

Code technique relatif aux mesures de sécurité à prendre lors de la conception et de la construction des installations de transport par canalisations

Rev.1 – 1^{er} décembre 2020

Ce code a été approuvé par arrêté ministériel du 24/09/2021 et publié au Moniteur belge le 12/10/2021.
Il entre en vigueur à partir du 1/11/2021.

PRÉAMBULE

Le présent Code technique (ci-après dénommé, « Code » ou « Code technique »), a vocation à refléter tant les développements technologiques que les meilleures pratiques actuelles du secteur belge des transporteurs par canalisations en matière de sécurité ainsi que les standards européens et internationaux applicables à cette activité de transport.

La réglementation contenue dans ce document s'inspire donc notamment de l'expérience des pays limitrophes en matière de bonnes pratiques ainsi que des normes établies par les Comités Techniques des instituts de normalisation européens et internationaux.

Il s'agit notamment des normes :

- NBN EN 1594 Gas infrastructure – Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar – functional requirements
- NBN EN 12186 Gas infrastructure – Gas pressure regulating stations for transmission and distribution – functional requirements
- NBN EN 10204 Metallic products – types of inspection documents
- ISO 10474 Steel and steel products – inspection documents
- ASME B31.8 Gas transmission and distribution piping systems
- ASME B31.12 Hydrogen piping and pipelines
- NBN EN 14161 Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems (ISO 13623 modified)

Le présent Code technique fait partie du dispositif réglementaire qui comprend également la Loi du 12 avril 1965 relative au transport de produits gazeux et autres par canalisations, ainsi que ses arrêtés d'exécution, au nombre desquels figure l'arrêté royal du 19/03/2017 relatif aux mesures de sécurité en matière d'établissement et dans l'exploitation des installations de transport de produits gazeux et autres par canalisations et les autorisations individuelles de transport. L'exhaustivité, la précision et la cohérence du dispositif précité assureront un niveau de sécurité élevé.

Le présent Code technique a été établi de bonne foi grâce à la contribution du secteur belge des transporteurs par canalisations, réuni au sein d'une commission spécialement établie pour la circonstance par l'asbl FETRAPI, la Fédération des Transporteurs par Pipeline.

Les membres de la commission étaient :

- Gert Van de Weghe ; Société Nationale de Transport par Canalisations (SNTC)
- Peter Beens ; Petrochemical Pipeline Services B.V. (PPS)
- Luc Poppe ; DOW Benelux B.V.
- Iven Denison ; Air Liquide Industries Belgium
- Yves Claes ; Air Liquide Industries Belgium
- Marc Simoen ; Fluxys Belgium
- Jan Van de Vyver ; Fluxys Belgium
- Paul Van Es ; Fluxys Belgium
- Jurgen Cluytmans ; Fluxys Belgium

BASE LÉGALE

Le présent Code technique est établi sur base de l'article 17 § 2 de la loi du 12 avril 1965 relative au transport de produits gazeux et autres par canalisations, ainsi que l'article 2 de l'Arrêté Royal du 19/03/2017.

Ce Code technique a été proposé par l'asbl FETRAPI, la Fédération des Transporteurs par Pipeline au nom de plusieurs titulaires d'une autorisation de transport, au Ministre fédéral en charge de l'Energie, lequel l'a approuvé après avis de l'Administration de l'Energie et l'Administration de la Qualité et de la Sécurité du SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes, et Energie.

Le présent Code technique ayant vocation à refléter l'état de la technique, des connaissances, des bonnes pratiques et des réglementations, il sera donc amené à être revu afin de maintenir, le cas échéant, une adéquation entre les mesures techniques qui y sont décrites et l'évolution de ces techniques, connaissances, bonnes pratiques et réglementations meilleures. La procédure applicable à cette évolution du Code technique est décrite à l'article 78 de l'arrêté royal précité et coïncide avec la procédure d'adoption de ce Code technique, permettant ainsi de conserver un processus réglementaire aisé et dynamique.

CHAMP D'APPLICATION

Le présent code fait mention

- des exigences concernant la conception, les matériaux, la construction, les tests et la mise en service d'Installations de transport Onshore non cryogéniques en acier.
- des activités de surveillance concernant les mesures de sécurité à prendre lors de la conception et de la construction d'Installations de transport en acier.

Le présent Code concerne les installations suivantes :

- Les Installations de transport et les extensions d'Installations de transport existantes telles que décrites à l'article 3 § 1^{er}, 1^o de l'AR Sécurité.
- Les Installations de transport existantes, dans le cadre de l'article 3 § 1^{er}, 2^o de l'AR Sécurité.

En ce qui concerne les réparations, les aménagements qui ne sont pas des extensions et les remplacements assimilables à des réparations des Installations de transport, le présent Code s'applique dans les limites définies à l'article 4 de l'AR Sécurité.

Le présent Code technique s'applique aux fluides du tableau 1. Certains fluides peuvent se trouver dans plusieurs catégories, en fonction de la phase dans laquelle ils sont lors du transport. La phase dépendra entre autres de la pression et de la température opérationnelles.

Tableau 1 : Catégories & fluides

Fluide	Caractéristique spécifique	Catégorie
lessive de soude		A
Saumure		A
1,1 – dichloroéthane		B1
acétone		B1
essence		B1
diesel / gasoil		B1
naphte		B1
jet A-1 / kérosène		B1
condensat de gaz		B1
pétrole brut		B1
Phénol		B2*
gaz naturel	MAOP ≤ 16 bar	D1
	MAOP > 16 bar	D2
	Offshore	n/a
monoxyde de carbone		E1
hydrogène		E1
oxygène (gaz)		C
Buta - 1,2 - diène		E2
Buta - 1,3 - diène		E2
éthane (gaz) / éthane (liquide)		E1 / E2
éthène (gaz) / éthène (liquide)		E1 / E2
butane		E2
propane		E2
propène (gaz) / propène (liquide)		E1 / E2
C4 brut		E2
chlorure de vinyle monomère (MVC)		E2
ammoniac liquide		E2
GNL		n/a

n/a = non applicable

Les catégories sont définies comme suit¹:

Catégorie A: Fluides ininflammables à base d'eau

Catégorie B:

Catégorie B1: Fluides inflammables et/ou toxiques en phase liquide à une température de 15 °C et sous une pression absolue de 1,01325 bar.

Catégorie B2*: Fluides inflammables et/ou toxiques solide à une température de 15 °C et sous une pression absolue de 1,01325 bar, et transportés sous forme liquide

Catégorie C: Fluides ininflammables non toxiques en phase gazeuse à une température de 15 °C et sous une pression absolue de 1,01325 bar.

Catégorie D:

Catégorie D1: Gaz naturel monophasique non toxique, Installations de transport onshore MAOP ≤ 16 bar

Catégorie D2: Gaz naturel monophasique non toxique, Installations de transport onshore MAOP > 16 bar

Catégorie E:

Catégorie E1: Fluides inflammables et/ou toxiques en phase gazeuse à une température de 15 °C et sous une pression absolue de 1,01325 bar, et transportés sous forme gazeuse

Catégorie E2: Fluides inflammables et/ou toxiques en phase gazeuse à une température de 15 °C et sous une pression absolue de 1,01325 bar, et transportés sous forme liquide

*catégorie de produit déterminée de manière arbitraire sur base des caractéristiques des produits

Les exigences supplémentaires pour les fluides d'une catégorie donnée sont présentées dans les paragraphes commençant par la lettre de la catégorie. En cas de conflit entre ces exigences supplémentaires et les exigences générales, les exigences supplémentaires auront priorité.

¹ Sur la base de ISO 13623:2009 (E) : Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems

Table des matières

1	Terminologie	8
2	Symboles	10
3	Abréviations	10
4	Documents EIGA	10
CONCEPTION		11
5	Généralités	11
5.1	Conception de l'Installation de transport	11
6	Installations de transport.....	11
6.1	Impact du fluide	11
6.2	Limites de température	11
6.3	Contrôle de la pression	12
6.4	Tronçons de canalisations & installations de mise à l'air	13
6.5	Traçabilité des matériaux	13
6.6	Méthodes de calcul pour la conception.....	14
7	Canalisations de transport.....	14
7.1	Contraintes et contraintes admissibles	14
7.2	Canalisations de transport souterraines	15
7.3	Canalisations de transport aériennes.....	18
8	Stations	18
8.3	Stations, à l'exception des stations de compression et de pompage	18
8.4	Stations de compression du gaz	19
8.5	Stations de pompage des liquides	20
8.6	Systèmes auxiliaires et d'instrumentation	22
9	Spécifications relatives aux matériaux	22
9.1	Généralités	22
9.2	Tubes	22
9.3	Courbes par induction	28
9.4	Pièces de forme	30
9.5	Brides	33
9.6	Équipements sous pression et Ensembles d'équipements sous pression	35
9.7	Dossier technique pour un Composant, compresseur ou pompe.....	38

10	<i>Protection contre la corrosion externe</i>	38
10.1	Protection passive des Installations de transport enterrées contre la corrosion	39
10.2	Protection active d'Installations de transport enterrées contre la corrosion	39
CONSTRUCTION		40
11	<i>Pose et épreuves</i>	40
11.1	Transport, stockage et contrôle de l'état général	40
11.2	Changements de direction	40
11.3	Assemblages	41
11.4	Contrôle et inspection	45
11.5	Revêtement sur site (y compris mise en peinture de tronçons non revêtus)	48
11.6	Enfouissement et remblayage	48
11.7	Nettoyage	49
11.8	Épreuves	49
11.9	Essai des Soudures en or (« tie-in » welds)	52
12	<i>Mise en service</i>	53
12.1	Séchage de l'installation	53
12.2	Mise sous fluide d'installations	53
12.3	Dossier final de construction	55
ANNEXE A : LISTE DES ORGANISMES D'ELABORATION DE NORMES AGREE		56
ANNEXE B : POINTS SPECIFIQUES RELATIFS A LA DETERMINATION DU TRACE		57
ANNEXE C : ÉPREUVE D'ÉTANCHÉITÉ AVEC DE L'AIR OU DE L'AZOTE		59
ANNEXE D : MODELE DE « RAPPORT DE CONFORMITE »		65
ANNEXE E : GLOSSAIRE		68
ANNEXE F : ÉPREUVE D'ÉTANCHÉITÉ À L'EAU APRÈS L'ÉPREUVE DE RÉSISTANCE HYDRAULIQUE		72

1 Terminologie

Les définitions de l'AR Sécurité et de la Loi Gaz s'appliquent au présent Code technique et à ses annexes.

Les termes et expressions commençant par une majuscule utilisés dans le présent Code technique et qui ne sont pas définis dans l'AR Sécurité ou la Loi Gaz ont la signification suivante :

Allongement : Allongement dans le sens longitudinal de l'éprouvette, après rupture, exprimé en pourcentage de la longueur d'origine entre repères.

AR Sécurité : l'arrêté royal du 19/03/2017 déterminant les mesures de sécurité à prendre lors de l'établissement et dans l'exploitation des Installations de transport.

Balisage : marquage physique ponctuel et bien identifiable du tracé d'une canalisation.

Contrainte annulaire : contrainte suivant la tangente à la circonférence extérieure de la section perpendiculaire à l'axe de la canalisation et engendrée par la pression du fluide contenu dans le tube.

Contraintes incidentelles : Les contraintes dans des circonstances imprévues, mais plausibles, compte tenu de leur probabilité d'apparition.

- Incendie, explosion, décompression soudaine, chute d'objets, phases de transition dans le cas de glissements de terrain, ancrages, abordages ; pression découlant d'une montée en température de liquide statique bloqué, sauf si le blocage constitue une activité opérationnelle normale.

Contraintes de construction : contraintes nécessaires pour la construction, essais inclus, de l'installation. Les contraintes dues au comportement de l'équipement utilisé pour la pose doivent être prises en compte le cas échéant.

- La construction englobe le transport, le traitement, le stockage, la construction et les essais. Les hausses de pression externe dues au réagrèage ou de pression interne subatmosphérique dues au drainage ou au séchage donnent également lieu à des contraintes de construction.

Contraintes environnementales : Contraintes provenant des environs de l'installation, sauf lorsqu'elles doivent être considérées comme une Contrainte fonctionnelle ou, en raison de leur faible probabilité d'occurrence, comme une Contrainte incidentelle.

- contraintes par vagues, courants, marées, vent, neige, glace, tremblements de terre, circulation, pêche et extraction minière ; contraintes par les vibrations d'appareils et déplacements provoqués par des structures placées sur le sol ou dans les fonds marins.

Contraintes fonctionnelles contraintes découlant de l'usage prédéterminé de l'Installation de transport et contraintes provenant d'autres sources.

- *Contraintes découlant de l'usage prédéterminé* : poids de l'installation, Composants et fluides inclus, contraintes découlant de la pression et de la température dans des conditions normales

- *Contraintes provenant d'autres sources* : précontrainte, contraintes résiduelles de construction, profondeur d'enfouissement, pression hydrostatique externe, encrassements biologiques, affaissements et tassements, soulèvements et affaissements suite au gel et au dégel, contrainte due à la glace persistante ; réactions au niveau des supports suite à des contraintes fonctionnelles, contraintes suite à des déplacements fréquents, rotations des supports ou effets du changement de sens du flux.

Contrainte tangentielle : contrainte suivant la tangente à la circonférence extérieure de la section perpendiculaire à l'axe de la canalisation et engendrée par la pression du fluide contenu dans le tube.

Gaz non toxique : gaz ne contenant pas d'éléments toxiques, ou seulement dans une proportion qui n'a aucun impact sur la santé.

Incident : événement inattendu pouvant engendrer une situation d'urgence, par exemple une fuite ou une défaillance de l'installation.

Loi Gaz : Loi du 12 avril 1965 relative au transport de produits gazeux et autres par canalisations

Organisme d'élaboration de normes agréé : Organisme d'élaboration de normes selon les dispositions de l'Annexe A ;

Organisme accrédité indépendant : Organisme indépendant du titulaire de l'autorisation de transport ou son délégué et indépendant de la personne ou l'organisation qui fournit un produit ou un service, accrédité selon l'une des trois normes, ISO/CEI 17020, type A, ISO/CEI 17021, ISO/CEI 17025 selon le cas applicable.

Pièce de transition : raccord entre deux types de tube destiné à compenser les différences de matériau et/ou d'épaisseur de paroi. En fonction de la Limite d'élasticité minimale spécifiée et de la différence de diamètre et/ou d'épaisseur de paroi des tubes à raccorder, cette pièce de transition sera un tube ou une plaque.

Pression : pression relative du fluide dans le système, mesurée dans des conditions statiques et exprimée en bar relatifs.

Pression incidentelle : la pression qui se produit accidentellement dans un système, à laquelle un équipement de sécurité s'active

Pression d'épreuve : la pression à laquelle l'Installation de transport est soumise pendant la construction et/ou ses Composants individuels, pompes et compresseurs pendant la fabrication, afin de vérifier que la mise en service peut avoir lieu en toute sécurité ;

Résistance à la traction : valeur de la contrainte, divisée par la section d'origine de l'éprouvette nécessaire pour provoquer la rupture de l'éprouvette.

Soudure en or : soudure de raccordement telle que mentionnée dans l'article 52 de l'AR Sécurité.

Température de conception : température sur laquelle la conception se base.

Température de transition : température à laquelle une rupture ductile se transforme en rupture fragile.

Unité d'essai : une Unité d'essai se compose de tous les éléments d'une même coulée, ayant fait l'objet du même traitement thermique et présentant les mêmes dimensions nominales ;

Valeur de Résilience : résistance à la flexion contre un effet de choc sur une éprouvette entaillée / énergie nécessaire pour provoquer la rupture sous l'effet d'un choc d'une éprouvette entaillée de forme et de dimensions déterminées. Elle est exprimée par le nombre de joules nécessaires pour provoquer la rupture d'une éprouvette entaillée de forme et de dimensions déterminées.

Le texte en italique, à l'exception des titres et symboles, correspond à un extrait de l'AR Sécurité ou de la Loi Gaz.

2 Symboles

R_m	la Résistance à la Traction minimale spécifiée pour la température ambiante , en Newton par millimètre carré (N/mm ²)
R_e	la Limite d'élasticité minimale spécifiée pour la température ambiante, en Newton par millimètre carré (N/mm ²)
$R_e(\theta)$	la Limite d'élasticité minimale spécifiée pour la température de Conception, en newton par millimètre carré (N/mm ²) :
	Température ne dépassant pas 60 °C :
	$R_e(\theta) = R_e$
	Température supérieure à 60 °C :
	la Limite d'élasticité minimale spécifiée doit être corrigée en fonction de la température
t	l'épaisseur de paroi nominale minimale, en millimètres (mm)
t_{min}	l'épaisseur de paroi minimale, en millimètres (mm)
DN	le diamètre nominal, en millimètres (mm)
DP	[Design Pressure] la Pression de conception ; la pression qui sert de base aux calculs de conception, en bar
D	le diamètre extérieur spécifié du tube, en millimètres (mm)
MAOP	[Maximum Allowable Operating Pressure] la pression maximale à laquelle une installation de transport peut être exploitée, en bar
MIP	[Maximum Incidental Pressure] la pression incidentelle maximale, en bar

3 Abréviations

HFV	High Frequency Welded
SAWH	Submerged Arc-Welded / Helical
SAWL	Submerged Arc-Welded / Longitudinal

4 Documents EIGA

C-4	EIGA IGC Doc. 13/20 peut être utilisé comme guide pour les installations de transport d'oxygène.
E1-4	EIGA IGC Doc. 120/14 peut être utilisé comme guide pour les installations de transport de monoxyde de carbone. EIGA IGC Doc. 121/14 peut être utilisé comme guide pour les installations de transport d'hydrogène.

Conception

5 Généralités

5.1 Conception de l'Installation de transport

- 5.1.1 La conception de l'Installation de transport s'effectue sur base des exigences mentionnées dans le présent Code.
- 5.1.2 Les Composants, pompes et compresseurs doivent satisfaire aux exigences mentionnées dans le présent Code.
- 5.1.3 Les Composants, pompes et compresseurs font l'objet de, et sont achetés selon des spécifications techniques décrivant notamment :
- la qualité et les caractéristiques de la matière de base ;
 - le(s) code(s) ou norme(s) de conception qui doi(ven)t être respecté(es) ;
 - les exigences techniques minimales relatives aux matériaux, concernant par exemple l'Allongement, la Limite d'élasticité, les valeurs de Résilience, etc. ;
 - la technologie de production, si applicable ;
 - les variations de dimensions et les erreurs admises ;
 - les essais, épreuves et contrôles auxquels doivent être soumis les matières de base, les produits en cours de fabrication et les produits finis ;
 - les conditions de réception, de marquage et de numérotation.
- 5.1.4 Le présent Code est uniquement d'application pour les Installations de transport en acier.

6 Installations de transport

6.1 Impact du fluide

- 6.1.1 À moins qu'il n'en soit tenu compte dans la conception de l'installation, le fluide à transporter ne peut pas contenir de substances solides, liquides ou gazeuses secondaires qui ont ou peuvent avoir un impact négatif sur l'intégrité et le bon fonctionnement des Installations de transport.
- 6.1.2 À moins qu'il n'en soit tenu compte dans la conception de l'installation, le point de rosée liquide et le point de rosée eau du gaz doivent en outre être tels qu'ils n'ont pas ou ne peuvent avoir d'impact négatif sur l'intégrité et le bon fonctionnement des Installations de transport.

6.2 Limites de température

La Température de Conception minimale et maximale dans des conditions normales d'exploitation est déterminée par l'Entreprise de transport pendant la phase d'étude, en conformité avec l'article 29 de l'AR Sécurité.

6.3 Contrôle de la pression

Le contrôle de la pression dans l'Installation de transport se fait dans le respect des exigences mentionnées ci-après.

6.3.1 *Pression de service*

La MAOP ne peut en aucun cas dépasser la DP. Compte tenu des tolérances de réglage des appareils de réglage de la pression, la Pression de service réelle mesurée dans les Canalisations de transport ayant une MAOP supérieure à 16 bar peut atteindre au maximum 102,5 % de la MAOP. Dans les Installations de transport ayant une MAOP inférieure ou égale à 16 bar, cette Pression de service réelle mesurée ne peut pas dépasser 110 % de la MAOP.

6.3.2 *Pression accidentelle maximale*

La MIP est la pression admissible maximale en cas d'Incident et est fonction de la DP, de la MAOP et des matériaux utilisés. La MAOP ne sera pas dépassée plus longtemps que le temps strictement nécessaire pour vérifier le dysfonctionnement et rétablir les conditions normales de fonctionnement.

La MIP d'une Installation de transport ne peut en aucun cas dépasser la valeur identifiée pour les Composants, pompes et compresseurs de manière individuelle.

