

# Goupilles élastiques spiralées en acier inoxydable Type 316

Examen plus approfondi du Type 316 comparé au Type 302/304 et ses applications habituelles.

par Christopher G. Jeznach, Ingénieur produit  
SPIROL International Corporation, U.S.A.

La polyvalence des goupilles élastiques spiralées en font souvent la fixation idéale répondant aux objectifs techniques et économiques spécifiques des applications de goupillage. Elles sont disponibles dans une grande variété de tailles, de séries, de finitions et de matériaux. Parmi les matériaux utilisés pour fabriquer des goupilles élastiques spiralées, l'acier inoxydable est souvent requis pour sa résistance élevée à la corrosion. Les goupilles élastiques spiralées sont le plus souvent fabriquées en acier inoxydable de Type 302/304 et 420, mais le Type 316 est également disponible et est généralement sélectionné pour sa résistance supérieure à la corrosion. Cet article examine plus en détail le Type 316 comparé au Type 302/304, et décrit divers environnements et applications où celui-ci procure un avantage.

## Composition chimique

Même si les aciers inoxydables Type 302 et Type 304 sont techniquement deux matériaux différents, leur composition chimique et leurs propriétés sont très proches. De ce fait, les aciéries peuvent fondre le matériau de telle manière qu'il réponde aux spécifications du Type 302 et du Type 304. Dès lors, les constructeurs font référence aux goupilles élastiques austénitiques comme étant de Type 302/304, et cette convention d'appellation sera utilisée dans cet article.

Le *Tableau 1* compare les compositions chimiques des types d'aciers inoxydables austénitiques utilisés pour les goupilles élastiques spiralées. Le terme austénitique fait référence à la structure du métal, et classe l'acier inoxydable comme non traitable thermiquement, non magnétique à l'état totalement recuit et ayant une capacité de durcissement.

Avant d'aborder les spécifications du Type 316, il peut s'avérer utile d'expliquer brièvement comment s'effectue l'alliage des Types 302 et 304, et ce qui permet à chacun d'eux d'atteindre sa résistance à la corrosion.



Tableau 1. Composition chimique (%) des aciers inoxydables austénitiques utilisés pour les goupilles élastiques spiralées de SPIROL

	Type 302	Type 304	Type 316
<b>Composition chimique (%)</b>			
<b>C</b>	0,15	0,08	0,08
<b>Mo</b>	--	--	2 – 3
<b>Cr</b>	17 – 19	18 – 20	16 – 18
<b>Ni</b>	8 – 10	8 – 10,5	10 – 14

\*Les valeurs uniques sont des valeurs maximales

Chacun des aciers inoxydables de la série 300 présentés dans le *Tableau 1* sont avec à plus de nickel que l'acier inoxydable de Type 420, et ont une teneur en chrome supérieure. (L'acier inoxydable de Type 420 contient 0,5% de nickel et 12–14% de chrome.) Ceci garantit à l'acier inoxydable de la série 300 une résistance supérieure à la corrosion, notamment à la corrosion par piqûres et à la fissuration par corrosion sous contrainte. En outre, les aciers inoxydables de la série 300 ont une teneur en carbone inférieure à certains autres types d'aciers inoxydables, ce qui contribue à renforcer leur résistance à la corrosion en réduisant la possibilité de formation de carbures aux joints de grains et par la suite d'une corrosion intergranulaire (dénommée sensibilisation).

La principale différence de composition entre le Type 316 et le Type 302/304 est que le Type 316 est allié à 2–3% de molybdène, ce qui augmente la résistance à la corrosion par piqûres en améliorant la durabilité du film de passivation. Le film de passivation, généralement un oxyde, est une couche « transparente, invisible » sur la surface métallique qui améliore la protection contre la corrosion. L'ajout de molybdène augmente également la tension sur la structure du réseau cristallin, ce qui rapproche les molécules l'une de l'autre et augmente donc l'énergie requise pour la dissolution des atomes de fer et leur remontée en surface. Le molybdène a un effet similaire au chrome sur la microstructure ; c'est pourquoi le Type 316 n'a pas besoin d'autant de chrome que le Type 302/304. Pour conserver la structure austénitique dans les aciers inoxydables contenant du molybdène, la teneur en nickel doit être augmentée. Comme indiqué dans le *Tableau 1*, la teneur en nickel du Type 316 est de 10–14%, par rapport aux 8–10,5% du Type 304 et aux 8–10% du Type 302.

