

# Simplifier la sélection des matériaux

Votre guide pour faire des choix qui vont limiter l'impact de la corrosion



Swagelok®

## Index

<b>Choisir en toute confiance</b> .....	<b>3</b>	Acier inoxydable 316 .....	16	<b>Pour en savoir plus</b> .....	<b>33</b>
<b>Qu'est-ce que la corrosion ?</b> .....	<b>4</b>	Alliages 6-moly .....	17	Formation à la physique des matériaux .....	33
<b>Mesures pour lutter contre la corrosion</b> .....	<b>5</b>	Alliage 2507 – Acier inoxydable super duplex .....	18	Ressources supplémentaires .....	34
<b>Reconnaître les différents types de corrosion et choisir des matériaux en conséquence</b> .....	<b>6</b>	Alliage 825 .....	19	Qualité et fiabilité .....	34
Trouver des matériaux adaptés .....	6	Alliage 625 .....	20	Formation sur les produits et systèmes .....	35
Corrosion généralisée (ou uniforme) .....	7	Alliage C-276 .....	21	Services d'évaluation et de conseil .....	35
Corrosion localisée : corrosion par piqûres et corrosion caverneuse .....	8	Alliage 400 .....	22	Solutions sur mesure .....	35
Corrosion par piqûres .....	9	Alliages de titane .....	23	Trouver un conseiller technique .....	35
Corrosion caverneuse .....	10	Combinaisons de matériaux .....	24	Articles .....	36
Fissuration par corrosion sous contrainte (CSC) .....	11	<b>Comprendre les spécifications et les normes</b> .....	<b>25</b>	Guide de référence .....	36
Corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux .....	12	Spécifications NACE® .....	26	Rapports d'essais des produits (PTR) .....	36
Fragilisation par l'hydrogène .....	13	Aperçu des spécifications NACE MR0175/ISO 15156 .....	27	NACE .....	36
Corrosion intergranulaire .....	14	Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes en alliage 2507 super duplex .....	28	<b>Sélection des produits en toute sécurité</b> .....	<b>37</b>
Corrosion galvanique .....	15	Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes standard et moyenne pression en alliage 625 .....	29		
		Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes, les raccords filetés et les raccords à souder en alliage 6-moly .....	30		
		Normes NORSOK .....	31		

Une plate-forme offshore peut compter près de 15 km de tubes, plus de 20 000 composants de systèmes fluides, pas moins de 10 000 raccords et jusqu'à 8000 liaisons mécaniques.

Il n'est donc pas étonnant que choisir des matériaux ne soit pas une tâche facile.

En fait, de nombreux aspects doivent être pris en compte dans le choix de matériaux utilisés pour des lignes d'instrumentation, des circuits hydrauliques, des systèmes d'injection de produits chimiques ou une installation déluge, entre autres.

C'est là que Swagelok peut vous aider. Nous luttons contre la corrosion depuis 1947. Notre connaissance approfondie des facteurs qui favorisent ce phénomène ainsi que des propriétés des matériaux nous permettent de simplifier le processus de sélection. Nous utilisons des alliages contenant au moins deux éléments – jusqu'à dix très souvent – dont les concentrations optimisées confèrent à nos matériaux une plus grande résistance à la corrosion et contribuent aux bonnes performances de nos produits.

Par exemple :

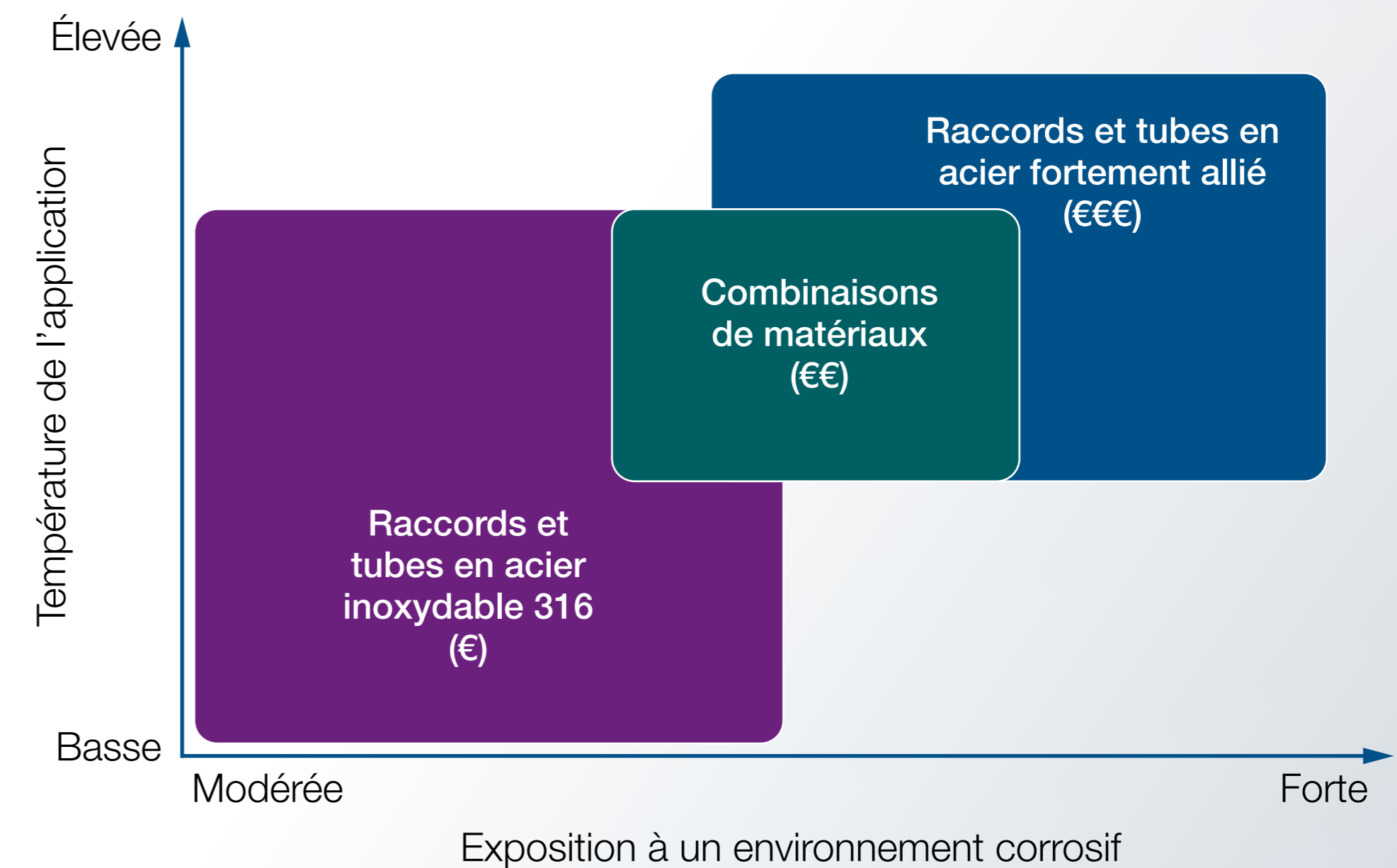
Nickel [Ni] + Cuivre [Cu] = Alliage 400 (Monel®)

Fer [Fe] + Nickel [Ni] + Chrome [Cr] + Molybdène [Mo] = Acier inoxydable austénitique 316

Des mesures strictes de contrôle de la qualité, les consignes d'experts et un réseau mondial de points de vente et centres de services agréés sont autant d'éléments qui permettent à Swagelok d'offrir une expertise inégalée dans les environnements les plus difficiles au monde. Nous faisons du choix des matériaux une question de confiance pour nos clients. Swagelok peut faire une grande différence dans votre activité.

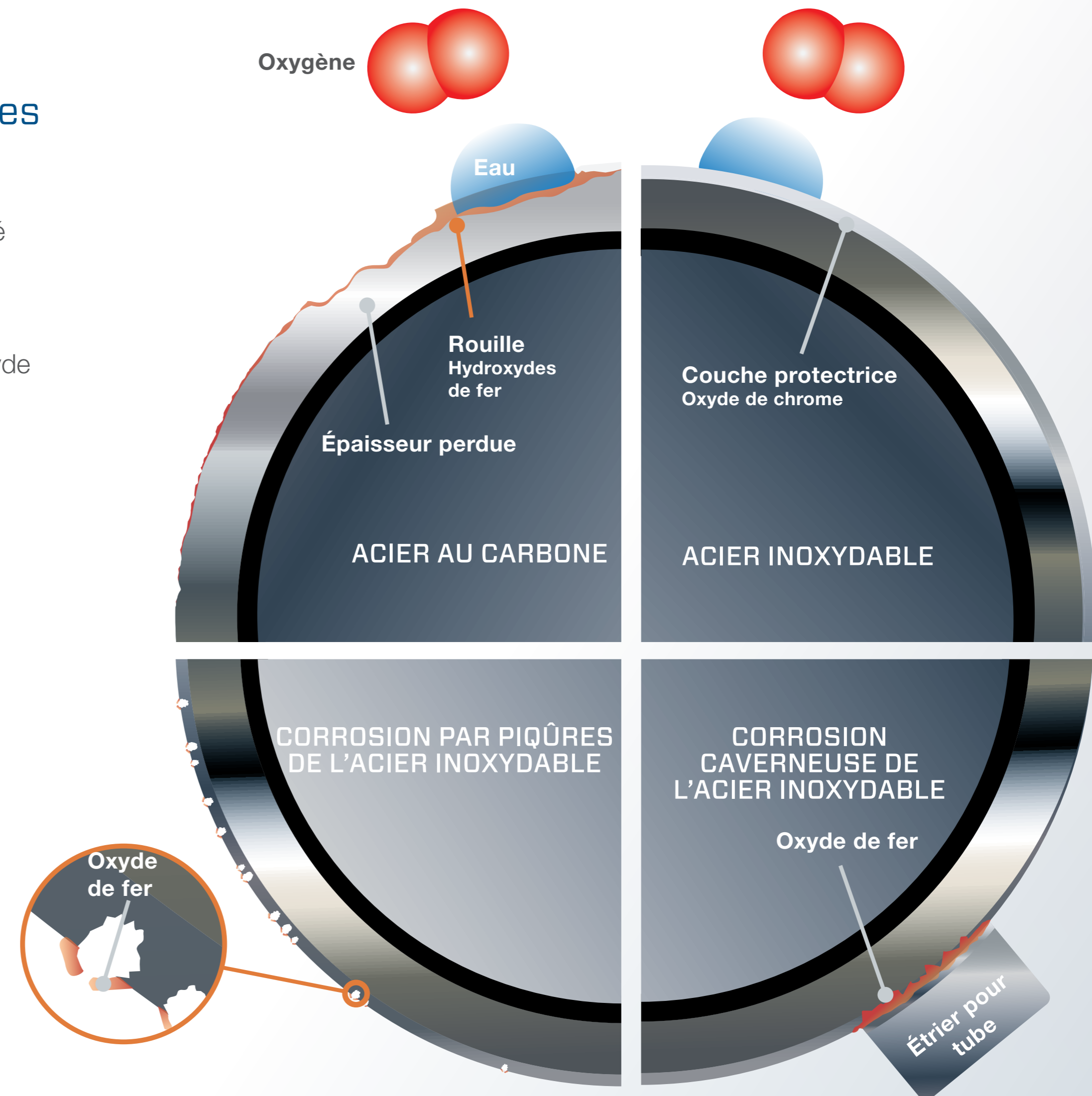
## Choix de l'alliage des raccords et des tubes

Prise en compte de l'application et des coûts



## Presque tous les matériaux se corrodent dans certaines conditions.

On appelle corrosion la dégradation physique d'un matériau due à des interactions avec son environnement. La corrosion se produit lorsqu'un atome de métal est oxydé par un fluide, entraînant une perte de matière sur une surface métallique. La paroi d'un composant corrodé perd alors de son épaisseur, ce qui augmente le risque de défaillance mécanique. Presque tous les matériaux se corrodent dans certaines conditions. Par exemple, la rouille – sous-produit courant de la corrosion – est un oxyde qui apparaît lorsque le fer se corrode. Il existe toutefois de nombreux autres types de corrosion. Or, chaque type de corrosion comporte un risque qui doit être évalué de manière à choisir le matériau le mieux adapté à votre application.



Le coût annuel total de la corrosion est estimé à 1,3 milliard de dollars US pour l'ensemble de l'industrie pétrolière et gazière.

Pour les producteurs de pétrole et de gaz, le problème peut s'avérer particulièrement coûteux. NACE International a estimé à 1,3 milliard de dollars<sup>1</sup> le coût annuel total de la corrosion pour l'ensemble de l'industrie pétrolière et gazière. Il est toutefois possible de limiter ce risque si votre personnel sait où chercher des signes de corrosion et repérer ceux-ci visuellement. Mieux encore, lorsque les ingénieurs peuvent anticiper le phénomène de corrosion et choisir les matériaux les mieux adaptés, l'intégrité, la durée de vie, les performances et la sécurité des systèmes s'en trouvent améliorées.

Les mesures suivantes vous aideront à atténuer l'impact de la corrosion sur vos applications :

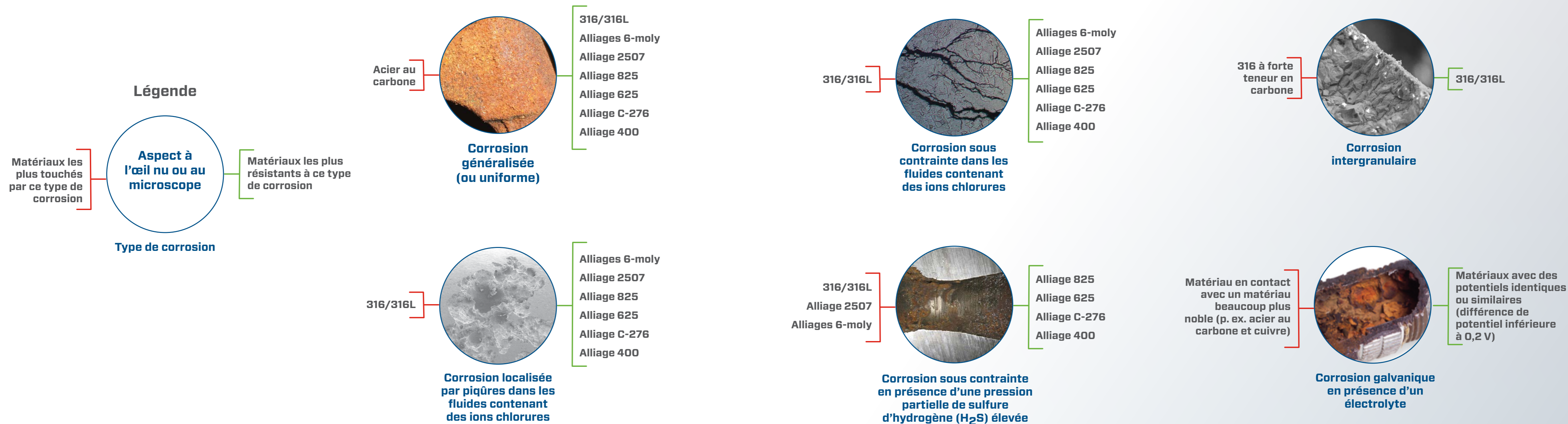
- Apprendre à discerner les différents types de corrosion – aspect, localisation, causes
- Choisir des matériaux résistants à la corrosion
- Limiter autant que possible les emplacements pouvant entraîner une corrosion caverneuse
- Éviter les contacts entre métaux différents, susceptibles de causer une corrosion galvanique
- Spécifier tous les éléments d'un système, des supports et des colliers jusqu'aux tubes eux-mêmes, de manière à limiter les risques de corrosion
- Comprendre les spécifications et les normes
- Approfondir le sujet grâce à des formations et à d'autres ressources

<sup>1</sup>Estimation de NACE International (NACE) en 2002



## Trouver des matériaux adaptés nécessite de se pencher sur la source du problème.

Commencez ici pour en apprendre davantage sur les différents types de corrosion, sur les matériaux les plus touchés et sur ceux qui résistent mieux à chaque type de corrosion.



## Corrosion généralisée (ou uniforme)

Facilement reconnaissable : de la rouille se forme de manière uniforme sur la surface

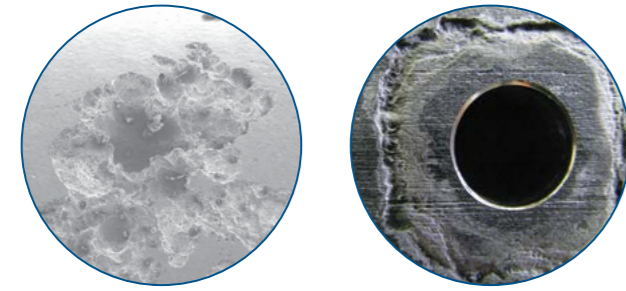
**De quoi s'agit-il ?** Ce type de corrosion, qui est le plus connu, est également le plus facile à repérer et à prévoir. Il est peu courant – mais pas impossible – que la corrosion généralisée entraîne des défaillances catastrophiques. Pour cette raison, la corrosion généralisée est souvent davantage perçue comme une pollution visuelle que comme un problème grave. La corrosion généralisée attaque une surface métallique d'une manière relativement uniforme. La diminution progressive de l'épaisseur de paroi d'un composant doit être prise en compte dans le calcul des pressions nominales.