La MIP d'une Installation de transport doit être inférieure à la pression de l'Epreuve de résistance mécanique, comme indiqué au tableau 9.

D - 6.3.2 Sauf dans les exceptions suivantes, la MIP ne peut pas dépasser 115 % de la MAOP.

- Pour les Installations de transport dont la DP est inférieure ou égale à 40 bar et pour lesquelles la Contrainte annulaire dans la paroi de la canalisation à la DP est inférieure ou égale à 0,45 fois la Limite d'élasticité minimale spécifiée, la MIP ne peut pas dépasser 120 % de la MAOP.
- Pour les Installations de transport dont la DP est inférieure ou égale à 24 bar et pour lesquelles la Contrainte annulaire dans la paroi de la canalisation à la DP est inférieure ou égale à 0,30 fois la Limite d'élasticité minimale spécifiée, la MIP ne peut pas dépasser 130 % de la MAOP.
- Pour les Installations de transport dont la DP est inférieure ou égale à 16 bar, la MIP ne peut pas dépasser 130 % de la MAOP.
- Pour les Installations de transport dont la DP est inférieure ou égale à 5 bar, la MIP ne peut pas dépasser 140 % de la MAOP.

A/B/C/E - 6.3.2

La MIP ne peut pas dépasser 110 % de la MAOP.

6.3.3 *Systèmes de sécurité*

Les systèmes de sécurité sont conçus de manière à ce que la MIP ne soit dépassée en aucun point de l'Installation de transport.

6.4 Tronçons de canalisations & installations de mise à l'air

- 6.4.1 Conformément à l'article 22 de l'AR Sécurité, la distance séparant deux vannes de sectionnement sur une canalisation dont la MAOP est supérieure à 16 bar ne peut pas dépasser 30 km.
- 6.4.2 Les installations de sectionnement doivent être conçues de manière à ce que le produit confiné dans un tronçon de canalisation puisse toujours être éliminé de chaque côté du tronçon de canalisation.
- D - 6.4.3 Une installation de mise à l'air, qui est prévue de part et d'autre d'une vanne de sectionnement pour chaque tronçon de canalisation, doit avoir un diamètre nominal supérieur ou égal au ¼ du diamètre nominal de la canalisation.

6.5 Traçabilité des matériaux

- 6.5.1 On utilise normalement de l'acier.
- 6.5.2 La Traçabilité de tous les matériaux des éléments sous pression doit être établie depuis la coulée originale.
- 6.5.3 A l'exception des Équipements sous pression, tombant sous le champ d'application de la Directive sur les Équipements sous pression et de l'AR du 11/07/2016, les règles de base mentionnées ci-après s'appliquent aux documents de contrôle, en tenant compte des éventuels ajouts et/ou modifications mentionné(e)s au chapitre 9. Les exigences relatives au document de type EN 10204:2004 ou ISO 10474:2013 s'appliquent à l'ensemble du document, sauf mention contraire.
- 6.5.3.1 Les Composants, pompes et compresseurs pour des Installations de transport doivent à tout le moins être fournis avec les certificats de réception suivants selon la norme EN 10204:2004 ou ISO 10474:2013 :
- diamètre extérieur spécifié supérieur à 60,3 mm :
 - éléments de canalisation comme les tubes, courbes par induction, pièces de formes et brides : EN 10204-3.1 ou ISO 10474-3.1 avec supervision des essais, contrôles et essais par l'organisme agréé.
 - éléments sous pression d'autres Composants, pompes et compresseurs : EN 10204-3.2 ou ISO 10474-3.2, le représentant d'inspection autorisé de l'acheteur étant un organisme de contrôle de type A, accrédité selon ISO/CEI 17020, soit EN 10204-3.1, soit ISO 10474-3.1 avec supervision des essais, inspections et essais par l'organisme agréé.
 - diamètre extérieur spécifié inférieur ou égal à 60,3 mm :

EN 10204-3.2 ou ISO 10474-3.2, le représentant d'inspection autorisé de l'acheteur étant un organisme de contrôle de type A, accrédité selon ISO/CEI 17020, soit EN 10204-3.1 ou ISO 10474-3.1 avec supervision des essais, contrôles et essais par l'organisme agréé.
- Les Composants, pompes et compresseurs pour des Installations de transport dont la MAOP inférieure ou égale à 16 bar doivent à tout le moins être fournis avec un certificat de réception EN 10204-3.1 ou ISO 10474-3.1
- 6.5.3.2 Les Systèmes auxiliaires et d'instrumentation peuvent être fournis avec un relevé de contrôle en usine selon la norme EN 10204-2.2 ou ISO 10474-2.2.

6.6 Méthodes de calcul pour la conception

6.6.1 Méthode des contraintes admissibles

Comme mentionné de l'article 30 à l'article 32 inclus de l'AR Sécurité, l'épaisseur de paroi nominale minimale d'un Composant est en général déterminée à l'aide de la méthode des contraintes admissibles, dans laquelle la Limite d'élasticité minimale spécifiée, le diamètre extérieur spécifié, la Pression de conception et le facteur de sécurité sont pris en compte. (voir également chapitres 7 et 9)

6.6.2 Méthodes s'écartant de la méthode des contraintes admissibles

Comme mentionné à l'article 33 de l'AR Sécurité, l'utilisation d'autres méthodes de calcul est autorisée à condition qu'elles soient décrites dans une norme émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

L'épaisseur de paroi minimale, telle que spécifiée à l'article 32 de l'AR Sécurité et dans 9.2.2, s'applique également aux épaisseurs de paroi qui ne sont pas calculées selon la méthode des contraintes admissibles.

7 Canalisations de transport

7.1 Contraintes et contraintes admissibles

7.1.1 Contraintes et combinaisons de contraintes

Dans ce code, l'épaisseur minimale des parois des Composants doit être augmentée si nécessaire pour supporter la pression (surpression et sous-pression maximale ou minimale (DP), pression interne pendant une épreuve, élévation brusque de pression dans le fluide, variations de pression pendant le fonctionnement), ainsi que les contraintes ou causes de contraintes suivantes, pour autant que l'Entreprise de transport ait indiqué qu'elles étaient applicables pour l'installation concernée dans des conditions normales de fonctionnement :

- sol ;
- circulation ;
- poids de la canalisation, de ses accessoires et de l'équipement correspondant, y compris le revêtement et l'isolation ;
- poids du fluide à transporter et du fluide de test ;
- glace et neige ;
- température ;
- contraintes provenant de constructions voisines ;
- vibrations

7.1.2 Contraintes résultantes admissibles

La contrainte résultante pour les différentes combinaisons possibles de contraintes ne peut pas, pendant la construction et l'exploitation, dépasser les limites suivantes :

Avec des charges variables, la contrainte résultante admissible peut devoir être limitée davantage comme prévu dans la norme applicable publiée par un organisme de développement de normes accrédité.

D – 7.1.2

$1,0 \times R_e(\theta)$ et ce indépendamment de la combinaison des contraintes décrites comme d'application par l'Entreprise de transport.

$0,85 \times (R_e + R_e(\theta))$ pour la (les) combinaison(s) avec les charges environnementales pour les techniques sans tranchée pendant l'exploitation.

A/B/C/E - 7.1.2

$0,9 \times R_e(\theta)$ pour la combinaison des Contraintes fonctionnelles et environnementales décrites comme d'application par l'Entreprise de transport, sans prendre en compte les Contraintes de construction ou les Contraintes incidentelles

$1,0 \times R_e(\theta)$ pour les combinaisons suivantes de contraintes décrites comme d'application par l'Entreprise de transport :

- Contraintes de construction et environnementales ;
- Contraintes fonctionnelles, environnementales et incidentelles.

$0,85 \times (R_e + R_e(\theta))$ pour la (les) combinaison(s) avec les charges environnementales pour les techniques sans tranchée pendant l'exploitation.

7.2 Canalisations de transport souterraines

7.2.1 Tracé

Comme indiqué à l'article 20 de l'AR Sécurité, les Canalisations de transport doivent en principe être enterrées.

Pour autant que possible, des installations aériennes ne sont utilisées que dans les Stations et, le cas échéant, aux points ou des obstacles imposants doivent être surmontés.

7.2.1.1 Détermination d'un tracé

La Canalisation de transport doit, tenant compte des exigences de l'article 39 de l'AR Sécurité, être posée de sorte à pouvoir être exploitée en toute sécurité.

Le tracé doit être élaboré au moyen de reconnaissances sur le terrain, d'une étude des plans de destination, de cartes orthophotographiques, de cartes du sol et de cartes historiques, et en accord avec les administrations concernées (région, communes, etc.).

Lors de la détermination du tracé d'une Canalisation de transport, il est tenu compte d'un certain nombre de points spécifiques qui peuvent être subdivisés de la manière suivante :

- (a) impact technique sur la construction
- (b) impact légal
- (c) impact socioéconomique
- (d) impact écologique et archéologique

Plusieurs points spécifiques relatifs à la détermination du tracé sont repris en détail à l'annexe B.

Dans certaines zones (par ex. les zones portuaires) où l'activité industrielle est importante, des réglementations dérogatoires peuvent s'appliquer au choix du tracé. En cause : la très dense infrastructure souterraine et l'espace disponible limité.

Dans ces zones, les Canalisations de transport peuvent être regroupées en bandes de canalisations : l'emplacement de la nouvelle Canalisation de transport à poser doit dans ce cas satisfaire aux conditions posées par le gestionnaire de l'espace public.

Canalisations de transport croisant des lacs ou des zones inondables délimitées

En ce qui concerne les Canalisations de transport croisant des lacs ou des zones inondables délimitées, les points spécifiques suivants doivent également être pris en compte :

- la canalisation doit être amarrée pour ne pas remonter ;
- des mesures définitives supplémentaires doivent être prises pour que la zone inondable délimitée puisse être exploitée en toute sécurité.

Canalisations de transport dans un sol à faible portance

En ce qui concerne les Canalisations de transport posées dans des couches à faible portance (comme la tourbe), des études de sol devront être réalisées afin de prendre les mesures adéquates.

Ces mesures sont notamment, sans s'y limiter :

- l'enlèvement et le remplacement de ces couches de sol ;
- l'amélioration des propriétés de ces couches de sol ;
- le croisement de ces couches de sol à grande profondeur ;
- la mise en place d'un dispositif de support supplémentaire sous la canalisation.

Canalisations à proximité de régions d'exploitation extractive

En ce qui concerne les Canalisations de transport posées à proximité de régions d'exploitation extractive, il est vérifié quel peut être l'impact potentiel de l'exploitation de la région sur la canalisation.

7.2.1.2 Profondeur d'enfouissement

Les Canalisations de transport posées hors clôture entourant les Stations, sont posées à une profondeur d'au moins 0,80 m, mesurée entre la génératrice supérieure du tube (revêtement et gaine compris) et le niveau naturel du sol, hormis dans les cas suivants :

Tableau 2 : Croisements (conformément l'article 25 de l'AR Sécurité)

<i>Type de croisement</i>	<i>Profondeur d'enfouissement minimale</i>
<i>Croisement d'une route</i>	<i>1,20 m sous le niveau supérieur de la route</i>
<i>Croisement d'une route régionale (routes N, routes R, routes B & routes A)</i>	<i>1,50 m sous le niveau supérieur de la route</i>
<i>Croisement d'une voie ferrée</i>	<i>1,60 m sous le patin du rail</i>
<i>Croisement de cours d'eau classés, non classés et navigables</i>	<i>1,20 m sous la position la plus basse du profil théorique et du profil pratique du lit du cours d'eau</i>

La couverture de sol minimale doit être maintenue sur toute la longueur du croisement.

Là où la profondeur d'enfouissement minimale ne peut pas être respectée, des plaques ou des gaines de protection doivent être installées.

7.2.2 *Balisage*

Le tracé de la Canalisation de transport est clairement signalé au moyen d'un Balisage, de manière à ce que le tracé de la canalisation soit clairement visible dans l'environnement. Lorsque cela s'avère possible, chaque Balisage sera visible depuis les Balisages les plus proches, sans tenir compte de la végétation.

Le Balisage est de préférence toujours placé au-dessus de la canalisation, et ce dans une zone de 2 m mesurée depuis l'axe de la canalisation.

Une partie du Balisage doit mentionner un numéro d'urgence joignable 24 heures par jour et 7 jours par semaine.

Les prises de potentiel pour la protection cathodique (ou d'autres accessoires visuels) peuvent également être considérées comme du Balisage.

7.2.2.1 Traversée d'infrastructures

En ce qui concerne la traversée d'infrastructures (voies de circulation, voies ferrées, cours d'eau), un Balisage doit toujours être placé de part et d'autre de l'obstacle, de manière à indiquer la présence et la direction de la Canalisation de transport. Le type de Balisage peut être adapté en fonction de l'usage de la route (par ex. machines agricoles, etc.).

7.2.2.2 Croisement de cours d'eau navigables - Panneau de signalisation CEVNI A.6 « Interdiction d'ancrer ou de laisser traîner des ancres, câbles ou chaînes »

En cas de croisement d'un cours d'eau navigable au moyen d'un siphon, des panneaux de signalisation CEVNI A.6 doivent être placés de chaque côté du cours d'eau navigable afin de baliser la zone dans laquelle la Canalisation de transport traverse les rives / les murs de quai. Les panneaux de signalisation sont placés conformément aux exigences du gestionnaire du cours d'eau.

En cas de croisement d'un cours d'eau navigable au moyen d'un forage horizontal dirigé avec au moins 5 m de couverture de sol sous le fond du cours d'eau, aucun panneau de signalisation CEVNI A.6 ne devra être placé.

7.2.3 *Techniques sans tranchée*

Les techniques sans tranchée suivantes sont autorisées pour la pose de Canalisations de transport :

- Techniques sans tranchée utilisant une gaine de protection : une gaine de protection (acier, béton) est utilisée pour y placer la canalisation transportant le produit. Durant la pose, les précautions nécessaires sont prises pour éviter tout contact entre la canalisation transportant le produit et la gaine de protection. Il doit également être vérifié que la gaine de protection n'interfère pas avec la protection cathodique de la canalisation.
- Techniques sans tranchée utilisant la canalisation transportant le produit : la canalisation sera en contact direct avec le sous-sol (e.a. forages horizontaux dirigés, fonçages avec la canalisation transportant le produit, etc.).

L'Entreprise de transport prendra les mesures nécessaires (calculs, contrôles, revêtement adapté, etc.) pour démontrer que la technique sans tranchée n'affecte pas négativement l'intégrité de la canalisation.

7.2.4 Possibilités d'inspection

Les Canalisations de transport dont la MAOP est supérieure à 16 bar sont conçues et construites afin de ne pas compromettre la possibilité de les contrôler par une inspection interne.

7.3 Canalisations de transport aériennes

Les tronçons de canalisation sont conçus de manière à :

- pouvoir résister à toutes les contraintes et combinaisons de contraintes pertinentes mentionnées au point 7.1.1 ;
- supporter les dilatations dues aux variations de température prévisibles.

8 Stations

8.1 Les Stations doivent être conçues de manière à :

- pouvoir résister à toutes les contraintes et combinaisons de contraintes pertinentes mentionnées au point 7.1.1 ;
- supporter les dilatations dues aux variations de température prévisibles.

A/B-8.2 Les stations doivent être placées dans des chambres de collecte munies d'un revêtement totalement étanche au liquide à transporter. Les chambres de collecte doivent être équipées de dispositifs permettant de constater le début du remplissage. En ce qui concerne l'accès aux réservoirs et aux chambres de collecte, les mesures nécessaires doivent être prises pour empêcher l'accès sans autorisation de l'exploitant. Des mesures doivent être prises pour empêcher tout écoulement accidentel du liquide transporté dans les égouts ou les eaux souterraines ou de surface.

8.3 Stations, à l'exception des stations de compression et de pompage

Systèmes de sécurité dans les stations de régulation de la pression :

Indépendamment du système de régulation de pression, une sécurité supplémentaire est éventuellement prévue et aura pour but de veiller à ce que la pression de sortie du système régulation de pression ne dépasse pas les limites de sécurité sur base des règles suivantes :

- Une sécurité supplémentaire n'est pas nécessaire si la MAOP du système en amont est inférieure ou égale à la MIP du système en aval.
- Une sécurité simple doit être installée si la MAOP du système en amont est supérieure à la MIP du système en aval.
- Une sécurité double doit être installée si la différence entre la MAOP du système en amont et la MAOP du système en aval est supérieure à 16 bar et si la MAOP du système en amont est supérieure à la pression de l'Epreuve de résistance mécanique du système en aval.

8.4 Stations de compression du gaz

8.4.1 Introduction

Les exigences supplémentaires mentionnées ci-après concernent les nouvelles stations de compression et les extensions de stations de compression existantes dont la MAOP est supérieure à 16 bar et dont la puissance sur arbre totale est supérieure à 1 MW. Conformément à l'article 4 de l'AR de Sécurité, les réparations, les aménagements qui ne sont pas des extensions et les remplacements assimilables à des réparations des Installations de transport peuvent être réalisés, soit en conformité avec les exigences supplémentaires mentionnées ci-après, soit en conformité avec les prescriptions légales qui étaient en vigueur au moment de la construction, sauf disposition contraire dans l'AR Sécurité.

8.4.2 Conception

8.4.2.1 Les conditions de sol (stabilité, risque d'inondation, etc.) sont analysées et prises en considération afin de s'assurer qu'elles sont adaptées aux installations prévues.

8.4.2.2 Les points bas où pourraient s'accumuler des liquides sont pourvus de points de vidange adaptés équipés d'une vanne.

8.4.2.3 Une analyse de flexibilité est effectuée pour vérifier que l'entièreté du système de tuyauteries ne dépasse pas la contrainte résultante admissible définie dans 7.1.2 ou n'est pas soumise à des déformations ni à des mouvements excessifs dans des conditions d'exploitation normales et lors d'essais. Les chocs et vibrations inacceptables doivent être évités dans les tuyauteries et dans l'unité de compression.

Les efforts et les moments de force doivent rester dans les valeurs définies par le constructeur du compresseur.

8.4.2.4 Un système d'épuration du gaz, tel qu'un (des) filtre(s) et/ou un (des) séparateur(s), doit être installé à l'entrée de la station de compression.

8.4.2.5 Les tuyauteries d'une station de compression doivent être équipées d'un système d'évacuation du gaz pour faire baisser la pression. Ce type de système de réduction de pression doit être capable de faire baisser la pression de chaque compartiment des installations aériennes de 50 % dans les 15 minutes.

L'évacuation du gaz par mise à l'air ou par torchère est autorisée.

Les systèmes d'évacuation du gaz doivent déboucher dans des zones sûres et appropriées.

Si plusieurs systèmes de mise à l'air aboutissent dans un collecteur commun, les refoulements doivent être évités.

8.4.2.6 Les tuyauteries d'une station de compression doivent pouvoir être isolées du réseau de Canalisations de transport de gaz.

8.4.3 *Systèmes de sécurité requis*

8.4.3.1 Niveau de la station

Les systèmes de sécurité suivants doivent au moins être présents au niveau de la station.

(a) Système de détection du gaz

Outre le système de détection du gaz prévu au niveau des compresseurs, un système de détection du gaz doit être prévu dans chaque bâtiment où une accumulation de gaz est possible.

(b) Commande et contrôle des vannes

Les vannes d'entrée et de sortie de la Station, de même que les vannes d'entrée et de sortie de chaque bâtiment de compression, doivent pouvoir être commandées au niveau de la vanne et depuis la salle de contrôle locale.

(c) Alimentation électrique

En cas de panne de courant, une alimentation électrique de secours doit permettre de mettre la station de compression à l'arrêt de manière sécurisée, sans endommager ses éléments.

8.4.3.2 Niveau des compresseurs

Les systèmes de sécurité suivants doivent au moins être présents au niveau des compresseurs

(a) Protection contre les vibrations excessives

Tous les équipements et assemblages sont conçus de manière à empêcher les vibrations excessives dans tous les modes de fonctionnement normaux (y compris le démarrage, la déconnexion, le stand-by et l'arrêt).

(b) Arrêt d'urgence

En cas d'urgence ou de panne de courant, l'installation de compression doit pouvoir être mise à l'arrêt de manière sécurisée et ordonnée. Il doit être possible de mettre hors pression le compresseur entre les vannes de sectionnement.

8.5 Stations de pompage des liquides

8.5.1 *Introduction*

Les exigences supplémentaires mentionnées ci-après concernent les nouvelles stations de pompage.

8.5.2 *Conception*

8.5.2.1 Les conditions de sol (stabilité, risque d'inondation, etc.) sont analysées et prises en considération afin de s'assurer qu'elles sont adaptées aux installations prévues.

