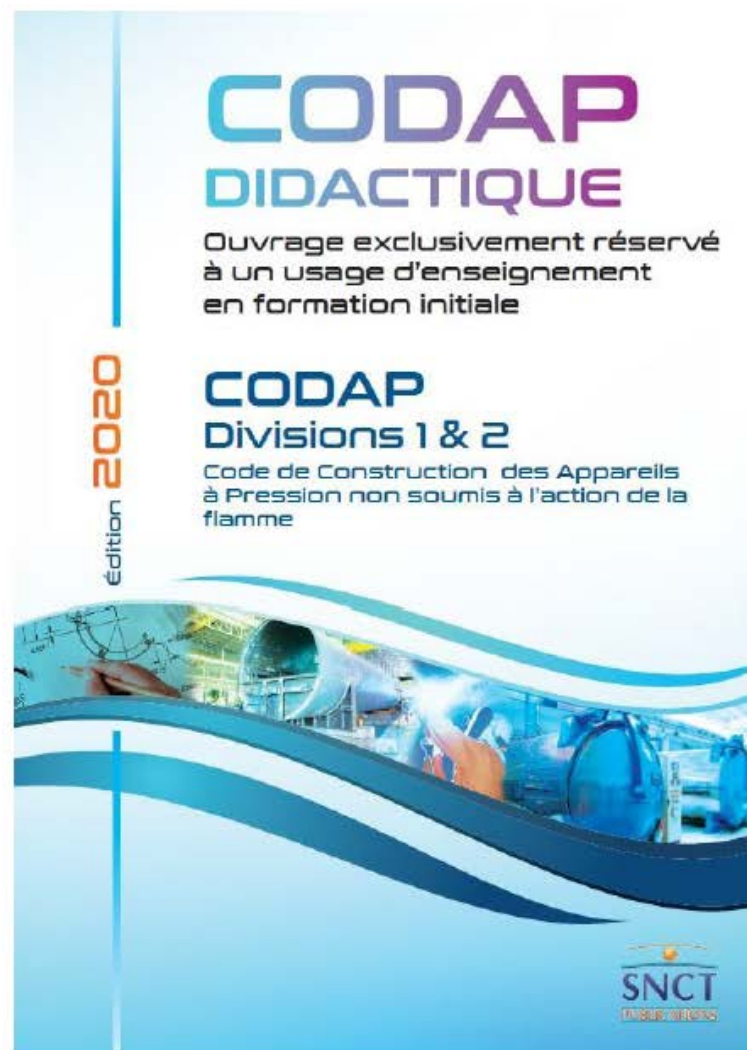


Guide d'accompagnement du CODAP Didactique 2020





Nouvelle édition – CODAP Didactique 2020
Document de référence
pour les examens à partir de la session 2023

Afficher les commentaires du document

Nouvelle édition préparée par :

Thierry SANCIER - Professeur Agrégé de Mécanique - Lycée Léon Blum, Le Creusot



Pourquoi les Codes?

Rupture



Décès suite à l'explosion du siphon à chantilly

Ouverture ou déformation sous épreuve hydraulique



Rupture de bouteilles ARI



BILAN
2 morts

La Sécurité!

OBservatoire Appareils à Pression



« En termes d'incidents, cette année 2020 est marquée par une baisse prononcée du nombre d'évènements enregistrés par le Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels (BARPI) liés aux appareils à pression. »

Anne-Cécile RIGAIL

Cheffe du Service des Risques Technologiques

Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires

Sous le haut patronage du ministère de la Transition écologique et solidaire

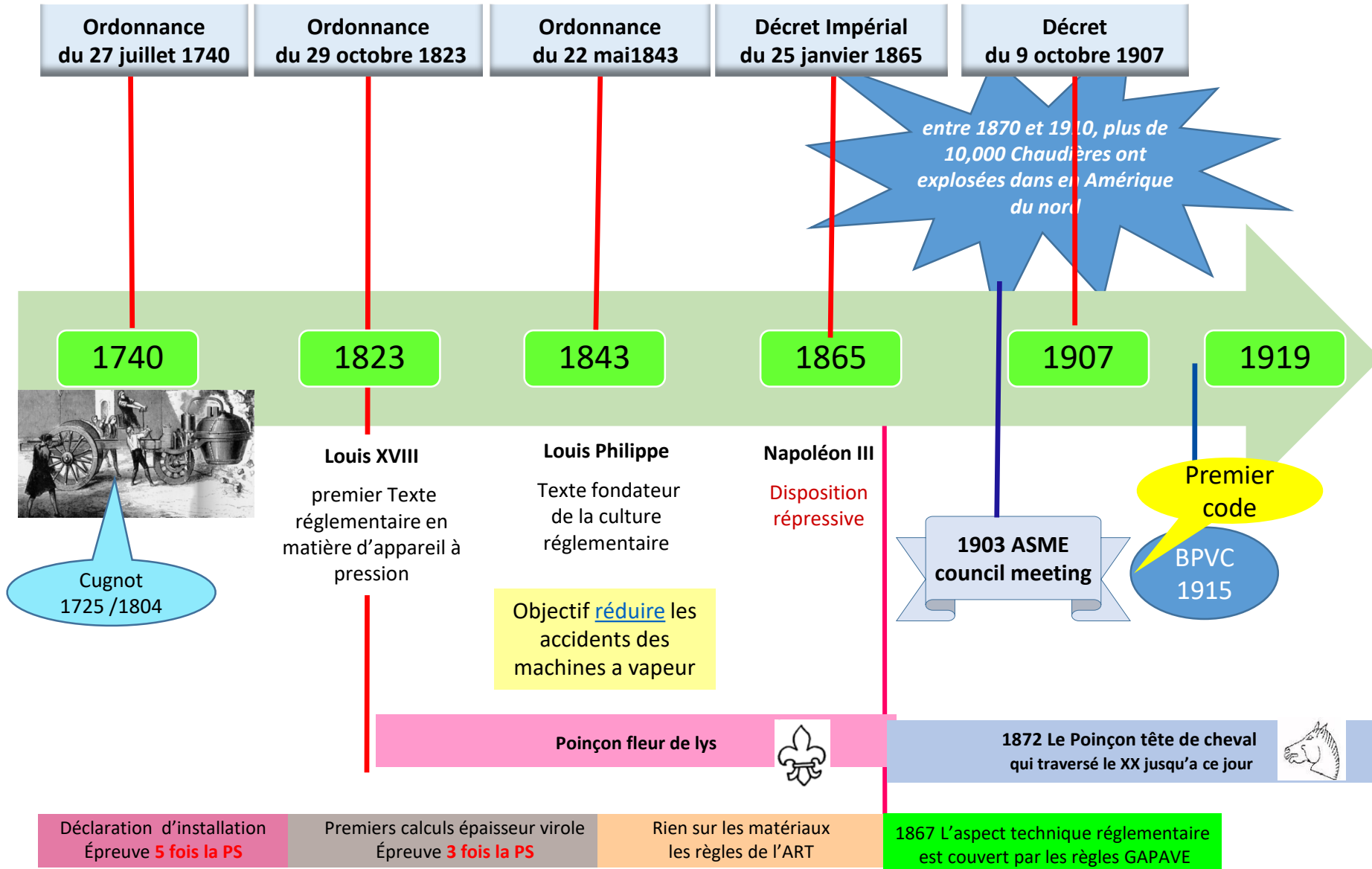
Association Française des Industries en Appareils à Pression/ OBAP

