 2020

RENNES
Parc des expositions

Une manifestation

idealco
LA PLATEFORME COLLABORATIVE DE LA SPHÈRE PUBLIQUE

RÉSEAU EAU

En partenariat avec

Établissement public du ministère chargé du développement durable

Région Bretagne

Sous le parrainage de

29&30 JANVIER 2020
21e édition CARREFOUR des GESTIONS LOCALES de l'eau
RENNES Parc des expositions
www.carrefour-eau.com

Fascicule n°74 du CCTG

Construction des réservoirs en béton et réhabilitation des réservoirs en béton et en maçonnerie

D. MINOT - Eau 17, G. LECA – Résina, M. NGUYEN - Sade

Organisation de la révision

- Révision générale des fascicules « EAU »: 70-1, 70-2, 71, 73, 81-2
- Révisions organisées sous l'autorité de l'ASTEE
- Début des travaux en 2013
- Publications sur site ASTEE en 2019 – 2020
- Signatures ministérielle prévue mi 2020

Utilisation du nouveau fascicule 74

- Possibilité de l'utiliser dès maintenant mais….
  - Dérogation au fascicule 74 (v1998) (toujours en vigueur dans l'attente de la signature)
  - Juridiquement, le nouveau fascicule doit être intégralement reproduit dans le DCE
  - Le renvoi vers le document téléchargeable sur le site de l'ASTEE est insuffisant
- A utiliser pour les marchés de l'Etat, collectivités
- Conseillé aussi pour les marchés privés (liquides agroalimentaires, piscines, …) car probable référence en cas de contentieux

Objet du fascicule

DOMAINE D'EMPLOI

- **« Construction des réservoirs en béton et réhabilitation des réservoirs en béton ou en maçonnerie »**
- Ouvrages destinés au stockage ou au transport (canaux, aqueducs) de liquides: eaux brutes, eaux pluviales, eaux usées, EDCH, autres liquides compatibles avec un béton brut ou revêtu (hors liquides inflammables ou explosifs).
- Document de référence en achat public pour les collectivités locales (réservoirs et usines d'eau potable, bassins de stations d'épuration, bassins d'eaux pluviales, piscines, canaux) et aussi pour la maîtrise d'ouvrage privée (stockage de liquides industriels, agro-alimentaires,…).
- Document compatible aux Eurocodes

Les principes rédactionnels

- Document d'aide à la décision et à la rédaction des DCE dans l'intérêt des intervenants à l'acte de construire: MOA, MOE, Entreprise
- **Le fascicule n'est pas un code de calcul des structures en béton**. On dispose des Eurocodes et du fascicule 65 *« exécution des ouvrages de génie civil en béton »*
- **On traite de la fonction « étanchéité »**

Architecture du fascicule 74

- Chap 1: typologie des ouvrages (nus ou revêtus)

On ne part plus du principe qu'un ouvrage neuf est forcément en béton nu.
On reprend les types A,B,C de l'ancien fascicule et on ajoute les classes de l'Eurocode.
Aide au choix dans les commentaires
Durée d'utilisation

- Chap 2: contraintes du projet

A renseigner par le MOE
Responsabiliser les intervenants dont le donneur d'ordre.
Cf annexe n°6 sur les éléments à préciser au CCTP

Architecture du fascicule 74

- **Chap 3: management de la qualité**

Clauses communes issues du *« guide d'harmonisation des clauses contractuelles relatives aux documents concernant le management de la qualité ».*

Adaptation des dispositions du fascicule 65 au génie civil de l'eau.

Procédures complètes et complexes à simplifier pour des ouvrages courants

- **Chap 4: dimensionnement des ouvrages**

Révision de l'annexe nationale de la NF EN 1992-3

- **Chap 5: mode d'exécution des ouvrages de génie civil**

Renvoi au Fas 65 et Fas 68

- **Chap 6: réhabilitation des supports en béton ou en maçonnerie**

Renvoi à l'annexe non contractuelle sur les études de diagnostic

Architecture du fascicule 74

- **Chap 7: mise en œuvre des revêtements**
- Nouveau et fondamental pour les RI et RE. Complété par une annexe n°2 (matrice des éléments de preuve) et une annexe n°4 sur la mise en œuvre des procédés RI et RE (guide de pose)
- **Chap 8: équipements divers**
- Ravalement, étanchéité de couverture, accès, antennes
- **Chap 9: cas particuliers**
- Renvoi en annexe n°3: Piscines, canaux, aqueducs, cuves à vin.

Architecture du fascicule 74

- **Chap 10: essais et contrôles**

Béton: renvoi au Fas 65.

Revêtements: points d'arrêt, points critiques, contrôles intérieurs et extérieurs

- **Chap 11: épreuves et réception**

Épreuves de charge et d'étanchéité selon typologie de l'ouvrage

- **Chap 12: exploitation, entretien, inspection et maintenance**

DOE, DUIO, conditions d'inspection

Typologie des ouvrages

▸Nouvelle typologie **de l'étanchéité** des ouvrages:

- Type A0 à A3: ouvrages non revêtus
- Type B1 à B2: ouvrages avec revêtement d'imperméabilisation RI
- Type C0 à C2: ouvrages avec revêtement d'étanchéité RE

Les lettres A,B,C sont reprises de l'ancienne version du fascicule 74.
Les chiffres 0 à 3 sont les classes de paroi correspondant aux classes d'étanchéité de la NF EN 1992-3 (§ 7.3.1)

Typologie des ouvrages

►Type A: ouvrages en béton non revêtus

A noter:

- Le type A0 peut par exemple être retenu pour les réservoirs destinés au stockage des eaux pluviales et leurs ouvrages annexes, sauf prescriptions particulières. Ce type d'ouvrage n'est pas adapté pour les réservoirs destinés au stockage d'EDCH ou d'eaux usées.