8.5.2.2 Les pompes et les tuyauteries de l'installation doivent être installées sur une ou plusieurs dalles étanches aux liquides. Tout écoulement hors de ces dalles doit être récolté et traité comme des eaux polluées.

- 8.5.2.3 Système de vidange de produits purs : tous les points de vidange et de mise à l'air sont reliés entre eux et à un réservoir de collecte (temporaire) au moyen d'un système de tuyauteries. Si des tuyauteries et/ou un ou plusieurs réservoir(s) sont placés sous terre, ils devront être conformes à la législation environnementale en vigueur.
- 8.5.2.4 Une analyse de flexibilité est effectuée pour vérifier que l'entièreté du système de tuyauteries ne dépasse pas la tension résultante admissible définie dans 7.1.2 ou n'est pas soumise à des déformations ni à des mouvements excessifs dans des conditions d'exploitation normales et lors d'essais. Les chocs et vibrations superflus doivent être évités dans les tuyauteries, dans les pompes et dans les moteurs. Les efforts et les moments de force doivent rester dans les valeurs définies par le constructeur.
- 8.5.2.5 Un système d'épuration des liquides, tel qu'un (des) filtre(s) et/ou un (des) séparateur(s), doit être installé à l'entrée de la station de pompage et raccordé au système d'évacuation.
- 8.5.2.6 Les tuyauteries d'une station de pompage doivent être équipées d'un système de décharge de pression. Ce type de système de décharge de pression doit être installé à hauteur de chaque volume compartimé supérieur à 100 litres. La mise à l'air de ce type de système doit pouvoir aboutir librement dans un lieu sûr. La pression de consigne d'une soupape de décharge de pression ne peut pas dépasser la DP.
- 8.5.2.7 Les tuyauteries d'une station de pompage doivent pouvoir être isolées du réseau de canalisations traversant la Station. En cas d'activation à la suite d'une d'urgence, une réinitialisation à distance ne pourra pas être possible.

8.5.3 *Systèmes de sécurité requis*

8.5.3.1 Niveau de la station

Les systèmes de sécurité suivants doivent au moins être présents au niveau de la station :

(a) Système de détection des fuites

Si les pompes sont pourvues de joints d'étanchéité, elles devront être équipées d'un système de détection des fuites.

(b) Commande et contrôle des vannes

Les vannes d'entrée et de sortie de la Station doivent pouvoir être commandées au niveau de la vanne et depuis la salle de contrôle locale.

(c) Alimentation électrique

En cas de panne de courant, une alimentation électrique de secours doit permettre de sécuriser la station de pompage.

8.5.3.2 Niveau des pompes

Les systèmes de sécurité suivants doivent au moins être présents au niveau des pompes :

(a) Protection contre les vibrations excessives

Tous les équipements et assemblages sont conçus de manière à empêcher les vibrations excessives dans tous les modes de fonctionnement normaux (y compris le démarrage, la déconnexion, le stand-by et l'arrêt).

(b) Arrêt d'urgence

En cas d'urgence, l'installation de pompage doit pouvoir être mise à l'arrêt de manière sécurisée et ordonnée. Il doit être possible de mettre hors pression la pompe entre les vannes de sectionnement.

8.6 Systèmes auxiliaires et d'instrumentation

Les systèmes auxiliaires et d'instrumentation satisfont aux exigences décrites dans les normes émises par des organismes d'élaboration de normes agréés. Les tubes utilisés et leurs accessoires ne doivent pas satisfaire aux exigences du chapitre 9.

9 Spécifications relatives aux matériaux

9.1 Généralités

9.1.1 La Température de transition de l'acier doit être inférieure à la température la plus basse à laquelle l'Installation de transport peut être exposée pendant la construction ou pendant son exploitation normale. Afin de pouvoir s'assurer que cette Température de transition soit la bonne, les résultats d'essais de Résilience du modèle Charpy V effectués à la Température de conception minimale peuvent être utilisés comme critères.

9.1.2 Tous les travaux de soudage doivent être réalisés par du personnel certifié, l'attestation de certification ayant été émise par un Organisme accrédité indépendant.

Tous les travaux de soudage doivent être réalisés suivant des procédures de soudage qualifiées qui satisfont aux exigences d'une norme, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé, dont la preuve écrite de la qualification sera donnée par un Organisme accrédité indépendant.

Pour les Composants soudés, la résistance mécanique à la traction d'une liaison soudée doit être au moins égale aux valeurs spécifiées pour la matière de base. Les valeurs de résilience des raccords soudés (dans la soudure et dans la zone affectée thermiquement) doivent être au moins égales aux valeurs spécifiées dans ce code pour les matières de base.

9.1.3 Tous les contrôles non destructifs doivent être réalisés par du personnel certifié, l'attestation de certification ayant été émise par un Organisme accrédité indépendant.

Tous les contrôles non destructifs doivent être exécutés en accord avec des procédures documentées et approuvées qui satisfont aux exigences d'une norme émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

Les contrôles non destructifs sont, à l'issue du traitement thermique final, réalisés conformément à des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé et à ce Code.

9.2 Tubes

9.2.1 Technologie de production

Les tubes sont soit sans soudure, soit soudés longitudinalement (HFW, SAWL) ou en spirale (SAWH).

9.2.2 Conception

9.2.2.1 Pour pouvoir résister à la pression interne, l'épaisseur de conception minimale (t_{min}) des tubes en acier doit être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$t_{min} = \frac{DP \times D}{20 \times R_e(\theta) \times L} \times S$$

Le facteur de soudure L de la formule ci-dessus est égal à un.

Le facteur de sécurité S de la formule ci-dessus est défini à l'article 31 de l'AR Sécurité.

Tableau 3 : Facteurs de sécurité selon l'article 31 de l'AR Sécurité

Limite d'élasticité minimale spécifiée	Facteur de sécurité
200 - 314 N/mm ²	1,50
315 - 354 N/mm ²	1,54
355 - 384 N/mm ²	1,56
385 - 409 N/mm ²	1,58
410 - 555 N/mm ²	1,60

Les Stations sont de préférence clôturées.

Pour les Stations clôturées, le facteur de sécurité est défini par l'article 31 de l'AR Sécurité et est égal à 1,50.

Pour les stations non clôturées pour lesquelles des mesures de protection particulières sont prévues tels que l'installation d'une protection souterraine mécanique (des dalles de béton, des plaques de protection en plastique), le facteur de sécurité est fixé à 1,50.

Pour les autres stations non clôturées, on appliquera le facteur de sécurité propre aux matériaux utilisés.

L'épaisseur de paroi nominale minimale à spécifier pour la fabrication des tubes (t) est déterminée de la manière suivante :

$$t = t_{min} + c$$

La valeur de l'épaisseur additionnelle de paroi c doit être justifiée par l'Entreprise de transport.

Cette épaisseur additionnelle c est calculée comme suit :

$$c = c_1 + c_2$$

où :

- c_1 La valeur absolue de la tolérance négative de l'épaisseur de paroi minimale spécifiée, telle que définie dans la/les norme(s) en vigueur, en millimètres (mm)
- c_2 La surépaisseur de corrosion intérieure ou d'usure intérieure, en millimètres (mm)

9.2.2.2 Si, en appliquant la formule de calcul de l'épaisseur de paroi présentée au point 9.2.2.1, on obtient une valeur inférieure à l'épaisseur de paroi nominale minimale spécifiée à l'article 32 de l'AR Sécurité, la valeur mentionnée dans cet article devra être respectée. Cette règle s'applique tant aux Canalisations de transport qu'aux Stations.

Tableau 4 : Épaisseur de paroi nominale minimale selon l'article 32 de l'AR Sécurité

<i>D (mm)</i>	<i>t (mm)</i>
$D \leq 150$	3,6
$150 < D \leq 200$	4,5
$200 < D \leq 250$	5,0
$250 < D \leq 300$	5,6
$300 < D \leq 630$	6,3
$D > 630$	1 % D

9.2.3 Propriétés

9.2.3.1 Propriétés chimiques

(a) Installations de transport en acier carbone,

(i) Équivalent carbone

L'équivalent carbone (CE_{IIW}) de tubes en acier ne peut pas dépasser la valeur suivante :

$$CE_{IIW} = 0,45$$

calculée à l'aide de la formule suivante

$$CE_{IIW} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$$

(% est la concentration massique de l'élément correspondant de la coulée)

(ii) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,23 %.

(iii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,035 %.

La somme du soufre et du phosphore calculée sur la base de l'analyse de la coulée ne peut pas dépasser 0,050 %.

(b) Installations de transport en acier inoxydable

(i) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,035%

(ii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,045 %.

9.2.3.2 Propriétés mécaniques

Les essais mécaniques suivants sont réalisés dans la matière de base et, le cas échéant, également dans la ligne de fusion ou soudure et zone affectée thermiquement.

(a) Essai de traction

Si la Température de conception maximale n'est pas supérieure à 60 °C, l'essai de traction est réalisé à température ambiante.

Si la Température de conception maximale est supérieure à 60 °C, l'essai de traction est également réalisé à la Température de conception maximale.

Pour la matière de base, le rapport entre la Limite d'élasticité et la Résistance à la traction du métal, déterminé par des essais, ne peut pas dépasser 0,90. L'Allongement à la rupture doit être d'au moins 18 %.

Pour les raccords soudés, la résistance à la traction est au moins égale aux valeurs spécifiées pour la matière de base.

(b) Essai de Résilience

(i) Montage à l'essai, éprouvettes et exécution

Un essai de Résilience est réalisé sur un jeu de trois éprouvettes contiguës du modèle Charpy V provenant d'un échantillon unique non aplati. L'axe de l'entaille doit être perpendiculaire à la surface du tube.

L'essai de Résilience doit être exécuté à une température inférieure ou égale à la Température de conception minimale. Si la norme relative au matériau prescrit un essai de Résilience à une température inférieure et que les résultats obtenus lors de cet essai satisfont aux critères d'acceptation formulés ci-dessous, l'exigence d'exécution d'un essai de Résilience à la Température de conception minimale n'est plus d'application.

Pour l'acier inoxydable austénitique, l'essai de résilience n'a pas besoin d'être réalisé à une température minimale de conception supérieure ou égale à - 80 ° C.

(ii) Critères d'acceptation

Les résultats des essais de Résilience de chaque série d'éprouvettes, prélevées dans le sens transversal et d'une section de 10 mm x 10 mm, ne peuvent pas être inférieurs aux valeurs suivantes :

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est inférieure ou égale à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 20 J.
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 27 J.

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est supérieure à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 30 J.
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 40 J.

Pour les éprouvettes prélevées dans le sens longitudinal, les valeurs ci-dessus sont multipliées par 1,5.

Pour les éprouvettes, les valeurs exigées sont déterminées en fonction du rapport entre la surface derrière l'entaille en cas de section plus petite et la section standard de 10 mm x 10 mm.

9.2.3.3 Propriétés dimensionnelles

Les propriétés dimensionnelles qui ont été décrites dans la norme en vigueur doivent être suivies.

9.2.4 Épreuves et contrôles en usine

- (a) Chaque tube est soumis pendant la durée mentionnée ci-dessous à une épreuve hydraulique, à une pression telle que les Contraintes Tangentielles ainsi induites dans le tube, compte tenu des écarts d'épaisseur de paroi vers le bas (comme définis dans les spécifications techniques mentionnées dans 5.1.3) soient comprises entre 95 % et 100 % de la Limite d'élasticité minimale spécifiée. Le tube est approuvé si aucune fuite ou déformation visuelle permanente n'est observée pendant l'épreuve.

Tableau 5 : Durée minimale de l'épreuve hydraulique

Type de tube	Diamètre	Durée minimale de l'épreuve hydraulique
Tube sans soudure	Tous les diamètres	5 s
Tube soudé (HFW, SAWL, SAWH)	$D \leq 457$ mm	5 s
	$D > 457$ mm	10 s

Les Pressions d'épreuve supérieure et inférieure en usine, qui correspondent à ces contraintes limites, sont calculées à l'aide des formules présentées dans le tableau ci-dessous.

Contraintes Tangentielles		Pression d'épreuve correspondante (N/mm ²)	
Inférieure	Supérieure	Inférieure	Supérieure
$0,95 R_e$	R_e	$\frac{20 (0,95 R_e)(t - c_1)}{D}$	$\frac{20 R_e(t - c_1)}{D}$

- (b) Si la machine de test hydrostatique provoque une contrainte longitudinale lors de l'obturation des extrémités du tube, la Pression d'épreuve est calculée à l'aide des formules suivantes

Contraintes Tangentielles		Pression d'épreuve correspondante (N/mm ²)	
Inférieure	Supérieure	Inférieure	Supérieure
$0,95 R_e$	R_e	$10 * \frac{(0,95 R_e) - \left(\frac{P_R A_R}{A_P}\right)}{\frac{D}{2(t - c_1)} - \frac{A_I}{A_P}}$	$10 * \frac{R_e - \left(\frac{P_R A_R}{A_P}\right)}{\frac{D}{2(t - c_1)} - \frac{A_I}{A_P}}$

- P_R Pression subie par la machine de test hydrostatique, en Newton par millimètre carré (N/mm²)
- A_R Surface de coupe transversale du corps obturateur de la machine de test hydrostatique, en millimètres carrés (mm²)
- A_P Surface de coupe transversale de la paroi du tube, en millimètres carrés (mm²)
- A_I Surface de coupe transversale interne du tube, en millimètres carrés (mm²)

(c) En fonction du diamètre extérieur spécifié, la Pression d'épreuve hydrostatique peut être limitée comme suit :

Tableau 6 : Limitation de la Pression d'épreuve hydrostatique

diamètre extérieur spécifié	Pression d'essai hydrostatique la plus basse
$D \leq 60,3$ mm	2 x MAOP
$60,3 \text{ mm} < D \leq 406,4$ mm	Maximum {500 bar ; 2 x MAOP}
$D > 406,4$ mm	Maximum {250 bar ; 2 x MAOP}

(d) contrôles non destructifs

(i) Matière de base :

- Chaque tube devra subir un contrôle non destructif (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité. Ce contrôle non destructif se fera sur au moins 20 % de la surface.

(ii) Extrémités à souder :

Les extrémités de chaque tube à souder subiront un contrôle non destructif sur toute la circonférence (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de structure qui peuvent avoir un effet néfaste sur la soudure.

(iii) Soudures :

La soudure doit faire sur toute sa longueur l'objet d'un contrôle non destructif volumétrique (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de soudure dommageables pour la sécurité. Les soudures au niveau des extrémités de soudure, qui ne peuvent pas être entièrement contrôlées par la technique initialement choisie, feront l'objet d'un contrôle non destructif adapté (ex : radiographie).

9.3 Courbes par induction

9.3.1 Technologie de production

9.3.1.1 Les courbes par induction sont réalisées à partir de tubes qui satisfont aux exigences mentionnées aux points 5.1.3, 6.5, 9.1, 9.2 et ci-dessous.

9.3.2 Conception

9.3.2.1 L'épaisseur de paroi aux extrémités à souder atteint au moins la valeur définie sous 9.2.2.

Si la Limite d'élasticité minimale spécifiée pour la courbe par induction est inférieure à celle du tube de raccordement, l'épaisseur minimale de la courbe par induction devra être augmentée de telle sorte que le produit de l'épaisseur et de la Limite d'élasticité minimale spécifiée de la courbe par induction soit au moins égal au produit de l'épaisseur et de la limite d'élasticité minimale spécifiée du tube de raccordement.

9.3.2.2 L'épaisseur de paroi minimale dans l'extrados ($t_{extrados}$) est calculée de la manière suivante :

$$t_{extrados} \geq t_{min} * \frac{2R + D/2}{2(R + \frac{D}{2})}$$

L'épaisseur de paroi minimale dans l'intrados ($t_{intrados}$) est calculée de la manière suivante :

$$t_{intrados} \geq t_{min} * \frac{2R - D/2}{2(R - \frac{D}{2})}$$

9.3.2.3 Les courbes par induction ne peuvent pas contenir de soudures de rabouillage ni de soudures circulaires.

9.3.3 Procédures et spécifications

Les courbes par induction doivent être fabriquées selon une procédure agréée.

9.3.4 Propriétés

9.3.4.1 Propriétés chimiques

Le tube maître d'une courbe par induction doit satisfaire aux critères d'acceptation mentionnés au point 9.2.3.1.

9.3.4.2 Propriétés mécaniques

Les courbes par induction produites doivent satisfaire aux exigences mentionnées au point 9.2.3.2.

Afin de vérifier si cette condition est remplie, les propriétés mécaniques dans la partie droite, dans la zone de transition entre la courbe et la partie droite, et dans la courbe sont, comme prévu suivant la norme applicable, établies par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

9.3.4.3 Propriétés dimensionnelles

(a) Ondulation :

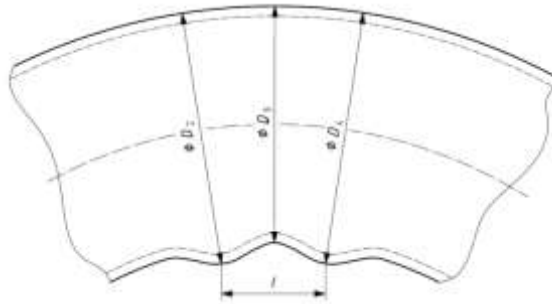


Figure 1 : ondulation

La hauteur d'ondulation moyenne maximale (CVD) est égale à maximum 0,01 fois le diamètre extérieur spécifié.

$$CVD = \frac{D_2 + D_4}{2} - D_3$$

Le rapport entre la distance entre 2 ondulations consécutives et la hauteur d'ondulation moyenne maximale est d'au moins 25.

(b) Ovalité :

L'ovalité ne doit pas dépasser 1% aux extrémités soudées et 2,5% dans le corps du coude.

(c) Épaisseur de paroi

L'épaisseur de paroi minimale ne sera jamais inférieure aux valeurs minimales définies au point 9.3.2.

9.3.5 Épreuves et contrôles en usine

9.3.5.1 Courbes d'essais de qualification

(a) Les paramètres de cintrage essentiels sont définis dans la norme en vigueur, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé. Si la valeur d'un paramètre de cintrage essentiel se situe hors des tolérances définies, un nouveau jeu de paramètres de cintrage essentiels est créé. Une courbe de test est produite par jeu de paramètres de cintrage essentiels à des fins de qualification de la procédure de cintrage.

(b) La soudure des tubes soudés doit toujours être testé mécaniquement et satisfaire aux exigences du point 9.3.4.2.

(c) Soudures SAWH : si on utilise un tube maître avec soudure SAWH, les tests de la soudure dans la partie cintrée doivent être effectués tant dans l'intrados que dans l'extrados.

9.3.5.2 Courbes de production

En ce qui concerne les courbes de production, il doit être vérifié qu'elles sont conformes à la procédure de cintrage susmentionnée à l'aide des épreuves et contrôles décrits dans la norme en vigueur, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

(a) Contrôles non destructifs

(i) Matière de base :

- Les extradados de toutes les courbes à induction ayant une épaisseur supérieure ou égale à 6 mm subiront des contrôles non destructifs (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité.
- Les extradados de toutes les courbes à induction subiront un contrôle de surface (ex : contrôle magnétique), pour déterminer l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité.

(ii) Extrémités à souder :

Les extrémités à souder de chaque courbe à induction seront soumises à un contrôle non destructif sur toute la circonférence (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de structure qui peuvent avoir un effet néfaste sur la soudure.

(iii) Soudures :

La soudure dans la courbe et les zones de transition entre la courbe et les extrémités droites doit faire l'objet sur toute sa longueur d'un contrôle volumétrique (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de soudure dommageables pour la sécurité.

(b) Épreuve hydrostatique

Les courbes par induction ne doivent pas subir d'épreuve hydrostatique en usine.

9.4 Pièces de forme

9.4.1 L'article 9.4 concerne les pièces de forme à souder (y compris, et non limitatif: les coudes, les tés et tés réduits, les tés avec et sans barres de guidage, les réductions excentriques et concentriques, les fonds convexes), les pièces moulées en matériaux forgés (y compris, et non limitatif: bossages, weld-o-lets, sock-o-lets, thread-o-lets, mamelons) et les branches ou coquilles pour le soudage sur les tuyaux en service (y compris, et non limitatif: échappements extrudés, coquilles ou sphères forgées, thread-o-ring fittings, split-tees, 3-way-tees, stopple fittings).

Tous les raccords vissés doivent répondre aux exigences formulées en 11.3.4.

9.4.2 *Technologie de production*

9.4.2.1 Les pièces de forme sont soit sans soudure, soit soudées (réalisées à partir de tubes soudés ou par soudage de plaques).