Immeuble Le Linéa – 1 rue du général Leclerc - CS 90266 – 92800 PUTEAUX

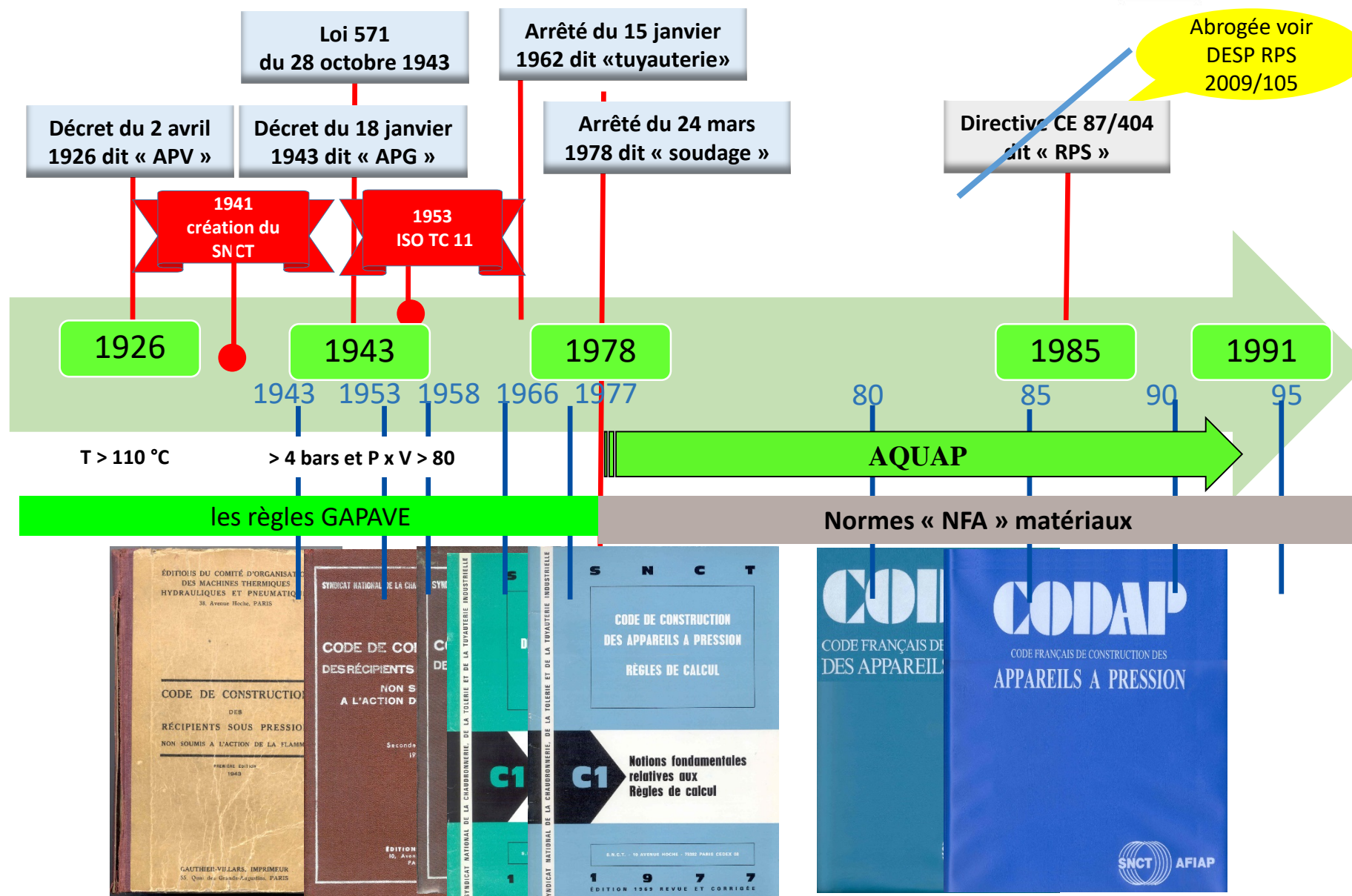
www.afiap.org



Un peu d'histoire



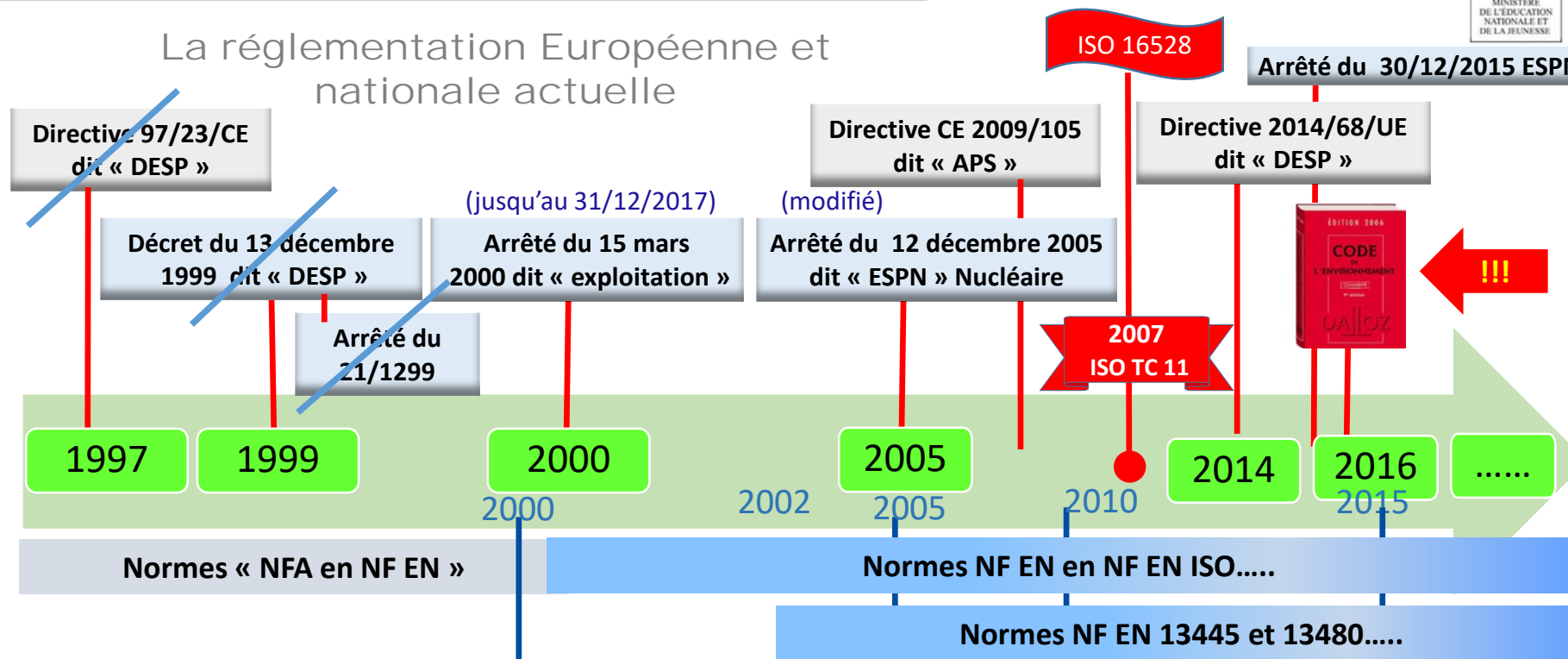
Un peu d'histoire



Un peu d'histoire

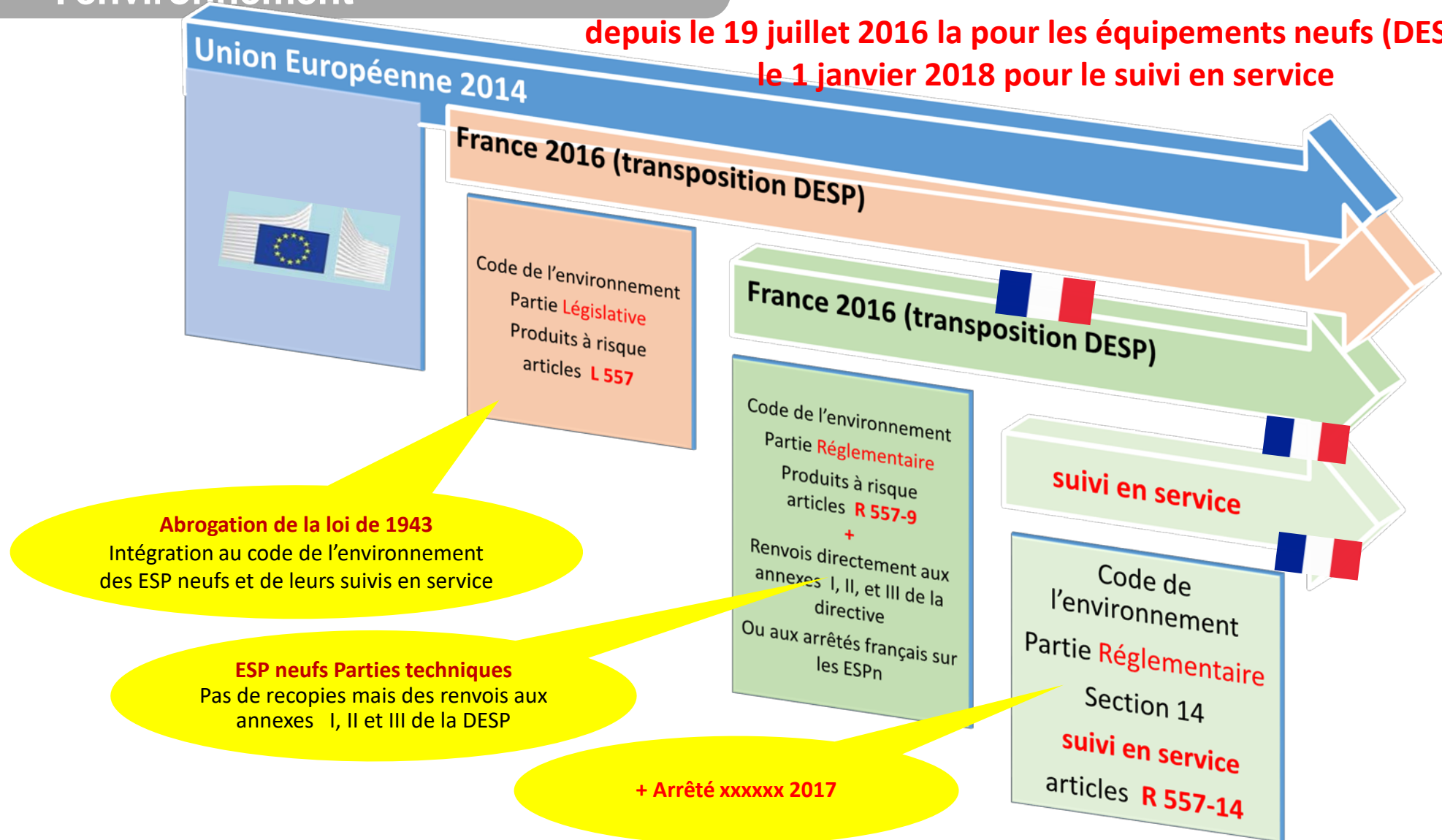


La réglementation Européenne et nationale actuelle



introduction de la réglementation sur les Equipements Sous Pression dans le code de l'environnement







depuis le 19 juillet 2016 la pour les équipements neufs (DESP) et le 1 janvier 2018 pour le suivi en service





Modes de défaillance à court terme






Résultant de l'application de chargements non cycliques (défaillance immédiate) :

-  Rupture fragile,
-  Ruptures ductiles
-  Locales excessives,
-  Déformation plastique excessive, instabilité plastique (éclatement),
-  Déformations excessive conduisant à des fuites au niveau des joints
-  Instabilité élastique ou élastoplastique (flambage).



Modes de défaillance à long terme





Résultant de l'application de chargements non cycliques (défaillance différée) :

-  Rupture par fluage,
-  Fluage — déformations excessives au niveau des assemblages mécaniques,
-  Erosion, corrosion,
-  Fissuration favorisée par l'environnement, par exemple fissuration due à la
-  corrosion sous contrainte, fissuration due à l'hydrogène, etc.

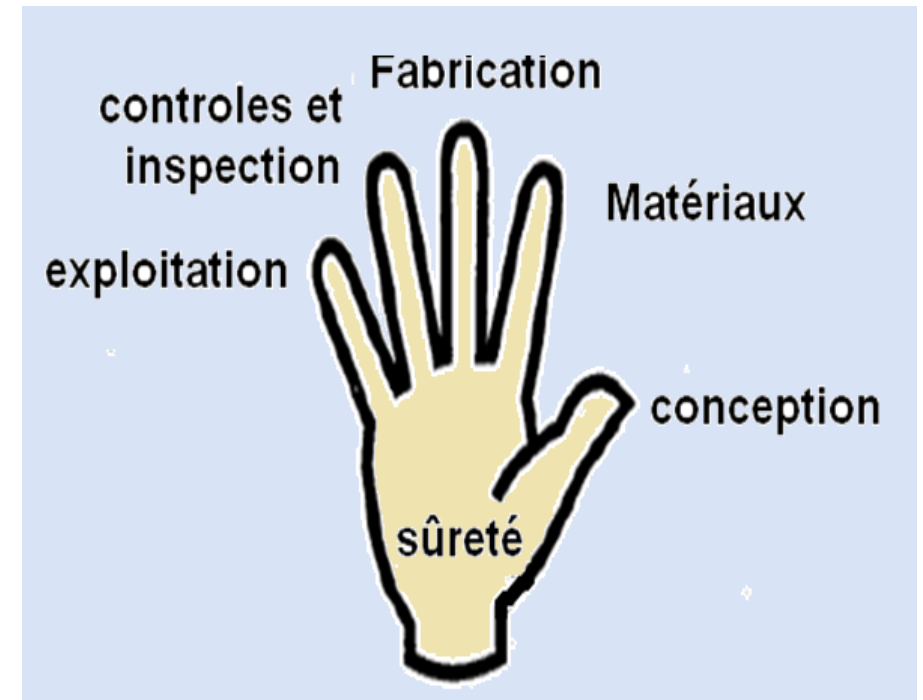


Modes de défaillance cycliques

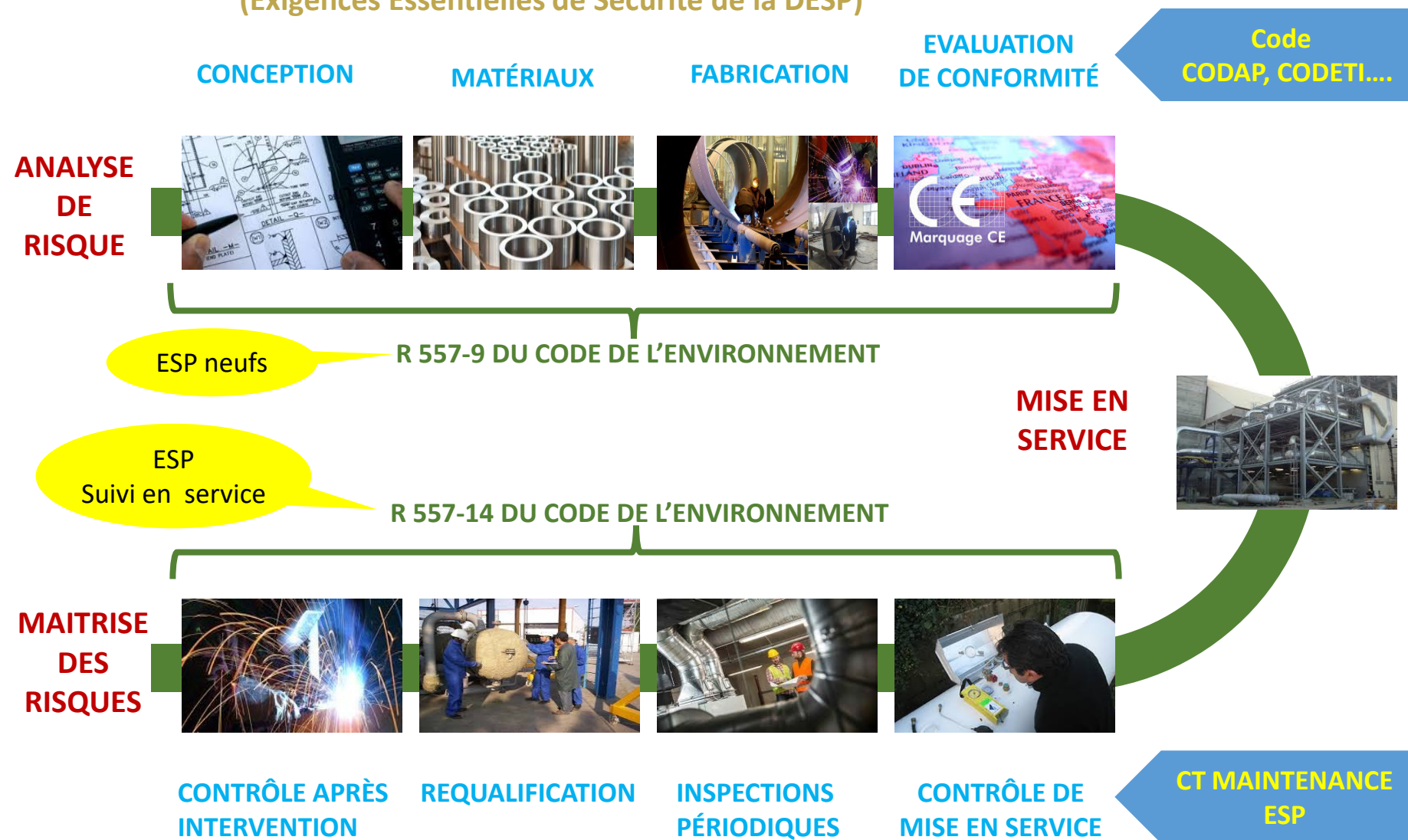
Résultant de l'application de chargements cycliques (défaillance différée) :

-  Plasticité alternée,
-  Fatigue sous contraintes élastiques (fatigue à cycles moyen et élevé) ou sous
-  contraintes élastoplastiques (fatigue à cycle faible),
-  fatigue favorisée par l'environnement

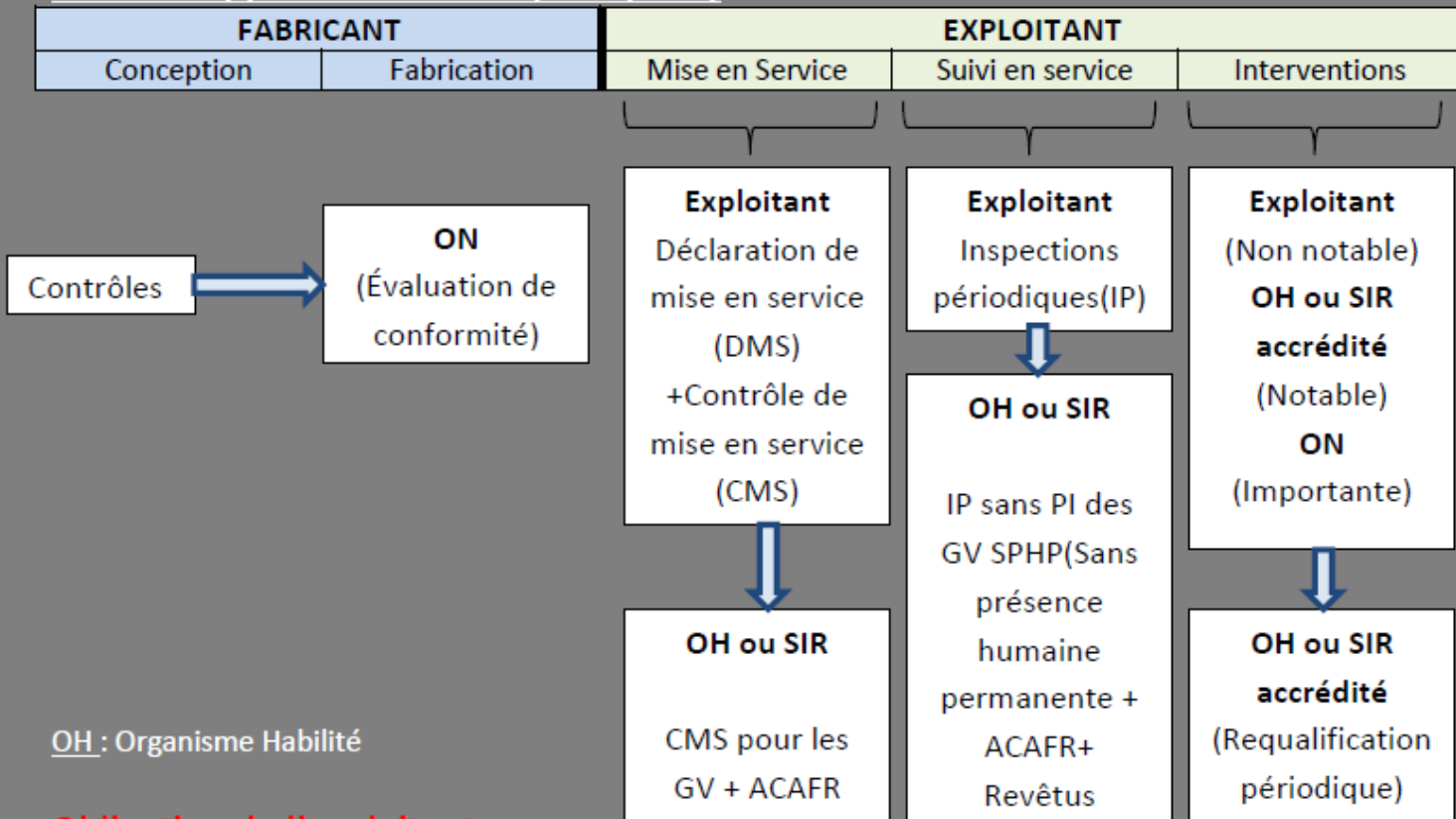
- **Généralités** (*les clefs d'entrée des codes et norme*)
- **Choix des matériaux**
- **Calcul - Conception**
- **Fabrication**
- **Contrôles - Inspection**
- **L'Evaluation de la conformité**



(Exigences Essentielles de Sécurité de la DESP)



Vie d'un Appareil à Pression (DESP/RPS)



OH : Organisme Habilité

Obligation de l'exploitant :

- Installation d'un équipement
- Mise en service
 - o Déclaration de mise en service
 - o Contrôle de mise en service
- Suivi en service
 - o Deux possibilités de suivi en service d'un équipement
 - Sans Plan d'Inspection (PI) : Régime général
 - Avec PI par un exploitant disposant ou pas d'un Service Inspection Reconnu (SIR)
- Interventions

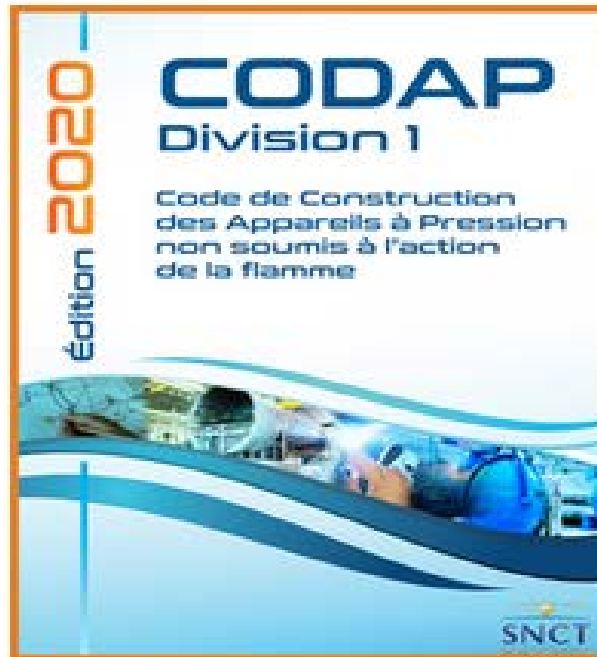




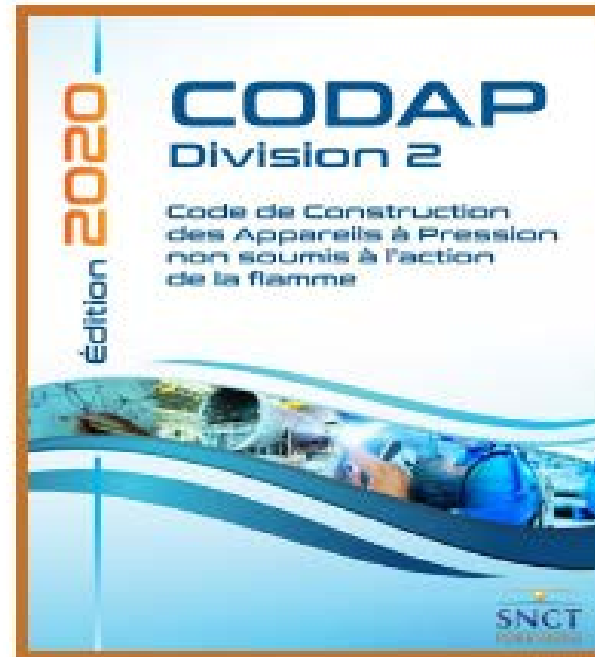
Retrouvez tous nos Codes et CT en ligne



Le CODAP Didactique 2020 est composé d'extraits de ces 3 ouvrages



CODAP Division 1
2020



CODAP Division 2 2020
Version Française



CT MATERIAUX :
2020

Pour enrichir les parties :

ET

Pour la mise en conformité
à la directive européenne des
équipements sous pression
2014/68/UE
applicable depuis le 19 juillet 2016.