Type de l'ouvrage[(a)]	Classe de la paroi béton selon NF EN 1992-3[(b)]	Revêtement
Type A0	Classe 0	/
Type A1	Classe 1	/
Type A2	Classe 2	/
Type A3	Classe 3	/

- Pour la traction développée dans les réservoirs circulaires du type A2, les calculs en béton armé conduisent généralement à un taux d'armatures important voire très élevé, de sorte qu'il est préférable d'envisager une précontrainte.
- Les ouvrages du type A3 sont obligatoirement réalisés en béton précontraint.

Typologie des ouvrages

► Type B: ouvrages en béton avec revêtement d'imperméabilisation (RI)

Type de l'ouvrage[(a)]	Classe de la paroi béton selon NF EN 1992-3[(b)]	Revêtement
Type B1	Classe 1	RI
Type B2	Classe 2	RI

A noter:

- revêtement d'imperméabilisation sur la totalité des parements intérieurs mouillés.
- traitement des points singuliers (reprise radier/voiles, reprise de bétonnage des parois, trous de banches)
- B0 sans intérêt
- B1 recommandé dans le cas général

Typologie des ouvrages

►Type C: ouvrages en béton avec revêtement d'étanchéité (RE)

Type de l'ouvrage[(a)]	Classe de la paroi béton selon NF EN 1992-3[(b)]	Revêtement
Type C0	Classe 0	RE
Type C1	Classe 1	RE
Type C2	Classe 2	RE

A noter:

- maintenance du revêtement d'étanchéité à assurer
- la fonction étanchéité est assurée par le revêtement qui permet le respect de la condition « *aucune fuite admise* »
- C1 recommandé dans le cas général

Conception des réservoirs : quel règlement adopter ?

Fascicule 74

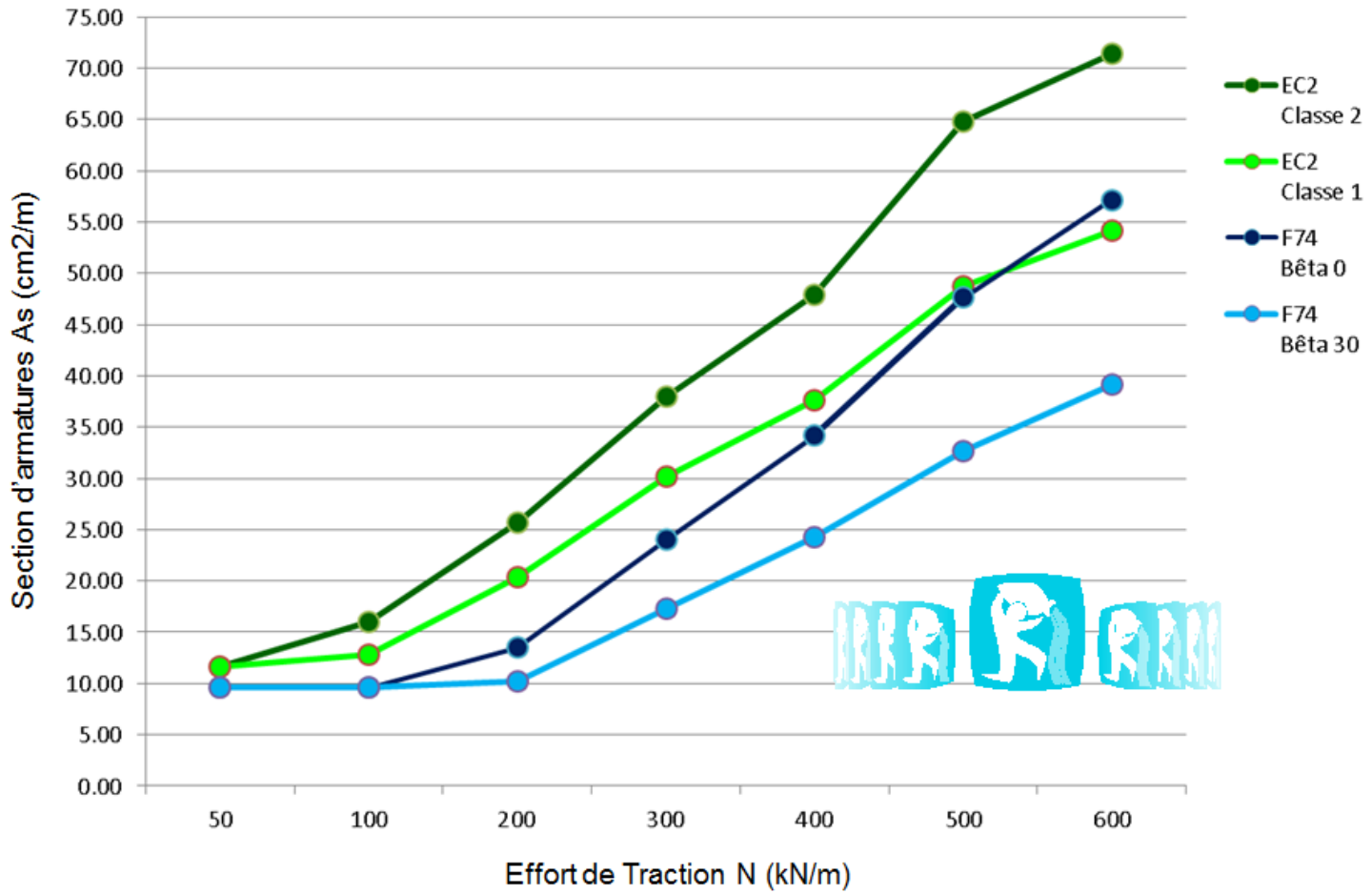
- La conception des réservoirs en béton est traitée par le fascicule 74 du CCTG travaux « construction des réservoirs en béton ». Il constitue le document de référence en achat public pour les collectivités locales (réservoirs et usines d'eau potable, bassins de stations d'épuration, bassins d'eaux pluviales, piscines, canaux) et aussi pour la maîtrise d'ouvrage privée (stockage de liquides industriels, agro-alimentaires,…).
- La révision du fascicule 74 a été lancée dans le cadre du projet « référentiel génie civil 2010 ». Elle est portée par un groupe de travail installé par l'ASTEE (association scientifique et technique pour l 'eau et l'environnement) et doté d'une lettre de mission validée par le président du GEM-OTM.
- Le fascicule 74 prescrivait des règles de calcul des ouvrages. Or, en application de l'Eurocode 2, il convient désormais d'utiliser la norme NF EN 1992-3 « calcul des structures en béton » et son annexe nationale NF EN 1992-3/AN. Lorsqu'on dispose d'une norme, le fascicule n'a pas pour vocation de redéfinir des règles de calcul … mais cette transition vers l'EC2-3 a comporté des difficultés majeures.