**Comment se forme-t-elle ?** Dans un milieu marin ou tout autre environnement corrosif, la surface d'un composant fabriqué en acier au carbone ou dans un acier faiblement allié commence à se dégrader. Il se forme alors une écaille d'oxyde de fer qui va s'épaissir jusqu'à ce qu'elle se détache, entraînant la formation d'une nouvelle écaille.

### La corrosion généralisée peut être estimée :

- En mesurant la perte d'épaisseur du matériau en un an. Par exemple, un acier au carbone non protégé peut se dégrader à raison d'un millimètre par an dans un environnement marin.
- En mesurant la perte de masse – généralement en milligrammes par centimètre carré de matériau exposé par jour – d'un alliage en contact avec un fluide corrosif.





## Corrosion localisée : corrosion par piqûres et corrosion caverneuse

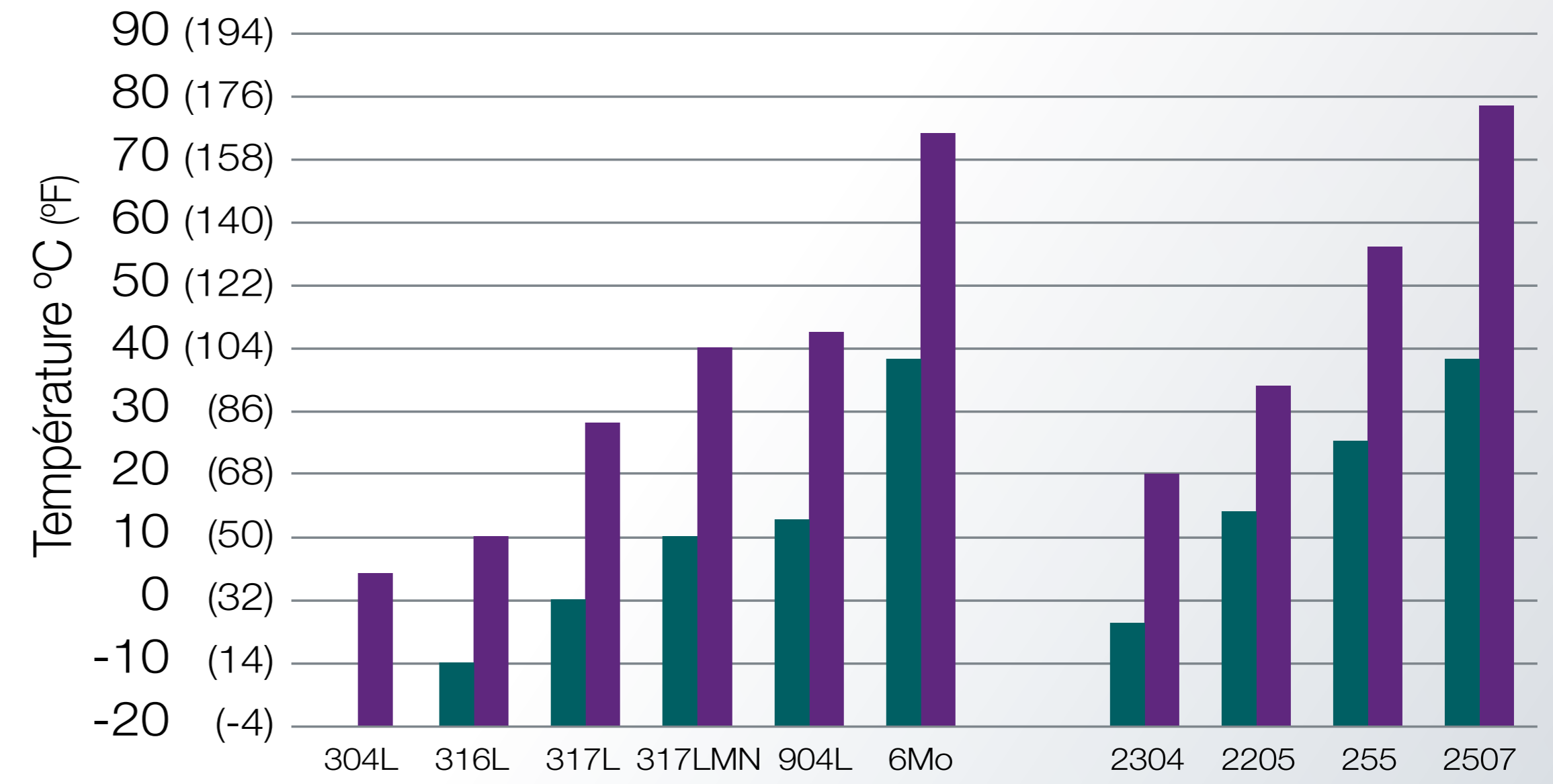
Fréquentes en milieu marin

**De quoi s'agit-il ?** La corrosion par piqûres et la corrosion caverneuse sont plus difficiles à déceler que la corrosion généralisée, ce qui rend ces deux types de corrosion plus difficiles à identifier, à prévoir et à prévenir.

**Comment se forme-t-elle ?** Lorsqu'elle est exposée à des fluides qui contiennent des ions chlorure en solution, la couche d'oxyde qui protège le matériau peut se décomposer. Plus la température critique de piqûration (TCP) et la température critique de corrosion caverneuse (TCC) d'un matériau est élevée, plus ce matériau est résistant à la corrosion localisée. Ces températures correspondent aux températures minimales à partir desquelles on observe une corrosion par piqûres et une corrosion caverneuse. Les méthodes de mesure de la TCP et de la TCC sont décrites dans la norme ASTM G48.

➤ **En savoir plus sur la corrosion par piqûres**

➤ **En savoir plus sur la corrosion caverneuse**



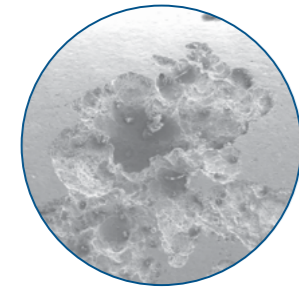
- Mesures effectuées selon la norme ASTM G48 dans une solution de chlorure ferrique (chlorure de fer III) à 10 %

*La corrosion caverneuse peut se produire à des températures plus basses que la corrosion par piqûres. Par exemple, lorsque l'acier inoxydable 316L est exposé à une solution de chlorure ferrique à 10 %, la corrosion par piqûres peut commencer à se produire à 10°C (50°F), tandis que la corrosion caverneuse peut apparaître dès -10°C (14°F).*

*Source : Practical Guidelines for the Fabrication of Duplex Stainless Steels, Int. Molybdenum Assoc., 2001*

**L'importance des matériaux :** Pour plus d'informations, lire l'article intitulé [Preventing Pitting and Crevice Corrosion](#), publié dans la revue *World Oil*.





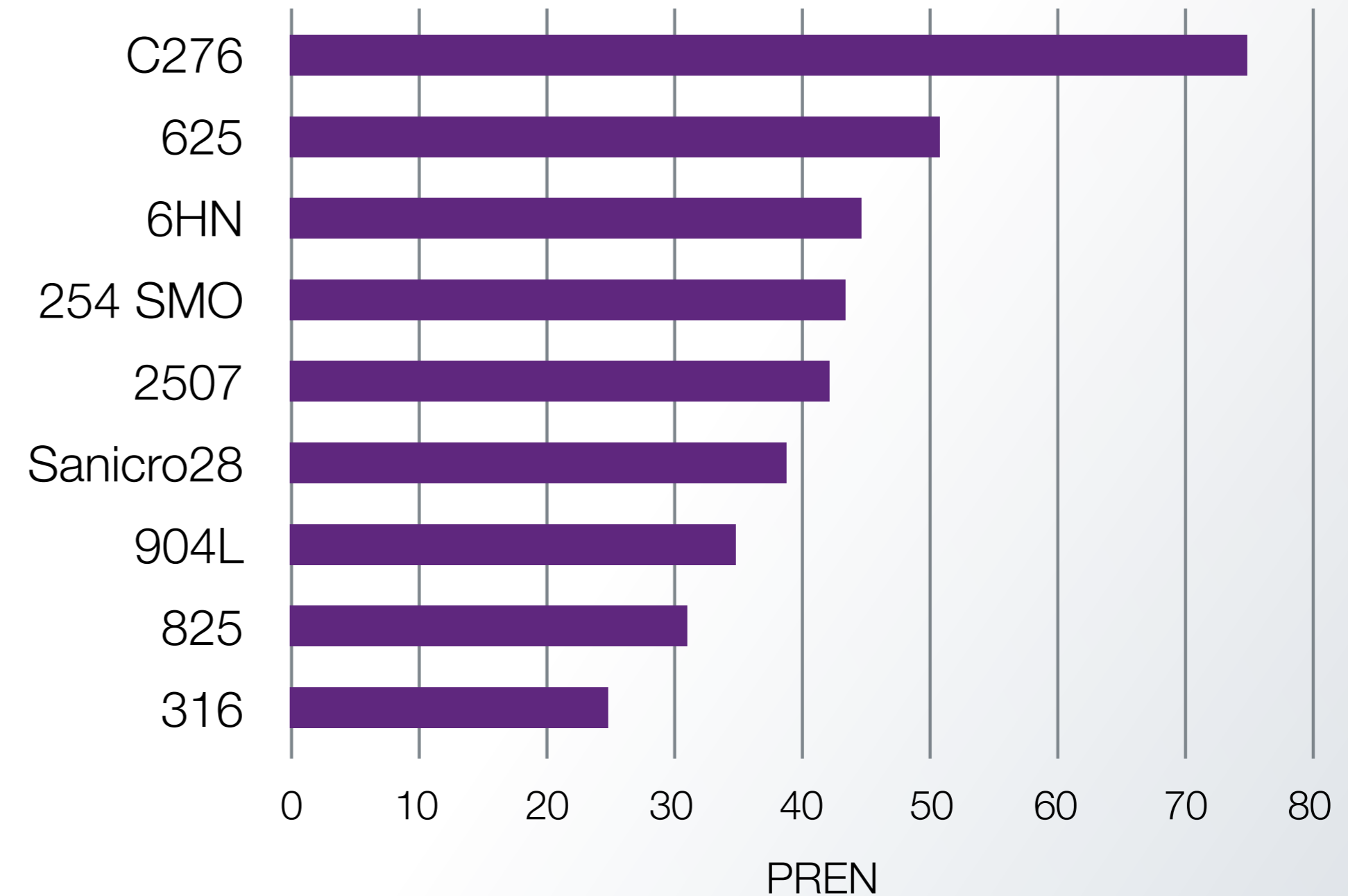
## Corrosion par piqûres

Courante à des températures élevées dans des milieux à forte teneur en ions chlorure

**De quoi s'agit-il ?** La corrosion par piqûres engendre la formation de petites cavités à la surface d'un matériau.

Ces piqûres, bien que généralement décelables en procédant à un examen visuel approfondi, peuvent devenir suffisamment profondes pour perforer la paroi d'un tube. La corrosion par piqûres s'observe le plus souvent à des températures élevées dans des milieux à forte teneur en ions chlorure.

**Comment se forme-t-elle ?** Lorsque la couche protectrice d'oxyde (ou couche d'oxyde inerte) présente sur la surface du métal se dégrade, celui-ci peut alors céder des électrons. Le fer de l'alliage se dissout au niveau du fond de la cavité (réaction anodique). Les ions fer se diffusent ensuite vers le haut de la cavité où ils forment de la rouille par oxydation. La solution de chlorure de fer voit sa concentration augmenter et gagne en acidité au fur et à mesure que la cavité se creuse. Il en résulte une accélération du phénomène qui aboutit à la perforation de la paroi du tube et à l'apparition de fuites.



$$PREN = \%Cr + 3,3 \times (\%Mo + 0,5W) + 16 \times \%N$$

Un PREN élevé indique une meilleure résistance à la corrosion par piqûres.

Le meilleur moyen pour éviter la corrosion par piqûres consiste à choisir un alliage adapté. L'indice de résistance à la corrosion par piqûres (PREN), qui est calculé à partir de la composition chimique du matériau, permet de comparer les différents métaux et alliages. Le PREN augmente lorsque les teneurs en chrome, molybdène et azote sont plus élevées.

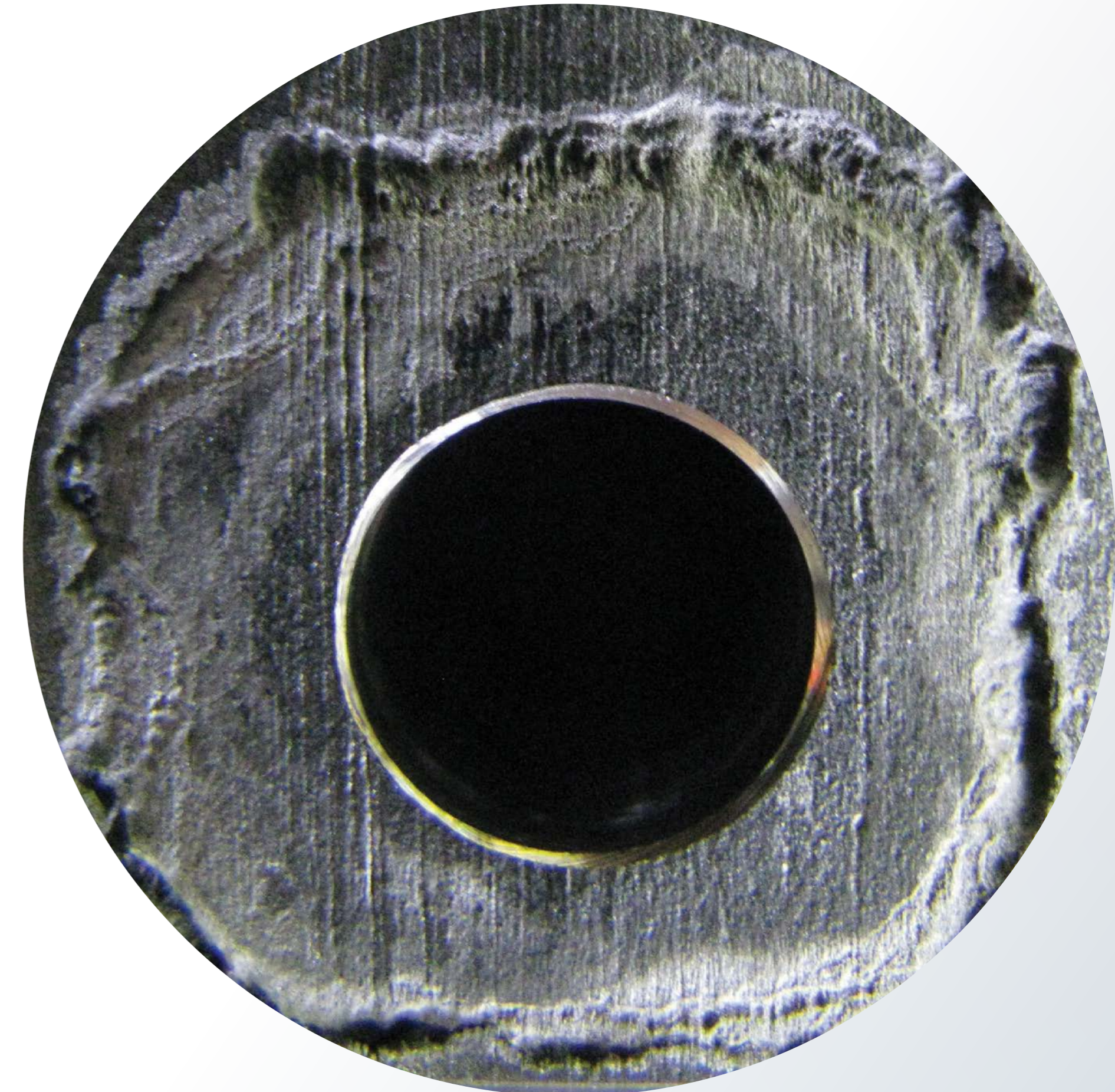
## Corrosion caverneuse

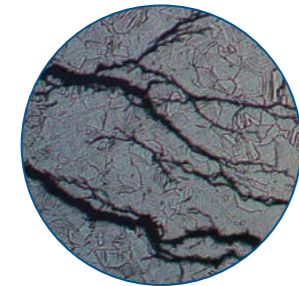
Corrosion localisée associée aux espaces restreints

**De quoi s'agit-il ?** Dans un système fluide, des anfractuosités sont généralement présentes entre les tubes et les supports ou les colliers qui les soutiennent, entre deux tronçons de tube adjacents ou sous la boue ou les dépôts qui ont pu s'accumuler sur des surfaces. Il est pratiquement impossible de l'éviter, mais lorsque ces anfractuosités sont de petite taille, le risque de corrosion devient très important.