Partie G – Généralités

**Partie C – Conception
et Calcul**

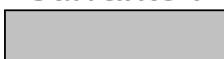
Partie F – Fabrication

**Partie CE – Contrôle
– Essai
– Inspection**

**+ le CT MATÉRIAUX
commun à plusieurs codes
du SNCT**

INFORMATION n°1

Les parties et/ou paragraphes du Code et du CTM **non inclus** dans la version du CODAP didactique 2020 sont indiqués de la manière suivante :



Par exemple, dans le sommaire, le document cité ci-dessous ne fait pas partie du CODAP didactique 2020.

Annexe GA7	Recommandations relatives aux modalités d'application du CODAP® Division 1 : 2020 aux appareils à pression devant répondre aux exigences de la réglementation russe (Annexe non obligatoire)	
------------	---	--

INFORMATION n°2

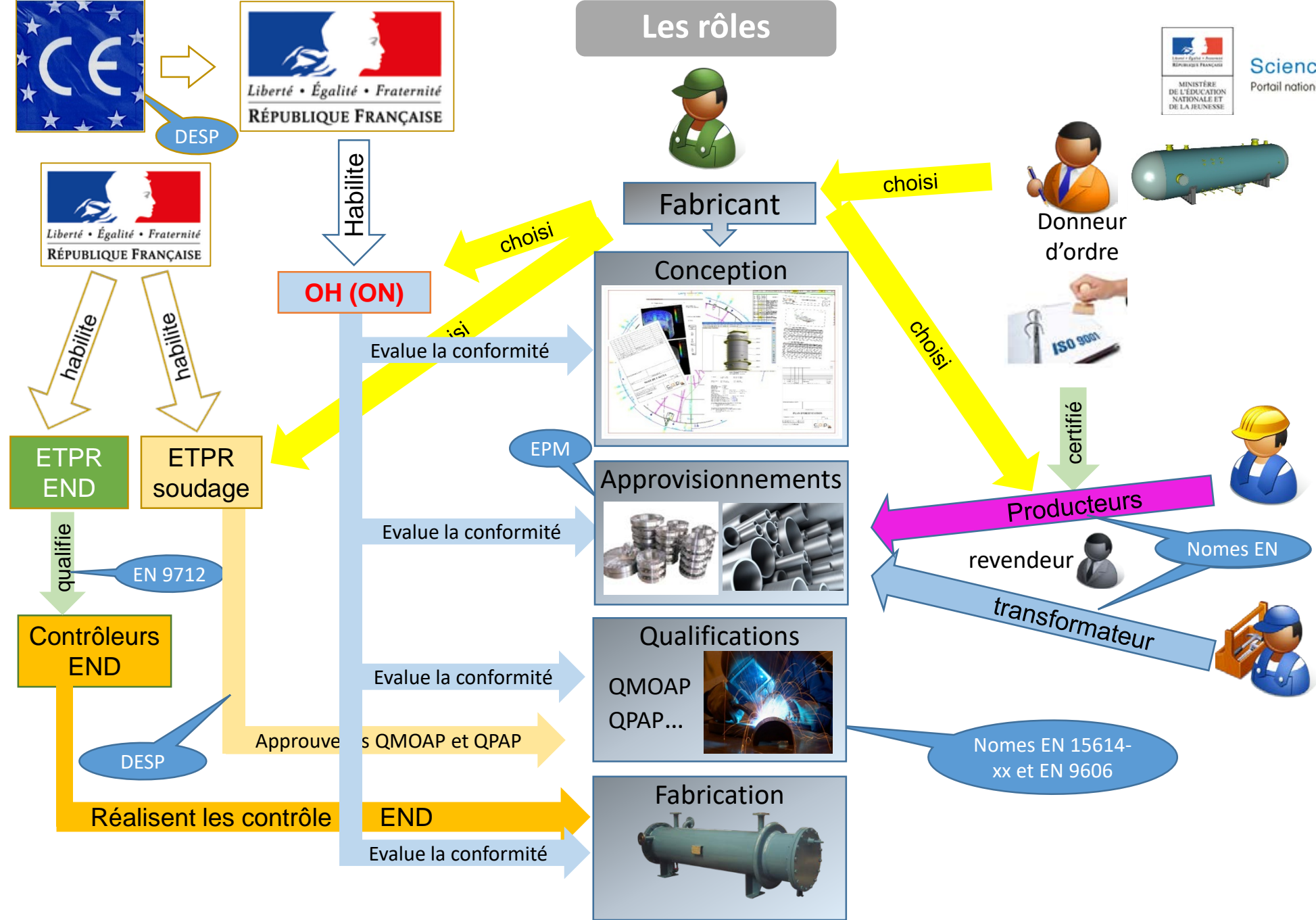
Les nouveautés entre la version du CODAP didactique 2010 et la version 2020 sont indiquées de la manière suivante dans le sommaire : Texte Blanc sur fond gris

Par exemple, dans le sommaire, le document cité ci-dessous est nouveau dans la version du CODAP didactique 2020.

C5.2	Enveloppes cylindriques, sphériques, coniques et fonds bombés soumis à une pression intérieure et comportant des ouvertures voisines	
------	--	--

Partie CE	CONTRÔLE - ESSAIS - INSPECTION	DIDACT
CE1	CONTRÔLES	207
CE1.1	Généralités	207
CE1.2	Contrôles sur coupons-témoins de production des assemblages soudés	207
CE1.3	Contrôles non destructifs	212
CE1.4	<i>Non utilisé dans le cadre de la présente Division</i>	
CE1.5	Vérifications complémentaires	216
CE2	ESSAIS	217
CE2.1	Essai de résistance	217
CE2.2	Marquage	221
CE2.3	Essais complémentaires	221
CE2.4	Vérification finale	222
CE2.5	Dossiers à établir	222
CE3	INSPECTION	225
CE3.1	Généralités	225
CE3.2	Modalités de réalisation de la surveillance de la construction	225
Partie CE	CONTRÔLE - ESSAIS - INSPECTION	
Annexe CEA1	Contrôles non destructifs des assemblages soudés (Annexe obligatoire)	231
Annexe CEA2	Contrôle visuel (Annexe obligatoire)	239
Annexe CEA3	Contrôle par ressuage (Annexe obligatoire)	241
Annexe CEA4	Contrôle par magnétoscopie (Annexe obligatoire)	243
Annexe CEA5	Contrôle par radiographie (Annexe obligatoire)	245
Annexe CEA6	Contrôle par radiographie numérisée avec plaques-images au phosphore (Annexe non obligatoire)	
Annexe CEA7	Contrôle par ultrasons (Annexe obligatoire)	249
Annexe CEA8	Contrôle par diffraction ultrasonore procédure TOFD (Annexe obligatoire)	251
Annexe CEA9	<i>Sans objet dans le cadre de la présente Division</i>	
Annexe CEA10	<i>Sans objet dans le cadre de la présente Division</i>	
Annexe CEA11	<i>Sans objet dans le cadre de la présente Division</i>	
Annexe CEA12	Évaluation des états de surface (Annexe non obligatoire)	257
Annexe CEA13	Contrôle d'étanchéité (Annexe non obligatoire)	259
Annexe CEA14	Étalonnage (Annexe non obligatoire)	
Annexe CEA15	<i>Sans objet dans le cadre de la présente Division</i>	
Annexe CEA16	Essai de résistance des échangeurs (Annexe obligatoire)	261

Les rôles





Partie G-Généralités

0,05 MPa (0,5 bar)
 Catégorie de construction
 Exigence Essentielle de Sécurité (EES)
 Parties sous pression
 Rupture ductile
 Transpositions en Droits Nationaux
 Appareils à Pression non soumis à la flamme
 Facteurs potentiels de défaillance
 DESP
 Modes de Défaillance
 Fissuration par fatigue
 Pression intérieure relative maximale admissible (PS)
 Situations exceptionnelles de service
 Service d'Inspection d'Utilisateur
 Rupture par fluage
 Partie non soumise à la pression
 DN
 Donneur d'Ordre
 Coefficients de joint
 Fabricant
 Directive Européenne Equipements Sous Pression 2014/68/UE
 Contrainte nominale de calcul
 Situations d'essai de résistance
 Parties principales sous pression
 Code de l'Environnement
 Rupture fragile
 Situations normales de service
 Fiches d'interprétation (CLAP)
 Organisme Notifié (ON)
 Groupes de fluide



Savoirs associés du référentiel BTS CRCI

Savoirs associés du référentiel BAC PRO TCI

Savoirs associés du référentiel Mention Complémentaire Soudage

S3.3.6 – Code de construction des appareils à pression (CODAP)

- Historique, intérêt et contenu des codes.
- Domaine d'application.
- Choix d'une catégorie de construction, conséquences sur l'ensemble de la construction.
- Situation normale et exceptionnelle de service, d'essai de résistance :
 - contrainte nominale de calcul ;
 - pression (intérieure, extérieure, absolue, effective, hydrostatique) ;
 - épaisseur (minimale, de commande, utile, admise).
- Conception et calcul :
 - enveloppe cylindrique soumise à pression intérieure ;
 - fond soumis à pression intérieure ;
 - enveloppe comportant des ouvertures isolées.

Privilégier l'utilisation de calcul spécifiques exploitation des r note de calcul de de l'appareil).

Tableau GA5.2.4-1 - Appareils contenant des « gaz » du Groupe 1.

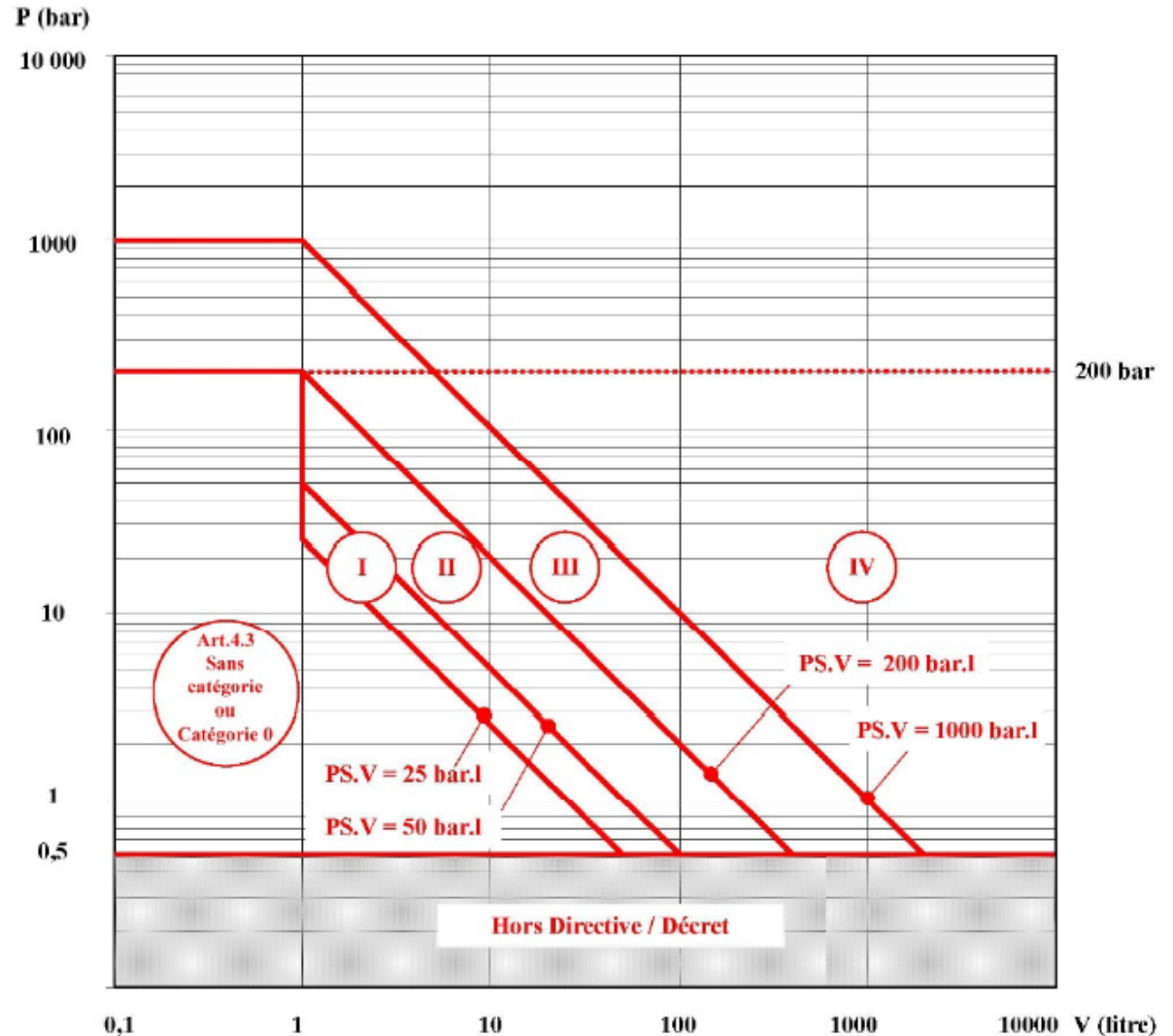


Tableau GA5.4-1 - Détermination de la catégorie de construction.