Conception des réservoirs : quel règlement adopter ?

NF EN 1992-3 et son annexe nationale française NF EN 1992-3 NA révisée (26/11/2016)

- L'Eurocode est un code de conception de réservoirs sans revêtements, alors que le fascicule est un document prescriptif d'achat d'un réservoir, avec ou sans revêtement, à l'usage du maître d'ouvrage.
- Dans la version NF EN 1992-3 AN v2008, il y avait un « malentendu » sur la performance de la classe 2 vis-à-vis de l'étanchéité des ouvrages.
- L'application de la norme NF EN 1992-3 AN v2008 conduit à une augmentation considérable des quantités de béton et surtout d'acier (entre + 40% et + 100%). L'impact économique est donc significatif, et le trop fort taux d'armatures peut induire des difficultés de réalisation.
- L'annexe nationale de la norme NF EN 1992-3 a été révisée (26/11/2016)

Comparaison des résultats Fascicule 74 / Eurocode 2-3 v2008



Principales modifications apportées par l'annexe NF EN 1992-3/A v2016

Une nouvelle approche du calcul de l'ouverture de fissure, basée sur le CM 2010

7.3.4

NOTE 1 La section A_s des armatures est prise égale au maximum des valeurs trouvées par le calcul ci-après, par l'application du pourcentage minimal ou par le calcul réalisé avec σ_s = 200 MPa.

NOTE 2 Dans la plupart des cas, ε_{cs} peut être négligé, si des dispositions constructives appropriées sont prises (construction par plots, bandes de clavages, joints, etc.).

NOTE 3 Dans le cas où $\sigma_s < k_t.\sigma_{sr}$, il n'y a pas fissuration et il est donc retenu le pourcentage minimal d'armatures.

7.3.4 (101)

L'ouverture des fissures peut être calculée au moyen de l'Expression :

$$w_k = 2l_{s,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} - \varepsilon_{cs}) \qquad (7.101)$$

Principales modifications apportées par l'annexe NF EN 1992-3/A v2016

Une nouvelle approche du calcul de l'ouverture de fissure, basée sur le CM 2010

7.3.4 (102)

$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ peut être calculé par l'Expression :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \sigma_{sr}}{E_s} \qquad (7.102)$$

avec :

$$\sigma_{sr} = \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}) \qquad (7.103)$$

où :

α_e et $\rho_{p,eff}$ ont les mêmes définitions qu'en 7.3.4 de la norme NF EN 1992-1-1

k_t = 0,4, car la structure est considérée à long terme et en fissuration stabilisée (définition identique à celle donnée dans la NF EN 1992-1-1)

7.3.4 (103)

L'espacement maximal des fissures est :

$$s_{r,max} = 2l_{s,max} = 2c + \frac{1}{2 \times 1{,}8} \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \qquad (7.104)$$