9.4.2.2 Les pièces de forme, à l'exception des bossages, sont réalisées à partir de pièces forgées, de barres d'acier rondes forgées, de plaques, de tubes sans soudure ou de tubes soudés SAWL. L'utilisation de tubes soudés HFW ou SAWH n'est pas admise.

9.4.2.3 Les bossages (weldolets, sockolets, threadolets) sont réalisés à partir de pièces forgées, de barres d'acier rondes forgées ou de tubes sans soudure.

9.4.3 *Conception*

9.4.3.1 L'épaisseur de paroi aux extrémités à souder atteint au moins la valeur définie sous 9.2.2.

Si la Limite d'élasticité minimale spécifiée pour la pièce de forme est inférieure à celle du tube de raccordement, l'épaisseur minimale de la pièce de forme devra être augmentée de telle sorte que le produit de l'épaisseur et de la Limite d'élasticité minimale spécifiée de la pièce de forme soit au moins égal au produit de l'épaisseur et de la limite d'élasticité minimale spécifiée du tube de raccordement.

9.4.3.2 Les pièces de forme doivent pouvoir résister au moins à la Pression de conception interne (en fonction du type d'acier, du diamètre et de l'épaisseur de paroi). Pour la détermination de la Pression de conception interne, les Facteurs de sécurité définis au paragraphe 9.2.2 sont d'application.

9.4.3.3 Le potentiel de résistance à cette Pression de conception sera examiné

- soit au moyen d'un calcul effectué selon la norme en vigueur ;
- soit au moyen d'une épreuve hydrostatique avec une jauge de contrainte ;
- soit au moyen d'une épreuve d'éclatement hydrostatique réalisée sur un prototype présentant les mêmes dimensions nominales et ayant été fabriqué de la même manière.

9.4.3.4 Les réductions peuvent avoir une forme conique ou en cloche.

9.4.3.5 Les branchements sous forme de tés qui sont réalisés à partir de tubes soudés doivent, lorsque c'est possible, doivent être placés en position diamétralement opposée à la soudure.

9.4.4 *Propriétés*

9.4.4.1 Propriétés chimiques

(a) Installations de transport en acier carbone

(i) Carbone Équivalent

Le carbone équivalent (CE_{IIW}) de pièces de forme en acier ne peut pas dépasser les valeurs suivantes :

$CE_{IIW} = 0,45$ pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est inférieure ou égale à 360 N/mm^2

$CE_{IIW} = 0,48$ pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est supérieure à 360 N/mm^2

Le CE_{IIW} est déterminé à l'aide de la formule indiquée au point 9.2.3.1.

(ii) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,21 %

(iii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,035 %.

La somme du soufre et du phosphore calculée sur la base de l'analyse de la coulée ne peut pas dépasser 0,050 %.

(b) Installations de transport en acier inoxydable

(i) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,035%

(ii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,045 %.

9.4.4.2 Propriétés mécaniques

(a) Les pièces de forme doivent satisfaire aux exigences mentionnées au point 9.2.3.2, sauf modifications et ajouts éventuels mentionnés ci-après.

(b) Essai de traction

L'Allongement à la rupture doit être d'au moins 18 % pour les aciers non coulés, et d'au moins 15 % pour les aciers coulés.

9.4.4.3 Propriétés dimensionnelles

(a) Ovalité des extrémités

L'ovalité ne doit pas dépasser 1% aux extrémités soudées.

9.4.5 *Épreuves et contrôles en usine*

(a) Contrôles non destructifs

(i) Matière de base :

- 10 % des pièces de forme avec une épaisseur supérieure ou égale à 6 mm, avec un minimum d'une pièce de forme par Unité d'essai, seront soumis à un contrôle non destructif sur l'entièreté de la surface (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité.

- 10 % des pièces de forme, avec un minimum d'une pièce de forme par Unité d'essai, seront soumis à un contrôle non destructif surfacique sur l'entièreté de la surface externe et sur les surfaces internes accessibles (ex : contrôle magnétique), pour déterminer l'absence de défauts dommageables pour la sécurité.

(ii) Extrémités à souder :

Les extrémités à souder de chaque pièce de forme seront soumises à un contrôle non destructif sur toute la circonférence (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts qui peuvent avoir un effet néfaste sur la soudure.

(iii) Soudures :

- Chaque soudure bout à bout doit faire, sur toute sa longueur, l'objet d'un contrôle non destructif volumétrique (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts dommageables pour la sécurité.
- Toutes les soudures destinées à la fixation de barres de guidage doivent faire l'objet sur toute leur longueur d'un contrôle non destructif surfacique (ex : contrôle électromagnétique), pour déterminer l'absence de défauts dommageables pour la sécurité.

(b) Épreuve hydrostatique et épreuve d'étanchéité

À l'exception des thread-o-rings fittings, les branches ou coquilles à souder sur les canalisations en service doivent subir les essais suivants :

- un essai de résistance hydrostatique pendant 15 minutes à une pression d'épreuve égale à au moins 1,5 x MAOP;
- un essai de résistance hydrostatique pendant 1 heure à une pression d'épreuve égale à au moins 1,4 x MAOP;
- un test d'étanchéité à l'air ou à l'azote inférieur à 5 bar minimum. L'étanchéité est considérée comme suffisante si aucune fuite n'est visible en cas de contrôle par badigeonnage.

Les autres pièces de forme ne doivent pas subir de test hydrostatique ou d'étanchéité pendant la production.

9.5 Brides

9.5.1 Technologie de production

9.5.1.1 Les brides sont fabriquées à partir de pièces forgées.

9.5.1.2 Les brides pleines sont fabriquées à partir de pièces forgées ou de plaques.

9.5.1.3 La fabrication ou la réparation de brides et brides pleines par soudage n'est pas autorisée.

9.5.2 Conception

- 9.5.2.1 La conception des brides et des brides pleines doit être en conformité avec une norme ou un code, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé

L'épaisseur de paroi aux extrémités à souder atteint au moins la valeur définie sous 9.2.2. Si la Limite d'élasticité minimale spécifiée pour la bride est inférieure à celle du tube de raccordement, l'épaisseur minimale de la bride devra être augmentée de telle sorte que le produit de l'épaisseur et de la Limite d'élasticité minimale spécifiée de la bride soit au moins égal au produit de l'épaisseur et de la Limite d'élasticité minimale spécifiée du tube de raccordement.

- 9.5.2.2 Les brides prévues avec une ouverture fileté doivent aussi bien satisfaire à ce paragraphe qu'au point 11.3.4. Il devra être démontré, suivant la norme applicable, que l'ouverture fileté n'affaiblit pas la bride de façon inadmissible.

9.5.3 Propriétés

- 9.5.3.1 Propriétés chimiques

(a) Installations de transport en acier carbone

(i) Équivalent carbone

L'équivalent carbone (CE_{IIW}) de brides en acier ne peut pas dépasser les valeurs suivantes :

$CE_{IIW} = 0,45$ pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est inférieure ou égale à 360 N/mm²

$CE_{IIW} = 0,48$ pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est supérieure à 360 N/mm²

Le CE_{IIW} est déterminé à l'aide de la formule indiquée au point 9.2.3.1.

(ii) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,21 %.

(iii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,035 %.

La somme du soufre et du phosphore calculée sur la base de l'analyse de la coulée ne peut pas dépasser 0,050 %.

(b) Installations de transport en acier inoxydable

(i) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,035%

(ii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,045 %.

9.5.3.2 Propriétés mécaniques

(a) Les brides et les brides pleines doivent satisfaire aux exigences mentionnées au point 9.2.3.2.

9.5.3.3 Propriétés dimensionnelles

Les propriétés dimensionnelles, qui ont été décrites dans la norme en vigueur, doivent être suivies.

9.5.4 *Épreuves et contrôles en usine*

(a) Contrôles non destructifs

(i) Matière de base :

- 10 % des brides avec un diamètre plus grand que ou égal à 406,4 mm, avec un minimum d'une bride par Unité d'essai, seront soumises à un contrôle non destructif sur l'entièreté de la surface (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité.
- 10 % des brides, avec un minimum d'une bride par Unité d'essai, seront soumises à un contrôle non destructif surfacique sur l'entièreté de la surface externe et sur les surfaces internes accessibles (ex : contrôle magnétique), pour déterminer l'absence de défauts dommageables pour la sécurité.

(ii) Extrémités à souder :

Les extrémités à souder de chaque bride seront soumises à un contrôle non destructif sur toute la circonférence (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts qui peuvent avoir un effet néfaste sur la soudure.

(b) Épreuve hydrostatique

Les brides et les brides pleines ne doivent pas subir d'épreuve hydrostatique en usine.

9.6 Équipements sous pression et Ensembles d'équipements sous pression

9.6.1 Le présent Code ne s'applique pas aux Equipements sous pression, définis à l'article 1, §2 de l'AR Sécurité, relevant de la Directive sur les équipements sous pression 2014/68/UE et de l'AR du 11/07/2016.

9.6.2 Les pompes et compresseurs ne relevant pas du champ d'application de la Directive sur les équipements sous pression ni de l'AR du 11/07/2016, doivent satisfaire à une norme, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

9.6.3 Les autres Équipements sous pression ne relevant pas du champ d'application de la Directive sur les équipements sous pression ni de l'AR du 11/07/2016, font, pour les éléments sous pression, l'objet des règles de base suivantes :

9.6.3.1 Conception

La conception doit être en conformité avec une norme ou un code, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé

9.6.3.2 Propriétés chimiques

(a) Installations de transport en acier carbone

(i) Équivalent carbone

L'équivalent carbone (CE_{IIW}) des matériaux en acier à souder ou sur lesquels on soude, ne peut pas dépasser la valeur suivante :

$$CE_{IIW} = 0,45$$

calculée à l'aide de la formule suivante

$$CE_{IIW} = \%C + \%Mn/6 + (\%Cr + \%Mo + \%V)/5 + (\%Cu + \%Ni)/15$$

(% est la concentration massique de l'élément correspondant dans la coulée)

(ii) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,21 %.

(iii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,035 %.

La somme du soufre et du phosphore calculée sur la base de l'analyse de fonte ne peut pas dépasser 0,050 %.

(b) Installations de transport en acier inoxydable

(i) Teneur en carbone

La teneur en carbone ne peut pas dépasser 0,035%.

(ii) Teneur en soufre et en phosphore

La teneur en soufre ne peut pas dépasser 0,030 %.

La teneur en phosphore ne peut pas dépasser 0,045 %.

9.6.3.3 Propriétés mécaniques

Les essais mécaniques ci-dessous sont effectués dans le matériau de base, et pour les joints soudés également dans la zone soudée et affectée thermiquement.

(a) Essai de traction

Si la Température de conception maximale n'est pas supérieure à 60 °C, l'essai de traction est réalisé à température ambiante.

Si la Température de conception maximale est supérieure à 60 °C, l'essai de traction est également réalisé à la température de conception maximale.

Pour les matières de base, le ratio, déterminé par des essais, entre la Limite d'élasticité et la résistance à la traction ne peut pas dépasser 0,90.

L'Allongement à la rupture doit être d'au moins 18 % pour les aciers non coulés, et d'au moins 15 % pour les aciers coulés.

Pour les liaisons soudées, la Résistance à la traction doit être supérieure ou égale aux valeurs spécifiées pour la matière de base.

(b) Essai de Résilience

Montage à l'essai, éprouvettes et exécution

Un essai de Résilience est réalisé sur un jeu de trois éprouvettes contiguës du modèle Charpy V provenant d'un échantillon unique non aplati.

L'essai de Résilience doit être exécuté à une température inférieure ou égale à la Température de conception minimale. Si la norme relative au matériau, émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé, prescrit un essai de Résilience à une température inférieure, et que les résultats obtenus lors de cet essai satisfont aux critères d'acceptation formulés ci-dessous, l'exigence d'exécution d'un essai de Résilience à la Température de conception minimale n'est plus d'application.

Pour l'acier inoxydable austénitique, l'essai de résilience n'a pas besoin d'être réalisé à une température minimale de conception supérieure ou égale à - 80 ° C.

Les résultats des essais de Résilience de chaque série d'éprouvettes, prélevées dans le sens transversal et d'une section de 10 mm x 10 mm, ne peuvent pas être inférieurs aux valeurs suivantes :

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est inférieure ou égale à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 20 J.
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 27 J.

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est supérieure à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 30 J.
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 40 J.

Pour les éprouvettes prélevées dans le sens longitudinal, les valeurs ci-dessus sont multipliées par 1,5.

Pour les éprouvettes avec une section transversale différente, les valeurs requises sont déterminées en fonction du rapport de la surface derrière l'encoche en coupe transversale pour l'éprouvette concernée et celle du standard de 10 mm x 10 mm de section.

9.6.3.4 Contrôles non destructifs

(a) Matière de base :

La matière de base sera soumise à des contrôles non destructifs, comme prévu dans les normes établies par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

(b) Extrémités à souder :

Les extrémités de chaque tube à souder subiront un contrôle non destructif sur toute la circonférence (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de structure qui peuvent avoir un effet néfaste sur la soudure.

(c) Soudures :

- Toutes les soudures bout à bout doivent faire l'objet sur toute leur longueur d'un contrôle non destructif volumétrique (ex : contrôle par ultrasons), pour déterminer l'absence de défauts de soudure dommageables pour la sécurité.
- Toutes les autres soudures doivent faire l'objet sur toute leur longueur d'un contrôle non destructif surfacique (ex : contrôle magnétique), pour déterminer l'absence de défauts dommageables pour la sécurité.

9.6.3.5 Épreuve hydrostatique

Les équipements sous pression doivent pouvoir résister pendant 15 minutes minimum à une épreuve hydrostatique à une Pression d'épreuve à tout le moins équivalente au maximum des valeurs suivantes :

- la pression qui correspond à la charge d'utilisation maximale que peut supporter l'équipement en service compte tenu de sa pression maximale admissible et de sa température maximale admissible, multipliée par 1,25, ou
- la MAOP, multipliée par 1,43.

9.6.3.6 Épreuve d'étanchéité

Les soudures circulaires doivent être contrôlées par badigeonnage sous une pression minimale de 5 bar. La pression de l'épreuve d'étanchéité ne peut en aucun cas dépasser la pression de l'épreuve hydrostatique

9.7 **Dossier technique pour un Composant, compresseur ou pompe**

Un dossier technique se compose, le cas échéant, à tout le moins

- de rapports d'épreuves de résistance ;
- de certificats de matériaux ;
- d'une attestation finale.

10 **Protection contre la corrosion externe**

Les Installations de transport en acier doivent être équipées d'un système de protection contre la corrosion.

Pour la partie enterrée, ce système doit comporter une partie passive (le revêtement isolant autour de l'installation) d'une part, et une partie active (la protection cathodique) d'autre part, conformément aux principes cités ci-après.

Pour la partie non enterrée, cette protection (contre la corrosion atmosphérique) se compose exclusivement d'un système de peinture adapté.

10.1 Protection passive des Installations de transport enterrées contre la corrosion

- 10.1.1 Le revêtement de l'Installation de transport doit présenter les propriétés mécaniques et électriques adéquates, adaptées à l'environnement, et ceci tant en phase de construction qu'en phase d'exploitation (en tenant compte de la Température de conception). Le revêtement de l'Installation de transport doit résister au minimum à une polarisation cathodique de -1,2 V (Cu/CuSO₄) sans se détacher du substrat en acier. L'adhérence du revêtement doit être telle qu'un endommagement local n'aura aucune incidence sur le revêtement environnant et que le revêtement ne se détachera pas au fil du temps à la suite de cet endommagement.
- 10.1.2 Le procédé de revêtement sera exécuté avec le soin nécessaire afin d'obtenir le niveau de qualité souhaité (e.a. adhérence, continuité, résistivité, plasticité, résistance mécanique).
- 10.1.3 Le revêtement en usine de tubes doit être fourni avec un certificat de réception EN 10204-3.1 ou ISO 10474-3.1 pour l'inspection et les essais du matériel de base et pour le procédé de revêtement utilisé.

10.2 Protection active d'Installations de transport enterrées contre la corrosion

- 10.2.1 Le courant de protection cathodique est fourni par des appareils de soutirage de courant équipés d'anodes. Le courant est du type courant continu.
- 10.2.2 Le nombre, la puissance et l'emplacement des appareils de soutirage de courant sont choisis de manière à ce que la valeur maximale du potentiel de protection en régime statique s'élève à -0,85 V (Cu/CuSO₄). Si une corrosion découlant de l'activité de bactéries réduisant le sulfate est constatée, le potentiel maximum sera de -0,95 V (Cu/CuSO₄)
- 10.2.3 Le courant de protection cathodique est calculé sur base des données caractéristiques de la Canalisation de transport et en tenant compte de la qualité du revêtement (action isolante), de la liaison avec d'autres structures et d'autres influences possibles (notamment la corrosion organique, etc.)
- 10.2.4 Pour permettre la mesure du potentiel, la Canalisation de transport est équipée au minimum d'une prise de potentiel cathodique par kilomètre (câble relié à la canalisation aboutissant à un poteau). À la hauteur de croisements spéciaux (fonçages, forages, croisements de surface, gaines de protection, etc.), des dispositions spéciales sont prises pour permettre une protection efficace et sûre contre la corrosion.
- 10.2.5 L'influence des courants vagabonds et des courants d'induction (CC et CA) doit être prise en compte pendant la phase de conception.
- 10.2.6 Si d'autres obstacles (autres canalisations, constructions fixes, etc.) se trouvent à proximité de la Canalisation de transport, les distances mentionnées à l'article 26 de l'AR Sécurité doivent être respectées.
- 10.2.7 Un dossier de conception et un dossier d'exécution sur la protection cathodique seront établis.

Construction

11 Pose et épreuves

11.1 Transport, stockage et contrôle de l'état général

Le chargement, le déchargement, le transport et l'empilage de Composants doivent être soigneusement réalisés afin d'éviter de les endommager. Les prescriptions des fournisseurs en matière de chargement et de déchargement doivent être scrupuleusement prises en compte.

Avant d'être intégrés dans la construction, les Composants doivent être vérifiés sur le plan de l'identification et inspectés afin de déceler les endommagements, les déformations et signes de corrosion éventuels. Les composants présentant des endommagements, des déformations et des signes de corrosion inacceptables ne peuvent pas être intégrés dans la construction.

11.2 Changements de direction

11.2.1 Les changements de direction sur le plan horizontal et vertical peuvent être réalisés à l'aide de flexion élastique, de courbes cintrées à froid, de courbes par induction ou de pièces de forme.

11.2.2 *L'utilisation de courbes réalisées par le soudage de pièces droites est interdite.*

11.2.3 *Courbes cintrées à froid sur le chantier*

11.2.3.1 Les tubes peuvent être cintrés à froid sur le chantier en respectant la procédure qualifiée et à l'aide de l'équipement adéquat.

11.2.3.2 Le rayon de cintrage à froid des tubes en acier est limité conformément aux données suivantes :

- 20 fois le diamètre pour les tubes dont le diamètre est inférieur au diamètre nominal DN 200
- 30 fois le diamètre pour les tubes dont le diamètre est supérieur ou égal au diamètre nominal DN 200 et inférieur au diamètre nominal DN 400
- 40 fois le diamètre pour les tubes dont le diamètre est supérieur ou égal au diamètre nominal DN 400

11.2.3.3 Le cintrage à froid des tubes ne peut endommager ni le matériau ni le revêtement du tube.

11.2.3.4 L'ovalisation ne peut pas dépasser 2,5 %. En cas de présence de plis, la profondeur admissible des plis est de 0,01 fois la distance entre 2 sommets consécutifs.

Dans le cas de tubes à soudure longitudinale, la soudure est placée dans la fibre neutre lors du pliage, et des écarts pouvant atteindre jusqu'à +/- 15° de la fibre neutre sont autorisés. L'utilisation de tubes à soudure hélicoïdale est autorisée à condition que le tube ne contienne aucune soudure de raboutage.

11.2.3.5 À chaque extrémité de la courbe une longueur droite d'au moins une fois le diamètre doit être présent, avec une longueur minimale de 0,5 mètre.

11.2.3.6 Un essai de cintrage devra être réalisé avant le début des activités de cintrage, au cours duquel au minimum l'ovalité et l'épaisseur de paroi à l'extrados de la courbe devront être mesurés. L'épaisseur de paroi à l'extrados ne sera jamais inférieure au minimum défini au point 9.2.2.

11.2.4 *Pièces de forme*

Les pièces de forme doivent satisfaire aux exigences mentionnées au point 9.4.

11.2.5 *Courbes par induction*

Les courbes par induction doivent satisfaire aux exigences mentionnées au point 9.3.