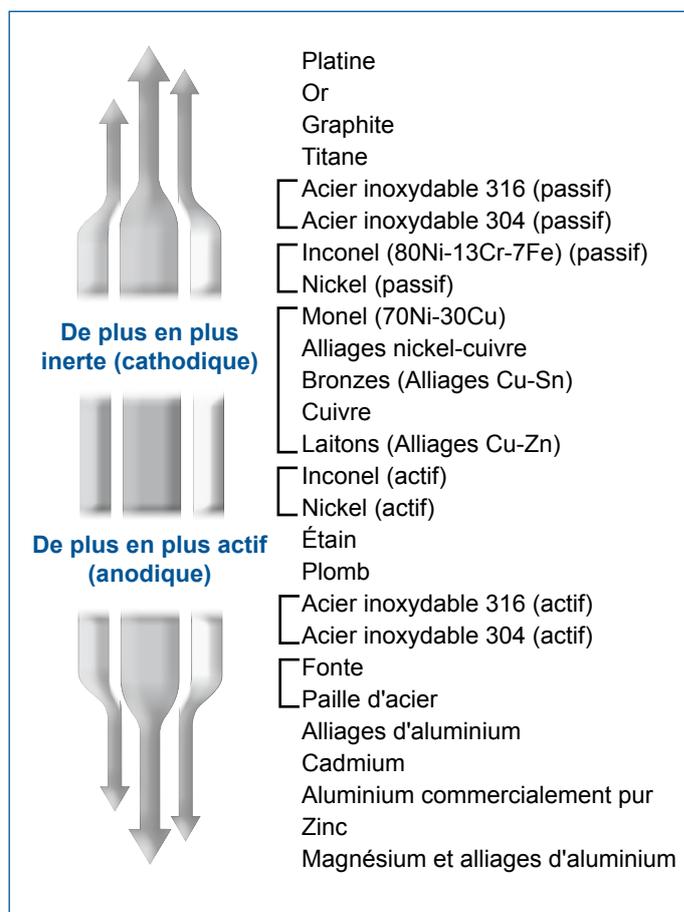
## Résistance à la corrosion

Bien que les aciers inoxydables austénitiques de la série 300 possèdent des propriétés physiques et de résistance les rendant adéquats pour de nombreuses applications, leur capacité de résistance à différents environnements corrosifs, tant chimiques qu'atmosphériques, est généralement considérée comme la raison principale et la plus importante de leur sélection. Tous les aciers inoxydables de la série 300 jouissent d'une résistance élevée à la corrosion, mais le Type 316 est connu pour être l'un des aciers les plus résistants à la corrosion. Alors que la résistance à la corrosion du Type 302/304 répond aux exigences de la plupart des applications, ces aciers ont tendance à se corroder dans les environnements plus sévères, alors que le Type 316 n'a pas cette tendance, comme par exemple dans de l'eau de mer et des environnements pétrochimiques. Il existe de nombreux types de corrosion et il importe de bien comprendre chaque type et l'avantage que peut apporter le Type 316.

## Corrosion galvanique

Ce type de corrosion se produit entre deux métaux dissemblables, lorsqu'ils sont en contact et immergés dans un environnement où les métaux réagissent électriquement et chimiquement l'un à l'autre. Il importe d'examiner la série galvanique (*voir Tableau 2*) pour s'assurer que le matériau ne se corrode pas lorsqu'il est exposé au matériau correspondant. Par exemple, lorsque deux alliages sont en contact dans de l'eau de mer, une corrosion se produira dans l'alliage inférieur de la série. Plus les deux métaux sont éloignés l'un de l'autre dans le tableau de la série galvanique, plus ils seront susceptibles de se corroder en cas d'immersion dans un électrolyte.