**Comment se forme-t-elle ?** Comme la corrosion par piqûres, la corrosion caverneuse commence par une dégradation de la couche d'oxyde inerte qui protège le métal. Cette dégradation entraîne la formation de petites cavités. Les cavités gagnent en largeur et en profondeur et finissent par recouvrir entièrement l'anfractuosité. À certains endroits, cela peut aller jusqu'à perforer le tube. La corrosion caverneuse se produit à des températures beaucoup plus basses que la corrosion par piqûres.

**L'importance des matériaux :** Lorsque de l'eau de mer se diffuse dans une fissure étroite, elle dissout quelques ions  $Fe^{++}$  qui peinent à s'en extraire rapidement. Les ions chlorure ( $Cl^-$ ) de charge négative, présents dans l'eau salée, sont attirés par les ions  $Fe^{++}$  chargés positivement et commencent à diffuser dans la fissure. Comme la concentration en ions chlorure augmente, la solution dans la fissure devient plus corrosive, ce qui accroît la dissolution des ions fer qui vont à leur tour attirer d'autres ions chlorure dans la fissure. Au bout du compte, la solution dans la fissure se transforme en une solution acide et fortement concentrée en ions chlorure, c'est-à-dire en une solution très corrosive.





## Fissuration par corrosion sous contrainte (CSC)

Courante dans les aciers inoxydables (provoquée par les ions chlorure), les aciers doux (provoquée par des alcalis) et le laiton (provoquée par l'ammoniaque)

**De quoi s'agit-il ?** La corrosion sous contrainte (CSC) est dangereuse, car elle peut entraîner la destruction d'un composant à des niveaux de contraintes très inférieurs à la limite d'élasticité d'un alliage. En présence d'ions chlorure, les aciers inoxydables austénitiques sont sujets à ce type de corrosion. Les ions réagissent avec le matériau au fond d'une fissure – là où les contraintes de traction sont les plus fortes – ce qui favorise l'élargissement de la fissure. Une fois amorcée, la corrosion sous contrainte peut s'avérer difficile à déceler : une défaillance définitive du composant concerné peut alors survenir soudainement.

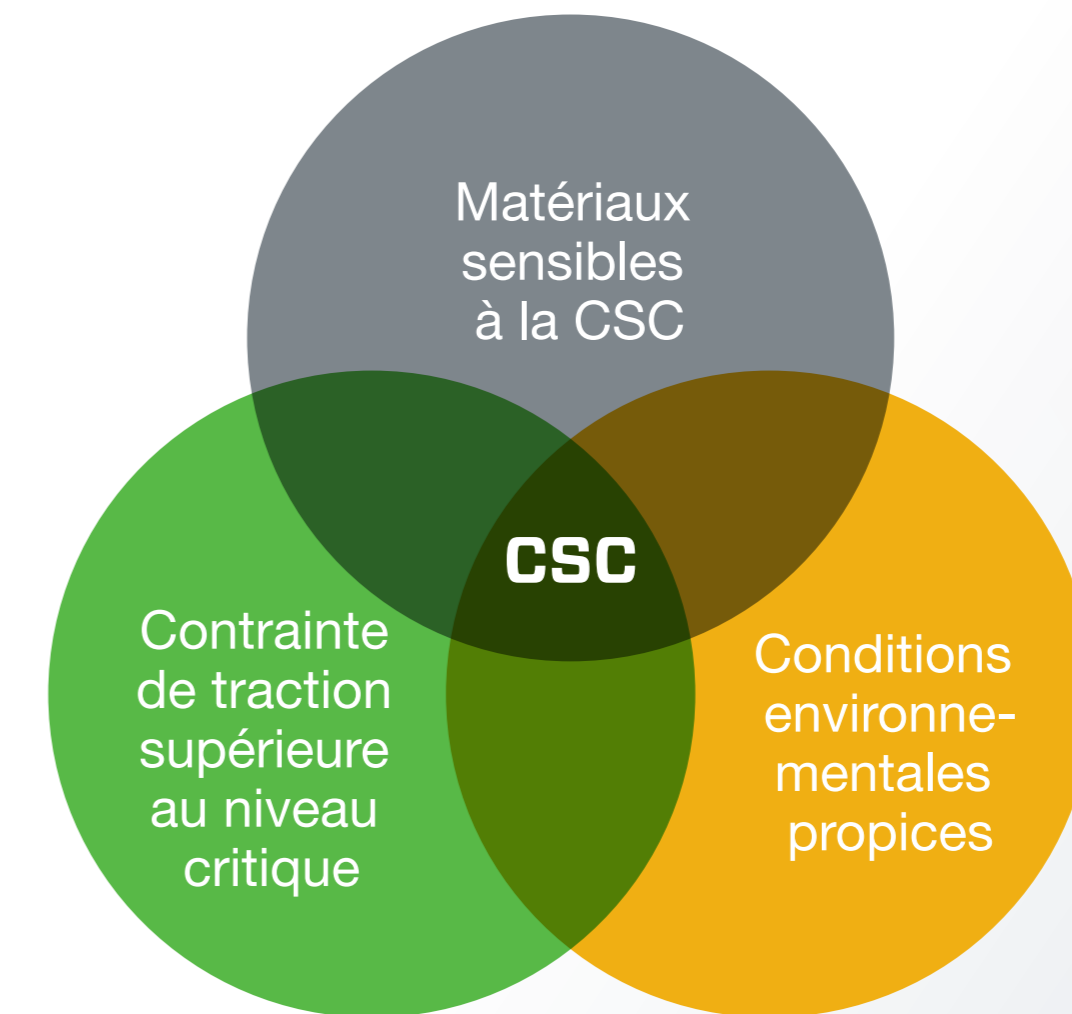
**Comment se forme-t-elle ?** Pour que le phénomène se produise, trois conditions doivent être remplies simultanément :

- Le métal doit être sensible à la corrosion sous contrainte
- Des conditions ambiantes (température, type de fluide) propices à ce type de corrosion doivent être réunies
- Les contraintes de traction (appliquées + résiduelles) doivent être supérieures au niveau critique

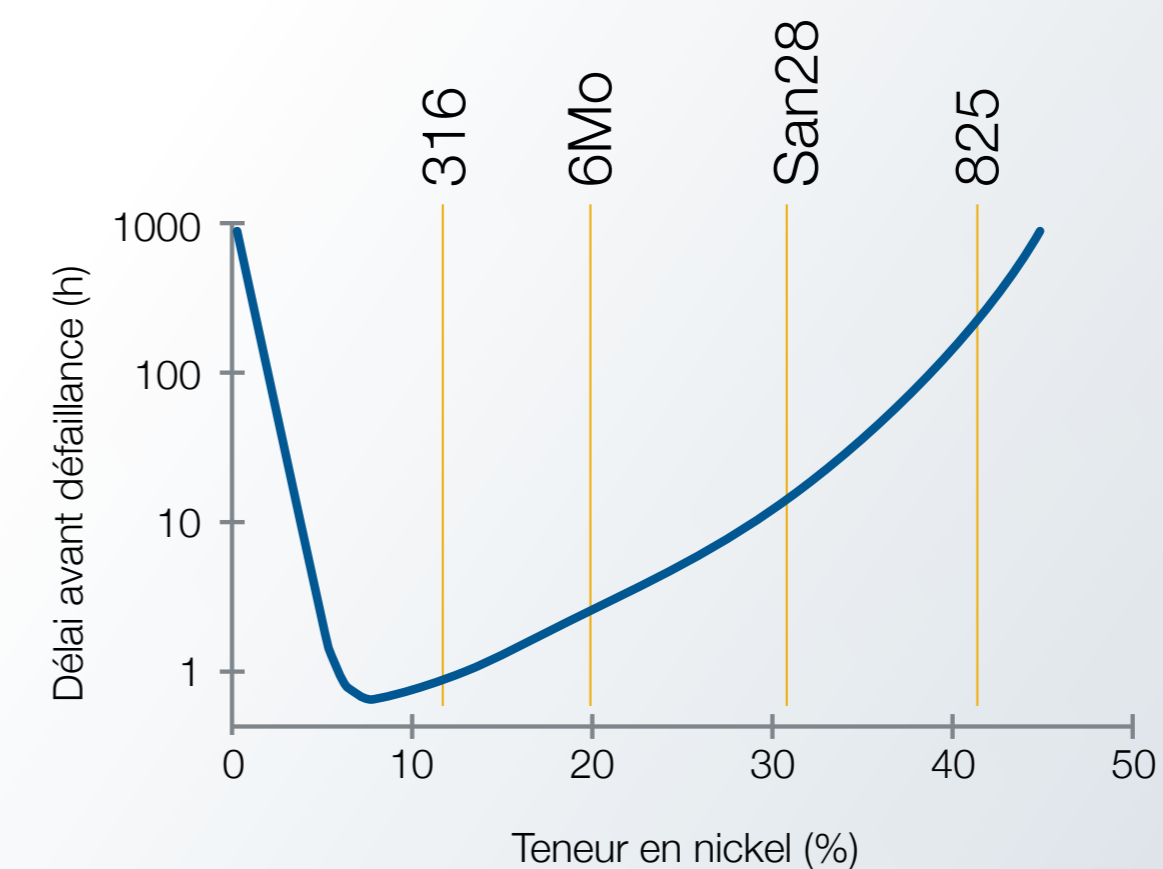
### Les matériaux suivants résistent à la CSC provoquée par les ions chlorure :

- Alliages à base de nickel
- Aciers inoxydables duplex

**L'importance des matériaux :** Découvrez comment choisir des composants pour systèmes fluides destinés à l'exploitation de gisements de pétrole riche en soufre avec Swagelok. Lisez les conseils donnés par notre expert principal aux lecteurs d'[Offshore Magazine](#).



*Une teneur plus élevée en nickel est associée à une plus grande résistance à la CSC provoquée par les ions chlorure.*



## Corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux

Courante dans les gisements de pétrole corrosif et dans les réservoirs vieillissants dans lesquels de l'eau de mer a été injectée pour récupérer davantage de pétrole

**De quoi s'agit-il ?** La corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux a pour effet de dégrader un métal en contact avec de l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) dans une atmosphère humide. En présence d'eau, l'hydrogène sulfuré (ou sulfure d'hydrogène) devient extrêmement corrosif. Cette situation peut conduire à une fragilisation du matériau et aboutir à une fissuration sous l'action conjuguée de contraintes de traction et de la corrosion.

**Comment se forme-t-elle ?** Pour que le phénomène se produise, trois conditions doivent être remplies simultanément :

- Le métal doit être sensible à ce type de corrosion
- Le milieu doit être suffisamment acide (riche en sulfure d'hydrogène)
- Les contraintes de traction (appliquées + résiduelles) doivent être supérieures au niveau critique

Le risque de corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux augmente avec les facteurs suivants :

- Dureté du matériau/résistance à la traction élevée
- Forte concentration en ions hydrogène (pH faible)
- Pression partielle du sulfure d'hydrogène élevée
- Contrainte de traction totale (appliquée + résiduelle) élevée
- Période d'exposition prolongée

Le risque de corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux augmente à des températures plus basses lorsque la ductilité des matériaux tend à diminuer.

**L'importance des matériaux :** La norme [NACE MR0175/ISO 15156](#) précise les matériaux à utiliser dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré. Pour une aide complémentaire en vue de choisir des composants pour exploiter des gisements de pétrole riche en soufre, reportez-vous à cet [article](#) paru dans *Offshore Magazine*.



Source : Science Direct, Volume 1, N° 3, S.M.R. Ziaei, A.H. Kokabi, M. Nasr-Esehani, Sulfide Stress Corrosion Cracking and Hydrogen Induced Cracking of A216-WCC Wellhead Flow Control Valve Body case study, pages 223 et 224, juillet 2013. Reproduit avec l'autorisation d'Elsevier.



## Fragilisation par l'hydrogène

Peut survenir en présence d'hydrogène gazeux sous haute pression ou lorsque de l'hydrogène atomique est généré sur une surface métallique

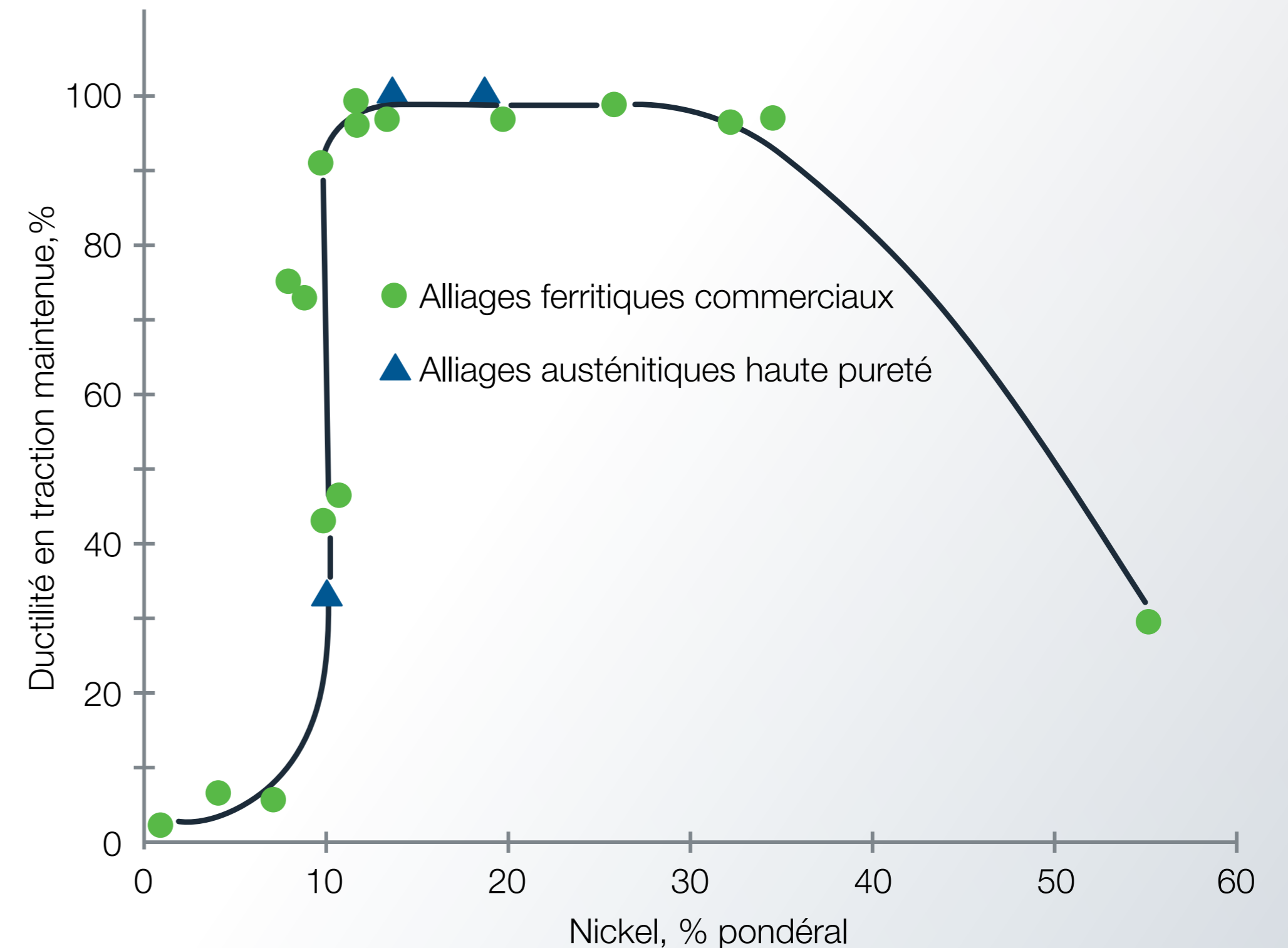
**De quoi s'agit-il ?** Les atomes d'hydrogène ont la capacité de diffuser dans les métaux, ce qui tend à fragiliser ces derniers. Tous les matériaux sujets à cette fragilisation par l'hydrogène sont également très sensibles à la corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux.

**Comment se forme-t-elle ?** Une fissuration due à l'hydrogène peut se produire si le métal est soumis à des contraintes de traction statiques ou cycliques.