Évaluation globale des facteurs potentiels de défaillance et des conséquences d'une défaillance éventuelle	Catégorie de construction <i>minimum</i> des appareils entrant dans le champ d'application de la Directive Européenne Équipements Sous Pression 2014/68/UE ou de sa transposition en droit national				
	Sans catégorie ou catégorie 0	Catégorie de risque I	Catégorie de risque II	Catégorie de risque III	Catégorie de risque IV
Faible	C	C			
Moyenne	C	C			
Importante	C	C			
Très importante	C	B2			

Note : La « catégorie 0 » est spécifiée par l'Article R.557-9-3-III du Code de l'Environnement.

CODAP Division 1 : 2020 • Partie G – GÉNÉRALITÉS
Annexe GA5 – Partie 1

MODALITÉS D'APPLICATION DU CODAP® DIVISION 1 : 2020 AUX APPAREILS À PRESSION DEVANT RÉPONDRE AUX EXIGENCES ESSENTIELLES DE SÉCURITÉ DE LA DIRECTIVE EUROPÉENNE ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION 2014/68/UE ET DE SES TRANSPOSITIONS EN DROITS NATIONAUX

Tableau GA5.8.3.2-1

CATÉGORIES DE RISQUE	SANS SYSTEME QUALITE	AVEC SYSTEME QUALITE
CATÉGORIE I	A Contrôle interne de la fabrication	A Contrôle de fabrication
	CATÉGORIE II	A2 Contrôle interne de la fabrication et contrôles supervisés de l'équipement sous pression à des intervalles aléatoires Contrôle de fabrication par le Fabricant Surveillance de la vérification finale
CATÉGORIE III		B + F B : Examen UE de type (conception) B1 : Examen CE de la conception F : Vérification sur chaque appareil
	B + C2 B : Examen CE de type B : Examen UE de type (fabrication) C2 : Conformité au type	B + D B : Examen UE de type (conception) B1 : Examen CE de la conception D : Assurance qualité production (EN ISO 9001 V2000 ou EN ISO 9002)
		B + E B : Examen UE de type (fabrication) E : Assurance qualité produit (EN ISO 9001 V2000 ou EN ISO 9003)
	à l'unité	H1 Assurance complète de qualité avec examen de conception et surveillance particulière de l'examen final (EN ISO 9001)
	F type (fabrication) chaque appareil	B + D B : Examen UE de type (fabrication) D : Assurance qualité production (EN ISO 9001 V2000 ou EN ISO 9002)

ème qualité selon les normes de la série EN ISO 9000, ou équivalent, plus des normes EN ISO sont citées à titre d'exemple.

Tableau GA5.8.3.2-2 - Interventions au titre de l'évaluation de la conformité.

S9.4 – Qualité Savoirs, Connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveaux d'acquisition			
	1	2	3	4
S9.4.1 – Concept et enjeux de la qualité • Concepts de la qualité. • Enjeux économiques, technologiques, juridiques et sociaux. • Organisation et système qualité.				
S9.4.2 – Les normes et référentiels • Normes en vigueur relatives au domaine QSE. • Relation entre les normes du QSE. • Mise en œuvre d'une démarche qualité dans l'entreprise : objectifs, organisation, documentation, évaluation. • Certification.				

S51 - Définition et organisation de la qualité				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique			
	1	2	3	4
S51-1 Concept, définition et qualité • Qualité du produit (composantes techniques et économiques). • Normalisation. • Exigences de qualité.		X		
S51-2 Organisation de la qualité • Assurance qualité. • Gestion de la qualité.	X			

S51 – L'assurance qualité				
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique			
	1	2	3	4
S51-1. Le concept et la définition de la qualité • La qualité technique du produit. • Exigences de l'assurance qualité dans les assemblages soudés.				

Partie C- Conception et Calculs



SECTION C2

RÈGLES DE CALCUL DES ENVELOPPES CYLINDRIQUES, SPHÉRIQUES ET CONIQUES SOUMISES À UNE PRESSON INTÉRIEURE

C2.1.4 - Règle de calcul

$$e = \frac{P \cdot D_e}{2f \cdot z + P}$$

Cette épaisseur utile est égale à :

$$e_u = e_n - c - c_1 - c_2 \quad (C1.9.2)$$

où :

- e_n = Épaisseur nominale de commande du produit brut mis en œuvre pour la réalisation d'un élément d'appareil
- c = Surépaisseur de corrosion et/ou d'érosion et/ou d'abrasion définie en C1.9.3
- c_1 = Tolérance en moins sur l'épaisseur du produit brut, fixée par la spécification de commande
- c_2 = Réduction d'épaisseur possible en cours de fabrication, par formage ou usinage, de l'élément concerné

- S3.3.6 – Code de construction des appareils à pression (CODAP)**
- Historique, intérêt et contenu des codes.
 - Domaine d'application.
 - Choix d'une catégorie de construction, conséquences sur l'ensemble de la construction.
 - Situation normale et exceptionnelle de service, d'essai de résistance :
 - contrainte nominale de calcul ;
 - pression (intérieure, extérieure, absolue, effective, hydrostatique) ;
 - épaisseur (minimale, de commande, utile, admise).
 - Conception et calcul :
 - enveloppe cylindrique soumise à pression intérieure ;
 - fond soumis à pression intérieure ;
 - enveloppe comportant des ouvertures isolées.

Privilégier l'utilisation de logiciels de calcul spécifiques (saisie des données, exploitation des résultats, édition de la note de calcul devant figurer au dossier de l'appareil).

S15-3 Les appareils à pression

- Incidence de la pression.
- Pression de service.
- Pression d'épreuve.
- Les données de construction.

X

Ce chapitre est limité à l'étude de corps cylindrique soumis à la pression, à l'aide du CODAP et d'un modèle volumique.

L'étude doit permettre de définir l'épaisseur de commande du corps cylindrique.

Les études de cas sont à privilégier.

Artelia Digital Solutions AUXeCAP

Copier le lien

Fichier Fenêtre Standards Outils ?

Historique Équipements Exemples Archives

Mes exemples

- Exemple Balon ASME.amg
- Exemple Balon Horizontal.amg
- Exemple Balon simple.amg
- Exemple Balon vertical EN13445.amg
- Exemple Berceaux.amg
- Exemple Consoles EN13445.amg
- Exemple Consoles.amg
- Exemple Echangeur_ASL.amg
- Exemple Echangeur_AES.amg
- Exemple Echangeur_AJM.amg
- Exemple Echangeur_ASME.amg
- Exemple Echangeur_BFU.amg
- Exemple Echangeur_EN13445.amg
- Exemple Efforts tubulures CODAP.amg
- Exemple Efforts tubulures WRC.amg
- Exemple Fatigue Détaillée CODAP.amg
- Exemple Fatigue Exemption CODAP.amg
- Exemple Fatigue Simplifiée EN13445.amg
- Exemple Fatigue Simplifiée CODAP.amg
- Exemple Juce.amg
- Exemple Oriflès EN13445.amg
- Exemple Oriflès.amg
- Exemple Pieds EN13445.amg
- Exemple Pieds.amg
- Exemple Site.amg
- Exemple Tunnels Demi Tubes.amg

Exemple Echangeur_EN13445.amg

Propriétés Encerintes Pressions Cas d'étude Géométrie Zones de fatigue Efforts Calcul équipement

Calcul de la pression d'essai hydraulique

Éléments de l'enceinte	Pd(t) (MPa)	fa (MPa)	ITd (MPa)	fa/ITd	Pt1 (MPa)	Pt2 (MPa)	Pt (MPa)
Encerinte Boite avant					1.43*PS	1.25*Pd*fa/ITd	Max(Pt1,Pt2)
Viroie boite avant	0,8 (110°C)	170	158,267	1,0741	1,344	1,074	1,344
Tubulure boite av							

Exemple Consoles EN13445.amg

Propriétés Encerintes Pressions Cas d'étude Géométrie Zones de fatigue Efforts Calcul équipement

Liste des éléments

- Consoles
- Fond Intérieur
- Tubulure 2
- Bride Tubulure 2
- Viroie
- Tubulure 1
- Bride Tubulure 1
- Fond Supérieur
- Anneau Bride Est
- Bride Anneau Bride Est

AUXeCAP révision v1500
publié le 26/09/2019
AUXITEC TECHNOLOGIES devient Artelia Digital Solutions

AUXeCAP
by ARTELIA

Auxecap, une application multi-documents de conception d'équipements sous pression

S3.3.8 – Dilatation thermique des matériaux

- Dilatation due à l'élévation de la température, formule industrielle approchée.
- Coefficient de dilatation linéaire.
- Conséquences sur les solutions constructives :
 - compensateur de dilatation ;
 - support coulissant ;
 - architecture des échangeurs tubulaires.

S33-8 Retraits, déformations et contraintes résiduelles des assemblages soudés

- Effets de la dilatation, des retraits et des contraintes sur des éléments soudés.

C1.6.7 - Coefficient de dilatation

Pour l'application des règles de calcul, la valeur du coefficient de dilatation à la température de calcul t à utiliser est celle donnée par la spécification du produit

même à titre indicatif, par la spécification du Producteur ou par tout autre document accepté par les parties concernées (voir par exemple le Tableau C1.6.7).

Tableau C1.6.7 - Valeurs du coefficient de dilatation
 $\alpha \times 10^6 / ^\circ\text{C}$ (Valeur moyenne entre 20 et $t^\circ\text{C}$)

Matériau		Température t ($^\circ\text{C}$)																			
			Gp	-200	-100	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	
Aciers	non alliés au C et C-Mn	1 2.3																			
	alliés au Ni (Ni \leq 3,5%)	9.1 9.2		9,9	10,9	11,5	11,9	12,3	12,6	12,9	13,3	13,6	13,9	14,2	14,4						
	alliés au Cr - Mo	Cr \leq 2%	5.1 5.2																		
		(2% < Cr \leq 3%)	5.2		10,5	11,6	12,1	12,4	12,7	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,0	14,1	14,2				
		(3% < Cr \leq 9%)	5.3 5.4		9,4	10,3	10,9	11,1	11,4	11,7	11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,0	13,2	13,3			
	alliés au Cr (12% \leq Cr \leq 27%)	7.1	7,7	8,5	9,4	9,9	10,2	10,4	10,7	10,9	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,1	12,2				
	inoxydables austénitiques	8	14,7	15,5	16,4	16,8	17,1	17,3	17,4	17,6	17,8	17,9	18,2	18,4	18,6	18,7	18,9	19,0	19,1		
réfractaires austénitiques	8	11,4	12,3	13,5	14,1	14,3	14,5	14,8	15,0	15,3	15,5	15,7	15,9	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5			

ANNEXE C6.A1

UTILISATION DES ASSEMBLAGES À BRIDES NORMALISÉES

ANNEXE C6.A2

COEFFICIENT DE SERRAGE ET PRESSION D'ASSISE DES JOINTS

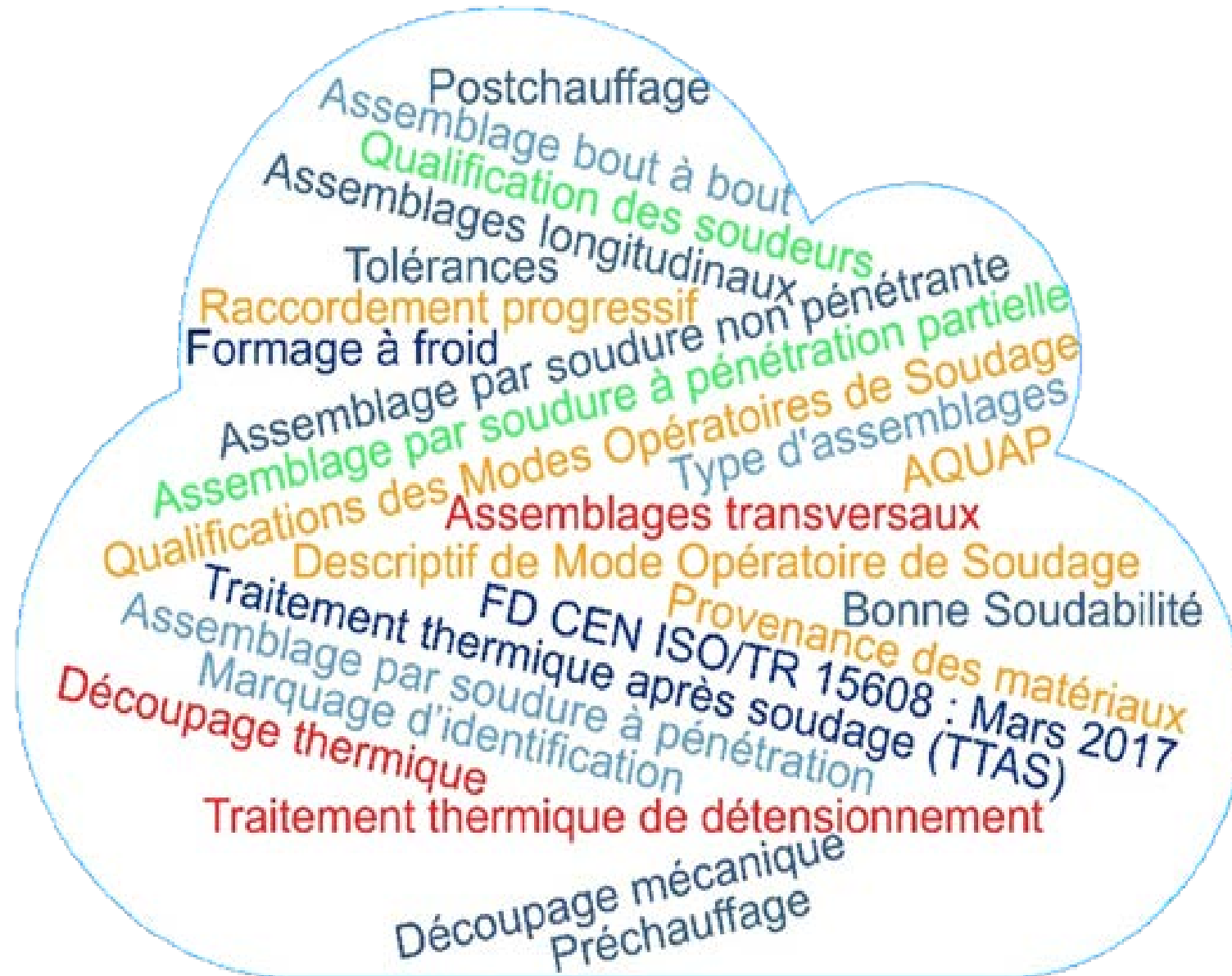
Tableau C6.A2.2

Nature du joint		Coefficient de serrage m	Pression d'assise y (MPa)
Élastomère non entoilé, sans forte proportion de fibres d'amiante :			
* dureté shore < 75		0,50	0
* dureté shore \geq 75		1,00	1,4