Tableau 2. La série galvanique<sup>1</sup>



## Corrosion par piqûres

La corrosion par piqûres est un type de corrosion très localisé qui provoque la création de petits points et éventuellement de trous dans le matériau. Tout type de fissure ou même une petite rayure peut causer le déclenchement d'une corrosion par piqûres et provoquer une défektivité (*Voir Figure 1*). Des piqûres pouvant facilement survenir dans l'eau de mer pour le Type 302/304, c'est la raison pour laquelle le Type 316 est souvent utilisé. L'ajout de molybdène améliore fortement la résistance à la corrosion par piqûres.

Le Type 316 est généralement reconnu comme présentant des avantages par rapport au Type 302/304 dans les environnements riches en chlorure tels que l'eau de mer ; c'est pourquoi il y est également fait référence en tant qu'acier inoxydable de qualité marine. Il existe également plusieurs environnements caustiques détaillés dans le *Tableau 3* où le Type 316 peut offrir une résistance améliorée à la corrosion.

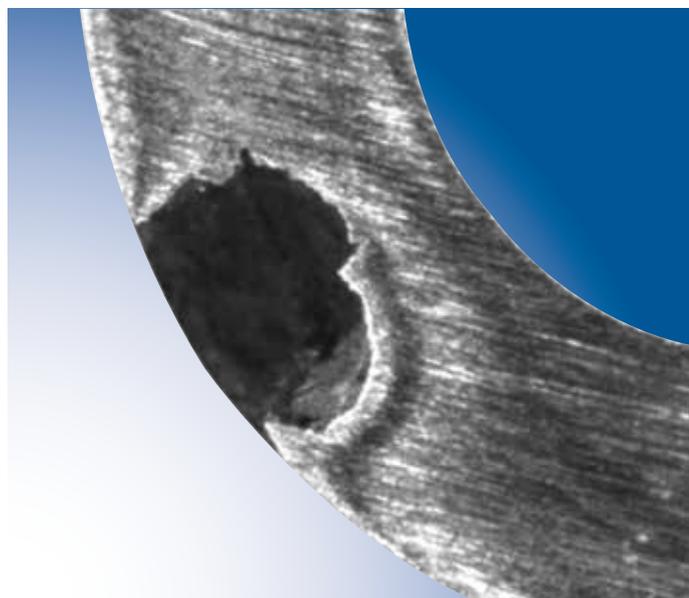


Figure 1. Section transversale d'une piqûre démontrant l'impact sur une section et la réduction de résistance

De nombreux rapports et études ont paru, analysant l'impact de la SCC sur les aciers inoxydables austénitiques, mais à cause du grand nombre de variables et facteurs, tels que les contraintes, la composition chimique et les conditions environnementales, il est difficile d'appliquer une corrélation unique entre les divers types d'aciers inoxydables et la manière dont ils réagissent. De ce fait, il importe d'effectuer des essais correspondants aux exigences d'une application spécifique.

Voici une liste de quelques solutions chlorurées pouvant causer une SCC des aciers inoxydables de la série 300<sup>2</sup> :

- Chlorure d'ammonium
- Chlorure de calcium
- Chlorure de cobalt
- Chlorure de lithium
- Chlorure de magnésium
- Chlorure de mercure
- Chlorure de sodium
- Chlorure de zinc

### Corrosion intergranulaire

Ce type de corrosion n'est généralement pas un problème pour l'acier inoxydable de la série 300 puisqu'il implique la conservation des goupilles à des températures élevées (au-delà de 430°C/800°F) pendant des périodes prolongées. Les goupilles spiralées en acier inoxydable série 300 peuvent être utilisées à des températures aussi basses que -185°C (-300°F) et aussi élevées que 400°C (750°F).

Tableau 3. Environnements dans lesquels le Type 316 procure une résistance améliorée à la corrosion par rapport aux Types 302 et 304

Eau de mer	Acide sulfureux
Eau du robinet	Acide tartrique
Eaux d'exhaure	Acide acétique
Eau de chaudière	Acide formique
Chlorures alcalins	Acide lactique
Sels acides	Divers acides organiques
Sels d'halogène	Corrosion due aux aliments
Acide phosphorique	

### Propriétés mécaniques

Comme les aciers inoxydables de la série 300 (et tous les aciers austénitiques) peuvent être trempés à froid, ils présentent une vaste plage de propriétés mécaniques. Le travail à froid du matériau modifie la dureté et le magnétisme des aciers inoxydables de la série 300. Le *Tableau 4* ci-dessous reprend les propriétés mécaniques des aciers inoxydables austénitiques des Types 302, 304 et 316 à l'état recuit.