L'hydrogène peut modifier les propriétés mécaniques et le comportement du métal, notamment de la manière suivante :

- Diminution de la ductilité (allongement et réduction de la section)
- Diminution de la résistance aux chocs et de la ténacité
- Augmentation de la tenue à la fatigue

Cette fragilisation peut être évitée en sélectionnant un matériau résistant à l'hydrogène – un alliage austénitique à teneur en nickel comprise entre 10 et 30 % par exemple.



Les alliages ferritiques à très faible teneur en nickel sont nettement fragilisés, tandis que la fragilisation des alliages austénitiques à teneur en nickel comprise entre 10 et 30 % est relativement limitée.

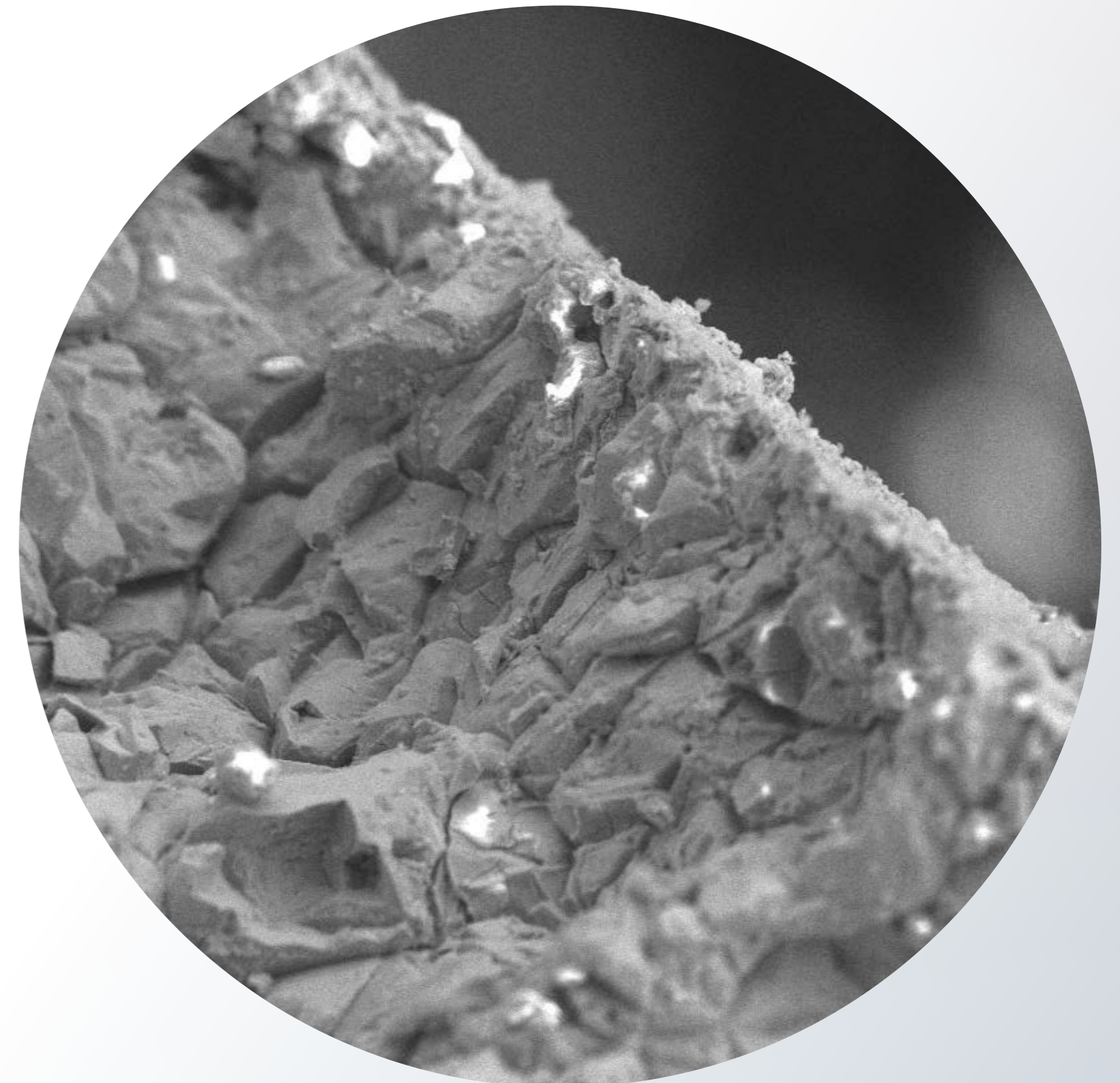
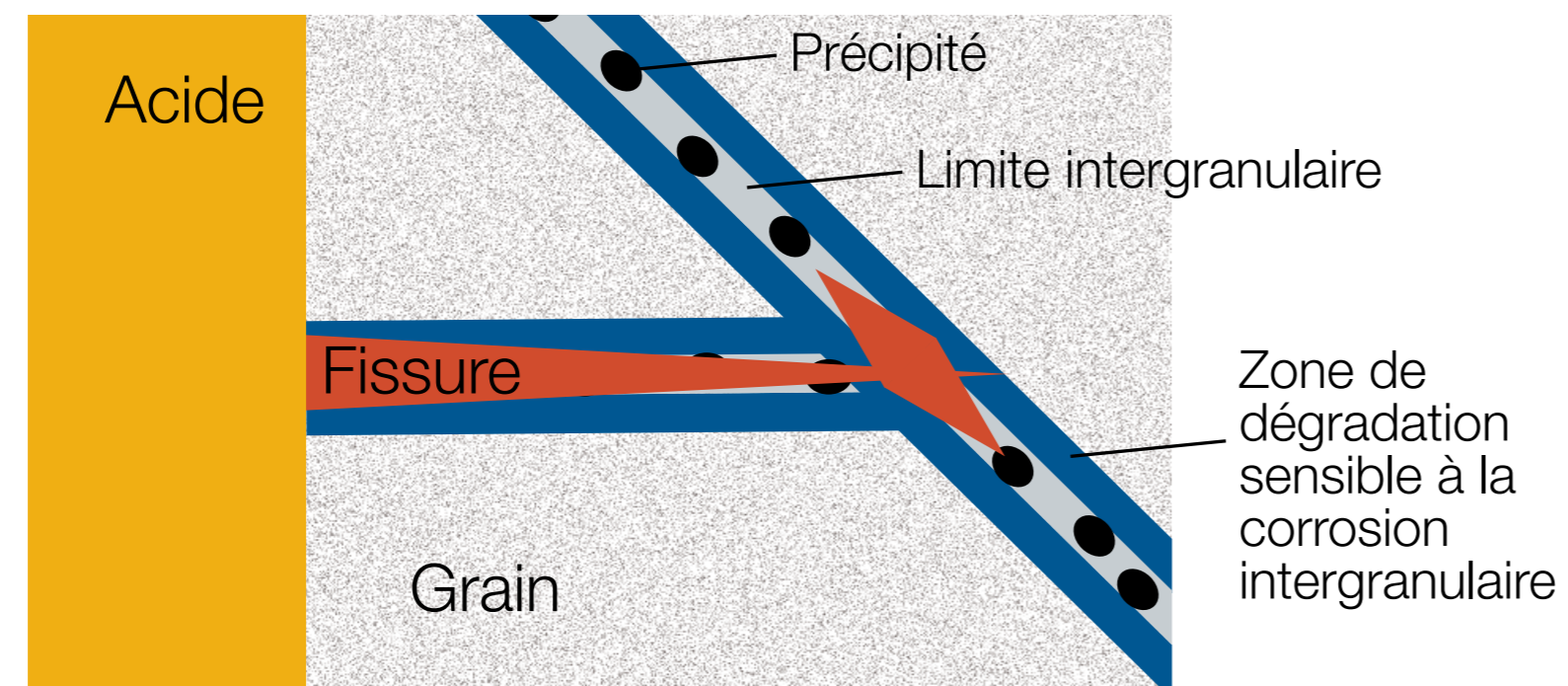
Source : G.R. Caskey, *Hydrogen Compatibility Handbook for Stainless Steels* (1983)

## Corrosion intergranulaire

Courante dans les opérations de soudage, les traitements thermiques et les applications haute température

**De quoi s'agit-il ?** Pour comprendre la corrosion intergranulaire, imaginez que tous les métaux sont constitués de « grains ». À l'intérieur de chaque grain, les atomes sont disposés régulièrement de manière à former un réseau cristallin tridimensionnel. La corrosion intergranulaire attaque le matériau au niveau des limites intergranulaires (là où s'assemblent les grains qui constituent le métal).

**Comment se forme-t-elle ?** Au cours d'une opération de soudage, d'un traitement thermique ou d'une exposition à des températures élevées, des carbures peuvent commencer à se former au niveau des limites intergranulaires. Avec le temps, la taille de ces précipités de carbure peut augmenter. Cette formation de carbure nuit à l'uniformité de la répartition des éléments au sein du métal, dans la mesure où la précipitation capte des éléments importants comme le chrome dans le matériau au voisinage des limites intergranulaires. Lorsque des fluides corrosifs (comme les acides) attaquent les zones où le chrome a disparu, des fissures intergranulaires peuvent se former. Ces fissures peuvent ensuite se propager dans l'ensemble du matériau sans être détectées, ce qui fait de la corrosion intergranulaire une forme dangereuse de corrosion.





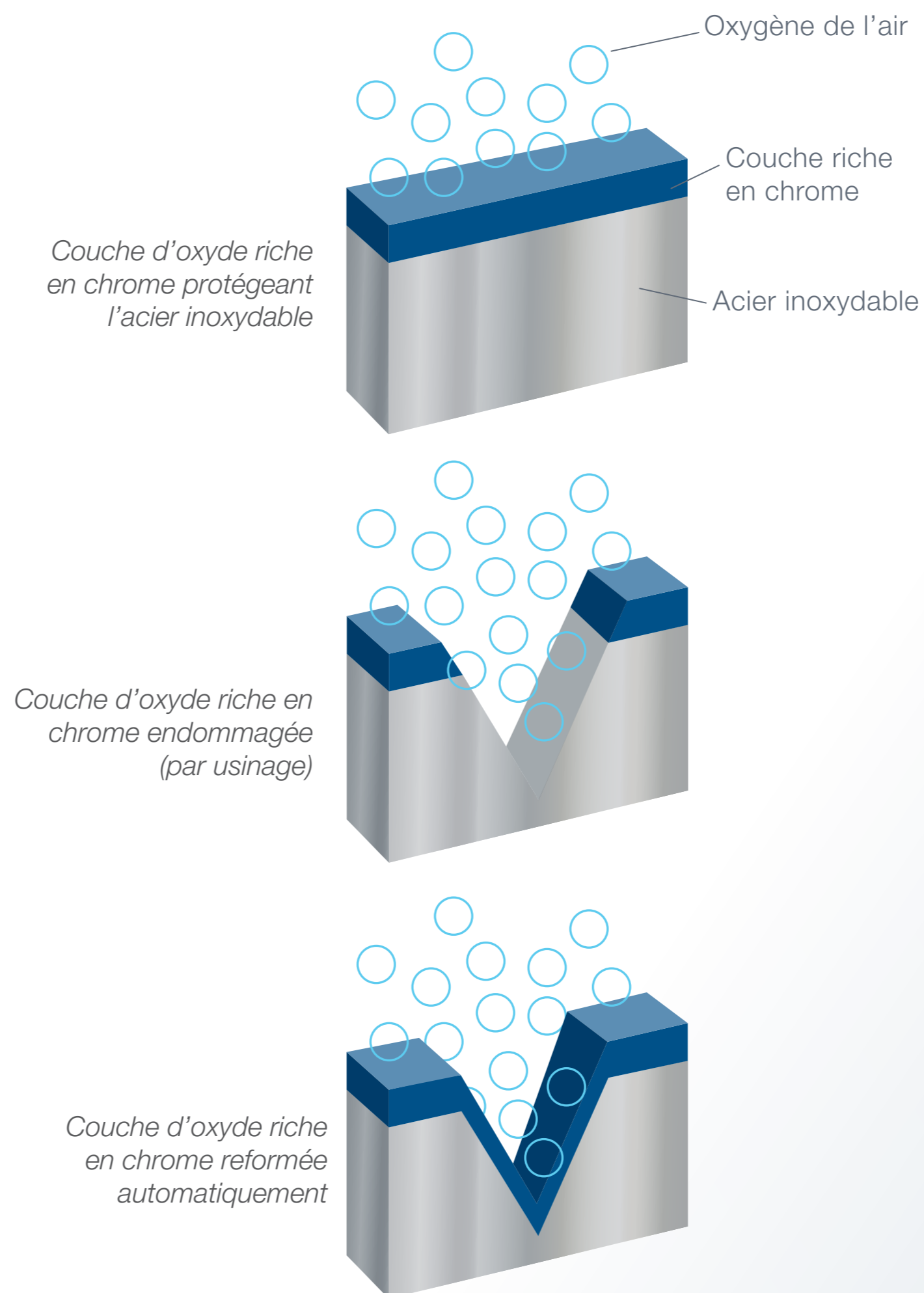
## Corrosion galvanique

Peut se produire lorsque deux matériaux différents sont en contact étroit en présence d'un électrolyte

**De quoi s'agit-il ?** La corrosion galvanique se produit quand deux matériaux aux potentiels d'électrode différents entrent en contact l'un avec l'autre en présence d'un électrolyte. La très fine couche inerte présente sur un acier inoxydable est constituée d'un oxyde riche en chrome qui se forme automatiquement dans l'air ambiant et protège le matériau contre la corrosion. Cette couche inerte rend un matériau plus noble et moins sensible à la corrosion. La compatibilité des métaux peut être déterminée par leur potentiel anodique, c'est-à-dire la différence de potentiel de chaque métal mesurée dans l'eau de mer par rapport à une électrode normale.

**Comment se forme-t-elle ?** Lorsque la différence de potentiel entre deux métaux différents en présence d'un électrolyte est trop grande, la couche inerte qui recouvre le matériau commence à se décomposer.

Pour éviter la corrosion galvanique, choisissez des matériaux dont la différence de potentiel ne dépasse pas 0,2 V. Par exemple, si l'on associe un raccord en acier inoxydable 316 (-0,05 V) avec des tubes en alliage 6-moly (0,00 V), la différence de potentiel entre les deux alliages sera de 0,05 V. Cette différence de potentiel est nettement inférieure à 0,2 V, d'où un faible risque de corrosion galvanique.



Volts par rapport à l'ECS

-1.60  
-1.00  
-0.95  
-0.70  
-0.60  
-0.50  
-0.40  
-0.35  
-0.30  
-0.30  
-0.25  
-0.20  
-0.20  
-0.15  
-0.10  
-0.05  
0.00  
0.00  
0.00  
0.05  
.010  
.025

Active

Noble

Matériau

Magnésium  
Zinc  
Aluminium  
Cadmium  
Acier  
Type 304 (actif)  
Type 316 (actif)  
Laiton marine  
Alliage Muntz  
Cuivre  
Bronze au manganèse  
Cu-Ni 90-10  
Cu-Ni 70-30  
Plomb  
Nickel  
Type 304 (passif)  
Type 316 (passif)  
Alliage E-BRITE®  
Alliage AL 29-4C®  
Alliage AL-6XN®  
Alliage 625, alliage 276  
Titane  
Graphite

ECS signifie électrode au calomel saturé.

*Potentiel anodique*  
Des matériaux très nobles aux « surfaces passives » sont moins sensibles à la corrosion galvanique que des matériaux moins nobles ou des matériaux nobles aux « surfaces actives ». Sur ce graphique, le magnésium est le matériau le moins noble, tandis que le graphite est le matériau le plus noble.