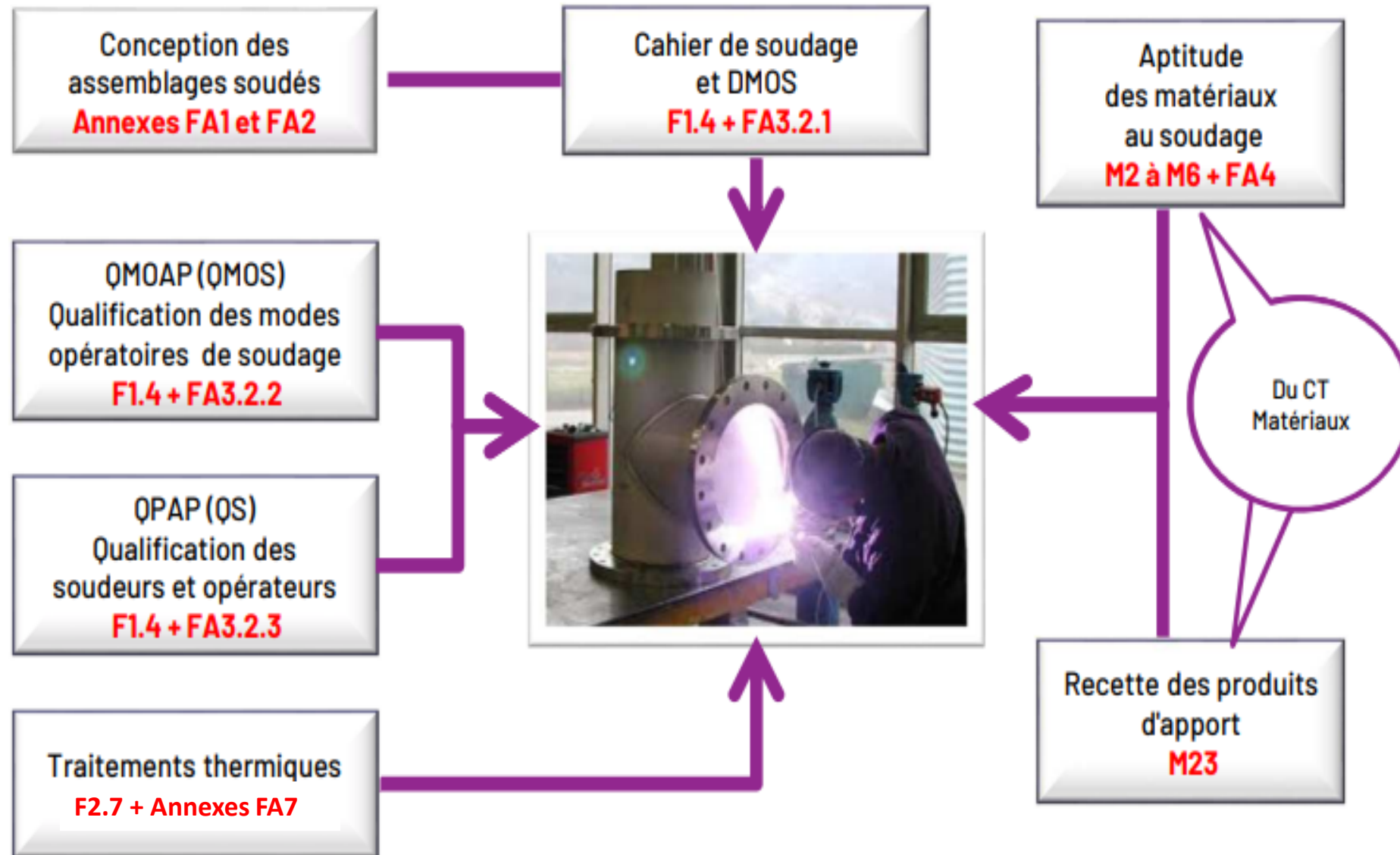
Valeur recommandée Valeur acceptable

C6.A2.4 - CORRÉLATION AVEC LES PARAMÈTRES DE LA NORME NF EN 1591

ETANCHEITE		ECONOMIQUE		STANDARD		HAUTE	
CLASSE (T)		T1	T1,5	T2	T2,5	T3	T3,5
fuite (atm.cm ³ /s)		1,2E+03	1,2E+02	1,2E+01	1,2E+00	1,2E-01	1,2E-02
fuite (mg/s/m ²)		2,0E+02	2,0E+01	2,0E+00	2,0E-01	2,0E-02	2,0E-03
fuite (mg/s/mm ²)		2,0E-01	2,0E-02	2,0E-03	2,0E-04	2,0E-05	2,0E-06
PTFE	PTFE (2mm)	(15;1,3)		(15;1,5)	(15;1,6)	(15;1,7)	(15;5,5)
		(20;1,3)				(20;1,5)	(20;2,5)
		(30;1,5)					
	PTFE (3mm)	(10;1,4)					(10;6)
		(15;1,3)					
		(20;1,3)					



MIND MAP - SOUDAGE



S5.1 – Solutions constructives

Savoirs, Connaissances (concepts, notions, méthodes)

Niveaux d'acquisition			
1	2	3	4

S5.1.1 – Dispositions constructives recommandées pour les appareils à pression (suivant CODAP)

- Assemblage d'éléments d'une même enveloppe.
- Assemblage d'une enveloppe cylindrique avec une enveloppe conique, un fond bombé.
- Piquage sur une enveloppe, un fond.
- Bossage.
- Brides.
- Technologie des échangeurs.
- Technologie des colonnes.

S5.1.2 – Solutions constructives pour les composants non soumis à pression

- Supports des appareils : berceaux, jupes, embases, pieds.
- Trou d'homme : potence de manutention, accès.
- Oreille, tourillon de levage.
- Calorifuge, ligne de traçage et réchauffage.
- Autres composants.

S11-2 Analyse structurelle et solutions constructives

- Solutions constructives et techniques de mise en œuvre au plan industriel.
- Dispositions constructives recommandées suivant les codes (EUROCODE, CODAP, CODETI, RCC-M, ASME).

X

Se limiter aux solutions les plus courantes en chaudronnerie industrielle.
Pour les codes, se limiter aux chapitres relatifs aux solutions constructives.

S12-2. Les solutions constructives recommandées suivant les codes (EUROCODE, CODAP, CODETI, RCC-M, ASME).

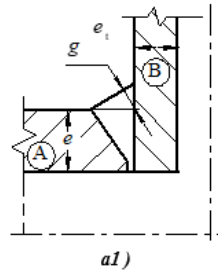
- Classe de qualité d'une soudure. Démarche industrielle. Principe de vérification d'un cordon de soudure.

Pour les codes, se limiter aux chapitres relatifs aux solutions constructives.

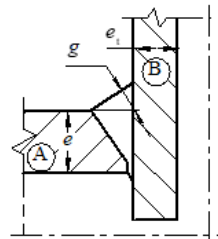
FA1 - 4.2 - Tubulure emmanchée sans anneau-renfort rapporté

FA1 - 4.2.1 - Assemblage par soudure à pleine pénétration

a) Soudure réalisée d'un seul côté



a1)



a2)

$g \geq 0,25 \text{ MIN} (e ; e_t)$

Catégories de construction			
A	B1	B2	C

	Rupture fragile : Epaisseurs de référence		
	Partie A	Zone fondue	Partie B
Brut de soudage	e	MAX (e ; e _t)	e _t ou e _t / 4 (Note c)
Avec TTAS	e	MAX (e ; e _t)	e _t ou e _t / 4 (Note c)

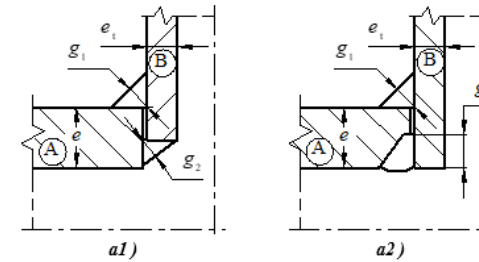
Fatigue Cas selon Annexe C11.A2	
a1 et a2	4.2c à 4.2e
b1 et b2	4.2c et 4.2b

TTAS Epaisseur de référence
e _t

Notes et remarques

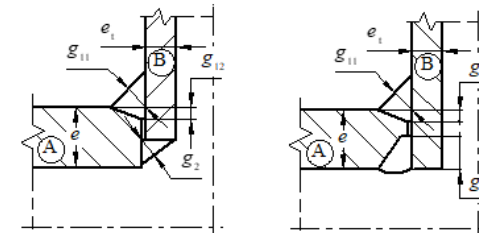
- Note c : L'épaisseur divisée par 4 peut être retenue uniquement pour un composant forgé ou pour une tôle présentant des garanties de striction dans le sens travers court.

FA1 - 4.2.2 - Assemblage par double soudure non pénétrante ou à pénétration partielle



a1)

a2)



a3)

a4)

$g_{11} \geq 0,25 \text{ MIN} (e ; e_t)$

$g_1 = g_{11} + g_{12}$

	Catégories de construction		
		B1	B2

	Rupture fragile : Epaisseurs de référence		
	Partie A	Zone fondue	Partie B
Brut de soudage	e	MAX (g ₁ ; g ₂)	e _t ou e _t / 4 (Note c)
Avec TTAS	e	MAX (g ₁ ; g ₂)	e _t ou e _t / 4 (Note c)

Fatigue Cas selon Annexe C11.A2
4.3

TTAS Epaisseur de référence
MIN (g ₁ ; g ₂)

Notes et remarques

- Note c : L'épaisseur divisée par 4 peut être retenue uniquement pour un composant forgé ou pour une tôle présentant des garanties de striction dans le sens travers court.

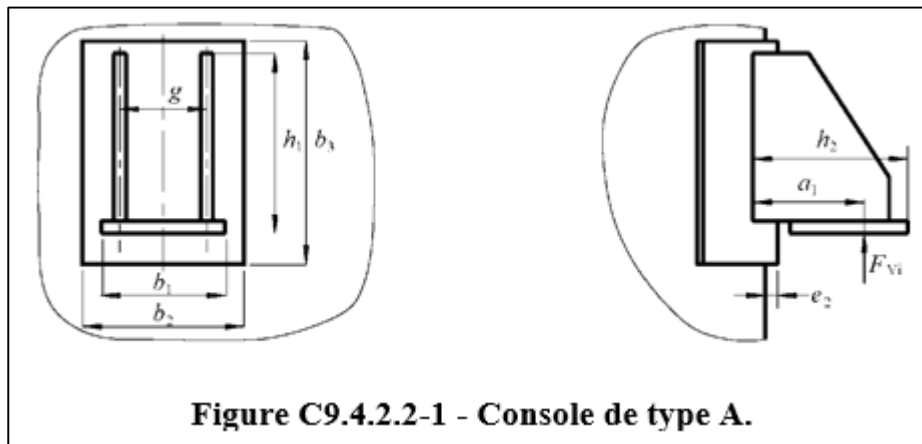


Figure C9.4.2.2-1 - Console de type A.

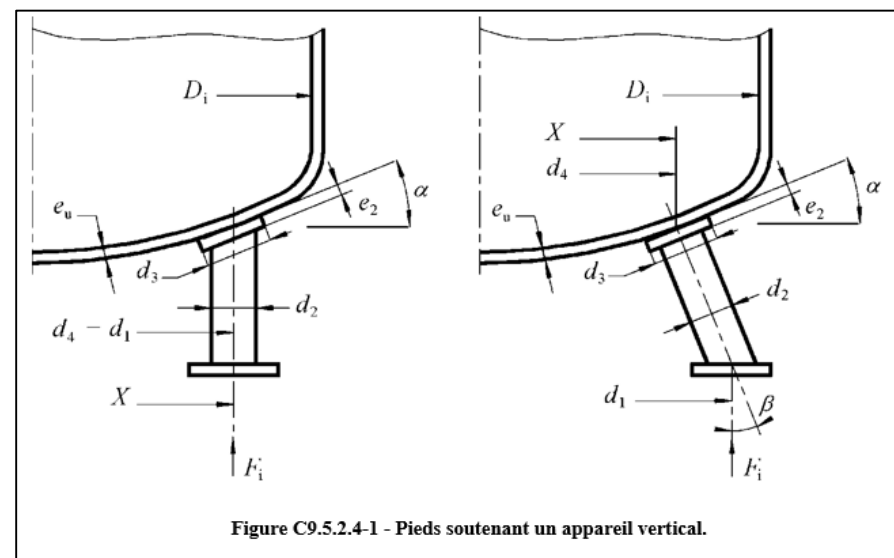


Figure C9.5.2.4-1 - Pieds soutenant un appareil vertical.

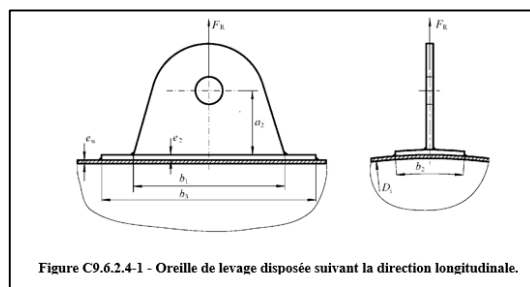
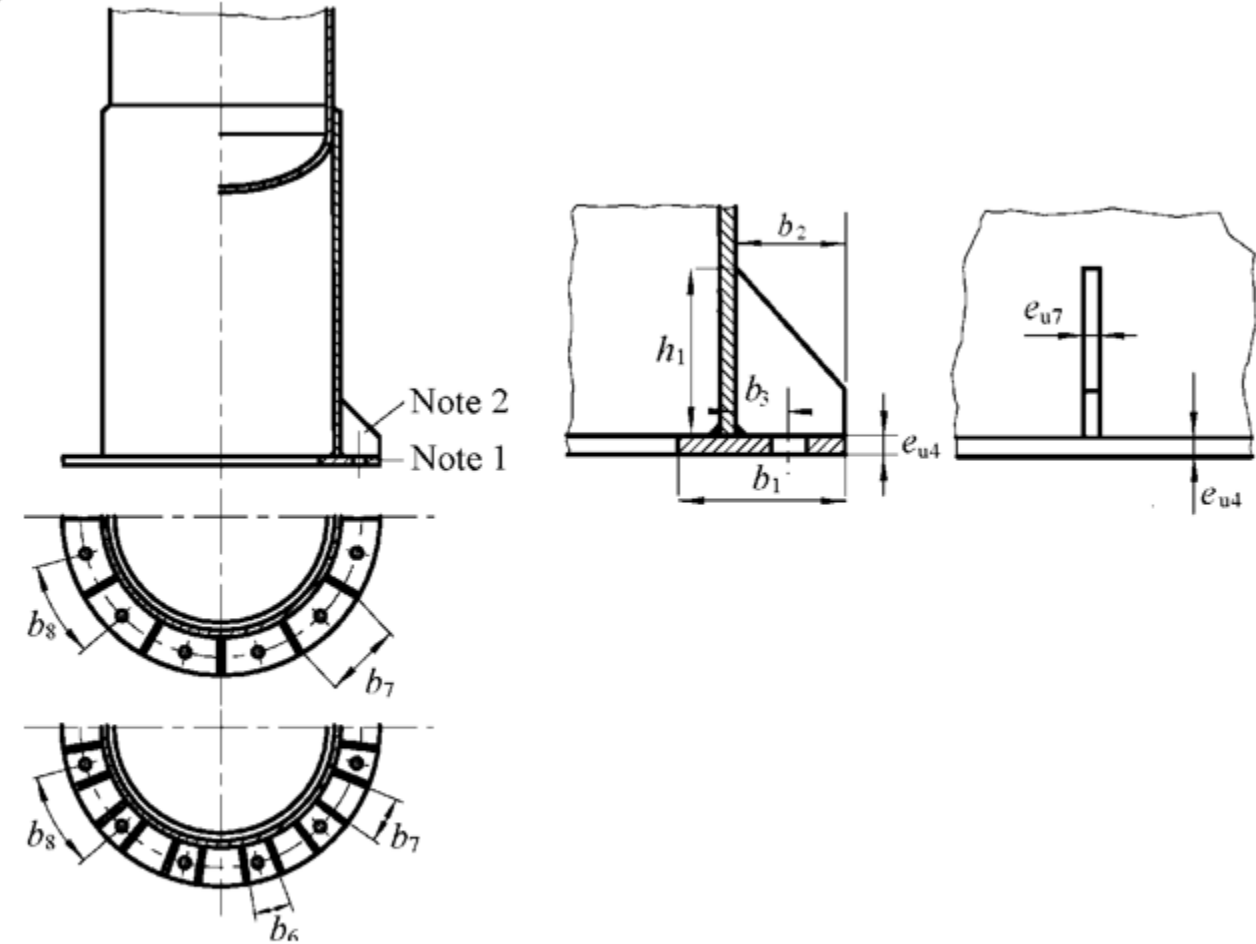


Figure C9.6.2.4-1 - Oreille de levage disposée suivant la direction longitudinale.