Principales modifications apportées par l'annexe NF EN 1992-3/A v2016

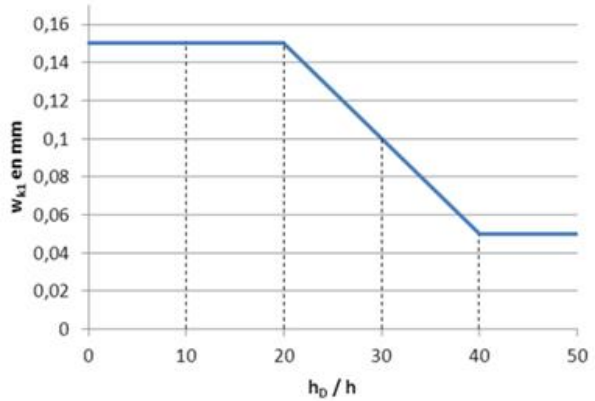
Une redéfinition des ouvertures de fissures maximales wk1

Les valeurs de w_{k1} qui limitent l'ouverture des fissures dont il est prévisible qu'elles traversent la section, sont définies comme une fonction du rapport de la pression hydrostatique h_D, à l'épaisseur h du voile retenant l'eau, où :

h_D est la pression hydrostatique (exprimée en mètre d'eau) au point bas de la tranche étudiée, déterminée à partir de la hauteur théorique d'exploitation ;

pour $h_D/h \leq 20$, w_{k1} = 0,15 mm, pour $h_D/h \geq 40$, w_{k1} = 0,05 mm, avec interpolation linéaire pour les valeurs de h_D/h comprises entre 20 et 40 et limitation à $h_D/h \leq 50$ (voir Figure 1). Pour les ouvrages préfabriqués industriellement, il est autorisé des valeurs de h_D/h supérieures, sous réserves de justifications spéciales (% mini, essais, etc.).

De plus, la contrainte σ_s dans les armatures est limitée : $\sigma_s \leq 200$ MPa.



Principales modifications apportées par l'annexe NF EN 1992-3/A v2016

Une clarification sur la classe d'étanchéité 2

Tableau 7.105NF - Classification de l'étanchéité

Classe d'étanchéité	Exigences en matière de fuite
0	Un certain débit de fuite admissible, ou fuite de liquides sans conséquence.
1	Fuites limitées à une faible quantité. Quelques taches ou plaques d'humidité en surface admises.
2	Fuites minimales sans débit quantifiable. Rares taches d'humidité.
3	Aucune fuite admise.

Classe d'étanchéité	Exigences en matière de fuite
0	Un certain débit de fuite admissible, ou fuite de liquides sans conséquence.
1	Fuites limitées à une faible quantité. Quelques taches ou plaques d'humidité en surface admises.
2	Fuites minimales. Aspect non altéré par des taches.
3	Aucune fuite admise.

Principales modifications apportées par l'annexe NF EN 1992-3/A v2016

Une recommandation claire de choix des classes d'étanchéité

Classe d'étanchéité 1

NOTE 1 Cette classe d'étanchéité est la classe normale pour les ouvrages contenant de l'eau (réservoirs, stations d'épuration, silos à boues, etc.).

NOTE 2 Cette classe vise notamment les ouvrages pour lesquels il est prévisible que les fissures traversent la section sur toute son épaisseur.

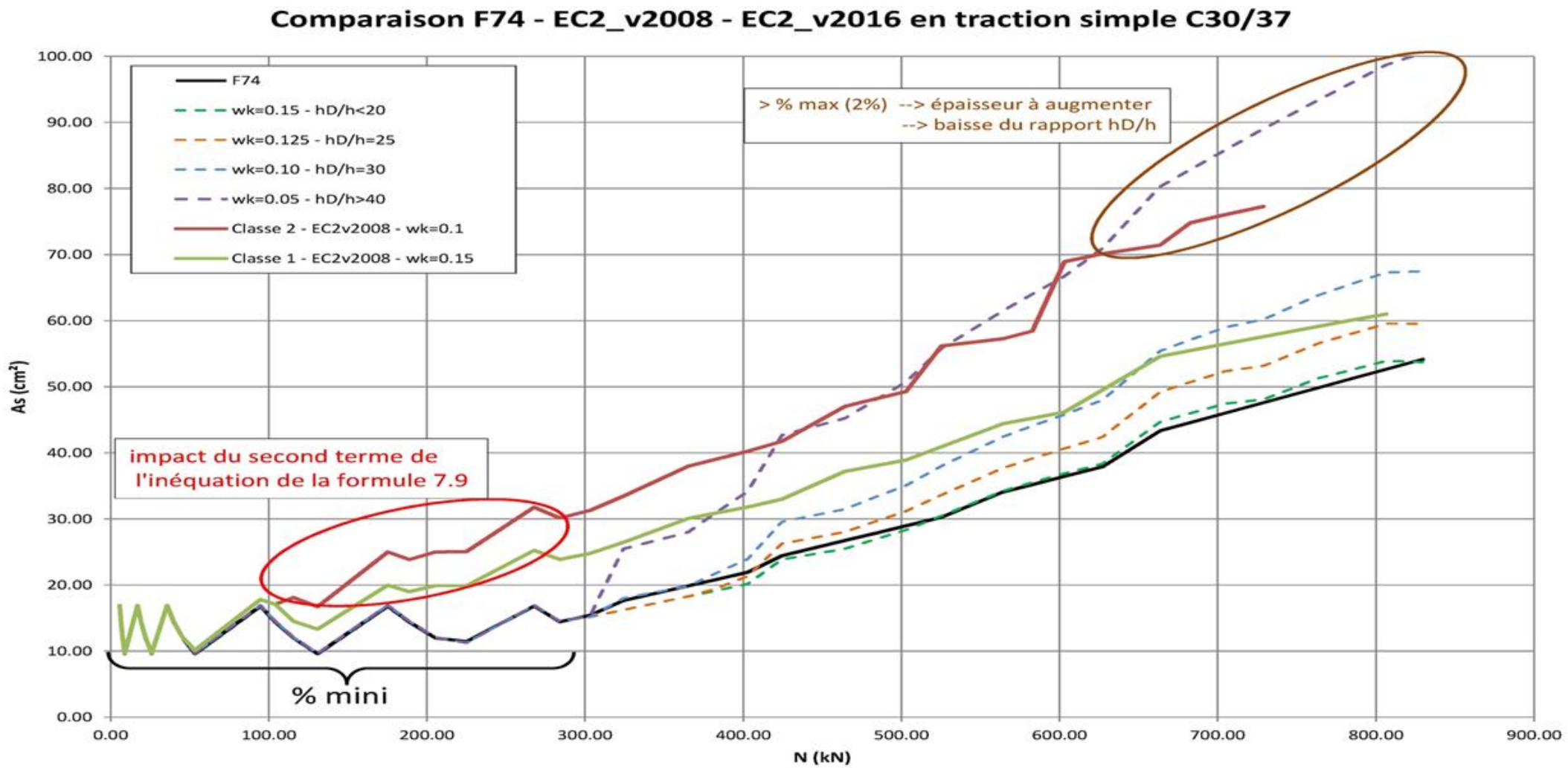
NOTE 3 Lorsque la section n'est pas fissurée sur toute son épaisseur (voir 7.3.1 (112)), il y a lieu de limiter l'ouverture des fissures à w_{k1} = 0,15 mm.