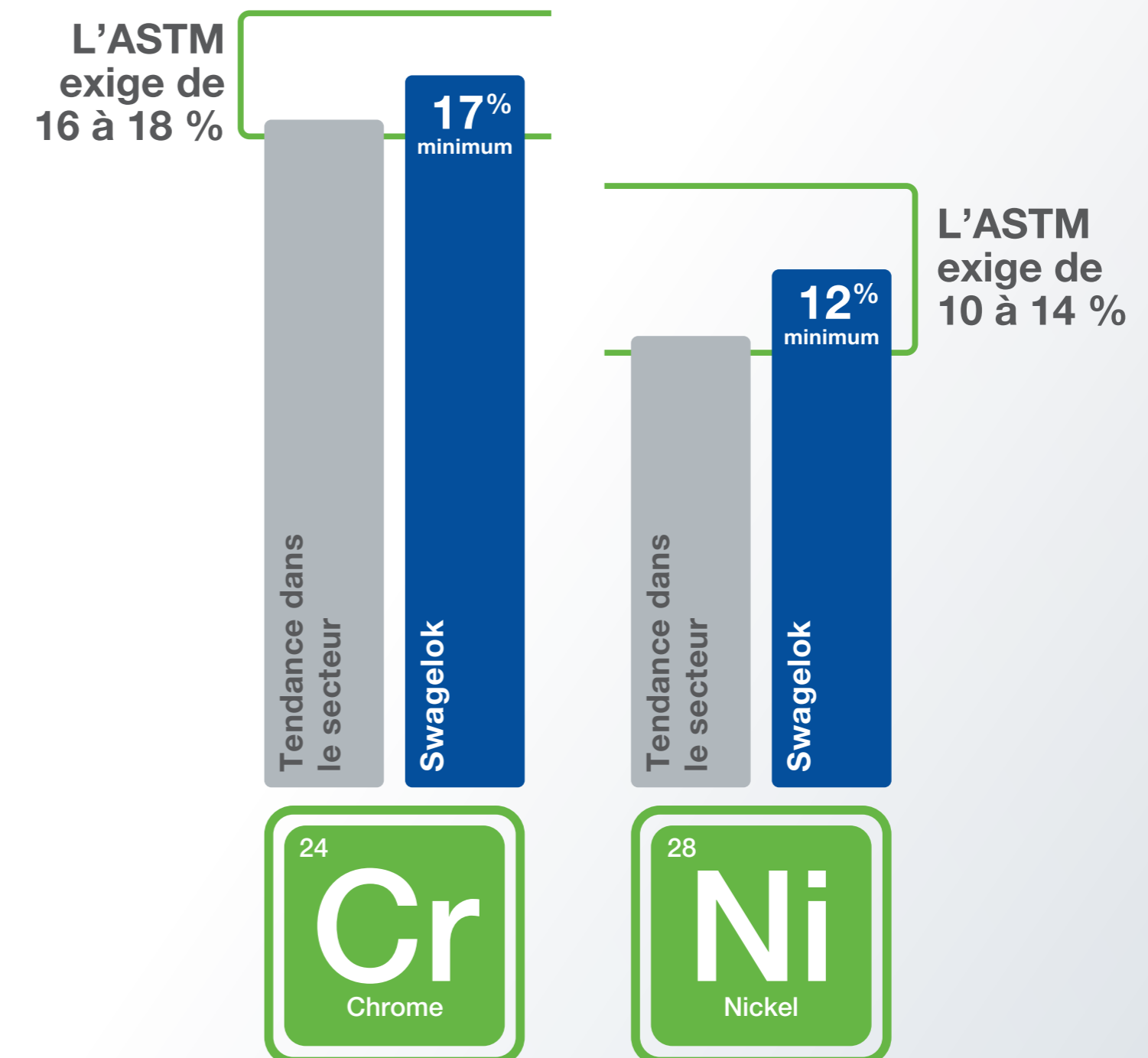
Acier inoxydable

## Acier inoxydable 316

La résistance à la corrosion et la ductilité d'un acier inoxydable dépendent de deux éléments essentiels : le chrome et le nickel. L'ajout de chrome (plus de 10 %) transforme un acier en acier inoxydable grâce à la formation d'une couche d'oxyde riche en chrome adhérente et invisible. Cette couche d'oxyde se forme par la réaction entre le chrome de l'alliage et l'oxygène de l'air ambiant. Elle confère à l'acier son caractère inoxydable. Le fait d'ajouter du nickel améliore la ductilité de l'alliage, ce qui facilite les opérations de façonnage et de soudage.

Cependant, toutes les barres d'acier ne sont pas identiques. Les teneurs en nickel et en chrome de l'acier inoxydable 316/316L utilisé par Swagelok pour fabriquer ses raccords pour tubes et ses vannes d'instrumentation sont supérieures au minimum exigé par les normes ASTM pour les barres et les pièces forgées.

Notez que, si les aciers inoxydables ne sont pas concernés par la corrosion généralisée, ils peuvent toutefois être touchés par une corrosion localisée.



*L'acier inoxydable 316 des raccords pour tubes et vannes d'instrumentation Swagelok dépasse les spécifications minimales de l'ASTM.*

**L'importance des matériaux :** Le risque de corrosion sous contrainte (CSC) augmente lorsque les concentrations en ions chlorure, les températures et les contraintes de traction sont élevées. Aucun acier inoxydable n'échappe complètement à ce type de corrosion. Nous avons soumis des raccords pour tubes Swagelok sous pression à des tests de résistance à la CSC avec des résultats exceptionnels. [Voir les résultats des tests.](#)

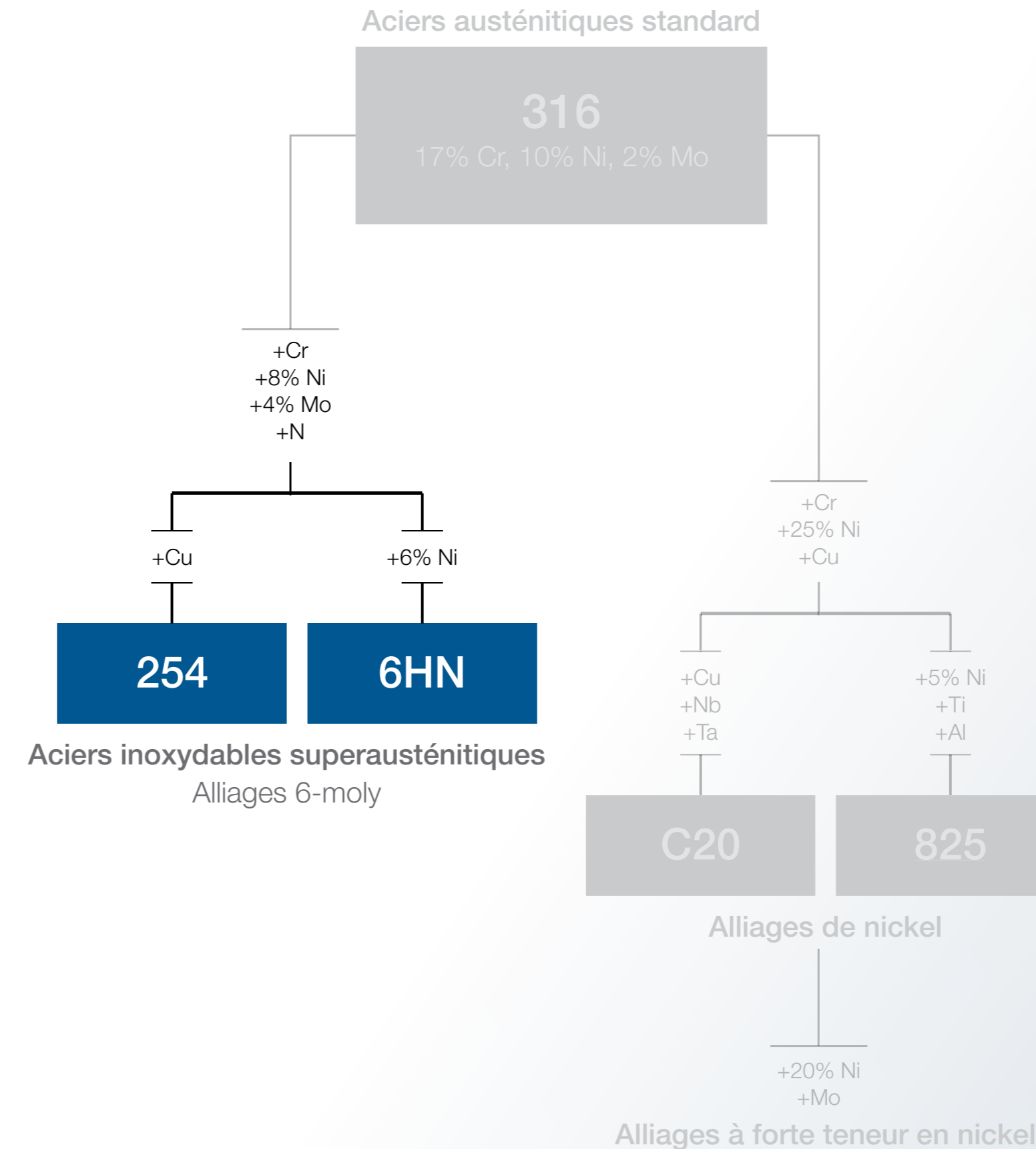


Acier inoxydable

## Alliages 6-moly

Les alliages 6-moly (6Mo) sont des aciers inoxydables superausténitiques qui contiennent au moins 6 % de molybdène et dont le PREN est supérieur ou égal à 40. L'alliage 6HN (UNS N08367) contient (en poids) 6 % de nickel (Ni) de plus que l'alliage 254 (UNS S31254). Cette teneur supérieure en nickel confère une plus grande stabilité à l'alliage 6HN par rapport à la formation de phases intermétalliques indésirables. L'alliage 6HN s'avère plus résistant à la corrosion que l'alliage 254 dans des fluides contenant des ions chlorure.

- Résistants à la corrosion par piqûres et à la corrosion caverneuse en présence d'ions chlorure
- Résistants à la corrosion sous contrainte due aux ions chlorure
- Limite d'élasticité supérieure de 50 % à celle des aciers inoxydables austénitiques série 300
- Résistance aux chocs, aptitude au façonnage et au soudage
- Adaptés aux applications mettant en œuvre des gaz acides (NACE MR0175/ISO 15156)
- Les produits Swagelok en alliage 6-moly (UNS N08367) sont fabriqués à partir de barres et de pièces forgées qui répondent aux exigences de la norme NORSOK M-650 relative aux chaînes d'approvisionnement.



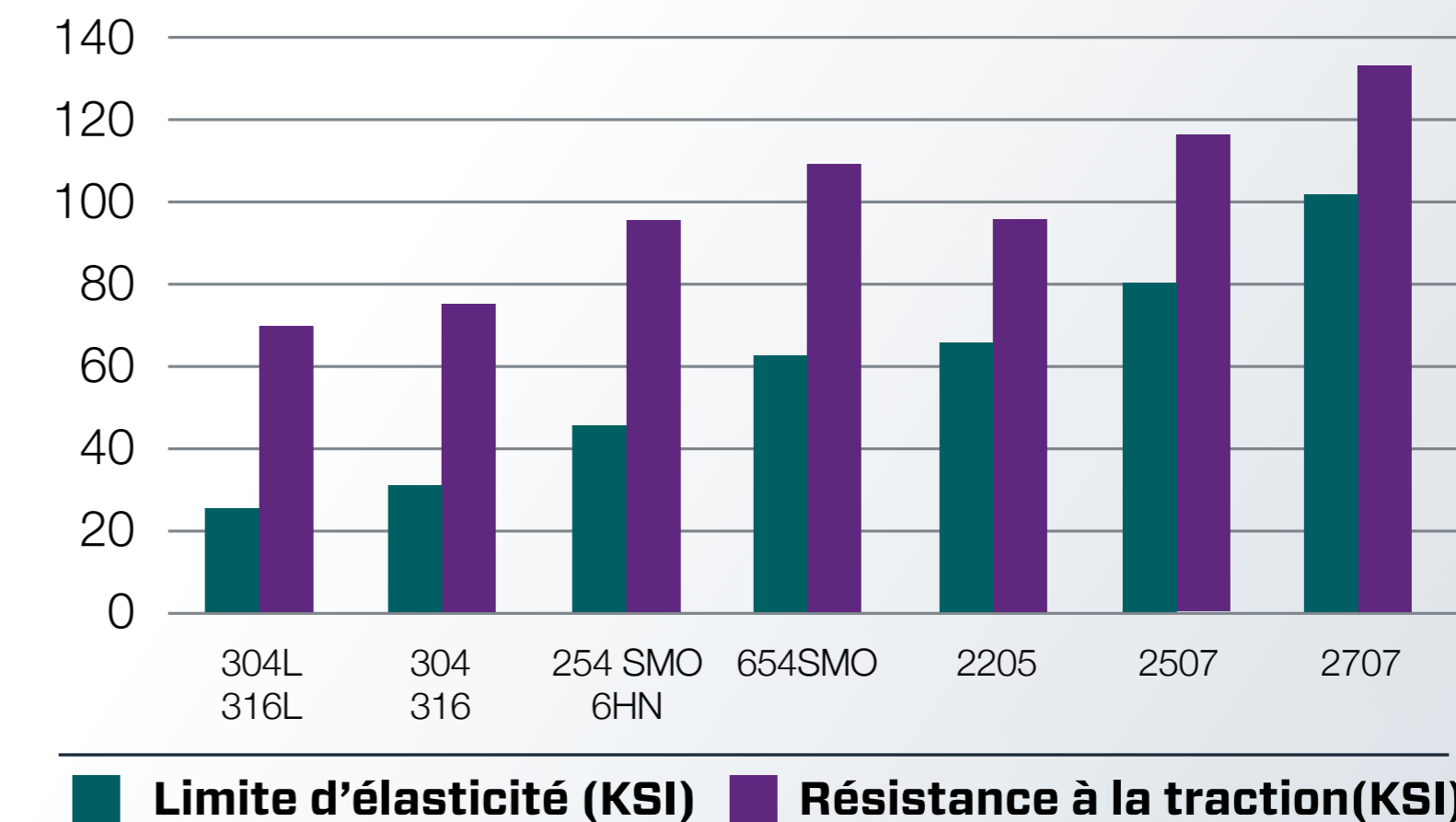
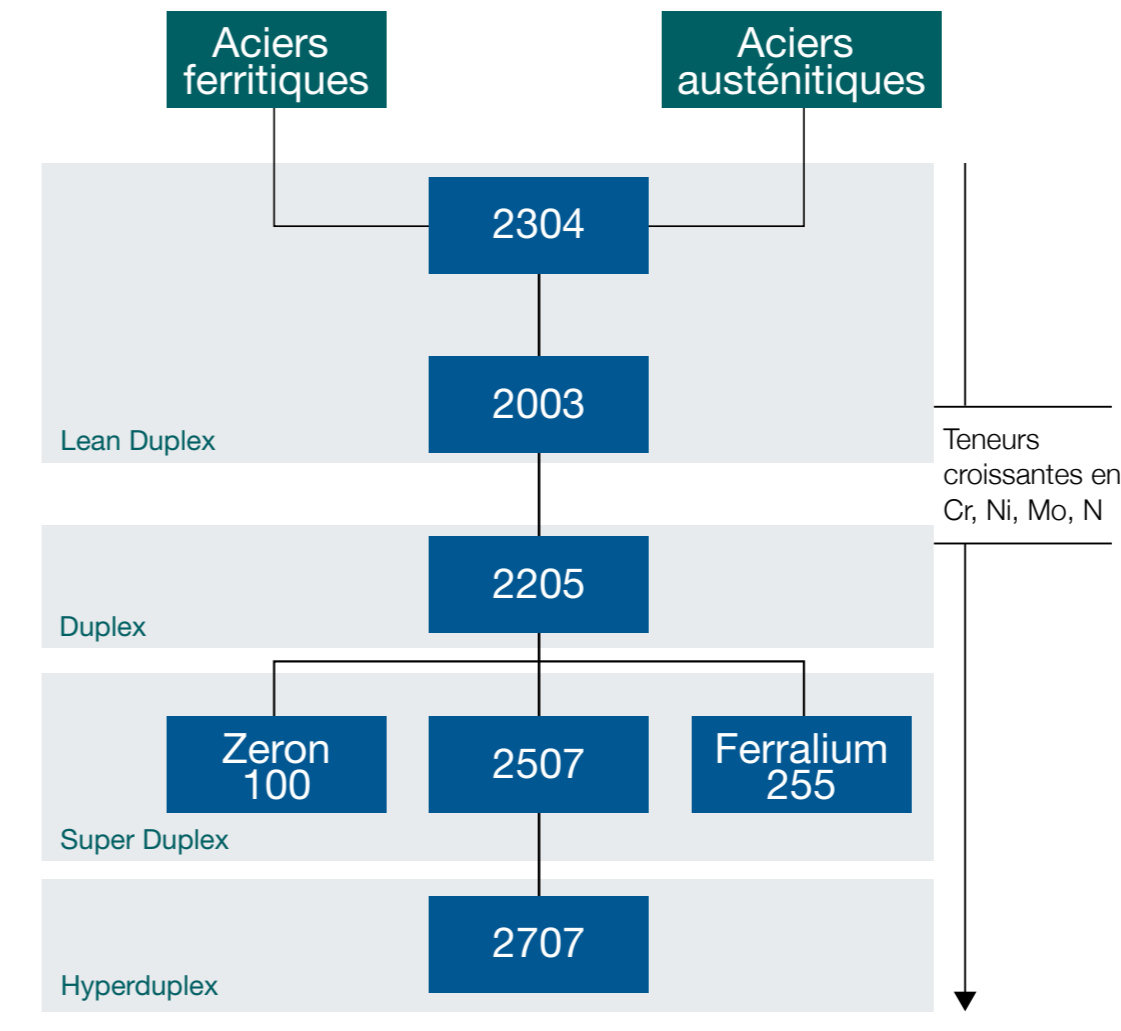
Acier inoxydable

## Alliage 2507 – Acier inoxydable super duplex

Les aciers inoxydables duplex ont une microstructure à deux phases constituée de grains d'austénite et de ferrite. Cette structure confère à ces matériaux une combinaison de propriétés intéressantes, dont la robustesse, la ductilité et la résistance à la corrosion.