Figure C9.7.2.7-1 - Embase constituée d'une bordure annulaire non renforcée.



Note 1 : Bordure annulaire
Note 2 : Gousset

Figure C9.7.2.7-2 - Embase constituée d'une bordure annulaire renforcée par des goussets.

S8.3.3 – Qualification en soudage	<ul style="list-style-type: none"> • Les qualifications des modes opératoires de soudage. • Les qualifications des soudeurs. • Les contrôles des soudures. 	Ce chapitre intègre les normes en vigueur et les exigences du cahier des charges.
S8.3.4 – Cahier de soudage	<ul style="list-style-type: none"> • Repérage des soudures. • Identification de la qualification des soudeurs. • Certificats matières et métaux d'apports. • Qualifications adaptées des soudeurs. • DMOS adaptés aux assemblages. • PV-QMOS : <ul style="list-style-type: none"> - DMOS-P ; - R.C.E.E. ; - domaines de validités ; - résultats détaillés des examens et essais. 	

S33-6 Règles de fabrication, codes et normes	<ul style="list-style-type: none"> • Cahier de soudage. • Descriptif de mode opératoire de soudage. • Qualification de soudage (condition de réalisation, domaine de validité, durée de validité). • Rapport de soudage. 	X
---	--	---

S13 – Les qualifications et codifications en soudage	Niveau taxonomique			
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	1	2	3	4
S13-1. Le cahier de soudage comprenant <ul style="list-style-type: none"> • Q.M.O.S. • D.M.O.S. et D.M.O.S.R. 				

ANNEXE FA3

MODALITÉS APPLICABLES AUX OPÉRATIONS DE SOUDAGE

(Annexe obligatoire)

FA3.2.1 - Descriptif de mode opératoire de soudage

Le Fabricant doit disposer d'un Descriptif de Mode Opératoire de Soudage (DMOS) conforme aux exigences des normes :

- NF EN ISO 15609-1 : Janvier 2005
- NF EN ISO 15609-3 : Novembre 2004
- NF EN ISO 15609-4 : Août 2009
- NF EN ISO 15609-5 : Décembre 2011
- NF EN ISO 15609-6 : Juin 2013

FA3.2.2 - Qualification des modes opératoires de soudage

NF EN ISO 15614-1 (Juin 2017) : Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage - Partie 1 : Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc du nickel et des alliages de nickel

FA3.2.3 - Qualification des soudeurs

La qualification des soudeurs a pour but de vérifier leur aptitude à réaliser des assemblages soudés, préalablement définis et répondant aux critères de qualité requis.

Pour les produits des Sections M2 à M6 du CT Matériaux, les opérations de qualification doivent être réalisées sous la responsabilité du Fabricant et conformément aux dispositions des normes NF EN ISO 9606-1 : Août 2017 et NF EN ISO 14732 : Octobre 2013 ou de toutes autres spécifications acceptées par les parties concernées.

**Tableau FA2.1-1 - Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux métalliques
suivant FD CEN ISO/TR 15608 : Mars 2017.**

GROUPE 1 : Aciers avec $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ ^a et $C \leq 0,25$, $Si \leq 0,60$, $Mn \leq 1,80$, $Mo \leq 0,70$ ^b, $S \leq 0,045$, $P \leq 0,045$, $Cu \leq 0,40$ ^b, $Ni \leq 0,5$ ^b, $Cr \leq 0,3$ ^b, $Nb \leq 0,06$, $V \leq 0,1$ ^b et $Ti \leq 0,05$

- Sous Groupe 1.1 : Aciers non alliés tels que $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
- Sous Groupe 1.2 : Aciers non alliés tels que $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
- Sous Groupe 1.3 : Aciers à grains fins normalisés avec $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$

Note a : Selon la spécification des normes de produit des aciers, R_{eH} peut être remplacé par $R_{p0,2}$ ou $R_{t0,5}$.

Note b : une valeur supérieure est admise à condition que $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 0,75\%$

Tableau FA2.1-2 - Références normatives pour les choix des métaux d'apport.

Groupe de matériaux suivant FD CEN ISO/TR 15608 : Mars 2017 (Matériaux de base)	Électrodes enrobées	Baguette TIG	Fils électrodes	Fils fourrés	Fils sous flux
1 - Aciers avec une limite d'élasticité $R_{eH} \leq 460 \text{ MPa}$	NF EN ISO 2560 : 2009	NF EN ISO 636 : 2008	NF EN ISO 14341 : 2011	NF EN ISO 17632 : 2008	NF EN ISO 14171 : 2011

Tableau F2.6.2 - Préchauffage.

Groupes d'aciers	Épaisseur de référence (en mm) Voir Annexe FA1	Température °C
1.1, 1.2	$e > 50$	100
1.3	$e \leq 30$	100
	$e > 30$	125
2 et nuances P355M, P355ML1 et P355ML2 du groupe 1.2 (thermomécanique)	pas de préchauffage	
3.1 et 3.2	$e \leq 30$	100 à 150
	$e > 30$	150 à 180 + <u>postchauffage</u>
4.1 et 4.2	$e \leq 30$	100
	$e > 30$	120



Tableau F2.7.2.5 - Traitement thermique après soudage

Groupes de matériau (Note 1)		Plage de température °C	e mm sans TTAS Voir Annexe FA1	Durée de maintien en min avec e en mm (durée minimum de maintien de 30 min)
Groupe 1 Aciers au C et C-Mn et aciers à grains fins	1.1 (Note 13)	530/580	≤ 40	$e \leq 60 : 1,5 e$ $e > 60 : 60 + 0,5 e$
	1.2 et 1.3 (Note 13)		≤ 30	$e \leq 60 : 1,5 e$ $e > 60 : 60 + 0,5 e$

S7.2.1 – Technologie des procédés de formage des tôles

- Pliage.
- Roulage.
- Emboutissage.
- Repoussage et fluotournage.

F2.4.2.1 - Il est admis que la déformation maximale $d\%$, en traction ou en compression, résultant d'un formage soit déterminée en fonction du mode de formage par l'une des formules suivantes :

a) Roulage :

$$d\% = \frac{50e}{R_m} \left(1 - \frac{R_m}{R_0} \right) \quad (F2.4.2.1a)$$

Dans ces formules :

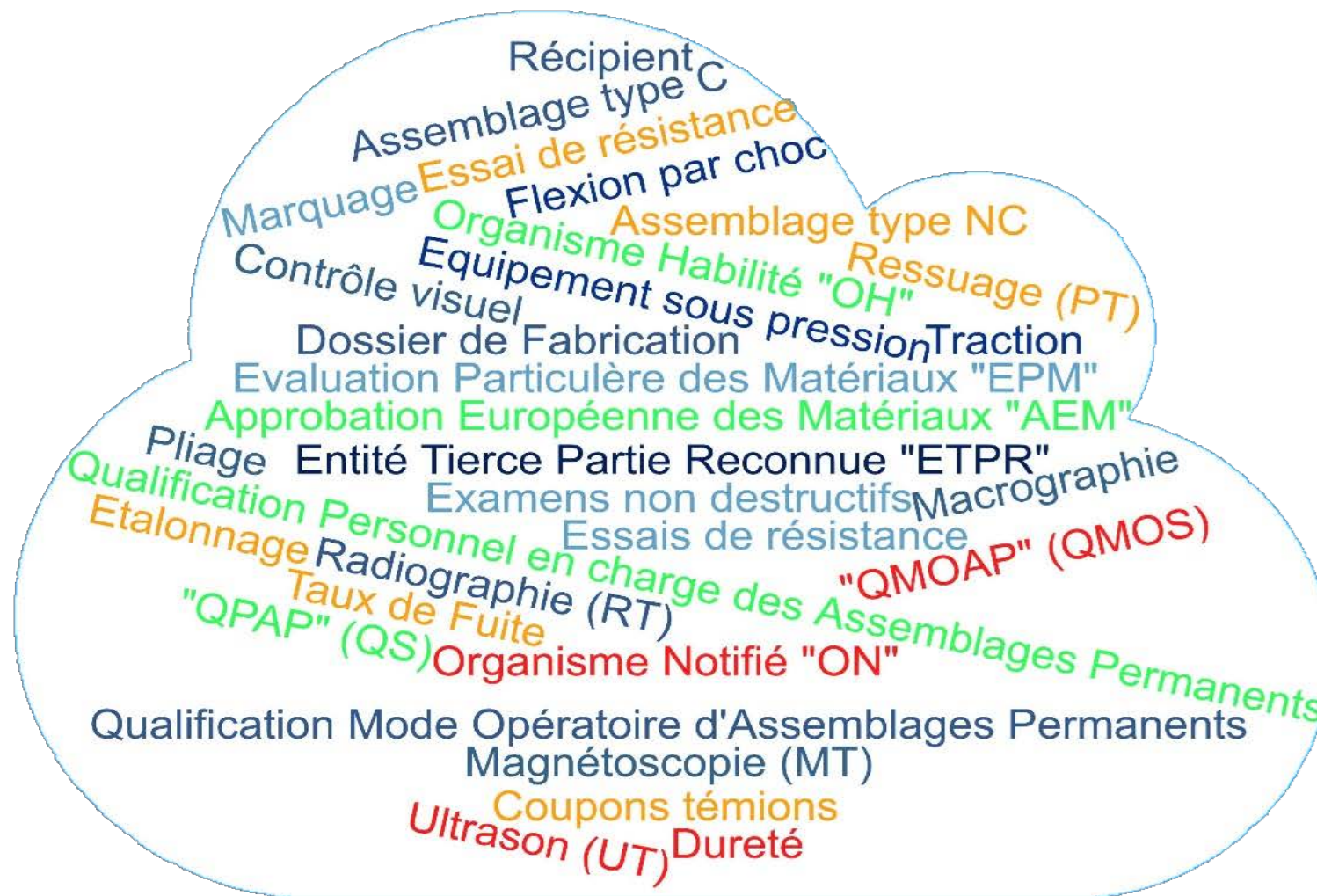
e = Épaisseur de la tôle

R_m = Plus petit rayon moyen de la section formée

R_0 = Plus petit rayon moyen de la section avant formage ($R_0 = \infty$ si le formage débute sur une tôle plane)

Tableau F2.4.2 - Traitements thermiques après formage à froid des tôles.

Température minimale d'étude	Groupes d'acier	Déformation	Traitement thermique (voir Note 1)
$\geq -10^\circ\text{C}$	2.1 et 1.2 (voir Note 2)	$d \leq 5\%$	non requis
	Autres	$d \leq 8\%$	non requis
		$d > 8\%$	traitement de restauration avec justification ou traitement thermique de qualité



Les Exigences Essentielles de Sécurité

Coefficients de joints (E.7.2)

Contrôles non destructifs et destructifs sur les joints soudés

Coefficient de joint de l'équipement

C.D. & C.N.D. permettant de vérifier que l'ensemble des joints ne présentent pas de défauts significatifs

1

C.N.D. par sondage

0,85

Inspection visuelle seulement

0,7

ANNEXE CEA2

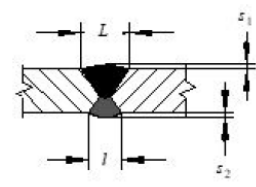
CONTRÔLE VISUEL

(Annexe obligatoire)

CEA2.1 - GÉNÉRALITÉS

Les contrôles visuels doivent être conformes aux exigences de la norme NF EN ISO 17637 : Mai 2011 ou de tout autre spécification acceptée par les parties concernées.

Tableau CEA2-2

Assemblage type	Catégories de construction		
	A	B1	B2
	$0 \leq s_1 \text{ et } s_2 \leq \left[\frac{L(\text{ ou } l)}{10} + 2 \text{ mm} \right]$		

ANNEXE CEA3

CONTRÔLE PAR RESSUAGE

(Annexe obligatoire)

S6.2.5 – Les contrôles spécifiques des soudures

- Contrôle visuel.
- Contrôle par ressuage.
- Contrôle par ultrasons.
- Contrôle par magnétoscopie.
- Contrôle micrographique et macrographique.
- Contrôle par courants de Foucault.
- Contrôle par radiographie.
- Contrôle par spectrographie.

En lien avec les principales normes de soudage

S52-3. La mise en œuvre des contrôles non destructifs du joint soudé et interprétations des résultats

- Contrôle visuel.
- Ressuage.
- Magnétoscopie.
- Radiographie (rayons x).
- Ultrason.
- Test d'étanchéité à l'eau.
- Evolutions des méthodes.

S54- Le contrôle en soudage

Savoirs, connaissances
(concepts, notions, méthodes)

S54-1 Moyens et essais de contrôle non destructifs

- Contrôle visuel.
- Ressuage.
- Magnétoscopie.
- Radiographie.
- Dureté.
- Ultrason.

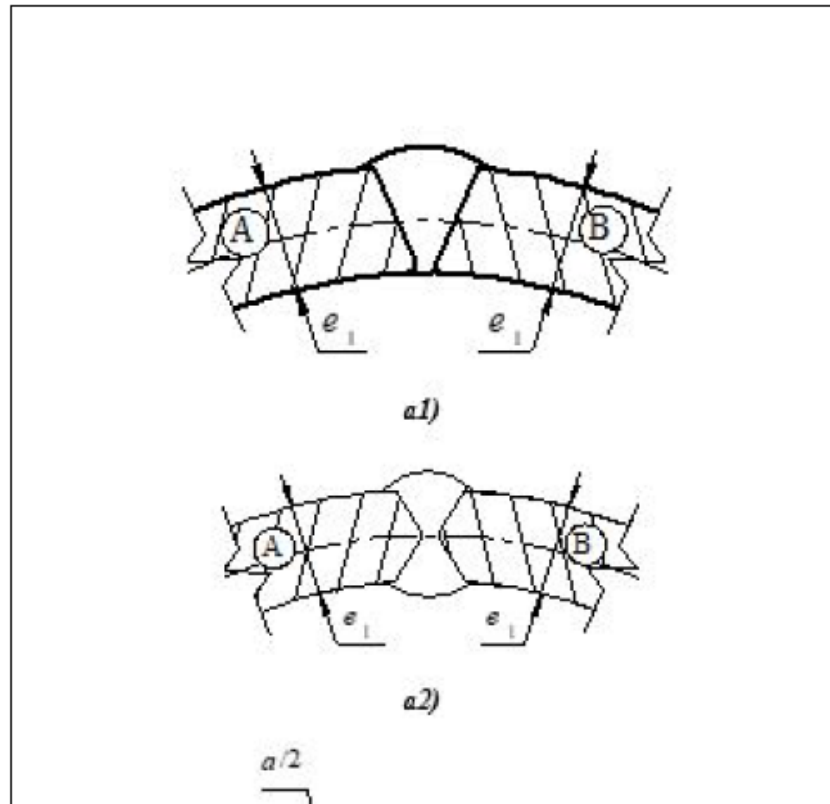
Niveau taxonomique

	1	2	3	4
		X		

CODAP Division 1 : 2020 • Partie CE – CONTRÔLES - ESSAIS - INSPECTION
Annexe CEA1 – CONTRÔLES NON DESTRUCTIFS DES ASSEMBLAGES SOUDES

CEA1-1 - Assemblage d'éléments d'une même enveloppe cylindrique, conique ou sphérique (suite)

CEA1-1.1 - Assemblage non-circulaire par soudure bout à bout



	Catégories de construction				Note(s)
	A	B1	B2		
PT / MT	100 %	20 %	10 %		Note a
RT / UT	100 %	20 %	10 %		Note b

Notes et remarques

Note a : 0% pour toutes les catégories de construction lorsque les nuances des matériaux assemblés appartiennent aux groupes 1.1, 1.2 (avec $ReH \leq 295$ MPa) et 8.1 et en l'absence de sollicitations variables ou lorsque l'assemblage est exempté d'analyse à la fatigue.