Classe d'étanchéité 2

NOTE 1 Il convient généralement d'éviter les fissures dont il est prévisible qu'elles traversent la section sur toute son épaisseur. Cette classe d'étanchéité est plus exigeante que ce qui est admis habituellement pour les ouvrages courants contenant de l'eau (réservoirs, stations d'épuration, etc.).

NOTE 2 Lorsque la fissuration est traversante, il est illusoire de pouvoir atteindre les exigences en matière de fuite de la classe 2 sans recours à des revêtements. Dans ces conditions, il convient de se limiter aux exigences relatives à la maîtrise de la fissuration de la classe 1.

NOTE 3 Lorsque la section n'est pas fissurée sur toute son épaisseur (voir 7.3.1 (112)), il y a lieu de limiter l'ouverture des fissures à w_{k1} = 0,12 mm.


Comparaison F74 - EC2_v2008 - EC2_v2016 en traction simple C30/37
F74
wk=0.15 - hD/h<20
wk=0.125 - hD/h=25
wk=0.10 - hD/h=30
wk=0.05 - hD/h>40
Classe 2 - EC2v2008 - wk=0.1
Classe 1 - EC2v2008 - wk=0.15
> % max (2%) --> épaisseur à augmenter
--> baisse du rapport hD/h
impact du second terme de l'inéquation de la formule 7.9
% mini
As (cm²)
N (kN)
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
0.00
100.00
200.00
300.00
400.00
500.00
600.00
700.00
800.00
900.00

Réhabilitation des réservoirs

Définitions clarifiées

- Un revêtement d´imperméabilisation (noté RI) est un écran intérieur adhérent à son support, pouvant en compléter l´étanchéité, mais ne résistant pas à la fissuration de ce support
- Un revêtement d´étanchéité (noté RE) est un écran intérieur adhérent ou non au support assurant seul l'étanchéité de l'ouvrage. Le revêtement doit pouvoir s'adapter aux légères déformations ou fissurations des ouvrages

Chapitre 7 mise en œuvre des revêtements

- **Préparation des supports**

- 7.1.1 Ouvrage neuf :

Décapage THP 500 bars minimum

Contrainte d'adhérence de 1,5 Mpa

Pour éviter l'incrustation et faciliter le nettoyage,

la surface de la paroi hydraulique devra avoir

un aspect lisse sans bulle.

Ce qui nécessite de boucher celles

qui seraient éventuellement détectées

Chapitre 7 mise en œuvre des revêtements

- **Préparation des supports**

- 7.1.2 Ouvrage existant :

Contrainte d'adhérence de 1 Mpa

Revêtements devant être éliminés :

Bitumineux, solvantés, revêtements semi-adhérents ou indépendants.