11.3 **Assemblages**

11.3.1 *Généralités*

(a) *L'assemblage des Composants en acier s'effectue de préférence par des soudures bout à bout réalisées par un procédé de soudage à l'arc électrique.*

(b) Il convient autant que possible d'éviter toute déformation à froid sur le chantier des extrémités du tube entraînant une déformation plastique. Si la préparation du soudage l'exige, cette opération doit se faire de manière contrôlée.

11.3.2 *Soudures*

11.3.2.1 Lors de l'assemblage de Composants, la Résistance mécanique à la traction de la soudure doit être au moins égale aux valeurs spécifiées pour la matière de base.

Les essais de Résilience doivent être exécutés à une température inférieure ou égale à la Température de conception minimale.

Pour l'acier inoxydable austénitique, il n'est pas nécessaire de déterminer les valeurs de résilience si la température minimale de conception est supérieure ou égale à - 80 ° C.

Les résultats des essais de Résilience des soudures (soudure et zone affectée thermiquement) de chaque série d'éprouvettes, prélevées dans le sens transversal et d'une section de 10 mm x 10 mm, ne peuvent pas être inférieurs aux valeurs suivantes :

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est inférieure ou égale à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 20 J
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 27 J.

Pour les types d'acier dont la Limite d'élasticité minimale spécifiée est supérieure à 360 N/mm² :

- valeur minimale par éprouvette : 30 J
- valeur minimale moyenne par série de trois éprouvettes : 40 J.

Pour les éprouvettes, les valeurs exigées sont déterminées en fonction du rapport entre la surface derrière l'entaille en cas de section plus petite et la section standard de 10 mm x 10 mm

11.3.2.2 Entreprises

Les entreprises chargées des travaux de soudage doivent démontrer leur compétence pour exécuter les travaux de soudage demandés. Les travaux de soudage sont réalisés à l'aide d'un système internationalement agréé de management de la qualité en soudage. L'entreprise peut le prouver à l'aide d'un certificat valable, émis par un Organisme accrédité indépendant.

11.3.2.3 Description et qualification de la méthode de soudage

(a) Tous les travaux de soudage doivent être réalisés suivant des procédures de soudage qualifiées qui satisfont aux exigences d'une norme émise par un Organisme d'élaboration de normes agréé, où la preuve écrite de la qualification sera donnée par un Organisme accrédité indépendant.

(b) Lors de la qualification de la méthode de soudage, les contrôles suivants devront être effectués en plus des contrôles mentionnés dans la norme en vigueur :

(i) Essai de traction

L'essai de traction doit démontrer que la Résistance à la traction de la soudure est au moins égale à la Résistance à la traction minimale spécifiée pour la matière de base.

(ii) Essai de Résilience

Des essais de Résilience Charpy V sont toujours obligatoires et exécutés conformément à des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé. Un essai de Résilience est toujours réalisé dans la zone avec le plus grand apport de chaleur.

Les essais de Résilience doivent être exécutés à une température inférieure ou égale à la Température de conception minimale.

Pour l'acier inoxydable austénitique, les essais de résilience ne sont pas nécessaires si la température minimale de conception est supérieure ou égale à - 80 ° C.

Les résultats des essais de Résilience de chaque série d'éprouvettes doivent au moins être égaux aux valeurs spécifiées au point 11.3.2.1

(iii) Mesure de dureté

À l'exception des soudures en acier inoxydable austénitique, les mesures de dureté sont toujours obligatoires et sont effectuées conformément aux normes émises par un organisme de normalisation reconnu. Les mesures de dureté sont toujours effectuées dans la zone avec le plus faible apport de chaleur.

La dureté ne peut pas être supérieure à 350 HV10.

(iv) Contrôles non destructifs

Des contrôles non destructifs sont exécutés conformément à des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé.

Pour la qualification des procédures de soudage, les contrôles non destructifs seront les mêmes que ceux décrits au point 11.4.1.

(c) Description et qualification de la méthode de soudage pour les réparations

- (i) Toutes les réparations sont effectuées au moyen d'une description de méthode de soudage qualifiée, ayant été établie et qualifiée sur la base des prescriptions décrites dans des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé.
- (ii) Pour la méthode de soudage destinée aux réparations, les essais seront les mêmes que ceux décrits au point 11.3.2.3(b).

Pour les résultats des essais de traction, on peut se référer à la qualification d'une procédure de soudage qui a été effectuée suivant les mêmes paramètres de soudage que la réparation. Les essais de résilience et de dureté seront toujours effectués sur une zone réparée.

11.3.2.4 Soudeurs et opérateurs de poste de soudure

Tous les travaux de soudage doivent être réalisés par des soudeurs et/ou des opérateurs de poste de soudure certifiés, l'attestation de certification ayant été émise par un Organisme accrédité indépendant.

11.3.2.5 Personnel en charge de la surveillance et de la coordination d'activités de soudage

Le personnel en charge de la surveillance et de la coordination d'activités de soudage, employé par l'entreprise en charge des travaux de soudage, doit être qualifié conformément à des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé et présenter à tout le moins les qualifications suivantes :

- Installations de transport avec une MAOP supérieure à 16 bar :
ingénieur en soudure international (IWE)
- Installations de transport avec une MAOP inférieure ou égale à 16 bar :
spécialiste en soudure international (IWS)

11.3.2.6 Matériaux d'apport

- (a) Ne peut être utilisé comme matériau d'apport qu'un matériau adapté au matériau de base et répondant à des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé.
- (b) Tous les matériaux d'apport doivent être testés par Unité d'essai. En outre, les certificats EN 10204-3.1 ou ISO 10474-3.1 devront être soumis pour approbation avant le début des activités de soudage, tant pour les propriétés chimiques que pour les propriétés mécaniques.

11.3.2.7 Exécution des travaux de soudage

a) Généralités

- (i) Les pièces de transition ne peuvent pas comporter de soudure de raboutage.

(ii) Branchements & purges

Pour les branchements de canalisations, une distance de 100 mm devra être respectée entre la soudure longitudinale, la soudure hélicoïdale ou la soudure de aboutage et la soudure du branchement.

Si cette distance de 100 mm ne peut pas être respectée pour une soudure longitudinale ou une soudure hélicoïdale, l'absence de défauts internes dommageables pour la sécurité sur la soudure longitudinale ou la soudure hélicoïdale du tube devra être contrôlée avant le début des travaux, au moyen d'un contrôle non destructif volumétrique (ex : contrôle par ultrasons). Si ces contrôles révèlent des indications importantes, une autre zone devra être recherchée.

Il n'est pas permis de réaliser des soudures dans des zones présentant des défauts de laminage. Avant que des branchements ne soient soudés sur la canalisation, l'absence de défauts de structure pouvant avoir un effet néfaste sur la soudure devra être contrôlée par un contrôle non destructif (ex : contrôle par ultrasons), sur une zone de 100 mm le long et autour de l'emplacement de la soudure. Si des indications importantes sont trouvées, une autre zone devra être contrôlée.

(iii) Positionnement de la soudure des tubes soudés

Qu'il s'agisse de tubes à soudure longitudinale ou de tubes à soudure hélicoïdale, les tubes doivent être positionnés de sorte à ce que les extrémités des soudures longitudinales ou des soudures hélicoïdales de deux tubes successifs soient décalées les unes par rapport aux autres sur une distance

- minimale de 50 mm pour les Composants de diamètre extérieur spécifié inférieur à 219,1 mm ;
- minimale de 100 mm pour les Composants de diamètre extérieur spécifié supérieur ou égal à 219,1 mm ;

Cette distance est déterminée entre les lignes centrales des soudures longitudinales ou des soudures hélicoïdales.

Si les distances minimales ne peuvent pas être respectées lors de la réalisation de soudures de raccordements, l'ensemble du nœud (croisement des soudures) doit être soumis à un ou plusieurs contrôle(s) non destructif supplémentaire(s) sur une distance d'au moins 200 mm sur la soudure longitudinale ou hélicoïdale des tubes pour l'absence de défauts nuisibles à la sécurité.

(iv) Fixation d'éléments de construction :

Le soudage d'éléments de construction à des tubes, pièces de forme, brides, vannes ou autres Composants transportant des fluides doit être exécuté à l'aide de descriptions de méthodes de soudage basées sur des procédures de soudage qualifiées conformément aux prescriptions du présent Code.

Le soudage de dispositifs d'alignement ou d'éléments de construction « temporaires » à des tubes, pièces de forme, brides, vannes ou autres Composants transportant des fluides n'est pas autorisé.

(b) Préparation des extrémités des tubes

- (i) La préparation de soudage doit être adaptée à la soudure, au choix de la procédure de soudage et des procédures CND. La préparation de soudage doit satisfaire aux exigences des normes établies par un Organisme d'élaboration de normes agréé.
- (ii) Pour les Soudures en or, si nécessaire, avant le début des travaux, une zone de 100 mm le long et autour du lieu de la soudure sera contrôlée par ultrasons pour vérifier l'absence de faute de laminage.

11.3.2.8 Documentation

- (a) En vue de la construction de l'Installation de transport, une liste des procédures de soudage qualifiées, qui ont été acceptées par l'Organisme agréé, est établie, ainsi qu'une liste des soudeurs agréés / qualifiés pour chacune des méthodes.
- (b) Si moins de 100% des soudures sont soumises à un contrôle non destructif, le Titulaire de l'Autorisation de Transport tiendra à jour un registre des noms du ou des soudeur(s) et/ou opérateur(s) de postes de soudure responsable(s) de chaque soudure.
- (c) Le marquage des soudures doit figurer sur le document de contrôle correspondant.

11.3.3 *Raccords à brides*

L'utilisation de raccords à brides est autorisée aux emplacements où les raccords soudés ne sont pas pratiques. Les raccords à brides enterrés seront de préférence évités. Si leur utilisation est inévitable, leur nombre sera restreint au maximum.

A/B – 11.3.3

L'emploi de raccords à brides enterrés est interdit.

11.3.4 *Raccords filetés*

Les raccords filetés sont uniquement autorisés aux emplacements où des raccords soudés et des raccords à brides sont pratiquement impossibles, par exemple pour la connexion de Systèmes Auxiliaires et d'Instrumentation.

Les raccords filetés auront de préférence une forme conique. L'utilisation de raccords filetés parallèles n'est pas autorisée.

11.4 Contrôle et inspection

11.4.1 Contrôle des soudures

11.4.1.1 Généralités

- (a) Toutes les soudures sont soumis à un examen visuel.
- (b) Les Canalisations de transport dont la MAOP est supérieure à 16 bar doivent faire l'objet de Tests de production, en conformité avec le Tableau 7, et les résultats des contrôles destructifs (en vertu de l'article 50 de l'AR Sécurité) doivent répondre aux exigences posées pendant la qualification de la procédure de soudage.

Tableau 7 : nombre minimum de tests de production

Longueur de la Canalisation de transport soudée, en (km)	Nombre minimum de tests de production
$1 < L \leq 10$	1
$10 < L \leq 50$	2
$L > 50$	2 plus 1 test supplémentaire par longueur entamée de 50 km

Pour les canalisations de transport avec une MAOP inférieure ou égale à 16 bar, 1 essai de production doit être effectué pour les canalisations de plus de 20 km. Les résultats de ces essais destructifs doivent répondre aux exigences fixées lors de la qualification de la méthode de soudage.

(c) Un contrôle non destructif est obligatoire et est effectué suivant les normes établies par un Organisme d'élaboration de normes agréé, selon les principes suivants :

Les soudures doivent subir un contrôle non destructif sur toute leur longueur, pour déterminer l'absence de défauts de soudure qui peuvent avoir un effet néfaste sur la sécurité :

- soit par contrôles radiographiques,
- soit par TOFD et Pulse Echo, avec enregistrement continu des données et des résultats sur la longueur de la soudure;
- soit par Phased Array, avec un enregistrement continu des données et des résultats sur la longueur de la soudure.

Tous les contrôles non destructifs doivent être exécutés en accord avec des procédures documentées et approuvées qui satisfont aux exigences des normes émises par un Organisme d'élaboration de normes agréé. Les procédures doivent permettre la détection des défauts longitudinaux et transversaux. Les procédures de contrôle par ultrasons (Phased Array ou combinaison de TOFD et Pulse Echo) seront qualifiées au préalable.

Si ni un contrôle radiographique, ni un contrôle par ultrasons n'est possible, les soudures sont contrôlés à l'aide d'une autre méthode non destructive (ex : contrôle électromagnétique ou contrôle par ressuage), adaptée au type de soudure.

11.4.1.2 Personnel en charge des essais et des contrôles

- (a) Tous les contrôles non destructifs doivent être réalisés par du personnel certifié, l'attestation de certification ayant été émise par un Organisme accrédité indépendant.
- (b) Le badigeonnage de joints de soudure n'est pas considéré comme un contrôle non destructif, et le personnel en charge de ce contrôle ne devra donc pas être qualifié selon les normes susmentionnées émises par un organisme d'élaboration de normes agréé.

11.4.1.3 Canalisations de transport

100 % des soudures bout à bout impliquant des canalisations dont la MAOP est supérieure à 16 bar font l'objet sur toute leur longueur d'un essai non destructif (contrôle radiographique ou contrôle par ultrasons).

100% des soudures d'angle et des branchements de canalisations dont la MAOP est supérieure à 16 bar doivent être soumis à un essai, soit par contrôle électromagnétique soit par contrôle par ressuage.

10% des soudures de canalisations dont la MAOP est inférieure ou égale à 16 bar doivent être soumis à un essai, conformément aux exigences décrites ci-dessus.

Ne sont pas comprises dans ce pourcentage les soudures pour lesquelles un contrôle supplémentaire est exigé en raison des observations effectuées lors du contrôle, ou en raison de leur emplacement ou de leur nature particulière.

11.4.1.4 Stations

Pour les Stations dont la MAOP est supérieure à 16 bar, 100 % des soudures doivent être soumises à un examen non destructif, conformément aux exigences mentionnées au point 11.4.1.3.

Pour les Stations dont la MAOP est inférieure ou égale à 16 bar, au moins 10 % des soudures doivent être soumises à un examen non destructif, conformément aux exigences mentionnées au point 11.4.1.3.

11.4.1.5 Points spéciaux

Le pourcentage de contrôles non destructifs des soudures des Installations de transport dont la MAOP est inférieure ou égale à 16 bar est, toujours de 100 % dans les cas suivants :

- canalisations de transport posées ou fixées dans / le long d'ouvrages d'art tels que des ponts, viaducs et tunnels ;
- croisements ou traversées de fleuves, rivières, canaux et lacs ;
- traversées de voies ferrées, routes régionales et provinciales ou autres grandes artères ;
- traversées au moyen de forages dirigés ou dans des gaines ;
- canalisations dans des zones à forte densité d'habitation ou situées à moins de 20 m d'immeubles résidentiels et d'ouvrages d'art ;
- Soudures en or.

11.4.1.6 Soudure en or

Les Soudures en or doivent toujours être soumis à un essai non-destructif sur toute leur longueur au moyen de deux méthodes de contrôle non destructif différentes. Ces deux méthodes de contrôle non destructif sont une combinaison de deux des méthodes suivantes :

- soit par examen radiographique ;
- soit par TOFD et Pulse Echo, avec enregistrement continu des données et des résultats sur la longueur de la soudure ;
- soit par Phased Array, avec un enregistrement continu des données et des résultats sur la longueur de la soudure ;
- par examen ultrasonique manuel (uniquement en combinaison avec un examen radiographique) ;
- par examen magnétique ou ressuage pour des épaisseurs de paroi excluant une technique ultrasonique.

Le test magnétique et ressuage n'est possible que sur des épaisseurs de paroi qui empêchent la mise en œuvre d'une technique ultrasonique conformément aux exigences définies dans une norme émise par un organisme de développement de normes reconnu.

Les soudures d'angle et les branches dorées font exception. Ceux-ci ne peuvent faire l'objet que d'un contrôle magnétique ou d'un contrôle par ressuage.

Tous les contrôles non destructifs doivent être effectués conformément à des procédures documentées et approuvées qui répondent aux exigences d'une norme émise par un organisme de développement de normes accrédité. Les procédures doivent permettre à la fois la détection des erreurs longitudinales et transversales.

Les procédures d'examen par ultrasons (Phased Array ou combinaison de TOFD et Pulse Echo) sont qualifiées à l'avance.

11.4.1.7 Documentation

(a) Les résultats des contrôles non destructifs seront archivés par l'Entreprise de transport ou son délégué.

(b) Un registre de toutes les soudures est tenu à jour

11.5 Revêtement sur site (y compris mise en peinture de tronçons non revêtus)

Le revêtement à appliquer sur site, en ce compris les réparations du revêtement appliqué en usine, doit être compatible au revêtement appliqué en usine, chevaucher ce dernier et, selon le type, être appliqué conformément aux spécifications du fournisseur du revêtement et/ou du maître de l'ouvrage. Le revêtement sur site doit également être adapté à la technique d'exécution (par exemple : forages horizontaux dirigés). Le revêtement sur site doit être appliqué par du personnel qualifié et en possession de tous les outils, matériaux et instruments nécessaires pour exécuter correctement sa tâche.

Après que les soudures et autres éléments non revêtus ont été soigneusement munis d'un revêtement, la capacité d'isolation et la qualité du revêtement seront soumises à un contrôle non destructif. Le contrôle du revêtement ainsi posé s'effectue avant que le tronçon de canalisation concerné soit descendu dans la tranchée. Tout revêtement défectueux est réparé et à nouveau contrôlé. Les soudures de raccordement entre les différents tronçons sont revêtues après un éventuel contrôle non destructif de la soudure. Ce nouveau revêtement est contrôlé de la même manière et éventuellement réparé.

Les points de raccordement de la protection cathodique doivent être protégés par un revêtement compatible avec le revêtement original.

Il est recommandé de vérifier la présence de défauts sur l'entièreté du revêtement après le remblayage et le compactage de la tranchée au moyen d'un contrôle de revêtement en surface.

11.6 Enfouissement et remblayage

L'enfouissement doit s'effectuer d'une manière ne donnant lieu à aucune contrainte inadmissible dans les différents éléments d'une Installation de transport. A cet effet, un plan sera élaboré avant le début des travaux, tenant compte des différentes conditions connexes (courbure admissible, etc.).

Le remblayage devra s'effectuer d'une manière ne donnant lieu à aucune contrainte inadmissible dans les différents éléments d'une Installation de transport. Le remblai

s'effectuera par couches. Une attention spéciale devra être accordée au matériau de remblai ; il devra être compatible avec le revêtement de l'Installation de transport. Le cas échéant, des mesures de protection spéciales pourront être prévues autour de la canalisation.

Un treillis avertisseur (ou similaire) est posé au-dessus d'une Installation de transport enterrée.

11.7 Nettoyage

Pendant les travaux, le constructeur veillera avec soin à maintenir la propreté intérieure des Canalisations de transport et Stations. Il effectuera les contrôles qui s'imposent et prévoira des bouchons de protection nécessaires.

11.7.1 Nettoyage de Canalisations de transport

Le nettoyage des canalisations sera effectué **avant** les épreuves de la canalisation et l'intégration des nœuds. La canalisation devra être nettoyée de sorte à pouvoir être mise en service et exploitée de manière fiable. Les nœuds devront, si nécessaire, être nettoyés avant d'être intégrés.

11.7.2 Nettoyage des Stations

Le nettoyage des stations peut s'effectuer tant **avant** qu'**après** les épreuves de l'installation. Les Stations seront nettoyées de sorte à pouvoir être mises en service et exploitées en toute sécurité.

11.8 Épreuves

11.8.1 Avant la mise en service, les Installations de transport doivent être soumises à une Épreuve de résistance mécanique et à une Épreuve d'étanchéité, conformément à l'article 54 de l'AR Sécurité. La réalisation d'un test combiné de résistance et d'étanchéité est également autorisée (article 56 de l'AR Sécurité).

11.8.2 Épreuve de résistance mécanique

11.8.2.1 L'Épreuve de résistance mécanique doit être effectuée avec de l'eau.

Le remplissage de la canalisation devra s'effectuer de manière à éviter toute inclusion d'air.

L'utilisation d'air ou d'un autre gaz est cependant autorisée pour les installations où l'utilisation de l'eau n'est techniquement pas possible.

11.8.2.2 La pression pendant l'Épreuve de résistance mécanique est définie comme suit, en vertu de l'article 55 de l'AR Sécurité :

Tableau 8 : Pression de l'Épreuve de résistance mécanique selon l'article 55 de l'AR Sécurité.