Tableau 4. Propriétés minimales à température ambiante, état recuit<sup>3</sup>

### Fissuration par corrosion sous contrainte

La fissuration par corrosion sous contrainte (SCC, Stress Corrosion Cracking) est un processus de fissuration qui ne peut se produire que si le matériau se trouve dans un environnement corrosif et sous contrainte de traction soutenue. Sans l'une de ces deux conditions, la SCC ne peut pas se produire. Pour les aciers inoxydables de la série 300, la fissuration par corrosion sous contrainte est l'un des types de fissuration les plus communs et connu pour influencer l'intégrité structurelle du matériau. De nombreux facteurs peuvent avoir un impact sur la SCC, y compris les contraintes externes et résiduelles, la température et la condition cyclique de l'application.

	Type 302	Type 304	Type 316
<b>Résistance en traction, MPa (ksi)</b>	515 (75)	515 (75)	515 (75)
<b>Limite d'élasticité conventionnelle, MPa (ksi)</b>	205 (30)	205 (30)	205 (30)
<b>Dureté, max (HRB)</b>	88	88	95

<sup>2</sup> The International Nickel Company, Inc. 1963. "Corrosion Resistance of the Austenitic Chromium-Nickel Stainless Steels in Chemical Environments."

<sup>3</sup> *Metals Handbook, Desk Edition, 2<sup>nd</sup> Edition, 1998.* ASM International

## Magnétisme

Lorsque des aciers inoxydables de la série 300 sont totalement recuits, ils sont non magnétiques et leur magnétisme augmente lorsqu'ils sont durcis. Les aciers de Type 302/304 présentent une perméabilité magnétique plus élevée à la suite du durcissement.

## Coût et disponibilité

Pour les goupilles élastiques, le Type 302/304 est l'acier inoxydable austénitique le plus largement utilisé et, pour cette raison, on le trouve généralement en quantités plus importantes que le Type 316. Dès lors, les goupilles élastiques en acier inoxydable Type 302/304 coûtent généralement moins cher et sont aisément disponibles.

## Applications

De nombreuses applications peuvent requérir une résistance à la corrosion supérieure à celle fournie par le Type 302/304. Certaines d'entre elles sont détaillées dans le *Tableau 5*. Les goupilles élastiques spiralées en acier inoxydable de Type 316 réduisent la corrosion par piqûres se produisant dans ces applications puisqu'elles sont soumises à diverses substances agressives (voir *Tableau 3*).

Tableau 5. Applications et secteurs utilisant des goupilles élastiques spiralées en acier inoxydable de Type 316 (Remarque : le Type 302/304 peut être suffisant)

### Applications

Assemblages exposés à un environnement marin  
Aménagements de bateaux  
Collecteurs d'échappement  
Pièces de moteur à réaction  
Équipement pharmaceutique  
Pièces de four  
Équipement photographique  
Équipement de traitement de pâtes et papiers  
Tamis d'exploitation minière et de filtration d'eau  
Échangeurs de chaleur  
Assemblages dans les usines de traitements chimiques  
Équipement médical

### Secteurs

Secteur chimique, pharmaceutique  
Lessiveurs, évaporateurs et équipement de manutention de l'industrie du papier  
Secteur médical  
Équipement de raffinage du secteur textile  
Films photographiques  
Équipement de raffinage de pétrole

## Conclusion

Les goupilles élastiques spiralées peuvent être réalisées en de nombreux types de matériaux, y compris plusieurs catégories d'aciers inoxydables. Les aciers inoxydables du Type 302/304 sont un choix fréquent pour leur résistance élevée à la corrosion. Dans les environnements où la résistance à la corrosion du Type 302/304 peut ne pas être suffisante, comme dans un environnement marin où la goupille est exposée aux chlorures, le Type 316 peut représenter un meilleur choix puisque la corrosion par piqûres ne se produit pas aussi facilement. Le Type 316 est généralement plus cher que le Type 302/304, mais sa résistance accrue à la corrosion garantit que les composants critiques restent intacts et ne causent pas de dommages supplémentaires aux pièces environnantes. Pour la plupart des équipes d'ingénierie, l'accroissement de la sécurité vaut le coût supérieur du composant, particulièrement dans le cadre du traitement de produits chimiques nocifs et dangereux.