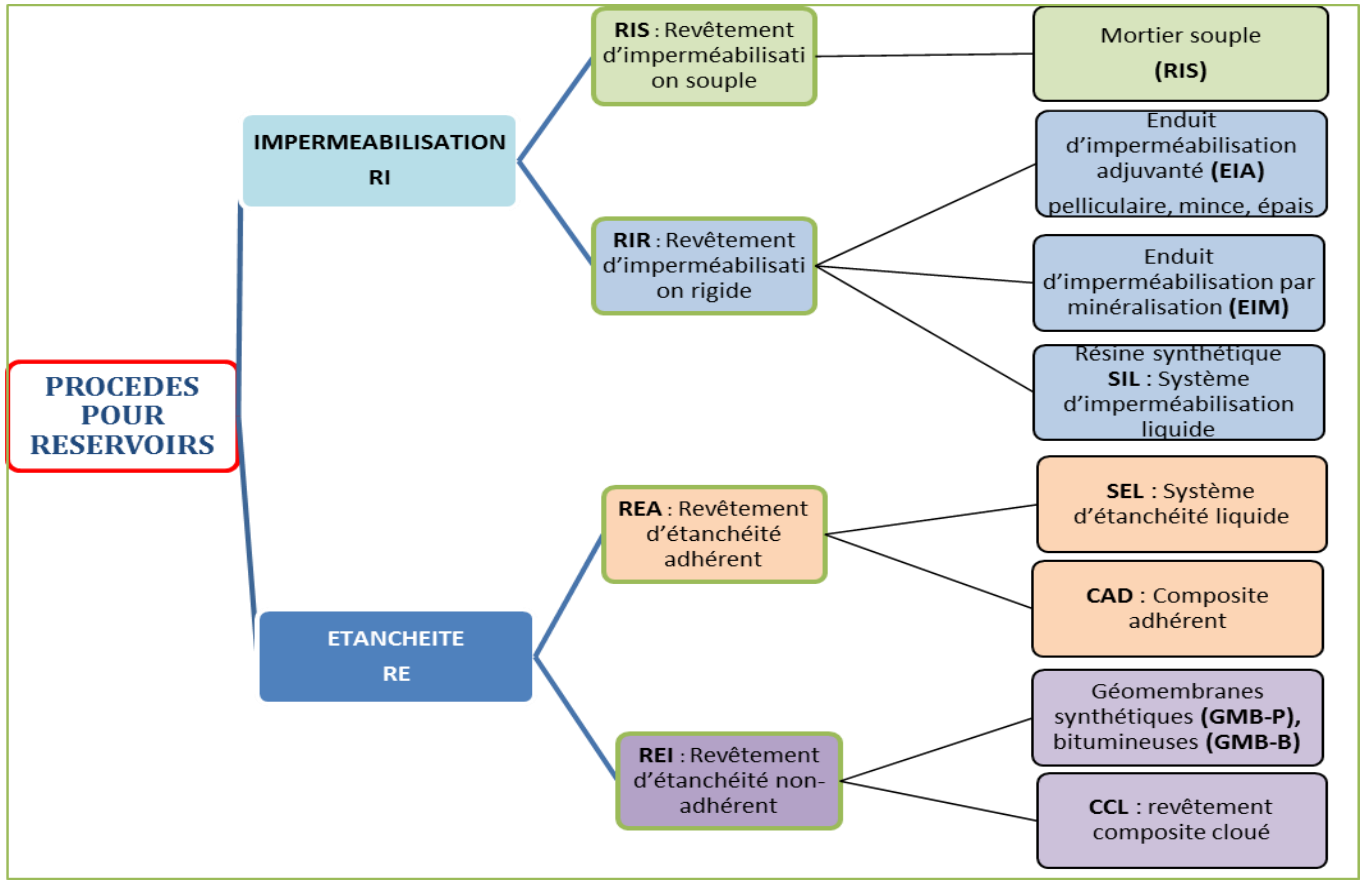
Revêtements pouvant être conservés

Mortiers hydrauliques classiques ou modifiés, revêtements adhérents

- 7.1.2 Fissures:
- Les ouvertures de fissures de la structure supérieures à 1 mm
- nécessitent des travaux de reprise, ou de renforcement de structure
- et ne peuvent être traitées par le revêtement seul (*).