Note b : Voir Paragraphe CEA1.2.

S6.3 – Les contrôles en fabrication		Niveau d'acquisition			
		1	2	3	4
Savoirs, Connaissances (concepts, notions, méthodes)					
S6.3.1 – Procédures <ul style="list-style-type: none"> • Éléments de définition d'une phase de contrôle : <ul style="list-style-type: none"> - moyens retenus ; - technologie de mise en position et de maintien de la pièce ou de l'ensemble. • Chronologie des opérations de contrôle. 					
S6.3.2 – Les processus de contrôle <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle par attribut ou par mesurage. • Contrôle des échantillons initiaux, contrôle final ou en cours de fabrication. • Contrôle à 100% ou par échantillonnage. • Autocontrôle. 					
S6.3.3 – Documents d'exploitation <ul style="list-style-type: none"> • Rapports et procès-verbaux de contrôle. • Documents de traçabilité. 					

S53 – Le contrôle en chaudronnerie		Niveau taxonomique			
		1	2	3	4
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)				X	
S53-1 Le contrôle de l'ouvrage <ul style="list-style-type: none"> • Contrôles visuels (états de surface, propreté). • Contrôles mesurables (dimensionnels, géométriques, critères d'acceptabilité). • Consignation des résultats. 					

S52 – Les contrôles et les mesures		Niveau taxonomique			
		1	2	3	4
Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)					
S52-1. Le contrôle de l'ouvrage <ul style="list-style-type: none"> • Tolérances et contrôles dimensionnels. • Tolérances et contrôles géométriques. • Critères d'acceptabilité. 					

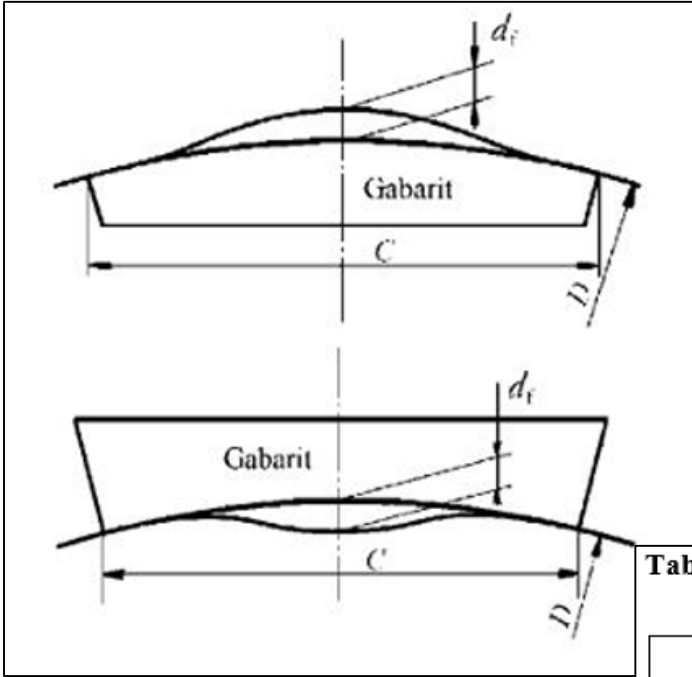
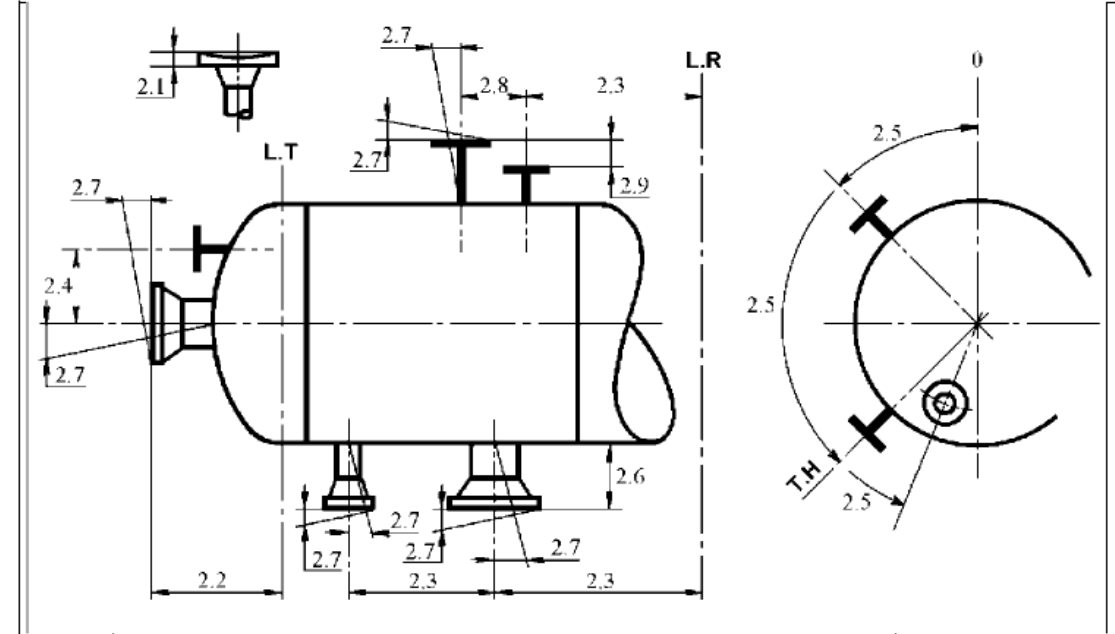


Tableau F1.5.5 - Écart de forme maximal admissible.

D (mm) diamètre intérieur ou extérieur (voir Note)	C (mm) corde du gabarit	d_f (mm) écart de forme maximal admissible
$D \leq 2\ 000$	$D/6$	6
$2\ 000 < D \leq 6\ 000$		
$6\ 000 < D \leq 12\ 000$	$D/8$	8
$D > 12\ 000$	1 500	

Note : Pour les fonds bombés, D est le diamètre au raccordement avec la partie cylindrique.



Repère	Nature des écarts et des éléments considérés	Écarts maximaux autorisés	
2.1	Planéité de la portée de joint plat exprimée en fonction de l'épaisseur du joint.	$0,2 e$	
2.2	Écart entre la face d'une bride et la ligne de tangence d'un fond (LT) ou la ligne de référence (LR)	± 5 mm	
2.3	Écart entre l'axe d'une tubulure et la ligne de référence (LR)	Tubulures de liaison ≤ 100 mm	± 5 mm
		Autres tubulures et trous d'homme	± 10 mm
2.4	Écart entre l'axe d'une tubulure d'axe parallèle à celui de l'appareil et cet axe	± 5 mm	
2.5	Écart par rapport à l'orientation théorique mesuré par l'écart circonférentiel entre les génératrices de référence et la tubulure	Tubulure de liaison	± 5 mm
		Trou d'homme	± 10 mm
2.6	Écart entre la face d'une bride et la paroi de l'appareil	Tubulure de liaison	± 5 mm
		Trou d'homme	± 10 mm

SECTION CE1 CONTRÔLES

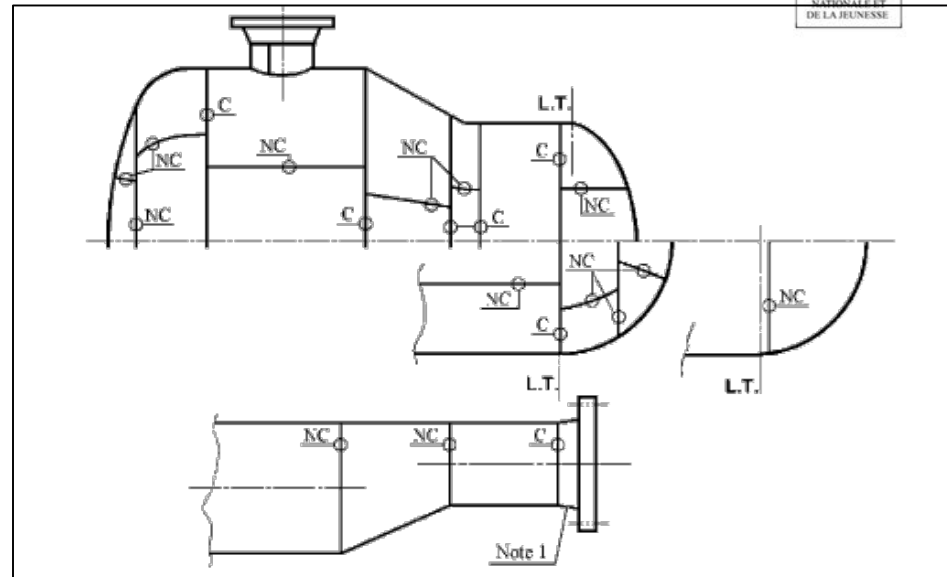
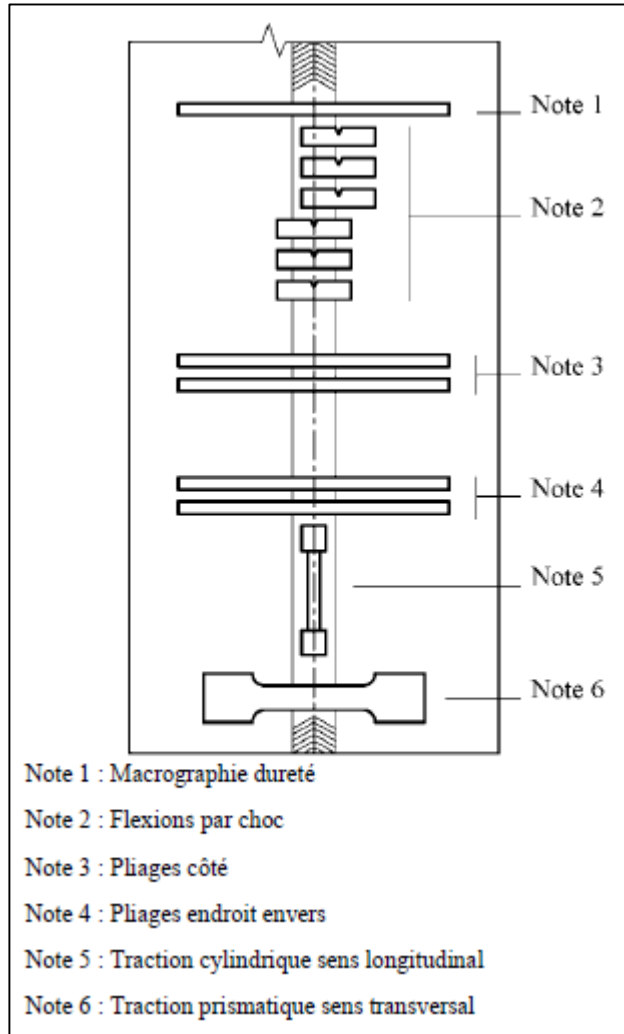


Figure CE1.2 - Définition des assemblages faisant l'objet de coupons-témoins.

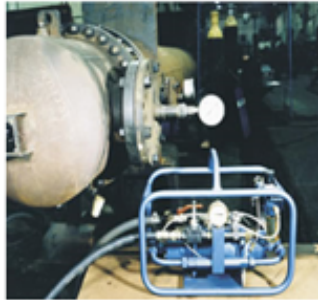
L.T. = ligne de tangence.
 C = Assemblages circulaires d'une pièce, cylindrique ou conique et d'une pièce de révolution ou de forme torique de même axe.
 NC = Assemblages longitudinaux proprement dits ou n'appartenant pas au type C.
 Note 1 = Collerette d'une bride
 Note 2 = L'assemblage de deux demi-sphères « parfaites » appartient au type NC

Tableau CE1.2.2.1 - Nombre requis de coupons témoins de production.

Longueur d'assemblage prise en compte	Catégories de construction	A	B1	B2	
Assemblages circulaires					
L_1	de 0 à 120 m	1			
	de 0 à 720 m	2			
	de 0 à 3720 m	3			
	de 0 à 18720 m	4			
Assemblages non circulaires					
L_2	de 0 à 60 m	1	1	1	
	de 0 à 360 m	2	2	2	
	de 0 à 1860 m	3	3	3	
	de 0 à 9360 m	4	4	4	

Les Exigences Essentielles de Sécurité

Pression d'épreuve hydrostatique (E.7.4)



la pression d'épreuve hydrostatique (E3.2.2)
au moins égale à la plus élevée des 2 valeurs



Chargement maximal que peut
supporter l'équipement en service
compte tenu de sa PS et de sa TS
multiplié par 1,25

$$1,25 \times PS \times (F_E/F_t)$$

Pression Maximale Admissible
multipliée par 1,43

$$PS \times 1,43$$

PS = Pression Maximale Admissible de conception
F_E = Contrainte nominale à T° de l'essai
F_t = Contrainte nominale à T° de conception



RmTU E 250
 S235 JR (1.0038)
 (TMA) Revenu
 Aciers Laminé A Chaud
 SA-240
 Rupture par Fluage
 ReH Certificat de Contrôle Type 3.1
 Energie Rupture Flexion par Choc
 Acier Faiblement Allié Rp0,2
 X2CrNi18-9 (1.4307)
 S235 Acier Inoxydable Austéno-ferritiques
 Rtp0,2
 Acier Au Carbone Manganèse
 Acier Normalisé
 C35E
 TTAS Document de Contrôle
 (TME) Température Minimale D'évaluation
 Tolérances Dimensionnelles
 ASME SA-240 Type 304L
 Rupture Fragile
 Température Minimale Admissible
 Traitement Thermique Référence
 Rp1,0 Acier Inoxydable Allongement ReL P265GH (1.0425)
 Acier Inoxydable Austénitique
 Rupture A%
 FD CEN ISO/TR 15608
 NF EN 10204 Acier Inoxydable Ferritique

Rappel DESP

EXIGENCES ESSENTIELLES DE SECURITE

EES Matériaux: Appropriés et traçables

- **Emploi de matériaux conformes à la directive**
 - ✓ Propriété mécanique (notamment à chaud)
 - ✓ Suffisamment **ductile** : Allongement $A\% > 14\%$,
 - ✓ Suffisamment **résilient** : $KV > 27J$
 - ✓ Résistance chimique (corrosion)
 - ✓ Non sensible au vieillissement