L'alliage 2507, un acier inoxydable austéno-ferritique super duplex, est adapté à une utilisation dans des milieux fortement corrosifs. Composé notamment de nickel, de molybdène, de chrome, d'azote et de manganèse, il offre une excellente résistance aux divers types de corrosion – généralisée, par piqûres, caverneuse, sous contrainte – tout en conservant son aptitude au soudage.

- Des pressions nominales plus élevées grâce à une limite élastique et à une résistance à la traction supérieures
- À diamètre extérieur et pression nominale identiques, l'épaisseur moindre de la paroi permet d'obtenir des débits plus importants qu'avec un tube en acier inoxydable 316/316L
- Soudabilité
- Applications jusqu'à 250°C (482°F)
- Conductivité thermique supérieure et coefficient de dilatation inférieur à ceux de l'acier inoxydable 316
- Adapté aux applications mettant en œuvre des gaz acides (NACE MR0175/ISO 15156)
- Les produits Swagelok en alliage 2507 sont fabriqués à partir de barres et de pièces forgées qui répondent aux exigences de la norme NORSOK M-650 relative aux chaînes d'approvisionnement



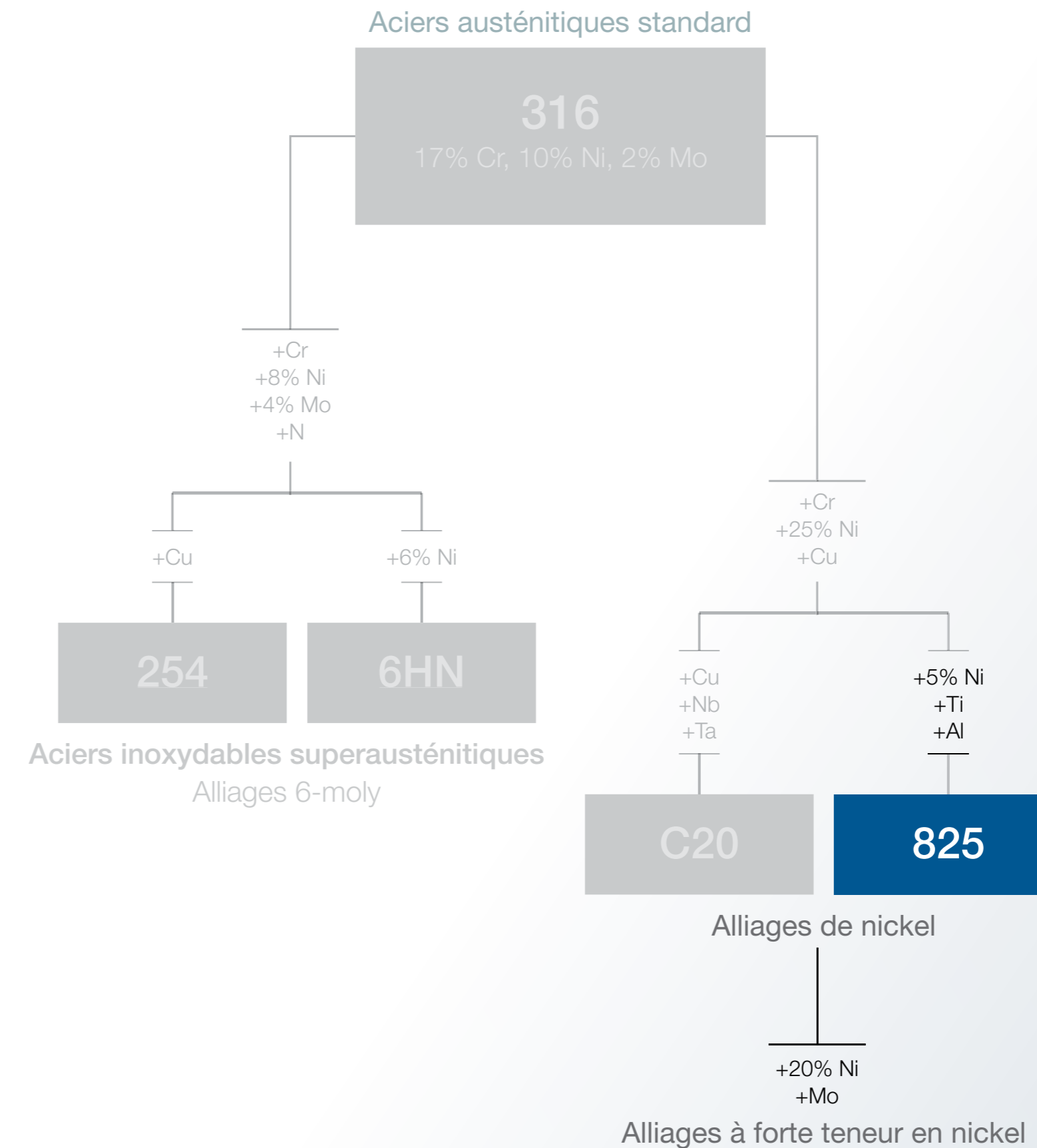
Les propriétés mécaniques de l'alliage 2507 en font un très bon matériau pour des applications offshore et des systèmes immergés aux pressions élevées dans lesquels la corrosion, le débit du fluide et le poids sont des aspects importants à prendre en compte.

Alliages de nickel

## Alliage 825

L'alliage 825 (Incoloy® 825) est un alliage contenant du nickel, du fer, du chrome et du molybdène, conçu pour résister aux différents types de corrosion – généralisée, par piqûres, caverneuse, sous contrainte – avec des fluides très divers.

- Résistant à la corrosion intergranulaire grâce à une stabilisation au titane
- Adapté aux applications mettant en œuvre des gaz acides (NACE MR0175/ISO 15156)
- Résistant aux milieux réducteurs (acide sulfurique ou phosphorique)

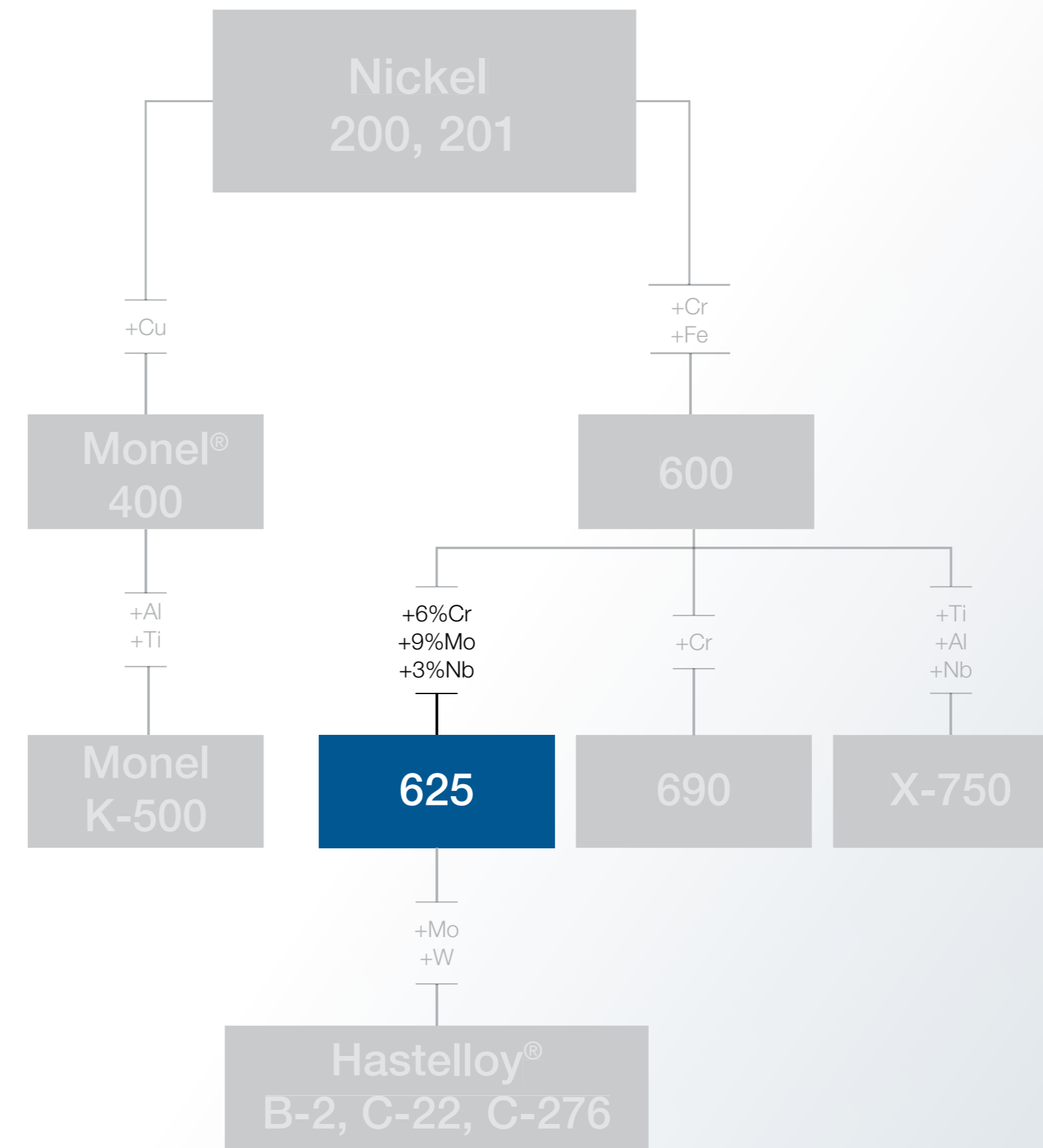


Alliages de nickel

## Alliage 625

L'alliage 625 (Inconel® 625) est un alliage contenant du nickel, du chrome, du molybdène ainsi qu'une petite quantité de niobium, conçu pour limiter le risque de corrosion intergranulaire dans divers environnements fortement corrosifs.

- Résistance à l'acide chlorhydrique et à l'acide nitrique
- Résistance mécanique et ductilité
- Résistance à la corrosion par piqûres et à la corrosion cavernueuse à des températures élevées
- Adapté aux applications mettant en œuvre des gaz acides (NACE MR0175/ISO 15156)



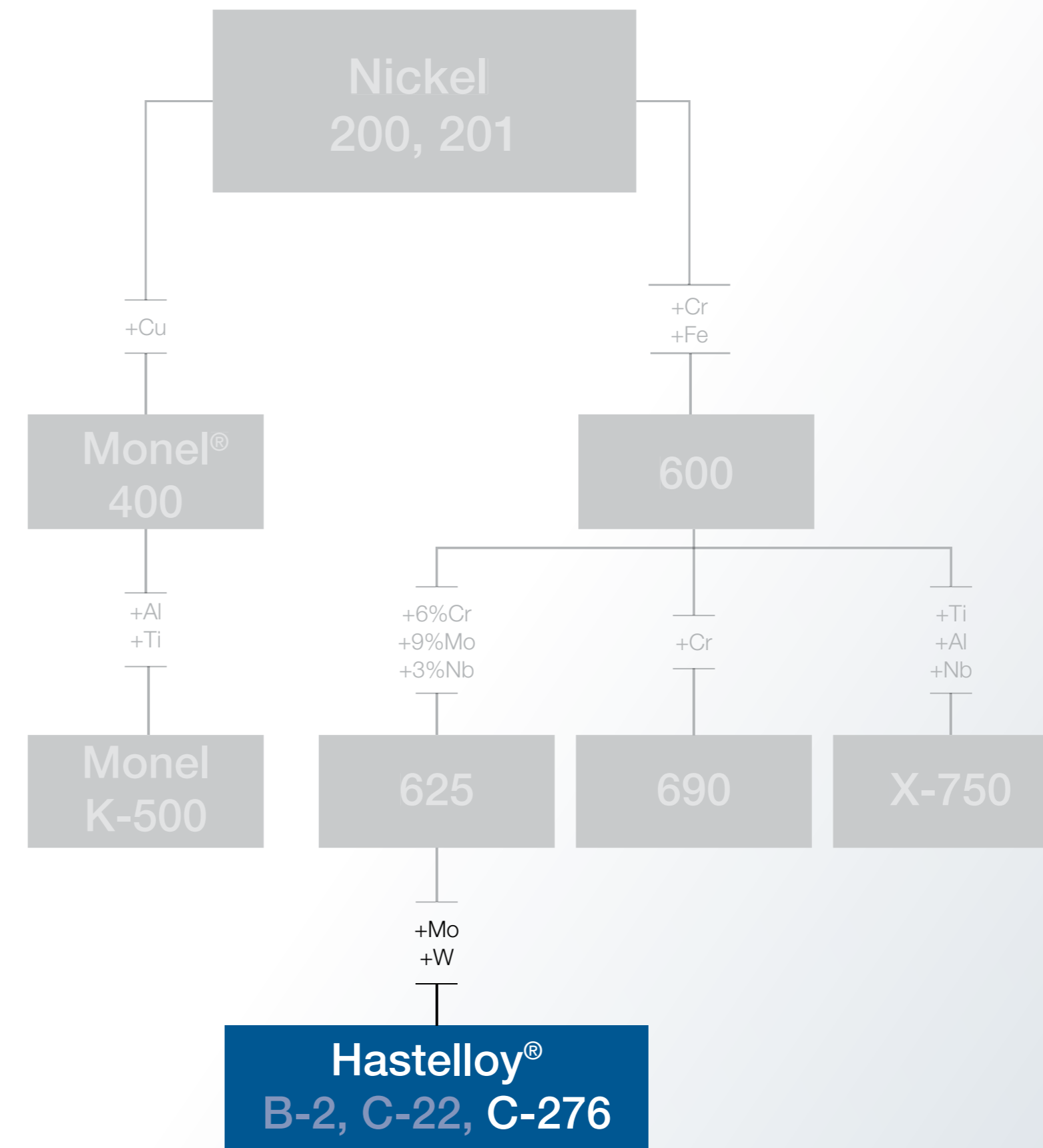
Alliages de nickel

## Alliage C-276

L'alliage C-276 (Hastelloy® C-276) contient du nickel, du chrome et du molybdène. Sa teneur élevée en molybdène le rend exceptionnellement résistant à la corrosion par piqûres et à la corrosion caverneuse et il est l'un des rares matériaux capables de supporter les effets corrosifs du chlore gazeux humide, de l'hypochlorite et du dioxyde de chlore.

- Résistance aux fluides oxydants et réducteurs
- Ductilité, ténacité et résistance mécanique à des températures élevées
- Résistance à la corrosion caverneuse, à la corrosion par piqûres, à la corrosion sous contrainte due aux gaz sulfureux et à la corrosion intergranulaire
- Adapté aux applications mettant en œuvre des gaz acides (NACE MR0175/ISO 15156)

Notez qu'il est DÉCONSEILLÉ d'utiliser cet alliage dans des milieux fortement oxydants, par exemple, avec de l'acide nitrique concentré à haute température.