7.2 typologie des revêtements

Procédés d'imperméabilisation et d'étanchéité



Domaine d'emploi

Domaines d'emploi des revêtements d'imperméabilisation et d'étanchéité

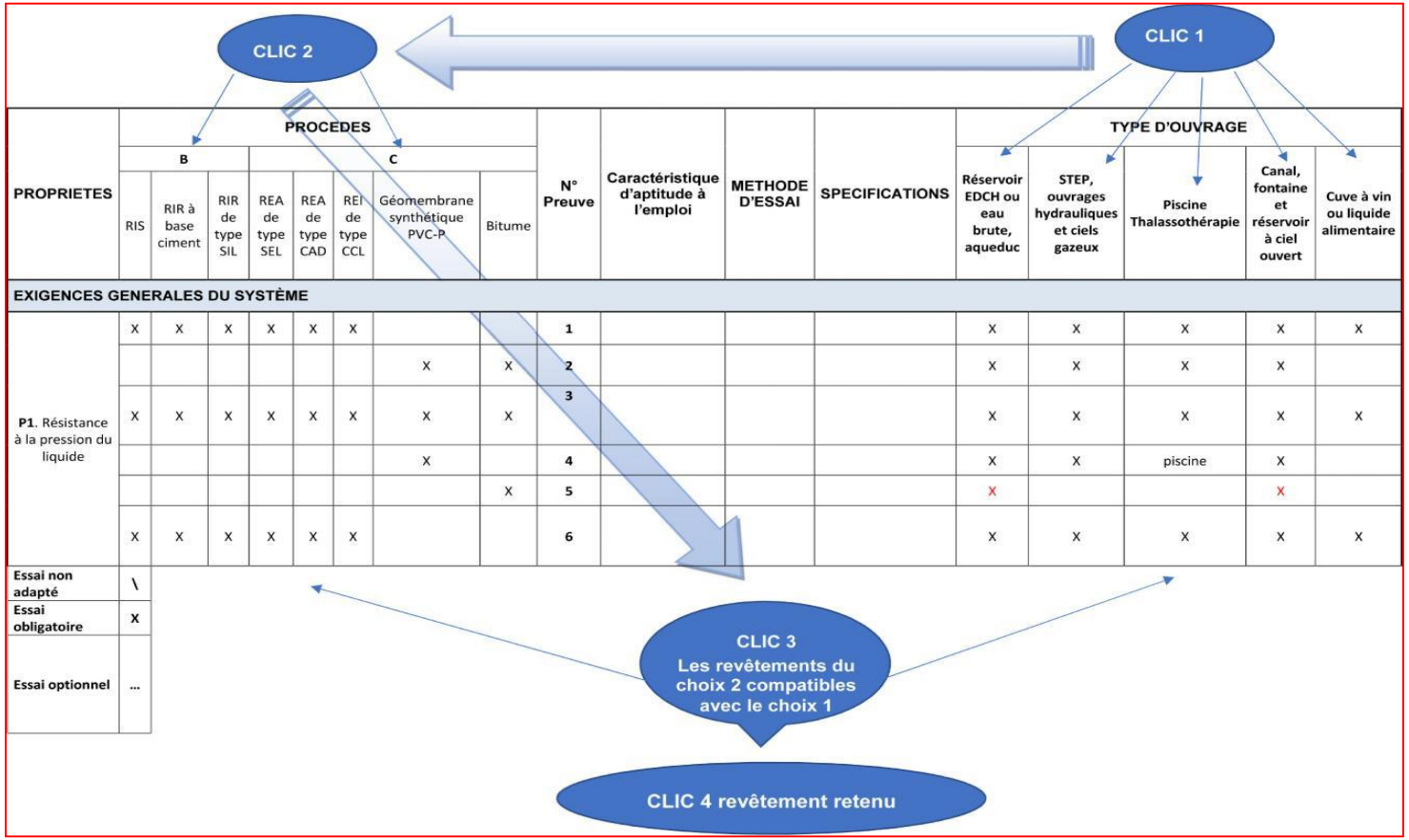
PROCEDES		TYPE D'OUVRAGE								
		Réservoir EDCH	Réservoir eau brute et aqueduc	Réservoir enterré	STEP effluents agressifs	STEP ciels gazeux	Piscine, balnéothérapie	Thalassothérapie, bassins d'eau thermale	Canal, fontaine et réservoir à ciel ouvert	Cuve à vin ou liquide alimentaire
Revêtements d'imperméabilisation Ouvrages de type B	RIS	X	X		X		X		X	X
	RIR	X	X	X	X		X		X	X
Revêtements d'étanchéité Ouvrages de type C	REA de type SEL	X	X	X	X	X	X	X	X	
	REA de type CAD	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	REI de type CCL	X	X		X	X			X	X
	Géomembrane synthétique	X	X		X		X		X	
	Géomembrane bitumineuse		X						X	

7.4 Eléments de preuve annexe2 contractuelle

Perméabilité à l'eau
= étanchéité pression directe d'eau

NF P 18-855

Etanche 1 MPa



PROPRIETES	PROCEDES B: RIS	B: RIR à base ciment	B: RIR de type SIL	C: REA de type SEL	C: REA de type CAD	C: REI de type CCL	C: Géomembrane synthétique PVC-P	C: Bitume	N° Preuve	Caractéristique d'aptitude à l'emploi	METHODE D'ESSAI	SPECIFICATIONS	TYPE D'OUVRAGE: Réservoir EDCH ou eau brute, aqueduc	STEP, ouvrages hydrauliques et ciels gazeux	Piscine Thalassothérapie	Canal, fontaine et réservoir à ciel ouvert	Cuve à vin ou liquide alimentaire
EXIGENCES GENERALES DU SYSTÈME																	
P1. Résistance à la pression du liquide	X	X	X	X	X	X			1				X	X	X	X	X
							X	X	2				X	X	X	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	3				X	X	X	X	X
							X		4				X	X	piscine	X	
								X	5				X			X	
	X	X	X	X	X	X			6				X	X	X	X	X

Essai non adapté	\
Essai obligatoire	X
Essai optionnel	...