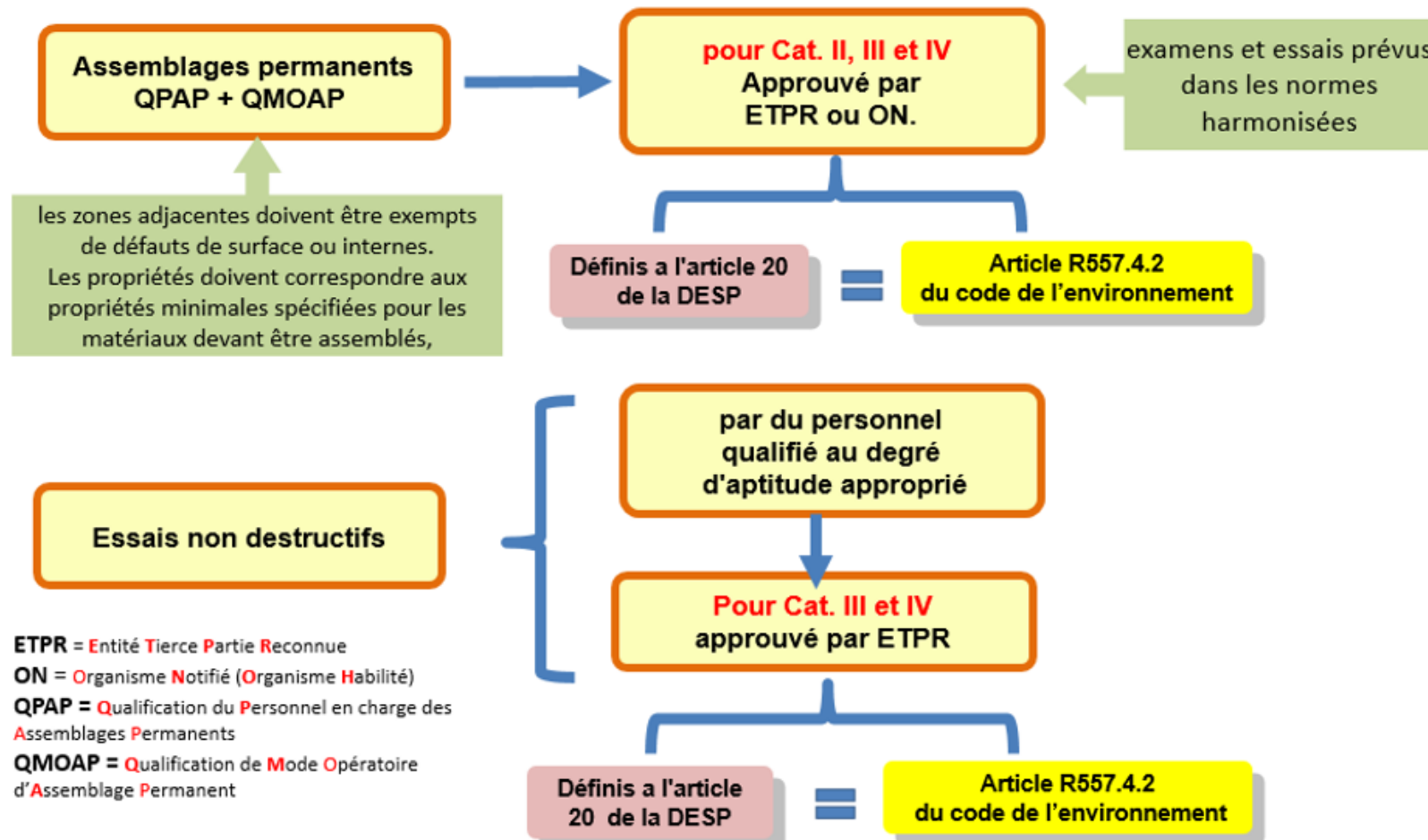
- **Evaluation particulière des matériaux**
 - ✓ Démontrer qu'un matériau non cité dans une NH ou une AEM est conforme aux EES (EPM)

- **Certificat de contrôle**
 - ✓ Cat. I : Type 2.2 svt EN 10204
 - ✓ Cat. II, III, IV : Type 3.1 svt EN 10204

Vérification par un ON pour
les catégories III et IV

Les Exigences Essentielles de Sécurité

Procédés de fabrication (E.3.1) suite



S4.2 – Domaine d'utilisation des matériaux et leurs traitements					Li
Savoirs, Connaissances (concepts, notions, méthodes)					
S4.2.1 – Matériaux utilisés dans les domaines de la chaudronnerie, de la tôlerie et de la tuyauterie					
<ul style="list-style-type: none"> • Aciers. • Aciers inoxydables. • Aluminium et ses alliages. • Cuivre, titane. 					
S4.2.2 – Principes, effets et exigences des principaux traitements thermiques des aciers (trempe, revenu, recuit)					
S4.2.3 – Principes des traitements thermiques des assemblages soudés					

UTILISATION DES TABLEAUX DE NUANCES

M2.2.1a - Aciers au carbone et carbone-manganèse, aciers faiblement alliés et aciers alliés - Tôles

Tableau M2.2-1a - Aciers au carbone et carbone-manganèse, aciers faiblement alliés et aciers alliés – Tôles									
Nuances	TT	Epaisseurs mm min / max		Groupement de matériaux FD CEN ISO/TR 15608 : 2017	CODAP Division 1	CODAP Division 2	CODETI Division 1	COVAP Division 1	COVAP Division 2
NF EN 10028-2 Produits plats en acier pour appareils à pression (Juillet 2017) Partie 2 : Aciers non alliés et alliés avec caractéristiques spécifiées à température élevée									
P235GH (1.0345) (Note 1)	N	0	250	1.1	A : toutes épaisseurs	A : toutes épaisseurs	A : toutes épaisseurs	A : toutes épaisseurs	A : toutes épaisseurs
					B1 : $e \leq 50$ mm	B1 : $e \leq 50$ mm	B1 : $e \leq 50$ mm	B1 : $e \leq 50$ mm	B1 : $e \leq 50$ mm
					B2 : $e \leq 30$ mm	B2 : $e \leq 30$ mm	B2 : $e \leq 30$ mm	B2 : $e \leq 30$ mm	B2 : $e \leq 30$ mm
					C : $e \leq 16$ mm	C : $e \leq 16$ mm	C : $e \leq 16$ mm	C : $e \leq 16$ mm	C : $e \leq 16$ mm
					Ref. Chap. C4 : C4-2	Ref. Chap. C4 : C4-2		Ref. Chap. C4 : C4-2	

S14 – Les matériaux et produits d'apport

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique			
	1	2	3	4
S14-1 Les matériaux		X		
<ul style="list-style-type: none"> • Les procédés d'obtention. • Désignation normalisée (notions, familles de matériaux) et formes commerciales. • Caractéristiques mécaniques : résistance, dureté, résilience, élasticité, malléabilité, loi de Hooke, module d'élasticité longitudinale (Young) ... • Aptitudes des matériaux : soudabilité, résistance à la corrosion. • Les traitements thermiques. 				

S21 – Les matériaux de base

Savoirs, connaissances (concepts, notions, méthodes)	Niveau taxonomique			
	1	2	3	4
S21-1. La classification des matériaux				
<ul style="list-style-type: none"> • Désignation normalisée. • Classement des matériaux (suivant normes ou codes). • Domaines d'utilisations. 				

S21-2. L'état de livraison des matériaux et les propriétés

- Traçabilité des matériaux (CCPU).
- Procédés d'obtention.
- Traitement thermique.

--	--	--	--	--	--

SECTION M23 PRODUITS CONSOMMABLES POUR LE SOUDAGE

M23.6 - DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

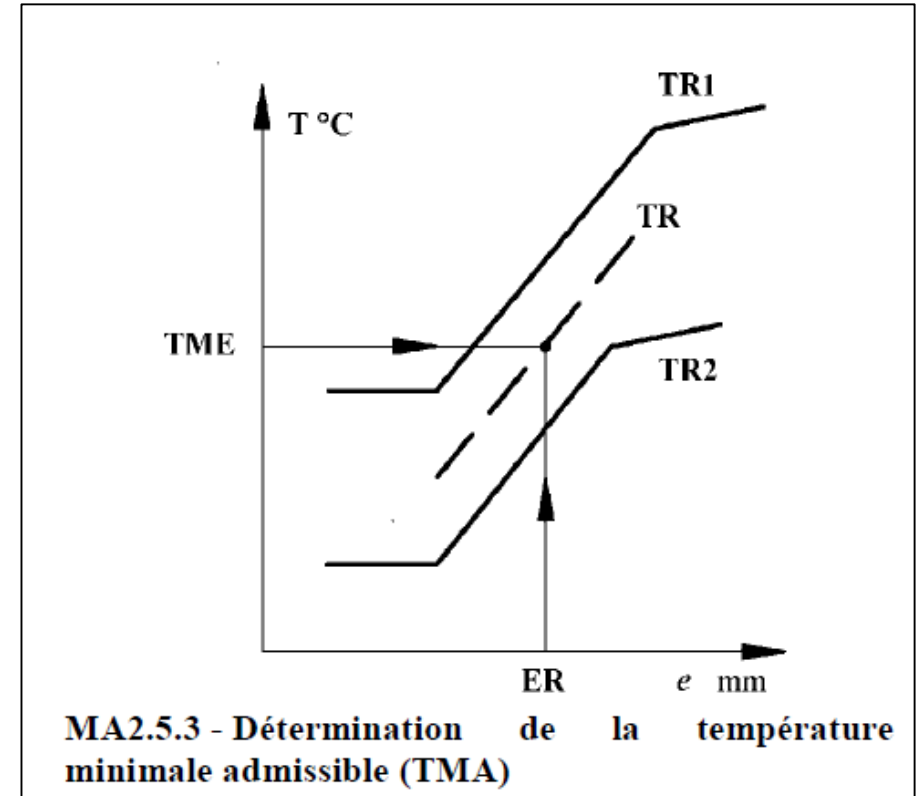
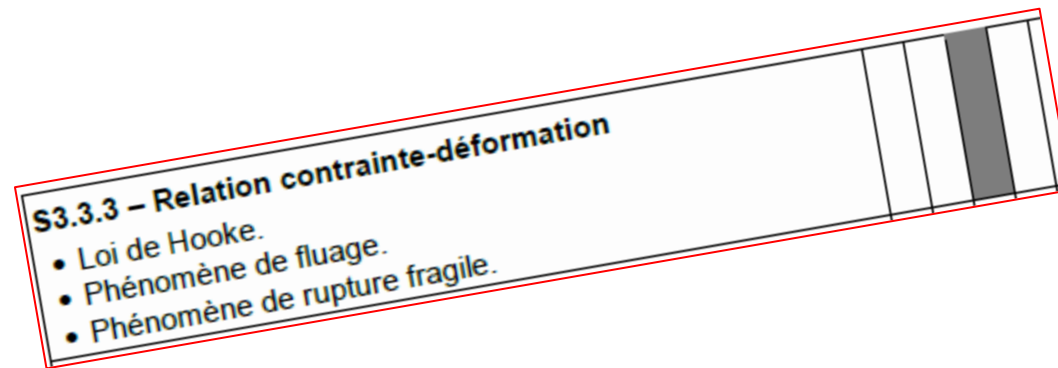
NF A 81-362 (Décembre 2013)	Soudage, brasage, soudo-brasage - Métaux d'apport de brasage tendre, de brasage fort et de soudo-brasage - Classification, codification, réception
NF EN 12074 (Décembre 2000)	Produits consommables pour le soudage - Exigence de qualité pour la fabrication, la fourniture et la distribution des produits consommables pour le soudage et les techniques connexes
NF EN 13479 (Juin 2017)	Produits consommables pour le soudage - Norme produit générale pour les métaux d'apport et les flux pour le soudage par fusion de matériaux métalliques

	CODAP Division 1 et COVAP Divisions 1 & 2		
	<i>Partie principale sous pression</i>	<i>Partie sous pression</i>	
Catégories de construction	A, B1, B2 et C	A et B1	B2 et C
Types de document de contrôle conforme à la norme NF EN 10204 : Janvier 2005	Type 2.2 au minimum	Type 2.2 au minimum	Type 2.1 au minimum

ANNEXE MA2

PRÉVENTION DU RISQUE DE RUPTURE FRAGILE

(annexe obligatoire)

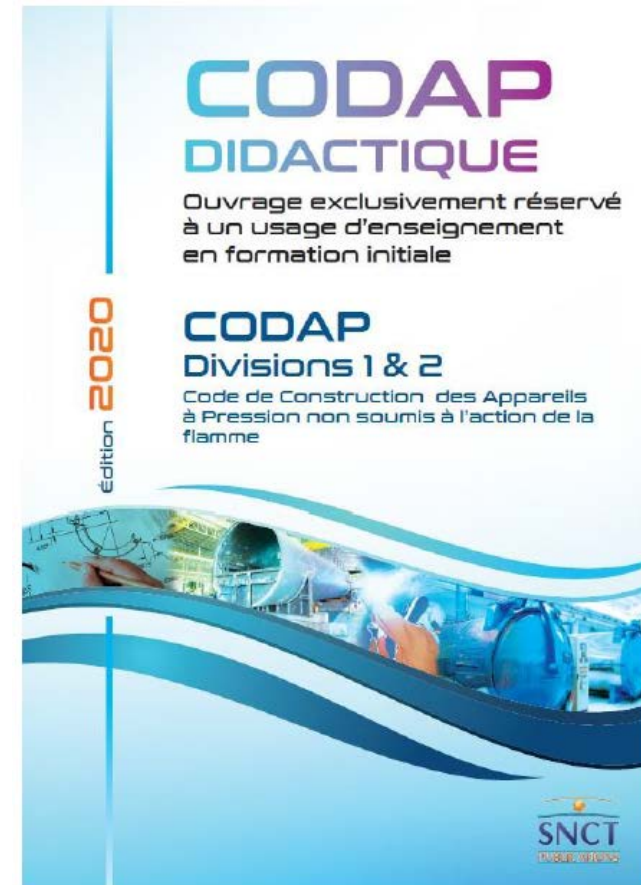


Face à la problématique complexe des appareils, il est nécessaire d'utiliser des référentiels apportant des solutions éprouvées.

**Le CODAP®
est le référentiel rédigé par
les fabricants français (*)
dans le domaine des
appareils à pression**

- ❑ **Véritable recueil du savoir-faire de la profession :**
 - ✓ C'est le moyen privilégié pour apporter des garanties de sécurité.
 - ✓ C'est aussi un précieux guide de travail.

(*) adhérents du SNCT





Je souhaite aux professeurs de « Construction » et de « Fabrication »,
aux professeurs d'Enseignement Professionnel,
un usage fructueux de cet ouvrage



Sciences et Techniques Industrielles

Portail national de ressources - éduscol

Appareil à pression suivant le CODAP

19 avr 2016

Auteur(s):

SANCIER Thierry



Règles de conception d'un appareil à pression en suivant les prescriptions du CODAP.

Robustesse de la maquette numérique en BTS CRCI

05 mai 2020

Auteur(s):

SANCIER Thierry



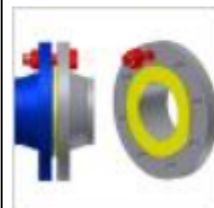
Illustration de la démarche de conception robuste de produits en BTS CRCI

Le serrage des joints de brides

11 nov 2018

Auteur(s):

SANCIER Thierry

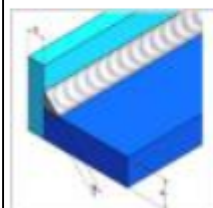


Calcul des soudures

28 nov 2014

Auteur(s):

SANCIER Thierry



La chaîne numérique en chaudronnerie

16 mai 2017

Auteur(s):

SANCIER Thierry