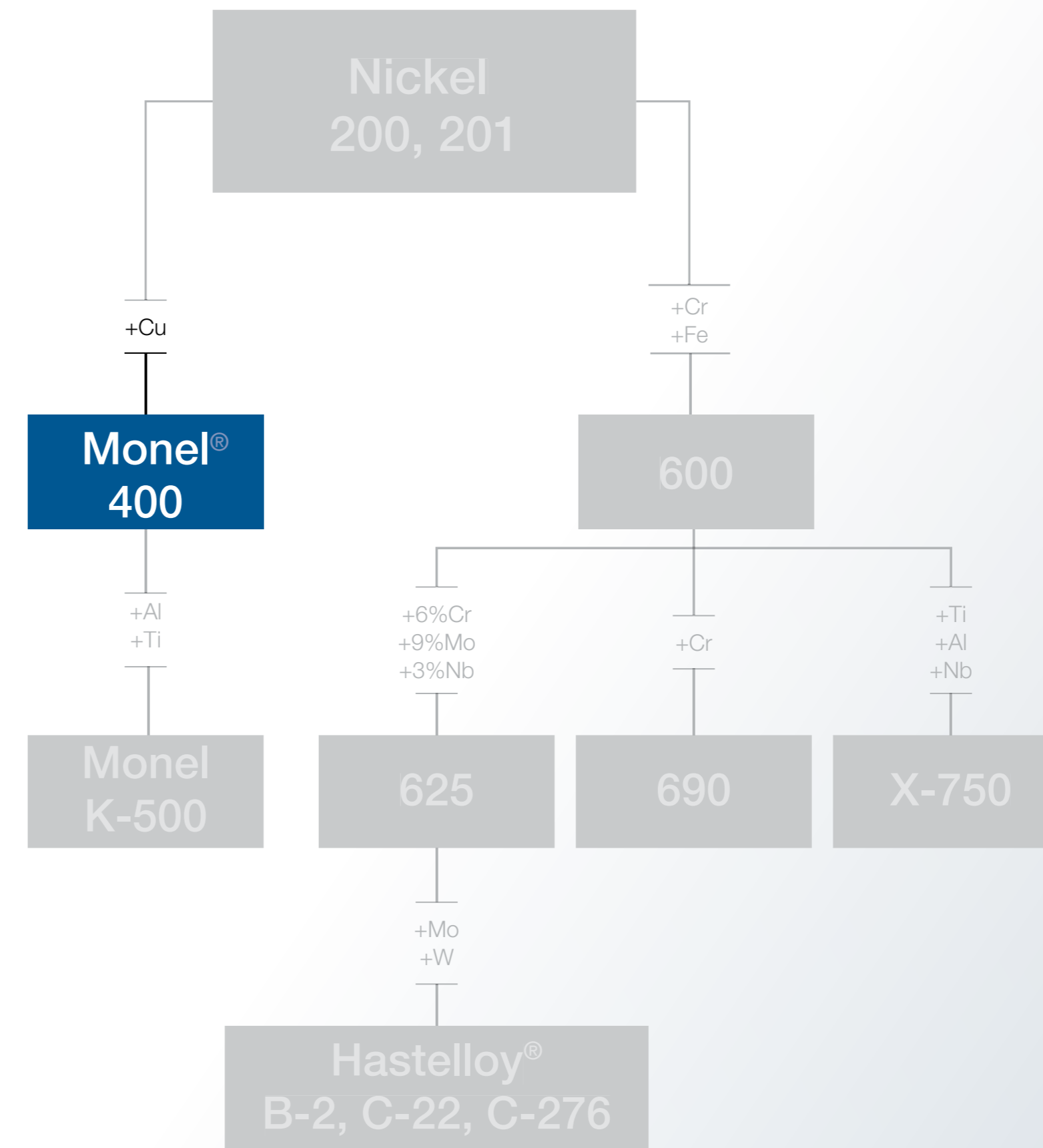
Alliages de nickel

## Alliage 400

L'alliage 400 (Monel® 400) est un alliage de nickel et de cuivre connu pour son exceptionnelle résistance à l'acide fluorhydrique, ainsi que pour sa résistance à la corrosion sous contrainte et à la corrosion par piqures dans la plupart des eaux douces et des eaux à usage industriel.

- Résistance mécanique et résistance à la corrosion avec des fluides variés sur une plage de température étendue
- Propriétés mécaniques conservées à des températures négatives

Notez qu'il a été montré que cet alliage était sujet à une corrosion par piqûres et à une corrosion caverneuse dans une eau de mer stagnante.



## Alliages de titane

Une couche d'oxyde stable et très adhérente protège les alliages de titane contre la corrosion. Cette couche se forme dès qu'une surface non oxydée est exposée à l'air ou à l'humidité. Les milieux anhydres et dépourvus d'oxygène doivent être évités dans la mesure où la couche protectrice ne pourrait pas se régénérer si elle devait être abîmée.

Le titane est utilisé avec succès dans de nombreuses applications en raison de son excellente résistance à la corrosion :

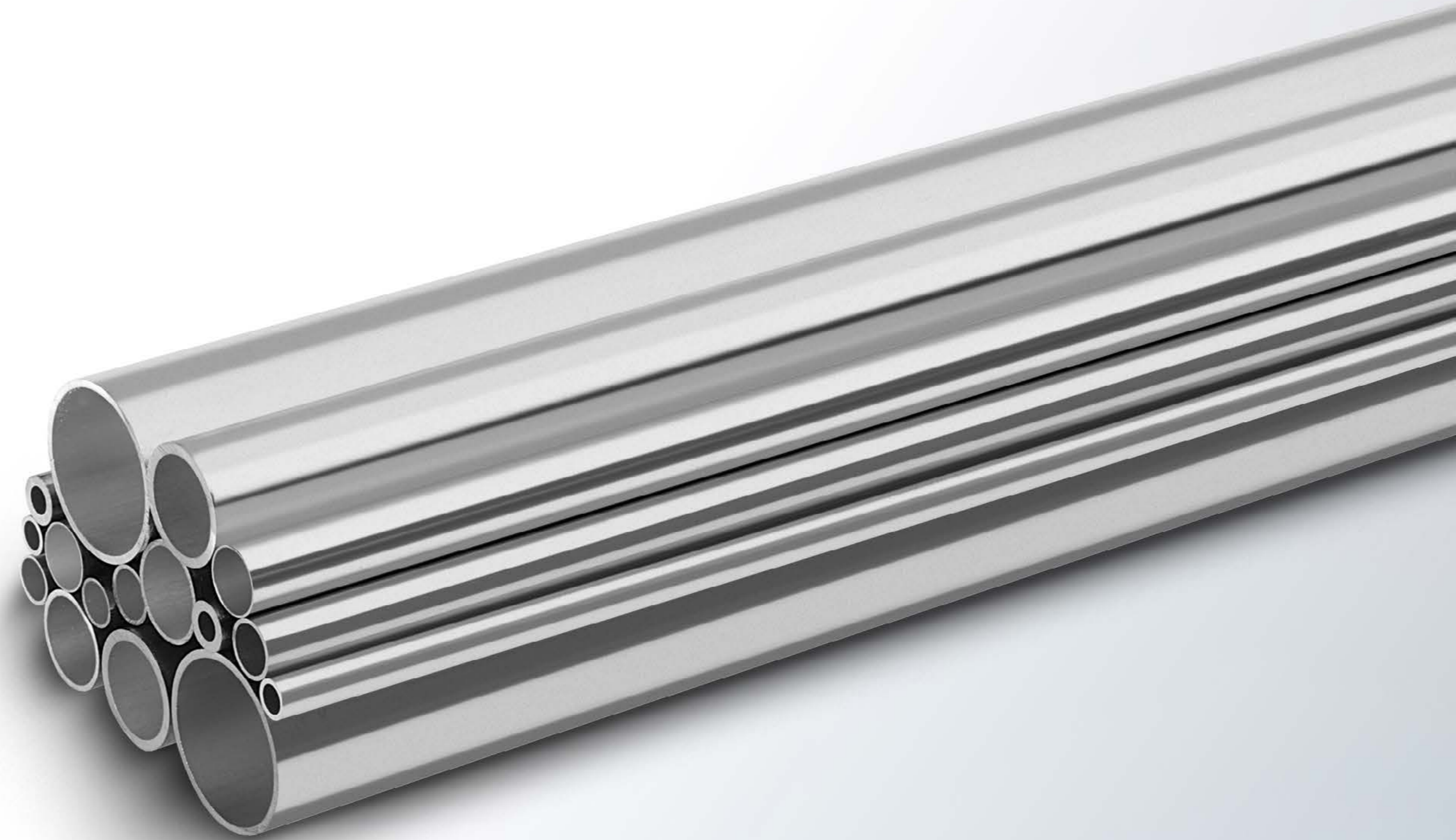
- Solutions contenant des ions chlorure et chlore gazeux humide
- Solutions aqueuses de chlorites, d'hypochlorites, de perchlorates et de dioxyde de chlore
- Eau de mer naturelle et chlorée à des températures relativement élevées

Le titane et ses alliages :

- Ont une résistance exceptionnelle à la corrosion microbologique
- Sont très résistants aux acides oxydants sur un large intervalle de concentrations et de températures. Les acides courants qui appartiennent à cette catégorie sont les acides nitrique, chromique, perchlorique et hypochloreux ( $\text{Cl}_2$  humide).

Les limites à l'utilisation du titane et de ses alliages sont les suivantes :

- Le titane non allié se corrode parfois en présence de chlore en solution aqueuse dans des situations non prévues dans les tableaux généraux des vitesses de corrosion
- Le chlore sec peut attaquer rapidement le titane et peut même provoquer une inflammation
- Le titane n'est pas adapté à un usage avec le fluor à l'état gazeux, l'oxygène pur ou l'hydrogène



## Combinaisons de matériaux

Dans les installations maritimes où les raccords Swagelok en acier inoxydable 316/316L se sont bien comportés mais où les tubes fabriqués dans ce même matériau ont subi une corrosion caverneuse au niveau des colliers de serrage, il peut s'avérer rentable d'utiliser ces mêmes raccords avec des tubes fabriqués dans un alliage plus résistant à la corrosion. On pourra ainsi associer des raccords pour tubes Swagelok en acier inoxydable 316/316L avec des tubes en alliage 254, 904L ou 825, ou des tubes en Tungum® (alliage de cuivre UNS C69100).

Les teneurs élevées en chrome et en nickel de l'acier inoxydable 316/316L confèrent aux raccords pour tubes Swagelok une plus grande résistance à la corrosion localisée. La très bonne tenue du tube est obtenue grâce au procédé hinging-colleting™ breveté et déposé par Swagelok, dans lequel la bague arrière du raccord transforme – avec un couple de serrage relativement faible – le mouvement longitudinal en une force de sertissage radiale exercée sur le tube. La surface de la bague est durcie au moyen du procédé SAT12 de cémentation à basse température breveté par Swagelok, ce qui favorise l'obtention d'une parfaite adhérence entre la bague et les tubes fabriqués dans les alliages mentionnés précédemment.

Solution potentiellement rentable et efficace pour lutter contre la corrosion, les combinaisons de matériaux offrent les avantages suivants sur des installations en milieu marin :

- Un acier inoxydable 316 standard Swagelok aux teneurs en nickel et en chrome supérieures au minimum exigé par la norme ASTM A479, d'où un PREN plus élevé et une meilleure résistance à la corrosion localisée
- Une résistance élevée des tubes en alliages spéciaux à la corrosion par piqûres et à la corrosion caverneuse
- Un faible risque de corrosion galvanique au vu des positions relatives des alliages 316, 254, 904L et 825 dans le tableau des comptabilités galvaniques ou de l'efficacité observée dans la durée des raccords en acier inoxydable 316/316L associés à des tubes en tungum.

Comme avec n'importe quel assemblage comportant des tubes et des raccords fabriqués dans des matériaux différents, la pression nominale de l'ensemble est celle du composant dont la pression nominale est la plus faible. Pour les pressions nominales, reportez-vous au document *Données sur les tubes – Combinaisons de matériaux*, [MS-06-117](#) (en anglais).

### Méthode pour calculer la résistance à la corrosion

$$\text{PREN} = \%Cr + 3,3 \times (\%Mo + 0,5 W) + 16 \times \%N$$

$$\text{Acier 316 ASTM : PREN} = 16 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 23,1$$

$$\text{Acier 316 Swagelok : PREN} = 17,5 + 3,3 \times 2 + 16 \times 0,03 = 24,6$$

*L'indice PREN mesure la résistance d'un matériau à la corrosion localisée par piqûres. Un PREN élevé indique une meilleure résistance à ce type de corrosion.*



## Normes NACE et Norsok

Les composants pour systèmes fluides Swagelok fabriqués en acier inoxydable 316/316L ou dans des alliages spéciaux sont proposés en tant que produits conformes à la norme NACE MR0175/ISO 15156 concernant les gaz sulfureux. Les vannes et raccords en alliage 6HN (UNS N08367) et en alliage 2507 sont fabriqués à partir de barres et de pièces forgées elles-mêmes fabriquées selon des procédés qui répondent aux strictes exigences de la norme Norsok M-650 relative aux chaînes d'approvisionnement.

Pour en savoir plus :

- › Spécifications NACE
- › Aperçu des spécifications NACE MR0175/ISO 15156
- › Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes en alliage 2507 super duplex
- › Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes standard et moyenne pression en alliage 625
- › Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes, les raccords filetés et les raccords à souder en alliage 6-moly
- › Normes Norsok



## Spécifications NACE

La norme NACE MR0175/ISO 15156 énumère les matériaux présélectionnés pour un usage dans du matériel d'exploitation pétrolière utilisé en amont au contact de milieux corrosifs – mélanges de pétrole, de gaz et d'eau de mer contenant de l'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) – qui présentent un risque de corrosion sous contrainte due aux ions sulfure.

La norme permet l'utilisation de raccords pour tubes fabriqués en acier inoxydable 316 étiré à froid et en alliage 6-moly dans les systèmes d'instrumentation et les systèmes de contrôle respectivement. Des alliages de nickel écrouis peuvent également être utilisés pour les systèmes d'instrumentation et de contrôle, et pour acheminer les fluides du process.

Le document indique :

- Les exigences concernant le traitement et les propriétés des matériaux
- Les conditions relatives à l'environnement d'utilisation des matériaux
- Les restrictions concernant l'utilisation des matériaux dans certaines situations avec des gaz sulfureux

➤ **En savoir plus sur les spécifications NACE**

**L'importance des matériaux :** Informez-vous davantage sur la manière de choisir des composants pour systèmes fluides destinés à l'exploitation de gisements de pétrole riche en soufre en lisant cet article (en anglais) de la revue *Offshore Magazine*.

## Aperçu des spécifications NACE MR0175/ISO 15156

Alliage	Traitement de l'alliage	Tableau NACE correspondant	Application	Température maximale, °C (°F)	Pression partielle maximale du sulfure d'hydrogène <sup>①</sup> , kPa (psi)
6Mo (254, 6HN)	Recuit de mise en solution et étirage à froid	A.11	Tubes pour instrumentation, conduites de commande et raccords à compression	Aucune restriction ; se reporter aux spécifications NACE MR0175/ISO 15156 pour les mises en garde.	
	Recuit de mise en solution	A.8		60 (140)	100 (15)
625	Recuit et étirage à froid	A.14	Tout équipement ou composant	232 (450)	200 (30)
				218 (425)	2000 (300)
	149 (300)	Pas de limite			
	Aucune restriction ; se reporter aux spécifications NACE MR0175/ISO 15156 pour les mises en garde.				
2507	Recuit de mise en solution et étirage à froid	Non conforme aux spécifications NACE	S/O		
	Recuit de mise en solution	A.24	232 (450)	20 (3)	

➤ En savoir plus sur les spécifications NACE

① La pression partielle du sulfure d'hydrogène correspond à la part de ce gaz dans la pression totale. Exemple pour illustrer la notion de pression partielle : l'air étant composé à 21 % d'oxygène, si la pression de l'air est d'une atmosphère, la pression partielle de l'oxygène est alors de 0,21 atm.  
Pour obtenir des informations détaillées concernant les limites environnementales associées aux différents alliages, consulter les spécifications ANSI/NACE MR0175/ISO 15156.

## Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes en alliage 2507 super duplex

Pour qu'un raccord pour tube Swagelok en alliage 2507 fonctionne correctement, l'écrou et les bagues doivent être fabriqués à partir de barres étirées à froid. Ce matériau est suffisamment résistant pour maintenir fermement un tube en alliage 2507 (dont la surface a une dureté élevée) et supporter les pressions de service élevées indiquées dans le document de Swagelok intitulé [Données sur les tubes, MS-01-107](#).

Les raccords pour tubes Swagelok en alliage 2507 dont la référence contient le code -SG2 sont conformes aux spécifications de la norme NACE MR0175/ISO 15156 pour un usage dans n'importe quel équipement, conformément au tableau A.24 de la norme, si l'intérieur des raccords est en contact avec un gaz corrosif, mais pas l'extérieur.

Spécifications de la norme NACE MR0175/ISO 15156 pour l'alliage 2507 :

- Les corps des raccords pour tubes droits sont fabriqués à partir de barres d'alliage 2507 ayant subi une mise en solution.
- Les corps des raccords pour tubes façonnés sont fabriqués à partir de pièces d'alliage 2507 forgées ayant subi une mise en solution.
- Les filetages extérieurs du corps d'un raccord pour tube, qui ne sont pas en contact avec le fluide du système, peuvent être réalisés par la technique du roulage.
- Les filetages internes, qui sont en contact avec le fluide, sont réalisés avec une machine à fileter.
- Les écrous des raccords pour tubes sont fabriqués à partir de barres d'alliage 2507 étirées à froid, mais ne sont pas en contact avec le fluide du système.
- Les bagues arrière sont fabriquées à partir de barres d'alliage 6-moly étirées à froid, mais ne sont pas en contact avec le fluide du système.
- Les bagues avant sont fabriquées à partir de barres d'alliage 2507 étirées à froid.
- Le bord avant de la bague avant comporte une surface en contact avec le fluide. Comme cette surface est comprimée, elle n'est pas sujette à une corrosion sous contrainte ou à une fissuration causée par des gaz sulfureux. La norme indique en effet qu'une contrainte de traction est nécessaire pour que des fissures se forment.
- Les embouts de raccordement et les inserts de bouchon sont fabriqués à partir de barres d'alliage 2507 ayant subi un recuit de mise en solution.