7.5 Mise en œuvre des revêtements

- **Annexe 4 non contractuelle**

Descriptif détaillé de la mise en œuvre

Préparation des supports
Traitement des fissures et des points singuliers avec schémas de principe
Mise en œuvre
Contrôle et entretien

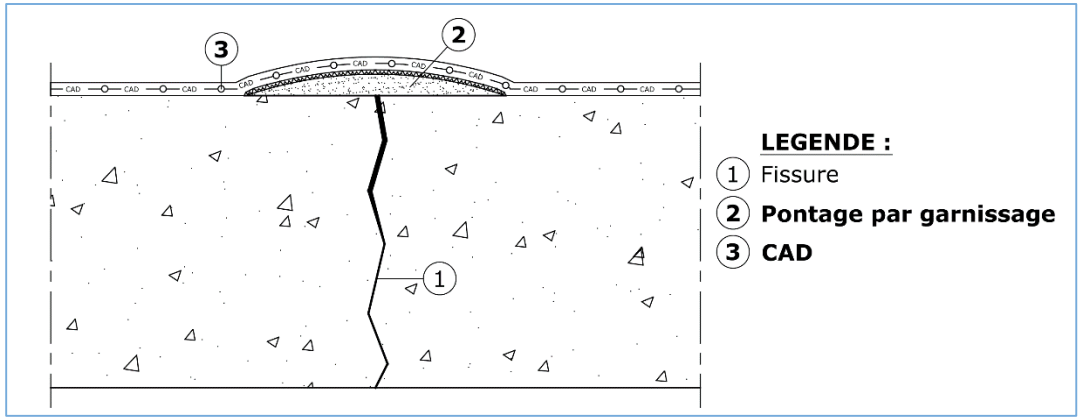


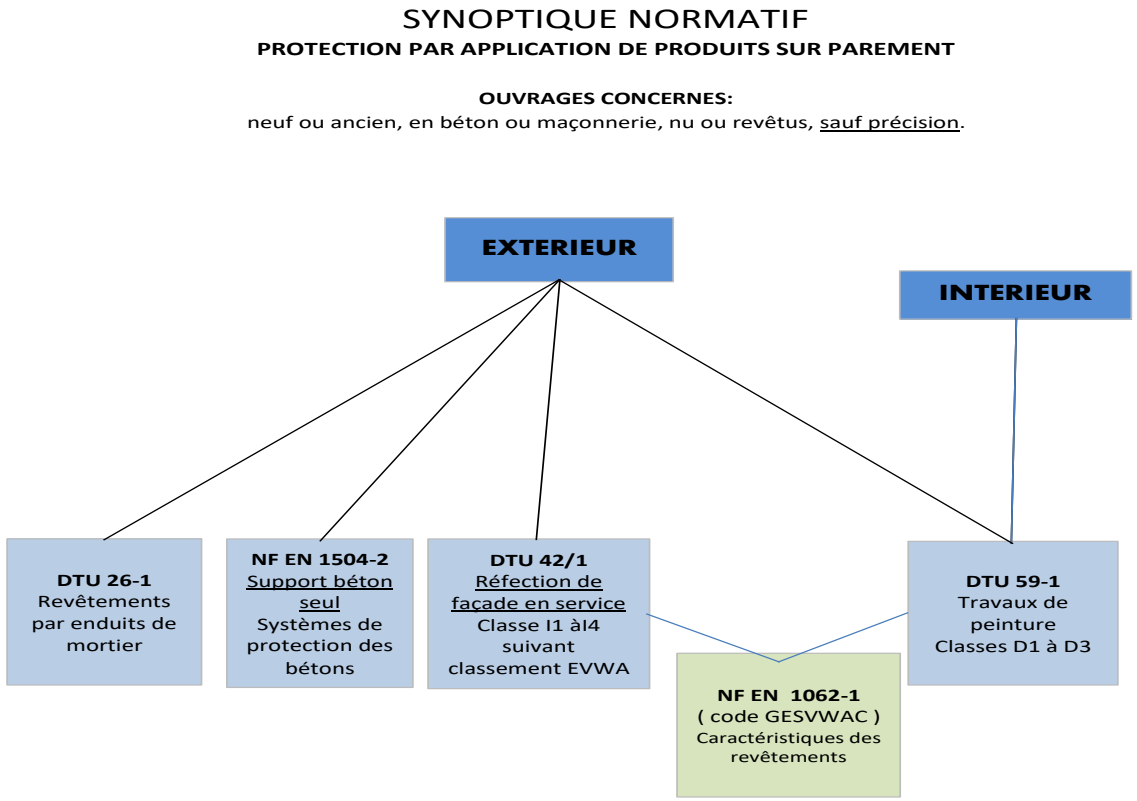
Schéma CAD 1 : traitement des fissures

Chapitre 8 Equipements

RAVALEMENT

Commentaire:
Le revêtement I4 généralisé est déconseillé

Pour les réservoirs aériens, les parois de cuve soumises à des fissurations seront traitées préférentiellement en I3.
Pour la tour, le choix du classement I est fonction de l'état de fissuration.



Chapitre 10 Essais et Contrôles des travaux

Revêtement de type REA

Produit/phase de chantier	Point		CONTRÔLE INTERIEUR ENTREPRISE		CONTRÔLE EXTERIEUR	Prescriptions
	Critique	Arrêt	Interne	Externe	Maître d'oeuvre	
1- Période de préparation						
1.1 Demande agrément		X			X visa du MOE	
2- Phase exécution 2.22 Préparation de surface	X	X		X Contrôle cohésion superficielle du support	X Réalisation des essais en présence du MOE	Essai si réfection partielle ou totale du support Objectifs : ≥ 1 MPa en rénovation, ≥ 1,5 MPa en travaux neufs