Moyen	Limite d'élasticité minimale spécifiée	Pression d'épreuve minimale	Pression d'épreuve maximale
Eau	$R_e \leq 385 \text{ N/mm}^2$	1,25 x MAOP	Pression d'épreuve
Eau	$R_e > 385 \text{ N/mm}^2$	1,40 x MAOP	Pression d'épreuve
Air ou autre gaz		1,10 x MAOP	1,25 x MAOP

- 11.8.2.3 Pendant l'épreuve, il sera veillé à ce que la Pression d'épreuve minimale à tous les points hauts soit atteinte et à ce que la Pression d'épreuve maximale ne soit dépassée à aucun point bas.
- 11.8.2.4 La durée minimale de l'Épreuve de résistance mécanique à partir du moment où la Pression d'épreuve a été atteinte est :
- d'une heure pour les installations pouvant faire l'objet d'un contrôle visuel pendant l'épreuve
 - de 6 heures pour les autres installations
- 11.8.2.5 L'Épreuve de résistance mécanique est réalisée par section de maximum 30 km.
- 11.8.2.6 Toutes les vannes qui participent à l'épreuve doivent être placées en mode semi-ouvert.
- 11.8.2.7 Pendant le test, l'évolution de la pression doit être enregistrée afin de contrôler qu'elle n'est pas inférieure à la Pression minimale admissible, ni supérieure à la Pression maximale admissible. La cause de toute perte de pression doit être recherchée.
- 11.8.2.8 L'Épreuve de résistance mécanique n'est effectuée qu'après que toutes les mesures nécessaires ont été prises pour assurer la sécurité du personnel concerné.
- 11.8.2.9 Les instruments de mesure utilisés doivent s'accompagner d'un certificat de calibrage valable.
- 11.8.2.10 Un rapport de l'épreuve sera établi.
- 11.8.2.11 *Les Composants, autres que les tubes individuels, qui ont déjà subi une Épreuve préalable de résistance mécanique au cours de leur fabrication à une pression au moins égale à la pression d'épreuve de résistance mentionnée à l'article 55 de l'AR Sécurité, mais indépendamment de la durée de l'épreuve, ne doivent pas nécessairement être soumis à l'Épreuve de résistance mécanique de l'ensemble sur chantier.*
- 11.8.3 *Épreuve d'étanchéité avec de l'air ou de l'azote*
- 11.8.3.1 Il est possible de vérifier l'étanchéité de l'installation de transport en soumettant cette dernière à une Épreuve d'étanchéité utilisant de l'air ou de l'azote sous une pression d'au moins 5 bar et une pression maximale de 35 % de la Pression de conception.
- Pour les canalisations de transport avec une MAOP de 16 bar maximum, la pression maximum est limitée à 7 bar.
- 11.8.3.2 L'étanchéité est considérée suffisante si les augmentations ou les diminutions de pression observées pendant l'épreuve peuvent être expliquées de manière concluante dans leur totalité, compte tenu des erreurs de mesure statistiques, des différences de température, des différences de pression ou autres phénomènes physiques qui se sont produits pendant l'épreuve.
- 11.8.3.3 L'Épreuve d'étanchéité dure minimum 24 heures à partir du moment où la Pression d'épreuve est atteinte et la température du fluide de test stabilisée.
- 11.8.3.4 Dans le cas d'une Épreuve d'étanchéité avec de l'air ou de l'azote, l'étanchéité est considérée comme suffisante lorsque, compte tenu de la précision des appareils de

mesure de la pression et de la température, la variation de pression (corrigée sur la base des variations de température) ne dépasse pas 0,2 % en 24 heures.

Si toutes les soudures circulaires et les raccords sont accessibles, l'étanchéité est considérée comme suffisante si aucune fuite n'est visible en cas d'épreuve avec de l'air ou de l'azote sous une pression d'au moins 5 bar et une pression maximale de 35 % de la Pression de conception, par badigeonnage des raccords à contrôler. Les raccords à contrôler doivent alors être exempts de toute obstruction pouvant influencer l'épreuve.

Pour les canalisations de transport avec une MAOP de 16 bar maximum, la pression maximum est limitée à 7 bar.

11.8.3.5 L'Épreuve d'étanchéité est réalisée après l'Épreuve de résistance mécanique et après que toutes les mesures aient été prises pour assurer la sécurité du personnel participant à l'épreuve.

11.8.3.6 La description de l'Épreuve d'étanchéité est reprise à l'Annexe C.

11.8.3.7 Les raccords mentionnés en 9.4.1 pour le soudage sur les canalisations en service, qui ne peuvent pas subir d'essai de résistance mécanique à l'eau sur site, sont testées après soudage, avant perçage/forage, comme suit :

- Un essai d'étanchéité à l'air ou à l'azote inférieur à 5 bars minimum, l'étanchéité étant considérée comme suffisante si aucune fuite n'est visible pendant le savonnage ;

- Ensuite, un test de résistance et d'étanchéité à l'air ou à l'azote à 1,1 x MAOP (ou moins - voir remarque) pendant un minimum de 15 minutes, L'étanchéité est considérée comme suffisante si aucune fuite n'est visible en cas de contrôle par badigeonnage.

Remarque : La pression lors des essais doit être limitée en fonction de la pression de service effective de la conduite afin de limiter le risque d'implosion de la conduite

Après les essais, l'examen non destructif des soudures est répété.

11.8.4 *L'Épreuve d'étanchéité à l'eau après l'Épreuve de résistance hydraulique*

11.8.4.1 Cette méthode n'est valable que pour tester les canalisations enterrées.

Le volume d'essai minimum est de 1 m³. Le volume d'essai maximal ne doit pas dépasser 10 000 m³. Le volume de test peut être augmenté à 20 000 m³ si la durée du test d'étanchéité est doublée.

L'essai d'étanchéité et le contrôle du volume d'air ne peuvent être effectués qu'à une température du sol, de l'eau et de la canalisation comprise entre 4 ° C et 20 ° C.

Cette méthode n'est valable que pour tester les tuyaux en acier.

11.8.4.2 Plan de test

Avant de remplir la canalisation, un plan d'essai doit être soumis pour examen. Le plan de test doit couvrir au moins les points suivants :

- les données de conception de la canalisation;
- diamètres, épaisseurs de paroi et longueurs des sections à tester;
- calcul du volume intérieur total, en tenant compte des différentes combinaisons d'épaisseur de paroi et de diamètre;

- longueur et volume de la partie non enterrée;
- profil en long de la section d'essai;
- pressions d'essai;
- la perte de charge choisie et le changement de volume théoriquement déterminé correspondant pour le contrôle des inclusions d'air;
- durée de test choisie;
- données et certificats de l'équipement de mesure;
- les données de l'eau de remplissage;
- emplacement des thermomètres;
- exemple du rapport d'essai.

La canalisation ne pourra être montée en pression qu'après approbation du plan de test.

11.8.4.3 La description de l'Épreuve d'étanchéité à l'eau après l'Épreuve de résistance hydraulique est reprise à l'Annexe F.

11.9 Essai des Soudures en or (« tie-in » welds)

C/D/E1 – 11.9

Outre le CND mentionné au point 11.4.1.6, les Soudures en or doivent être badigeonnées lors de la mise en service à une pression de 5 bar et à la Pression de service.

A/B/E2 -11.9

Outre le CND mentionné au point 11.4.1.6, les Soudures en or doivent être contrôlées visuellement lors de la mise en service à une pression de 5 bar et à la Pression de service.

12 Mise en service

12.1 Séchage de l'installation

Avant sa mise en service, une Installation de transport est séchée de sorte à pouvoir être mise en service et exploitée en toute sécurité. La mise en service de l'Installation de transport est réalisée par du personnel qualifié à cet effet.

L'installation à sécher doit être pourvue des appareils de mesure nécessaires pour pouvoir mesurer de manière continue la température, la pression et le point de rosée.

Les mesures du point de rosée sont réalisées, compte tenu des caractéristiques des fluides à transporter, sous la supervision de l'Entreprise de transport. Lors de la purge de tronçons d'une canalisation, une permanence sera toujours assurée. Si l'Installation de transport n'est pas mise immédiatement en service après la réception, elle devra être laissée sous azote ou sous air sec.

12.2 Mise sous fluide d'installations

12.2.1 Fluides gazeux

La mise en service de l'installation peut uniquement avoir lieu après la réussite des épreuves nécessaires.

Toutes les mesures de précaution nécessaires seront prises pendant la mise en service des installations afin de déconnecter les sources d'inflammation (mise en place de liaisons équipotentielles, etc.).

Les précautions nécessaires doivent être prises de sorte à ce que le mélange de gaz mis à l'air ne présente aucun danger pour l'environnement.

La mise sous fluide d'une installation pourra être réalisée de deux manières :

- directement

On n'utilise pas de gaz tampon pour remplir l'installation de gaz.

- indirectement

Dans ce cas, une quantité minimale de gaz tampon inerte est utilisé pour remplir les installations de gaz.

La quantité de gaz inerte nécessaire pour mettre l'installation sous gaz de manière sûre peut être évaluée sur la base de calculs.

Le choix de la méthode se fera en fonction des circonstances.

Si nécessaire, la canalisation pourra encore être purgée durant une période après avoir atteint 100 % de gaz dans la canalisation.

Il faut veiller à ce que les vitesses nécessaires puissent être garanties lors du remplissage de la canalisation afin d'empêcher toute stratification au cours de cette étape.

Le système de canalisations devra être pourvu de suffisamment de points de mise à l'air, lesquels seront assez grands pour mettre à l'air les volumes nécessaires.

Le flux de gaz sera contrôlé à l'aide des moyens adéquats lors de la mise en exploitation.

À l'issue de la purge, la canalisation pourra être mise sous pression de manière contrôlée.

12.2.2 *Liquides*

La mise en service de l'installation peut uniquement avoir lieu après la réussite des épreuves nécessaires.

Toutes les mesures de précaution nécessaires seront prises pendant la mise en service des installations afin de déconnecter les sources d'inflammation (mise en place de liaisons équipotentielles, etc.).

Les précautions nécessaires doivent être prises de sorte à ce qu'aucun mélange de gaz / vapeur mis à l'air ne présente de danger pour l'environnement.

L'apport de liquide dans une installation s'effectue par une insertion contrôlée du liquide dans le système.

- Il convient tout d'abord de procéder au remplissage de la station de pompage. Pour ce faire, le liquide est lentement versé dans l'installation et tous les points hauts sont purgés.
- Pour remplir la canalisation, un ou deux racleurs doivent être insérés dans la canalisation par le biais d'une station de raclage. Une fois les pompes et la station entièrement remplies, une pompe peut être mise en service afin de permettre au liquide d'être pompé vers les racleurs. Les racleurs vont alors avancer dans la canalisation, qui se remplit.

Des mesures et calculs peuvent permettre de déterminer la quantité de liquide se trouvant dans la canalisation et la position des racleurs. Dès que les racleurs s'approchent de l'extrémité de la canalisation, les pompes sont arrêtées afin que les racleurs puissent être récupérés dans la station de raclage réceptrice.

Le débit de liquide sera contrôlé à l'aide des moyens adéquats lors de la mise en service.

À l'issue du remplissage, la canalisation pourra être mise sous pression de manière contrôlée.

12.3 Dossier final de construction

Les documents suivants doivent être repris dans le dossier final de construction :

Tableau 9 : contenu du dossier final de construction

Type de document	
plans de construction (as-built)	
notes de calcul ^[1]	
Dossier s techniques de tous les Composants, pompes et compresseurs	
registre de soudage et procédures utilisées (cfr. AR sécurité article 59)	
rapports/certificats CND	
rapport de l'Épreuve de résistance mécanique	
rapport de l'Épreuve d'étanchéité	
rapport de l'étanchéité des Soudures en or	
déclaration(s) de l'Entreprise de transport (cfr. AR sécurité article 59)	
rapport de conformité (cfr. AR sécurité article 58)	
[1]	pour tous les passages spéciaux où des forces ou influences externes ont un impact sur la canalisation

Annexe A : Liste des Organismes d'élaboration de normes agréé

Organisme	Abréviation
Arbeitsgemeinschaft Drukbehälter	AD
Association Française de Normalisation	AFNOR
American Petroleum Institute	API
American Society of Mechanical Engineering	ASME
American Society Testing & Materials	ASTM
British Standards Institution	BSI
Comité Européen de Normalisation	CEN
Deutsches Institut für Normung	DIN
International Organization for Standardization	ISO
Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry	MSS
National Association of Corrosion Engineers	NACE
Bureau de Normalisation belge	NBN
Nederlands Normalisatie Instituut	NEN

Annexe B : Points spécifiques relatifs à la détermination du tracé

Lors de la détermination du tracé d'une Canalisation de transport, il est tenu compte d'un certain nombre de points spécifiques qui peuvent être subdivisés de la manière suivante :

(a) impact technique sur la construction

- Points de départ et d'arrivée de la canalisation, branchements et/ou points de livraison éventuels ;
- Largeur d'une piste de travail normale pour la pose d'une Canalisation de transport d'un diamètre déterminé ;
- Distance minimale entre une nouvelle canalisation à poser parallèlement à des canalisations existantes. Il faut tenir compte ici des éventuelles interventions futures et des exigences en matière de sécurité des canalisations existantes ;
- Dispositions relatives aux zones non aedificandi le long d'autoroutes, de voies ferrées, d'anciens puits de mine, etc. ;
- Distance intermédiaire minimale à respecter lors du croisement d'infrastructures, de câbles et canalisations ;
- Impact possible de régions d'affaissements miniers sur le tracé ;
- Impact possible de l'existence d'éoliennes ;
- Impact possible de la Canalisation de transport sur les zones de captage d'eau ;
- Impact possible sur le tracé des zones inondées à traverser ;
- Impact possible de sous-stations (chemins de fer) sur la canalisation ;
- Impact possible de risques sismographiques sur la canalisation ;
- Impact possible de régions d'exploitation existantes et futures sur la canalisation ;
- Emplacement de la canalisation ;
- Parallélisme avec des câbles à haute tension (induction sur canalisation en acier) ;
- Dans la phase d'étude, il est possible de se faire une assez bonne idée de la structure du sol en consultant des cartes du sol et des cartes pédologiques. Dans les régions rocheuses, on étudiera également des cartes géologiques, qui peuvent fournir des informations utiles sur la méthode de pose. Ces informations peuvent être complétées par des études réalisées dans le cadre de l'étude du tracé ;
- En Wallonie, le tracé doit être évalué en fonction de la présence de régions karstiques et de la présence éventuelle d'anciens puits de mine et d'anciennes régions d'exploitation ;
- Travaux d'infrastructure (souterrains) existants ou futurs ;
- Présence possible des centres d'enfouissement technique ;
- Traversée d'anciennes zones de guerre (1^{re} et 2^e Guerres mondiales). Pour ce faire, un plan d'approche doit être établi au cours de la phase d'étude à des fins de détection d'anciens explosifs ;
- Avant le placement de nœuds de vannes et de Stations, il convient d'examiner si l'évacuation éventuelle de quantités importantes du produit gazeux transporté ne constitue pas un risque pour l'environnement (trafic ferroviaire et aérien, etc.) ;
- ...

(b) Impact légal

- Dans le cadre des plans de secteur et des schémas de structure et plans d'aménagement du territoire, on cherche à privilégier une politique consistant à regrouper autant que possible les canalisations souterraines avec des infrastructures de canalisations existantes ou projetées, notamment en suivant les gazoducs existants, les réseaux routiers primaires et secondaires, des voies ferrées, des cours d'eau et même des câbles haute tension ;
- En outre, les dispositions au niveau communal relatives aux modifications du plan régional et aux plans stratégiques doivent elles aussi être examinées ;
- Pendant la phase d'exécution, les instances concernées peuvent imposer des exigences spécifiques concernant certains croisements spéciaux (par ex. croisement de voies ferrées, routes régionales, cours d'eau, etc.) ;
- ...

(c) Impact socioéconomique

- Nécessité d'éviter les zones d'habitation existantes et futures avec leur problématique de constructions en ligne, et respect d'une distance de sécurité minimale par rapport aux habitations et bâtiments isolés. Lors de l'implantation de nœuds de vannes et de Stations, il faut également tenir compte du fait que d'importantes quantités de produits gazeux transportés peuvent être évacuées à ces endroits ;

Pour des zones agricoles spécifiques (cultures maraîchères et en serre, vergers, horticulture, élevage) : ne pas hypothéquer les exploitations existantes et futures ;

- ...

(d) Impact écologique et archéologique

- Dans la mesure du possible, éviter les régions d'intérêt écologique telles que les zones et réserves naturelles. La traversée de ces zones peut en effet avoir des conséquences tant sur la méthode que sur la période d'exécution ;
- La présence de sites archéologiques particuliers doit également être prise en compte dans l'étude du tracé de la canalisation, en établissant par exemple une liste des zones de conflits possibles dès la phase d'étude ;

- ...

Dans certaines zones (par ex. les zones portuaires) où l'activité industrielle est importante, des réglementations dérogatoires peuvent s'appliquer au choix du tracé. En cause : la très dense Infrastructure souterraine et l'espace disponible limité. Dans ces zones, les canalisations peuvent être regroupées en bandes de canalisations : la place de la nouvelle canalisation à poser doit dans ce cas satisfaire aux conditions posées par le gestionnaire de l'espace public.

Annexe C : Épreuve d'étanchéité avec de l'air ou de l'azote

1 Appareils de mesure

1.1 Types et certification

(a) appareils de mesure de la pression

Une balance manométrique analogique dont le poids le plus faible correspond à une pression de 5 mbar.

ou

un manomètre de test de précision offrant une précision de 5 mbar et présentant une résolution maximale d'au moins 5 mbar.

La balance manométrique ou le manomètre de test de précision est munie d'un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire indépendant au plus tôt 6 mois avant la date d'utilisation ;

(b) appareils de mesure de la pression atmosphérique

Un baromètre métallique (baromètre anéroïde) d'une précision de 1 mbar

ou

un baromètre digital offrant une précision de 1 mbar et présentant une résolution d'au moins 0,1 mbar

ou

une mesure de pression d'air pour le site concerné avec une précision de 1 mbar, rapportée par un institut de métrologie.

Ce baromètre est muni d'un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire indépendant au plus tôt 12 mois avant la date d'utilisation ;

(c) appareils de mesure de la température

Pour les tronçons souterrains, des thermomètres soit de type analogique avec graduation de 0,1°C, soit de type digital offrant une précision de 0,1°C et une résolution d'au moins 0,1°C.

Pour les tronçons non enterrés, des thermomètres de type digital offrant une précision de 0,1°C et une résolution d'au moins 0,1°C.

Les certificats d'étalonnage pour les thermomètres sont délivrés par un laboratoire indépendant au plus tôt 12 mois avant la date d'utilisation.

1.2 Mise en place

(a) Généralités

Le raccordement entre la balance manométrique ou le manomètre de test de précision et l'installation soumise à l'épreuve doit être le plus court possible et être constitué en partie d'un raccordement flexible.

Si la température ambiante est très basse ou très élevée, il est conseillé de protéger ou d'enterrer le flexible de raccordement.

Un minimum de 2 vannes doit être placé entre la balance manométrique ou le manomètre de test de précision et l'installation soumise à l'épreuve :

la première le plus près possible de l'installation et la seconde le plus près possible de la balance manométrique ou du manomètre de test de précision.

Après la mise sous pression et avant la première mesure, l'étanchéité des raccords, des vannes, des flexibles et de la balance manométrique doit être vérifiée par badigeonnage.

(b) Balance manométrique

Lors de l'utilisation d'une balance manométrique, elle doit être placée à niveau dans un endroit sec. La température du local doit être adaptée de manière à garantir un bon fonctionnement de la balance manométrique. Le local doit être fermé si aucune mesure n'est en cours.

Si la balance manométrique est une balance à huile, on vérifiera l'absence de bulles d'air à l'intérieur. Le piston et le cylindre des balances qui n'utilisent pas d'huile doivent être parfaitement propres et exempts de poussière, graisse, humidité et traces de doigts.

(c) Manomètre de test de précision

La température du local doit être adaptée de manière à garantir un bon fonctionnement du manomètre de test de précision. Le local doit être fermé si aucune mesure n'est en cours.

(d) Baromètre métallique (baromètre anéroïde) ou baromètre digital.

Lors de l'utilisation d'un baromètre, celui-ci doit être installé à proximité de la balance manométrique ou du manomètre de test de précision

(e) Thermomètres

(i) Nombre et emplacement

En principe, un thermomètre sera placé tous les 2 à 2,5 km de l'Installation de transport, avec un minimum de 3 thermomètres pour la totalité de l'Installation de transport.

Lorsque l'Installation de transport est très courte, moins de 3 km, un thermomètre supplémentaire sera placé pour mesurer la température ambiante. Ce thermomètre supplémentaire est également requis lorsqu'un ou plusieurs tronçons, non enterrés, ont une longueur supérieure à 1/50^e de la longueur totale.