**L'importance des matériaux :** Pour plus d'informations, reportez-vous à la fiche technique complète de Swagelok (en anglais) sur *les raccords pour tubes, les raccords filetés et les raccords à souder en alliage 2507 super duplex conformes aux spécifications NACE MR0175*, [MS-06-115](#).

➤ **En savoir plus sur les normes NACE**



## Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes standard et moyenne pression en alliage 625

Pour qu'un raccord pour tube Swagelok standard ou moyenne pression en alliage 625 fonctionne correctement, l'écrou et les bagues doivent être fabriqués à partir de barres étirées à froid.

Ce matériau est suffisamment résistant pour maintenir fermement un tube en alliage 625 et supporter les pressions de service élevées indiquées dans le document de Swagelok intitulé *Données sur les tubes*, [MS-01-107](#), et dans le catalogue (en anglais) des *Raccords et adaptateurs pour moyennes et hautes pressions – Alliages spéciaux*, [MS-02-474](#).

Les raccords dont le corps est fabriqué à partir de barres étirées à froid sont conformes aux spécifications du [tableau A.14](#) de la norme NACE MR0175/ISO 15156. Les raccords conformes aux spécifications du [tableau A.13](#) sont produits de la manière suivante :

- Les corps des raccords droits sont fabriqués à partir de barres ayant subi un recuit.
- Les corps des raccords façonnés sont fabriqués à partir de pièces forgées ou de barres ayant subi un recuit.
- Les écrous sont fabriqués à partir de barres ayant subi un recuit de mise en solution et étirées à froid, mais ne sont pas en contact avec le fluide du système.
- Les bagues arrière sont fabriquées à partir de barres ayant subi un recuit de mise en solution et étirées à froid, mais ne sont pas en contact avec le fluide du système.
- Les bagues avant sont fabriquées à partir de barres ayant subi un recuit de mise en solution et étirées à froid.
- Le bord avant de la bague avant comporte une surface en contact avec le fluide. Comme cette surface est comprimée, elle n'est pas sujette à une corrosion sous contrainte ou à une fissuration causée par des gaz sulfureux. La norme indique en effet qu'une contrainte de traction est nécessaire pour que des fissures se forment.
- Les bouchons, les embouts de raccordement et les adaptateurs pour tubes sont fabriqués à partir de barres ayant subi un recuit.



➤ **En savoir plus sur les normes NACE**

## Spécifications NACE concernant les raccords pour tubes, les raccords filetés et les raccords à souder en alliage 6-moly

La norme NACE MR0175/ISO 15156 contient des tableaux dans lesquels figurent des conditions et des limites environnementales relatives aux matériaux utilisés dans des applications qui mettent en œuvre des gaz corrosifs en amont. Les tableaux concernant les alliages 6-moly sont les [tableaux A.8 et A.11](#).

Le [tableau A.8](#) précise les limites environnementales et matérielles relatives aux aciers inoxydables austénitiques fortement alliés utilisés dans tout équipement ou composant d'une installation qui met en œuvre des gaz corrosifs.

Le [tableau A.11](#) précise les limites environnementales et matérielles relatives aux aciers inoxydables austénitiques fortement alliés utilisés pour fabriquer des tubes pour instrumentation, des conduites de commande, des raccords à compression et des dispositifs de filtrage de fond de puits ou de surface.



Composant	Matériau	Spécification ASTM	Marquage
1 Écrou	Alliage 254 (UNS S31254) ou alliage 6HN (UNS N08367)	A479 <sup>①</sup>	254 ou 6HN sur la face
2 Bague arrière	6HN (UNS N08367)	A479 <sup>②</sup>	6HN sur le rebord extérieur
3 Bague avant	<i>Alliage 254 (UNS S31254) ou alliage 6HN (UNS N08367)</i>	A479 <sup>①</sup>	<i>254 ou 6HN sur le rebord extérieur</i>
4 Corps	<i>Alliage 254 (UNS S31254) ou alliage 6HN (UNS N08367)</i>	<i>Corps droit – A479<sup>①</sup> Corps façonné – A182</i>	<i>Raccords pour tubes et filetés – 254 ou 6HN sur le col Raccords à souder – 254 ou 6HN sur le corps Raccords à souder et filetés – SG sur le corps</i>

Les composants en contact avec le fluide sont indiqués en *italique*.

① A479 (sauf pour l'allongement, la réduction de la section et la dureté avec des barres étirées à froid)

② A479 (sauf pour l'allongement et la dureté)

**L'importance des matériaux :** Pour plus d'informations, se reporter à la fiche technique complète de Swagelok (en anglais) sur *les raccords pour tubes, les raccords filetés et les raccords à souder en alliage 6-moly conformes aux spécifications NACE MR0175/ISO 15156, MS-06-122.*

## Normes Norsok

Les normes Norsok (mises au point par l'industrie pétrolière norvégienne) définissent les exigences suivantes concernant les matériaux et les chaînes d'approvisionnement :

- Assurer la sécurité et la rentabilité des activités
- Remplacer les spécifications des compagnies pétrolières
- Offrir une base en vue d'une normalisation internationale
- Retirer la norme dès la publication d'une norme internationale

Pour répondre à un intérêt croissant pour des produits conformes aux normes Norsok, Swagelok fournit des devis pour la commande de raccords pour tubes, de raccords filetés et de certaines vannes à usage industriel général fabriqués dans des matériaux certifiés Norsok.

Nous proposons des produits fabriqués à partir de barres et de pièces forgées en alliage 2507, 254 et 6HN, qui répondent aux exigences de la norme Norsok M-650 relative aux chaînes d'approvisionnement.

➤ [En savoir plus sur les normes Norsok](#)



## Normes Norsok

Le tableau ci-dessous contient des détails sur les normes.

Norme	Description
M-650 : Certification des fabricants de matériaux spéciaux	<p>Expose une série d'exigences visant à s'assurer que le fabricant :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Possède une expérience et des compétences suffisantes concernant la classe de matériaux concernée</li><li>• Dispose des installations et des équipements nécessaires pour fabriquer cette classe de matériaux sous la forme et aux dimensions exigées avec des propriétés acceptables</li></ul> <p>Porte également sur les fiches techniques des différentes formes de produits – tuyaux sans soudure, tuyaux soudés, raccords, pièces forgées, plaques, pièces moulées, barres, tubes.</p>
M-001: Sélection des matériaux	<p>Contient des indications, provenant également de la norme ISO 21457, pour choisir des matériaux utilisés dans la production offshore de pétrole et de gaz, notamment en ce qui concerne :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La protection et la lutte contre la corrosion</li><li>• Les limites techniques de matériaux spécifiques</li><li>• Les critères de qualification de nouveaux matériaux et de nouvelles applications</li></ul>
M-630 : Fiches techniques des matériaux et données d'élément pour la tuyauterie	<p>Contient des fiches techniques pour les matériaux suivants :</p> <p>Aciers au carbone : type 235, type 235LT, type 360LT</p> <p>Aciers inoxydables ferritiques/austénitiques : type 22Cr, type 25Cr</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alliage cuivre/nickel 90/10 et autres alliages de cuivre</li><li>• Alliages à base de nickel : type 625</li><li>• Polymères, notamment renforcés par des fibres</li><li>• Aciers inoxydables austénitiques : type 6Mo</li><li>• Aciers inoxydables austénitiques : type 316</li><li>• Titane</li><li>• Aciers faiblement alliés de haute résistance</li></ul>



## Formation à la physique des matériaux

### Faire les meilleurs choix pour votre application

Swagelok propose une *formation à la physique des matériaux*. Apprenez comment choisir le matériau optimal résistant à la corrosion pour des applications nécessitant des produits qui doivent avoir été conçus pour une pression spécifique, qui seront utilisés à des températures très basses ou très élevées, qui devront faire face à un risque de corrosion, qui doivent satisfaire à certaines normes industrielles ou qui doivent répondre à des exigences de performance particulières.

- Choisir des matériaux appropriés pour préserver l'étanchéité et l'efficacité de vos systèmes fluides
- Découvrir comment certains alliages résistent à la corrosion, le comportement des matériaux et l'incidence des normes industrielles sur le choix des matériaux

### Thèmes abordés

- Principes de la physique des matériaux, corrosion et autres facteurs ayant une incidence sur les propriétés des matériaux
- Types de corrosion et résistance de certains alliages à ce phénomène
- Marche à suivre pour sélectionner les matériaux de fabrication les mieux adaptés à des applications exigeantes en fonction des pressions et températures nominales, des risques de corrosion et de la réglementation
- Marche à suivre pour sélectionner des composants résistants aux gaz acides et conformes aux normes NACE
- Notions essentielles portant sur la nature et le comportement des matériaux, y compris au niveau atomique, et sur les caractéristiques microstructurales et les propriétés mécaniques des matériaux



## Ressources supplémentaires

### Qualité et fiabilité

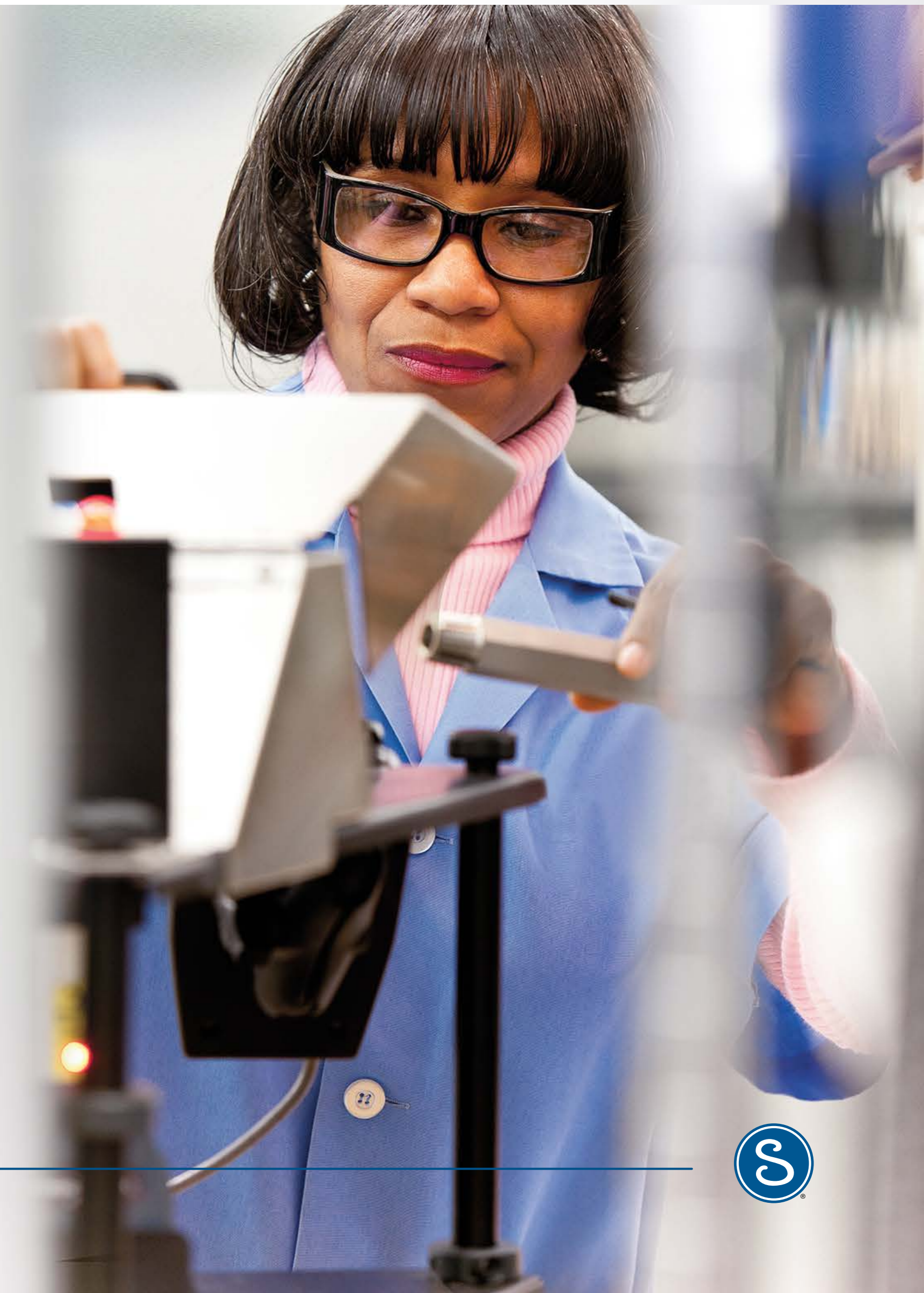
Pour qu'une solution soit performante et durable, la conception et les matériaux doivent être envisagés ensemble. C'est pourquoi Swagelok ne se contente pas d'un service consacré à la qualité ; c'est toute l'entreprise qui vise l'excellence, notamment en ce qui concerne les caractéristiques nominales et les rapports d'essai de tous nos alliages spéciaux.

Plutôt que d'acheter des matériaux disponibles sur le marché, nous avons choisi de contrôler rigoureusement la qualité de nos matériaux :

- En fixant aux aciéries un cahier des charges plus strict pour ce qui est de la qualité et des alliages
- En identifiant les matériaux de manière certaine
- En fabriquant notre propre outillage
- En recourant à méthodes d'essai non destructives basées sur la technologie
- En employant des techniciens affectés exclusivement à la chaîne d'approvisionnement

Ces mesures favorisent une qualité constante de nos matériaux et nous aident à faire en sorte qu'un défaut ne se retrouve pas dans un produit fini. Une fois installés dans votre système, tous les produits que nous avons vendus bénéficient d'une [garantie limitée à vie](#).

➤ **En savoir plus sur les Ressources supplémentaires**



## Ressources supplémentaires

### **Formation sur les produits et systèmes**

Perfectionnez votre connaissance des systèmes fluides et renforcez les compétences de votre équipe grâce à notre série complète de programmes de formation.

### **Services d'évaluation et de conseil**

Si vous avez besoin d'une assistance supplémentaire, nous pouvons inspecter vos installations pour les évaluer et trouver des solutions aux éventuels problèmes concernant les systèmes d'échantillonnage, les flexibles, les réseaux de vapeur, etc.

### **Solutions sur mesure Swagelok®**

Nous pouvons vous aider à concevoir, spécifier et construire des assemblages pour systèmes fluides. Nos assemblages professionnels et reproductibles sont testés, vérifiés et emballés – et tous bénéficient de la [garantie limitée à vie](#) Swagelok.

### **Trouver un conseiller technique**

Vous souhaitez discuter plus en détail de vos besoins en matériaux ? Prenez contact avec votre point de vente et centre de service agréé Swagelok.

➤ **En savoir plus sur les Ressources supplémentaires**



## Ressources supplémentaires

Cliquez sur les liens ci-dessous pour accéder à d'autres documents de référence utiles :

### Articles

[World Oil](#) : Preventing pitting and crevice corrosion of offshore stainless steel tubing

[Offshore Magazine](#) :

### Guides de référence

[Données sur les tubes](#), MS-01-107

[Données sur les tubes – Combinaisons de matériaux](#), MS-06-117

### Rapports d'essais des produits (PTR) (en anglais)

Essai de corrosion sous contrainte due aux ions chlorure sur des raccords pour tubes Swagelok® en acier inoxydable 316 avec combinaisons de matériaux

[PTR-4183](#) – Essai de corrosion sous contrainte due aux ions chlorure

Tubes en acier inoxydable superausténitique 254 SMO® (6-moly) avec des raccords pour tubes Swagelok® en acier inoxydable

[PTR-2834](#) – Essai de traction

[PTR-2835](#) – Essai d'épreuve hydrostatique et de cyclage thermique à haute température

[PTR-2836](#) – Essai d'épreuve hydrostatique et de cyclage thermique à basse température

[PTR-2841](#) – Essai de résistance aux vibrations en flexion rotative

[PTR-2849](#) – Essai d'épreuve hydrostatique et essai d'impulsions de pression hydraulique

[PTR-2852](#) – Essai d'étanchéité hydrostatique

[PTR-2853](#) – Essai d'étanchéité à l'azote avec réassemblages répétés

### Normes NACE et NORSOK

Vannes conformes aux normes NACE et NORSOK, [SCS-00193](#)

## SÉLECTION DES PRODUITS EN TOUTE SÉCURITÉ

Lors de la sélection d'un produit, l'intégralité de la conception du système doit être prise en considération pour garantir un fonctionnement fiable et sans incident. La responsabilité de l'utilisation, de la compatibilité des matériaux, du choix de capacités nominales appropriées, d'une installation, d'un fonctionnement et d'une maintenance corrects incombe au concepteur et à l'utilisateur du système.