À cause de la complexité et des nombreuses variables caractérisant les environnements corrosifs, comme le type et la concentration des produits chimiques, la fatigue imposée au matériau, les conditions atmosphériques, le temps et la température, il est toujours important d'effectuer des essais lors de la sélection du matériau de fixations telles que les goupilles élastiques spiralées, afin de s'assurer que le matériau produise les résultats désirés.

La sélection correcte du matériau est l'un des critères de conception les plus importants des ingénieurs, car il dicte le coût final, la longévité et les performances du produit final. La sélection s'effectue parmi un grand nombre de types de matériaux, et lorsqu'il s'agit de sélectionner les matériaux de fixation, les sociétés spécialisées en conception de fixations peuvent contribuer à déterminer le matériau le mieux approprié.



Goupille élastique spiralée 316 dans un loquet de verrouillage de bateau en acier inoxydable



Merci de consulter le site [www.SPIROL.com](http://www.SPIROL.com) pour obtenir les spécifications et gammes standard actualisées.

Les ingénieurs d'application **SPIROL** vont revoir les besoins de votre application et travailler avec votre équipe afin de vous recommander la meilleure solution. Pour commencer le processus d'évaluation de votre application, sélectionnez notre portail **Optimisation d'application d'ingénierie** sur [www.SPIROL.com](http://www.SPIROL.com)

Certifié :  
ISO/TS 16949  
ISO 9001

© 2017 SPIROL International Corporation

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ou transmise par n'importe quel moyen électronique ou mécanique, sauf exception permise par la loi, sans l'accord écrit par le Groupe SPIROL.

## Centres Techniques

### Europe SPIROL SAS

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin  
18 Rue Léna Bernstein  
51100 Reims, France  
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42  
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

### SPIROL Royaume-Uni

17 Princewood Road  
Corby, Northants NN17 4ET  
Royaume-Uni  
Tel. +44 (0) 1536 444800  
Fax. +44 (0) 1536 203415

### SPIROL Allemagne

Ottostr. 4  
80333 Munich, Allemagne  
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71  
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

### SPIROL Espagne

08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona, Espagne  
Tel. +34 93 193 05 32  
Fax. +34 93 193 25 43

### SPIROL République Tchèque

Sokola Tůmy 743/16  
Ostrava-Mariánské Hory 70900,  
République Tchèque  
Tel/Fax. +420 417 537 979

### SPIROL Pologne

ul. M. Skłodowskiej-Curie 7E / 2  
56-400, Oleśnica, Pologne  
Tel. +48 71 399 44 55

### Amériques SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue  
Danielson, Connecticut 06239 Etats-Unis  
Tel. +1 (1) 860 774 8571  
Fax. +1 (1) 860 774 2048

### SPIROL division cales

321 Remington Road  
Stow, Ohio 44224 Etats-Unis  
Tel. +1 (1) 330 920 3655  
Fax. +1 (1) 330 920 3659

### SPIROL Canada

3103 St. Etienne Boulevard  
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canada  
Tel. +1 (1) 519 974 3334  
Fax. +1 (1) 519 974 6550

### SPIROL Mexique

Carretera a Laredo KM 16.5 Interior E  
Col. Moises Saenz  
Apodaca, N.L. 66613 Mexique  
Tel. +52 (01) 81 8385 4390  
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

### SPIROL Brésil

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134  
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial  
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brésil  
Tel. +55 (0) 19 3936 2701  
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

### Asie SPIROL Asie

1st Floor, Building 22, Plot D9, District D  
No. 122 HeDan Road  
Wai Gao Qiao Free Trade Zone  
Shanghai, Chine 200131  
Tel. +86 (0) 21 5046 1451  
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

### SPIROL Corée

160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Corée  
Tel. +86 (0) 21 5046-1451  
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

email: [info-fr@spirol.com](mailto:info-fr@spirol.com)

**SPIROL.com**