Lorsque l'Installation de transport traverse localement un terrain rocheux, sablonneux, marécageux, etc., des thermomètres supplémentaires seront placés pour tenir compte de l'influence du terrain sur les variations de température de l'Installation de transport.

(ii) Pose

Pour les tronçons d'Installations de transport enterrés, les thermomètres sont placés le plus près possible de l'Installation de transport et enterrées à la même profondeur.

Pour les tronçons non enterrés, les thermomètres sont fixés au tuyau du côté opposé à celui où le soleil donne au moment de la mesure.

Toute autre installation de mesure de la température doit être approuvée par un spécialiste, désigné par l'Organisme agréé.

(iii) Approbation

Le nombre, l'emplacement et la méthode d'exécution de la mesure de la température doivent être approuvés par l'Organisme agréé.

2 Mesures

2.1 Préparations

L'étanchéité des brides non enterrées ainsi que des raccords filetés et des joints est vérifiée avant le début de l'épreuve par l'entrepreneur à l'aide d'eau savonneuse.

2.2 Pression

La pression (relative ou absolue) de la canalisation est mesurée à l'aide de la balance manométrique ou du manomètre de test de précision mentionné(e) sous C.1.1 avec une précision allant jusqu'à 5 mbar.

2.3 Pression de l'air

Lors de l'utilisation d'une balance manométrique ou d'un manomètre de test de précision pour la définition de la pression relative, la pression de l'air est mesurée à l'aide du baromètre mentionné sous C.1.1.

2.4 Température

La température est mesurée par lecture directe des thermomètres mentionnés sous C.1.1. La mesure doit être effectuée le plus rapidement possible. Les mesures sont toujours effectuées dans le même ordre.

2.5 Nombre de mesures

Un minimum de 4 mesures est requis. Chaque mesure est effectuée le matin, avant l'augmentation de la température de l'air, et toujours plus ou moins au même moment.

2.6 Contrôle

Les mesures sont effectuées en présence d'un spécialiste, désigné par l'Organisme agréé.

3 Calculs

3.1 Formules de base

(a) Mesures de la pression

Les mesures de la pression sont ramenées à la pression absolue à 0°C à l'aide de la loi des gaz parfaits, à savoir :

$$P = \frac{P_T * 273}{273 + t_m}$$

avec $P_T = P_m + P_A$ lors de la définition de la pression relative
 $P_T = P_m$ lors la définition de la pression absolue

$$t_m = \frac{l_1 t_1 + l_2 t_2 + \dots + l_n t_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

où P_m = pression manométrique, en bar
 P_A = pression barométrique, en bar
 P_T = pression absolue, en bar
 P = pression absolue à 0°C, en bar
 T_m = température moyenne, en °C
 t_1, t_2, \dots, t_n = mesures de la température, en °C
 l_1, l_2, \dots, l_n = longueur des tronçons de l'installation, en mètres, qui sont supposés être représentés par les températures t_1, t_2, \dots, t_n
 n = nombre de points de mesure

Cette opération est répétée pour chaque campagne de mesure.

(b) Méthode statistique

Sur la base des points de mesure, la droite la mieux adaptée est déterminée à l'aide d'une régression linéaire.

Étant donné : $P' = a + bx$
où P' = pression calculée

$$a = \frac{\bar{P} \sum_i x_i^2 - \bar{x} \sum_i x_i P_i}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{avec } i = 1, 2, \dots, n$$

$$b = \frac{\sum_i x_i P_i - n \bar{x} \bar{P}}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{avec } i = 1, 2, \dots, n$$

x = moment de la mesure en jours.

Et sur la base des mesures :

$$\sum_i x_i^2 ; \sum_i x_i P_i ; \sum_i (x_i - \bar{x})^2 ;$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n} ; \bar{P} = \frac{\sum_i P_i}{n}$$

x_i = jour défini par $i = 1, 2, \dots, n$

P_i = pression calculée au moment x_i

3.2 Méthode utilisée

La détermination de la dispersion sur le paramètre b peut se faire selon deux méthodes. La dispersion représentée par σ_b indique un écart standard.

(a) Évaluation de l'écart standard σ_b des données d'expérience.

(i) *Erreur sur la balance manométrique - σ_P*

Si l'on néglige l'erreur sur la pression atmosphérique et en supposant que les erreurs décrivent une courbe de Gauss, il est possible, à une pression de 5 bar, que l'erreur de la balance manométrique σ_P soit égale à 5 mbar.

(ii) *Erreur sur la température - σ_T*

Les mesures effectuées sur des canalisations parfaitement étanches ont montré que l'erreur absolue sur la température peut être considérée comme égale à [0,5°C].

Ces erreurs ne sont pas la conséquence d'erreurs de lecture des thermomètres, égales à 0,1°C, mais trouvent leur origine dans le fait que les températures sont mesurées localement et ne représentent pas exactement les variations de température de la canalisation.

Par conséquent, nous considérons que l'erreur σ_T sur la température est égale à 0,5°C.

(iii) *Erreur sur la pression corrigée à 0 °C*

Étant donné
$$P = \frac{P_{T_m} * 273}{T_m}$$

Où T_m est égale à la moyenne des températures en Kelvin pendant les différentes campagnes de mesure ;

P_{T_m} égale à la pression absolue moyenne mesurée en bar

on peut démontrer que :

$$\sigma_P^2 = \left(\frac{\delta P}{\delta P_{T_m}} \right)^2 * \sigma_{P_T}^2 + \left(\frac{\delta P}{\delta T_m} \right)^2 * \sigma_T^2$$

$$\sigma_P^2 = \left(\frac{273}{T_m} \right)^2 * \sigma_{P_T}^2 + \left(\frac{-273}{T_m^2} P_{T_m} \right)^2 * \sigma_T^2$$

(iv) *Erreur sur la pente σ_b*

En fonction du nombre de mesures effectuées, la grandeur σ_b varie selon la loi suivante :

$$\sigma_b = \frac{\sigma_P}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}}$$

où l'axe du temps est choisi de manière à ce que $\sum x_i = 0$ et x_i soient exprimés en jours.

Par conséquent, l'incertitude sur la pente pour un taux de confiance de 84 % est égale à :

$$\Delta b = 1,41 * \sigma_b$$

$$\text{Donc : } \Delta b = 1,41 * \frac{\sigma_p}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}}$$

La pente relative est par conséquent :

$$\frac{b \pm \Delta b}{a}$$

$$\text{où } a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

(b) Évaluation de l'écart standard σ_b des données de mesure

(i) *Dispersion σ_a et σ_b sur les paramètres a et b*

$$\sigma_a \cong \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-2} * \frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

$$\sigma_b \cong \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-2} * \frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

$$\text{D'où } \sigma_b = \frac{n}{\sum x_i^2} \sigma_a$$

où $V_i = a + bx_i - p_i$ avec $i = 1, 2, \dots, n$.
 n = nombre de mesures de la pression

Le coefficient suivant est calculé à titre de mesure de la corrélation linéaire entre y et z :

$$r^2 = 1 - \frac{\sum (P_i - P')^2}{\sum (P_i - \bar{P})^2}$$

$r = 1$ la corrélation est parfaitement linéaire.

$r = 0$ la corrélation n'est pas linéaire.

(ii) *Baisse de pression maximale par 24 heures*

La baisse de pression maximale par 24 heures est égale à

$$\frac{P_{max}}{24u} = (b \pm t\sigma_b) \text{ en bar.}$$

Avec t = le coefficient de « t-Student » – la distribution pour $[n-2]$ degré de liberté, soit un taux de confiance de 85 %.

3.3 Acceptation

La première méthode (C.3.2 (a)) est utilisable lorsque le nombre de mesures est réduit. Pour un grand nombre de mesures, la seconde méthode (C.3.2 (b)) est plus fiable.

Les conditions à remplir s'appliquent à un intervalle de mesure de 24 heures :

$$1000 * \left(\frac{b \pm \Delta b}{a}\right) \leq 2 \text{ ou } 1000 * \left(\frac{b \pm t\sigma_b}{a}\right) \leq 2$$

Annexe D : Modèle de « Rapport de conformité »

Page 1 du rapport

Rapport de conformité

Ce rapport est établi conformément aux dispositions de l'article 58 de l'arrêté royal du 19/03/2017 relatif aux mesures de sécurité en matière d'établissement et dans l'exploitation des installations de transport.

Installation concernée

Référence autorisation de transport :
Titulaire de l'autorisation (nom, adresse) :

Installation :
Partie concernée :
Description des travaux :

Pression maximale de service admissible (MAOP) :
Pression de conception (DP) :
Température de conception :
Fluide :

Déclaration

Les résultats des inspections et contrôles que nous avons réalisés au niveau de la conception et de la construction dans le cadre de l'article 70 de l'arrêté royal du 19/03/2017 sont conformes aux prescriptions de cet arrêté royal et de l'autorisation de transport précitée.

Compte tenu des dispositions de l'article 58 de l'arrêté royal du 19/03/2017 et sur base de ces résultats et de la déclaration de conformité ci-jointe du titulaire de l'autorisation, la partie concernée de l'installation de transport est considérée conforme aux dispositions de la loi du 12 avril 1965, de l'arrêté royal du 19/03/2017, de l'arrêté ministériel du xx/xx/2016 et de l'autorisation de transport précitée, du point de vue de sa conception et de sa construction.

Le soussigné, xxx, , a été chargé par xxx de la surveillance telle que prévue dans:

- l'arrêté royal du 19/03/2017
- l'arrêté ministériel du xx/xx/2016 {code technique d'application}

Dans les limites telles que décrites aux articles 70 en 71 de l'arrêté royal du 19/03/2017, la nature des contrôles a consisté en:

- *la vérification de l'étude en rapport avec la sécurité intrinsèque de l'installation de transport;*
- *la surveillance des essais, contrôles et épreuves des composants, pompes et compresseurs en usine;*
- *la surveillance lors de la préfabrication et du montage;*
- *la surveillance des épreuves de résistance et d'étanchéité, ainsi que l'épreuve d'étanchéité des soudures de raccordement;*
- *la vérification de la présence des attestations délivrées par le titulaire de l'autorisation relatives à l'analyse de risques, à la protection contre la corrosion, le remblayage, la propreté interne et la pose;*
- *la rédaction du rapport de conformité.*

Les détails des inspections et contrôles sont repris dans des rapports séparés.

Annexe
(complété pour les rubriques d'application)

Nature des inspections et des contrôles	Numéro de rapport
1. Vérification de l'étude <ol style="list-style-type: none"> 1. mémoire descriptif 2. plans de situation 3. plans d'implantation 4. plans de détail 5. plans ISO-détail 6. notes de calcul 	
2. Composants, pompes et compresseurs <p>2.1. Surveillance lors de la fabrication des composants, pompes et compresseurs en usine :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. tubes avec diamètre extérieur spécifié > 60,3 mm 2. coudes à induction (ou coudes cintrés à chaud) 3. pièces de forme avec diamètre extérieur spécifié > 60,3 mm 4. brides avec diamètre extérieur spécifié > 60,3 mm 5. pompes, compresseurs et équipements sous pression ne tombant pas sous le champ d'application de l'AR du 11 juillet 2016 <p>2.2. Vérification des pièces probantes relatives à l'intégration des composants, pompes et compresseurs dans l'installation de transport ⁽¹⁾</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. tubes avec diamètre extérieur spécifié ≤ 60,3 mm 2. pièces de forme avec diamètre extérieur spécifié ≤ 60,3 mm 3. brides avec diamètre extérieur spécifié ≤ 60,3 mm 4. équipements sous pression tombant sous le champ d'application de l'AR du 11 juillet 2016 ⁽²⁾ 	
3. Surveillance lors de la préfabrication et du montage sur site <p>3.1. Identification des composants, pompes et compresseurs</p> <p>3.2. Coudes cintrés à froid</p> <p>3.3. Soudage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. vérification des procédures de soudage 2. vérification des qualifications des soudeurs 3. mise en oeuvre des procédures de soudage 4. vérification du carnet de soudage <p>3.4. Contrôle visuel des soudures</p> <p>3.5. Contrôle non destructif des soudures</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. contrôle radiographique 2. contrôle par ultrasons 3. contrôle magnétique 4. contrôle par ressuage <p>3.6. Contrôle destructif des soudures (tests de production)</p>	
4. Surveillance des épreuves <ol style="list-style-type: none"> 1. épreuve de résistance 2. épreuve d'étanchéité 3. épreuve d'étanchéité des soudures de raccordement 	
5. Vérification de la présence des déclarations du titulaire de l'autorisation ⁽¹⁾ <ol style="list-style-type: none"> 1. analyse de risques 2. protection contre la corrosion 3. remblayage 4. propreté interne 5. pose 	
6. Rapport et déclaration de conformité <p>6.1 Vérification de la présence de la déclaration de conformité du titulaire de l'autorisation</p> <p>6.2 Rapport de conformité</p>	

Annexe E : Glossaire

Cette annexe informative fournit un résumé des termes utilisés dans le présent Code technique, tel que définis dans la Loi Gaz, l'AR Sécurité et le présent Code.

Allongement : Allongement dans le sens longitudinal de l'éprouvette, après rupture, exprimé en pourcentage de la longueur d'origine entre repères.

AR du 11/07/2016 : *l'arrêté royal du 11 juillet 2016 concernant la mise sur le marché des équipements sous pression*

AR Sécurité : l'arrêté royal du 19/03/2017 déterminant les mesures de sécurité à prendre lors de l'établissement et dans l'exploitation des Installations de transport.

Autorisation de transport : *l'autorisation visée à l'article 3 de la Loi Gaz*

Balisage : marquage physique ponctuel et bien identifiable du tracé d'une canalisation.

Canalisation de transport : *partie d'une installation de transport destinée au transport d'un fluide et située entre un point d'approvisionnement et une station, entre deux stations, entre une station et un point de livraison, ou entre un point d'approvisionnement et un point de livraison, en ce compris les vannes de sectionnement*

Composants : *éléments de construction d'une installation de transport comme notamment les tubes, pièces de forme, brides, coudes cintrés à chaud, raccords isolants, clapets anti-retour, (vannes) robinets, compteurs, régulateurs, soupapes de sécurité, gares de pistons racleurs, filtres, échangeurs thermiques, réservoirs sous pression, à l'exclusion des pompes et des compresseurs.*

Contrainte annulaire : contrainte suivant la tangente à la circonférence extérieure de la section perpendiculaire à l'axe de la canalisation et engendrée par la pression du fluide contenu dans le tube.

Contraintes incidentelles : Les contraintes dans des circonstances imprévues, mais plausibles, compte tenu de leur probabilité d'apparition.

- incendie, explosion, décompression soudaine, chute d'objets, phases de transition dans le cas de glissements de terrain, ancrages, abordages ; pression découlant d'une montée en température de liquide statique bloqué, sauf si le blocage constitue une activité opérationnelle normale.

Contraintes de construction : contraintes nécessaires pour la construction, essais inclus, de l'installation. Les contraintes dues au comportement de l'équipement utilisé pour la pose doivent être prises en compte le cas échéant.

- La construction englobe le transport, le traitement, le stockage, la construction et les essais. Les hausses de pression externe dues au réagrégage ou de pression interne subatmosphérique dues au drainage ou au séchage donnent également lieu à des contraintes de construction.

Contraintes environnementales : Contraintes provenant des environs de l'installation, sauf lorsqu'elles doivent être considérées comme une Contrainte fonctionnelle ou, en raison de leur faible probabilité d'occurrence, comme une Contrainte accidentelle.

- contraintes par vagues, courants, marées, vent, neige, glace, tremblements de terre, circulation, pêche et exploitation extractive ; contraintes par les vibrations d'appareils et déplacements provoqués par des structures placées sur le sol ou dans les fonds marins.

Contraintes fonctionnelles contraintes découlant de l'usage prédéterminé de l'Installation de transport et contraintes provenant d'autres sources.

- *Contraintes découlant de l'usage prédéterminé* : poids de l'installation, Composants et fluides inclus, contraintes découlant de la pression et de la température dans des conditions normales
- *Contraintes provenant d'autres sources* : précontrainte, contraintes résiduelles de construction, profondeur d'enfouissement, pression hydrostatique externe, encrassements biologiques, affaissements et tassements, soulèvements et affaissements à la suite du gel et du dégel, contrainte due à la glace persistante ; réactions au niveau des supports à la suite de contraintes fonctionnelles, contraintes à la suite de déplacements fréquents, rotations des supports ou effets du changement de sens du flux.

Contrainte tangentielle : contrainte suivant la tangente à la circonférence extérieure de la section perpendiculaire à l'axe de la canalisation et engendrée par la pression du fluide contenu dans le tube.

Ensemble : s'entend au sens de l'Arrêté royal du 11 juillet 2016.

Entreprise de transport : toute personne physique ou morale qui effectue le transport

Epreuve de résistance mécanique : la procédure spécifique qui permet de vérifier que l'installation de transport satisfait aux prescriptions de résistance mécanique

Epreuve d'étanchéité : la procédure spécifique qui permet de vérifier que l'installation de transport satisfait aux prescriptions d'étanchéité

Equipements de pression : s'entendent au sens de l'Arrêté royal du 11 juillet 2016

Gaz : tout produit combustible qui est à l'état gazeux à la température de 15 degrés centigrades Celsius et à la (pression absolue de 1,01325 bar)

Gaz non toxique : gaz ne contenant pas d'éléments toxiques, ou seulement dans une proportion qui n'a aucun impact sur la santé.

Incident : événement inattendu pouvant engendrer une situation d'urgence, par exemple une fuite ou une défaillance de l'installation.

Installation de transport : toutes canalisations, y compris les conduites directes et les installations en amont, et tous les moyens de stockage, installations de GNL, bâtiments, machines et appareils accessoires destinés ou utilisés à l'une des fins énumérées à l'article 2, § 1^{er} de la Loi Gaz.

Installation de transport existant : installation mise en service avant l'entrée en vigueur de l'Arrêté royal ou pour laquelle la demande d'autorisation de transport ou la déclaration a été introduite avant l'entrée en vigueur de l'Arrête royal.

Installation de transport offshore : installation de transport située en zone maritime telle que définie par la loi du 20 janvier 1999 visant la protection du milieu marin et l'organisation de l'aménagement des espaces marins sous juridiction de la Belgique

Installation de transport onshore : toutes installations autres que celles offshore

Limite d'élasticité minimale spécifiée : limite d'élasticité minimale requise par la spécification ou la norm selon laquelle la matière est commandée

Loi Gaz : Loi du 12 avril 1965 relative au transport de produits gazeux et autres par canalisations

Organisme d'élaboration de normes agréé : Organisme d'élaboration de normes selon les dispositions de l'Annexe A ;

Organisme accrédité indépendant : Organisme indépendant du titulaire de l'autorisation de transport ou son délégué et indépendant de la personne ou l'organisation qui fournit un produit ou un service, accrédité selon ISO/CEI 17020, type A, respectivement ISO/CEI 17021, respectivement ISO/CEI 17025.

Pièce de transition : raccord entre deux types de tube destiné à compenser les différences de matériau et/ou d'épaisseur de paroi. En fonction de la Limite d'élasticité minimale spécifiée et de la différence de diamètre et/ou d'épaisseur de paroi des tubes à raccorder, cette pièce de transition sera un tube ou une plaque.

Pression : pression relative du fluide dans le système, mesurée dans des conditions statiques et exprimée en bar relatifs.

Pression d'épreuve : la pression à laquelle l'Installation de transport est soumise pendant la construction et/ou ses Composants individuels, pompes et compresseurs pendant la fabrication, afin de vérifier que la mise en service peut avoir lieu en toute sécurité ;

Pression de conception : *la pression qui sert de base aux calculs de conception*

Pression de service : *la pression de l'installation de transport dans des conditions normales d'exploitation*

Pression incidentelle : la pression qui se produit accidentellement dans un système, à laquelle un équipement de sécurité s'active

Pression maximale autorisée : *la pression maximale à laquelle une installation de transport peut être exploitée*

Résistance à la traction : valeur de la contrainte, divisée par la section d'origine de l'éprouvette nécessaire pour provoquer la rupture de l'éprouvette.

Soudage en or : soudure de raccordement telle que mentionnée dans l'article 52 de l'AR Sécurité.

Station : *installation de transport dont la fonction principale est la régulation de débit et/ou de pression, le comptage, la compression, la détente, le pompage, le raclage, le traitement, la gestion des flux, le stockage en surface et/ou le mélange*

Système auxiliaire : *tout système ou combinaison d'équipements annexe à l'installation de transport comme notamment les systèmes de fuelgas, d'air comprimé, de lubrification, hydraulique, et opérateur de vannes*

Système d'instrumentation : *tout système ou combinaison d'équipements pour la mesure, le contrôle et le réglage du processus.*

Température de conception : Température sur laquelle la conception se base.

Température de transition : température à laquelle une rupture ductile se transforme en rupture fragile.

Test de production : un raccordement soudé entre deux Composants, découpé de la canalisation, dans lequel il y a suffisamment de matière sur les deux côtés de la soudure pour effectuer les tests mécaniques.

Transport : le transport de fluides dans le respect des dispositions de l'article 2, § 4 de la Loi Gaz, via un réseau principalement constitué de gazoducs à haute pression, autre qu'un réseau de gazoducs en amont et autre que la partie des gazoducs à haute pression utilisée principalement pour la distribution du gaz naturel à des fins de fourniture à des clients, mais ne comprenant pas la fourniture.

Unité d'essai : une Unité d'essai se compose de tous les éléments d'une même coulée, ayant fait l'objet du même traitement thermique et présentant les mêmes dimensions nominales ;

Valeur de Résilience : résistance à la flexion contre un effet de choc sur une éprouvette entaillée / énergie nécessaire pour provoquer la rupture sous l'effet d'un choc d'une éprouvette entaillée de forme et de dimensions déterminées. Elle est exprimée par le nombre de joules nécessaires pour provoquer la rupture d'une éprouvette entaillée de forme et de dimensions déterminées.

Annexe F: l'épreuve d'étanchéité à l'eau suite à l'épreuve de résistance hydraulique

1. Matériel de mesure

(a) Équipement de mesure pour déterminer la pression

L'équipement de mesure suivant est au moins nécessaire pour mesurer la pression.

L'équipement de mesure pour la détermination de la pression est toujours fourni avec un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire indépendant, au plus tôt 12 mois avant la date d'utilisation.

Manomètre

Les manomètres utilisés ont une erreur de mesure de 0,6% maximum (ce qui correspond à une classe 0,6). Les manomètres ont une plage maximale de 1,5 fois la pression d'essai.

Chaque tête d'essai est équipée d'un manomètre.

Balance manométrique ou testeur de pression numérique de précision

Une balance manométrique ou une jauge de pression numérique de précision est utilisée pour mesurer la pression dans la canalisation.

La balance manométrique et le manomètre de précision numérique ont une précision et une résolution d'au moins 10 mbar.

Lors de l'utilisation d'une balance manométrique, celle-ci doit être mise à niveau dans un endroit sec. La température de la pièce doit être réglée de manière à assurer le bon fonctionnement de la balance manométrique.

Si la balance manométrique est une balance à huile, on vérifiera l'absence de bulles d'air dans la balance. Le piston et le cylindre des balances qui n'utilisent pas d'huile doivent être parfaitement propres et exempts de poussière, de graisse et d'humidité.

(b) Équipement de mesure pour déterminer la pression atmosphérique

Un baromètre métallique (baromètre anéroïde) ou un baromètre numérique est utilisé pour déterminer la pression atmosphérique.

Le baromètre métallique et le baromètre numérique ont une précision et une résolution d'au moins 1 mbar.

La pression d'air sur le site concerné peut également être déterminée sur la base d'informations d'un institut de métrologie, à condition que la précision soit d'au moins 1 mbar.

Si un appareil de mesure de pression numérique de précision est utilisé pour mesurer à la fois la pression relative et la pression absolue, la pression d'air ne doit pas être déterminée séparément.

(c) Matériel de mesure pour déterminer la température

Le but de l'installation de thermomètres est d'obtenir une image de la température de la canalisation et de l'eau dans la canalisation sur toute la section d'essai.

L'équipement de mesure pour la détermination de la température est toujours fourni avec un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire indépendant, au plus tôt 12 mois avant la date d'utilisation.

Tous les thermomètres ont une précision et une résolution d'au moins 0,1 ° C et une plage de mesure d'au moins -5 ° C à 30 ° C.

Tous les thermomètres, à l'exception du thermomètre à air extérieur, doivent être de type numérique et doivent pouvoir effectuer un enregistrement automatique de la température en même temps à chaque fois.

Quelle que soit la longueur de la section d'essai, au moins quatre thermomètres sont placés.

Toutes les influences externes qui peuvent affecter une lecture correcte doivent être minimisées.

Thermomètres enterrés

Les thermomètres enterrés sont installés au plus tard un jour avant le remplissage de la canalisation.

Ils sont placés le plus près possible de la canalisation et à la même profondeur que la canalisation.

Les points sont indiqués sur un plan de la canalisation et sont choisis de manière à être représentatifs de la section de la canalisation associée.

La disposition, le nombre et l'emplacement des thermomètres doivent être approuvés par l'Organisme de contrôle agréé.

Thermomètres aériens

Un doigt de gant destiné à recevoir une sonde thermométrique doit être placé au centre de la longueur de la tête d'essai. Si cela s'avère impossible, la température peut être déterminée par trois sondes électroniques de contact, uniformément répartis sur la circonférence de la tête d'essai.

Les autres configurations doivent être approuvées par l'Organisme de contrôle agréé.

Thermomètre à air extérieur

Un thermomètre à air extérieur est installé à 1,5 m au-dessus du sol, à l'ombre et à l'abri du vent pendant toute la durée du test d'étanchéité

(d) Équipement de mesure pour le contrôle du remplissage

La mesure du volume total de remplissage de la canalisation vise à vérifier que le volume d'air résiduel dans la canalisation est acceptable.

L'équipement de mesure pour le contrôle du remplissage est toujours muni d'un certificat d'étalonnage délivré par un laboratoire indépendant, au plus tôt 12 mois avant la date d'utilisation.

Détermination de la quantité d'eau lors du remplissage

La précision requise pour déterminer la quantité d'eau requise lors du remplissage est d'au moins 2,5% du volume de la canalisation.

Vérifiez les inclusions d'air

L'équipement de mesure utilisé pour déterminer la quantité d'eau prélevée a une précision et une résolution d'au moins 0,5% du volume de prélèvement théoriquement déterminé.

2. Remplissage de la canalisation

La canalisation doit être dans sa position finale et remblayée au niveau du sol sur toute la section d'essai.

Les longueurs de toutes les zones non enterrées doivent être aussi courtes que possible. Ces sections doivent être isolées.

Lors du remplissage, toutes les mesures sont prises pour pouvoir remplir la canalisation avec le moins d'air possible.

S'il y a une différence entre le volume théoriquement déterminé et le volume de remplissage effectif, la canalisation doit être purgée et remplie jusqu'à ce que l'air restant soit expulsé.

Après remplissage de la canalisation, une période de stabilisation de quatre jours (96 heures) sera prévue avant la montée en pression. Si la différence de température entre la canalisation et l'eau de remplissage est supérieure à 6 ° C, il peut être décidé de prolonger encore cette période.

3. Vérifier les inclusions d'air

Une fois le test de résistance terminé, la canalisation sera vidée de l'eau pour déterminer la proportion d'inclusions d'air.

Lors de la vidange, une quantité d'eau est drainée et la perte de charge associée est déterminée à l'aide de la balance manométrique ou du manomètre numérique de précision.

La perte de charge sélectionnée est d'au moins 0,5 bar. De plus, la perte de charge sera choisie de telle sorte que la quantité d'eau évacuée soit supérieure ou égale à 2 litres.

Si la valeur absolue de la différence entre la quantité mesurée et la quantité calculée est inférieure à 6% de la quantité calculée, la pression peut être abaissée à la suite de la pression d'essai d'étanchéité et la canalisation peut se stabiliser.

Si la valeur absolue de la différence est supérieure à 6%, le contrôle des inclusions d'air doit être répété après un certain temps. La durée entre les contrôles dépend de la vitesse à laquelle l'air se dissout dans l'eau.

Le contrôle des inclusions d'air peut également être effectué au début du test de résistance. Dans ce cas, le contrôle n'a pas besoin d'être répété après l'achèvement du test de résistance.

4. Stabilisation

La période de stabilisation commence dès que la pression d'essai d'étanchéité est atteinte et dure au moins douze heures.

5. Test d'étanchéité

Le test d'étanchéité commence après la fin de la période de stabilisation et est effectué en présence de l'Organisme de contrôle agréé.

La pression du test d'étanchéité est d'au moins 1,1 x MAOP.

Au moins les pressions et températures horaires seront lues pendant le test.

L'essai d'étanchéité dure au moins 24 heures et ne peut être terminé qu'après avoir démontré par des calculs que le changement de volume moyen par heure est inférieur à la valeur limite autorisée.

6. Étapes consécutives

Étapes séquentielles pour les tests :

- remblayer les tranchées ;
- élaboration du plan de test ;
- placer les thermomètres ;
- remplir la canalisation ;
- vérifier les inclusions d'air (facultatif) ;
- test de résistance ;
- vérifier les inclusions d'air (si elles n'ont pas été effectuées auparavant) ;
- stabilisation ;
- test d'étanchéité.

7. Calculs

Le calcul est effectué par l'Organisme de contrôle agréé.

(a) Formules pour déterminer la différence de volume théorique

Dans les formules ci-dessous, contrairement à d'autres sections de ce Code technique, le symbole e est utilisé pour l'épaisseur de la paroi du tuyau. Ceci afin d'éviter toute confusion avec le symbole de la température.

i) Différence de volume de la canalisation

Le changement de volume de la canalisation peut être déterminé avec les formules suivantes:

Détermination de la pression absolue :

$$P_T = P_m + P_A$$

Dans lequel :

P_m	=	pression manométrique mesurée, en bar
P_A	=	pression barométrique mesurée, en bar
P_T	=	pression absolue, en bar

Détermination de la température moyenne :

$$t_m = \frac{l_1 \cdot t_1 + l_2 \cdot t_2 + \dots + l_n \cdot t_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

Dans lequel :

t_m	=	température moyenne, en ° C
$t_1, t_2, \dots t_n$	=	mesure de la température au point de mesure 1, 2, ... n, en ° C
$l_1, l_2, \dots l_n$	=	longueur des parties de l'installation, en m, supposées représentées respectivement par les températures $t_1, t_2, \dots t_n$

Le diamètre sous l'influence de la pression interne dominante peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

Si $D/e > 40$:

$$D_{(P_m)} = D + \Delta D_{(P_m)} = D + \frac{P_m \cdot (D - e)^2}{20 \cdot E \cdot e}$$

Si $D/e \leq 40$:

$$D_{(P_m)} = D + \Delta D_{(P_m)} = D + \frac{P_m \cdot (D - e)^2}{20 \cdot E \cdot e} - 1,3 \cdot \nu \cdot \frac{P_m \cdot (D - e)}{20 \cdot E}$$

$$e_{(P_m)} = e + \Delta e_{(P_m)} = e - 1,3 \cdot \nu \cdot \frac{P_m \cdot (D - e)}{20 \cdot E}$$

Dans lequel :

$D_{(P_m)}$	=	diamètre extérieur sous l'influence de la pression P_m , en mm
D	=	diamètre extérieur, en mm
$\Delta D_{(P_m)}$	=	changement du diamètre extérieur sous l'influence de la pression P_m , en mm
$e_{(P_m)}$	=	épaisseur de paroi sous l'influence de la pression P_m , en mm
e	=	épaisseur de paroi nominale, en mm
$\Delta e_{(P_m)}$	=	changement d'épaisseur de paroi sous l'influence de la pression P_m , en mm
E	=	Module de Young, en N/mm ²
ν	=	Facteur de Poisson

De plus, la variation de température a l'effet suivant :

Si $D/e > 40$:

$$D_{(P_m, t_m)} = D_{(P_m)} + \Delta D_{(P_m, t_m)} = D_{(P_m)} + (D_{(P_m)} - e) \cdot \alpha \cdot \Delta t_m$$

Si $D/e \leq 40$:

$$D_{(P_m, t_m)} = D_{(P_m)} + \Delta D_{(P_m, t_m)} = D_{(P_m)} + (D_{(P_m)} - e_{(P_m)}) \cdot \alpha \cdot \Delta t_m + e_{(P_m)} \cdot \alpha \cdot \Delta t_m$$

$$e_{(P_m, t_m)} = e_{(P_m)} + \Delta e_{(P_m, t_m)} = e_{(P_m)} + e_{(P_m)} \cdot \alpha \cdot \Delta t_m$$

Dans lequel :

$D_{(P_m, t_m)}$	=	diamètre extérieur sous l'influence de la pression P_m et de la température t_m , en mm
$\Delta D_{(P_m, t_m)}$	=	changement du diamètre extérieur sous l'influence de la pression P_m en température t_m , en mm
$e_{(P_m, t_m)}$	=	épaisseur de paroi sous l'influence de la pression P_m et de la température t_m , en mm
$\Delta e_{(P_m, t_m)}$	=	changement d'épaisseur de paroi sous l'influence de la pression P_m et de la température t_m , en mm

- a = coefficient de dilatation thermique, en mm / mm ° C
 Δt_m = variation de la température moyenne depuis le début de l'essai (mesure 1), en ° C

Volume de la canalisation à pression P_m et température t_m :

Si $D/e > 40$:

$$V = \frac{\pi \cdot (D_{(P_m, t_m)} - 2 \cdot e)^2}{4000} \cdot L$$

Si $D/e \leq 40$:

$$V = \frac{\pi \cdot (D_{(P_m, t_m)} - 2 \cdot e_{(P_m, t_m)})^2}{4000} \cdot L$$

Dans lequel:

- V = volume de la canalisation à pression P_m et température t_m , en dm³
 π = constante mathématique
 (rapport entre la circonférence et le diamètre d'un cercle)
 L = longueur de la canalisation, en m

Remarque:

Les tolérances d'usine des tuyaux ne sont pas prises en compte dans la détermination du volume (absolu).

$$\Delta V_n = V_n - V_1$$

Dans lequel :

- ΔV_n = variation de volume de la canalisation entre la mesure n et la mesure 1, en dm³
 V_n = volume de la canalisation à la mesure n, en dm³
 V_1 = volume de la canalisation à la mesure 1, en dm³
 n = nombre de mesures, allant de 1 à n

ii) Différence de volume d'eau

En utilisant les formules suivantes, basées sur les recommandations de l'International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS-IF97), les changements de volume de l'eau peuvent être déterminés par:

$$\tau = \frac{T^*}{T_m} = \frac{1386}{(t_m + 273,15)}$$

Dans lequel :

- τ = facteur de température inversement réduit
 T^* = valeur de référence pour la température, en K = 1386 K.
 T_m = température moyenne, en K.

Et :

$$\Pi = \frac{p}{p^*} = \frac{P_r}{165,3}$$

Dans lequel :

- Π = facteur de température inversement réduit
 p = pression absolue, en bar
 p^* = valeur de référence pour la pression, en bar = 165,3 bar

L'énergie libre spécifique selon Gibbs:

$$\gamma_{\Pi} = \left[\frac{\partial \gamma}{\partial \Pi} \right]_{\tau} = \sum_{i=1}^{34} -n_i \cdot I_i \cdot (7,1 - \Pi)^{I_i-1} \cdot (\tau - 1,222)^{J_i}$$

Dans lequel :

- γ_{Π} = dérivée partielle de l'énergie libre spécifique de Gibbs

Coefficients numériques I_i , J_i en n_i :

i	I_i	J_i	n_i
1	0	-2	1,4632971213167E-01
2	0	-1	-8,4548187169114E-01
3	0	0	-3,7563603672040E+00
4	0	1	3,3855169168385E+00
5	0	2	-9,5791963387872E-01
6	0	3	1,5772038513228E-01
7	0	4	-1,6616417199501E-02
8	0	5	8,1214629983568E-04
9	1	-9	2,8319080123804E-04
10	1	-7	-6,0706301565874E-04
11	1	-1	-1,8990068218419E-02
12	1	0	-3,2529748770505E-02
13	1	1	-2,1841717175414E-02
14	1	3	-5,2838357969930E-05
15	2	-3	-4,7184321073267E-04
16	2	0	-3,0001780793026E-04
17	2	1	4,7661393906987E-05
18	2	3	-4,4141845330846E-06
19	2	17	-7,2694996297594E-16
20	3	-4	-3,1679644845054E-05
21	3	0	-2,8270797985312E-06
22	3	6	-8,5205128120103E-10
23	4	-5	-2,2425281908000E-06
24	4	-2	-6,5171222895601E-07
25	4	10	-1,4341729937924E-13
26	5	-8	-4,0516996860117E-07
27	8	-11	-1,2734301741641E-09
28	8	-6	-1,7424871230634E-10
29	21	-29	-6,8762131295531E-19
30	23	-31	1,4478307828521E-20
31	29	-38	2,6335781662795E-23
32	30	-39	-1,1947622640071E-23
33	31	-40	1,8228094581404E-24
34	32	-41	-9,3537087292458E-26

Volume spécifique :

$$v_{(\Pi,\tau)} = \Pi \cdot \gamma_{\Pi} \cdot \frac{R \cdot T}{p} = \Pi \cdot \gamma_{\Pi} \cdot \frac{0,461526 \cdot (t_m + 273,15)}{\frac{P_T}{10}}$$

Dans lequel :

$$\begin{aligned} v_{(\Pi,\tau)} &= \text{volume spécifique de l'eau, en dm}^3 / \text{kg} \\ R &= \text{constante de gaz spécifique de l'eau, en kJ/kgK} = 0,461526 \text{ kJ/kgK} \end{aligned}$$

Volume d'eau :

$$V_n = V_1 \cdot \frac{v_{(\Pi n, \tau n)}}{v_{(\Pi 1, \tau 1)}}$$

Dans lequel :

$$\begin{aligned} V_n &= \text{volume de la canalisation à la mesure n, en dm}^3 \\ V_1 &= \text{volume de la canalisation à la mesure 1, tel que calculé précédemment, en dm}^3 \\ v_{(\Pi n, \tau n)} &= \text{volume spécifique de l'eau à la mesure n, en dm}^3 / \text{kg} \\ v_{(\Pi 1, \tau 1)} &= \text{volume spécifique de l'eau à la mesure 1, en dm}^3 / \text{kg} \end{aligned}$$

iii) Calcul du changement de volume total

Le changement de volume total pendant la campagne de mesure peut être déterminé comme suit :

$$\Delta V = \Delta V_{\text{eau}} - \Delta V_{\text{canalisation}}$$

Dans lequel :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{variation totale du volume résultant de la variation de pression et de température, en dm}^3 \\ \Delta V_{\text{eau}} &= \text{différence de volume de l'eau en tenant compte du } P_T \text{ et } t_m, \text{ calculé selon (b), en dm}^3 \\ \Delta V_{\text{canalisation}} &= \text{différence de volume de la canalisation en tenant compte de } P_m \text{ et } t_m, \text{ calculé Selon (a) en dm}^3 \end{aligned}$$

(b) Régression linéaire

i) Ligne de tendance

Sur la base des points de mesure, la meilleure droite d'ajustement est déterminée sur la base d'une régression linéaire.

$$\overline{\Delta V} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (\Delta V_i - \overline{\Delta V})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = \overline{\Delta V} - b \cdot \bar{x}$$

Comparaison de la meilleure ligne droite :

$$\Delta V' = a + b \cdot x_i$$

Dans lequel :

- $\Delta V'$ = approximation théorique du changement de volume total par le meilleur ligne droit approprié, en dm^3
- a = intersection avec l'axe vertical de la droite la mieux ajustée, en dm^3
- b = pente de la droite la mieux ajustée, en dm^3/h
- x_i = mesure allant de 1 à n

ii) Dispersion sur la pente

Écart par rapport aux mesures :

$$dV = \Delta V' - \Delta V$$

Dans lequel :

- dV = écart entre l'approximation théorique du changement de volume total grâce à la ligne droite la mieux ajustée et au changement de volume effectif, en dm^3

Dispersion sur la pente:

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dV_i^2}{n-2} \cdot \frac{n}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}}$$

Dans lequel :

- dV_i = écart entre l'approximation théorique du changement de volume total par la ligne droite la mieux adaptée et le changement de volume effectif lors de la mesure x_i , en dm^3

Compte tenu de la dispersion, la pente devient :

$$b \pm t \cdot \sigma_b$$

Dans lequel :

- σ_b = dispersion sur la pente, en dm^3
- t = le coefficient de «t-Student» à n-2 degrés de liberté et à un intervalle de confiance de 85%

(c) Acceptation

Le changement de volume maximal admissible par heure pendant le test d'étanchéité est :

$$r = \frac{4 \cdot V_1}{3 \cdot 10^6}$$

Et:

$$0,05 \leq r \leq 0,8$$

Dans lequel :

r = changement de volume maximal admissible par heure, en dm^3/h

Le test d'étanchéité est acceptable si :

$$|b \pm t \cdot \sigma_b| \leq r$$