

ACIERS INOXYDABLES AUSTENITIQUES

Généralités

1- Définition des INOX pour l'agroalimentaire.

Les nuances austénitiques présentent **une relative facilité de mise en œuvre** ainsi qu'une **bonne aptitude à la déformation** et **une grande résistance à la corrosion**. Les aciers inoxydables austénitiques possèdent une **grande stabilité structurale** qui rend leur utilisation dans un large domaine de température. Ils ne sont pas durcis par la trempe mais par l'érouissage.

2- Les états de surfaces.

Les appareils destinés à l'industrie agroalimentaire sont souvent fabriqués à partir de tôle en acier inoxydable laminé à froid ayant un état de surface de haute qualité, c'est-à-dire lisse sinon brillant. Ces états de surface, définis par les appellations **2B et RB**, et obtenus par laminage et recuit, sont bien adaptés au transport des produits agroalimentaires solides ou liquides. **Leur très faible rugosité permet en effet un nettoyage aisé destiné à éliminer les bactéries, ce qui diminue sensiblement les frais d'entretien des installations.** C'est un point très important de l'exploitation.

La qualité de l'état de surface des aciers inoxydables conditionne en partie leur tenue à la corrosion, et pour 23% des cas, elle est la cause de la dégradation (Rugosités, pollution, rétentions de produits...).

a- Précaution.

La résistance à la corrosion est assurée par l'existence en surface d'une couche moléculaire d'oxyde de chrome, imperméable, d'environ 50Å. C'est l'explication donnée au phénomène de passivation qui se produit de façon spontanée à l'air libre et par traitement chimique.

Il est évident que si cette couche passive vient à être rompue, soit mécaniquement (coups d'outil, rayure, etc.), l'acier perd en partie son caractère inoxydable, localement du moins, et ce pour un certain temps. C'est-à-dire que des soins doivent être apportés à la mise en œuvre de ces matériaux sous peine de compromettre leur résistance à la corrosion.

b- Le RA inférieur à 0.8 µm.

Les surfaces en contact avec le produit doivent avoir un fini d'un Ra acceptable et être exemptes d'imperfections telles que les piqûres, les fissures et les anfractuosités (pour la définition du Ra, voir ISO 458, 1982).

Pour des surfaces en contact avec le produit ayant une grande superficie, le Ra doit être **< 0.8 µm**. Une rugosité **> 0.8 µm** peut être acceptable si les résultats d'essai ont montré que l'aptitude du nettoyage requise est réalisée grâce à d'autres qualités de conception. On notera que l'acier laminé à froid a un Ra = 0,2 à 0,5 µm et que par conséquent, il ne doit pas être poli pour correspondre aux exigences de rugosité de surface, **à condition que les surfaces en contact avec le produit soient exemptes de piqûre, de fissure et d'anfractuosités quand elles sont au stade d'utilisation.** Les surfaces n'entrant pas en contact avec le produit doivent être assez lisses pour en assurer un nettoyage facile.

Voir le tableau: **Rugosité de surface**

RUGOSITE DE SURFACE

Traitement	Ra en µm
Acier inoxydable laminé à froid	0.2 - 0.5
Acier inoxydable laminé à chaud	>4
Projection de billes de verre (selon taille de la bille)	1 - 1.2
Décalaminage	0.6 - 1.3
Recuit brillant	0.4 - 1.2
Décapage	0.5 - 1
Polissage électrolytique	*
Polissage mécanique avec de l'oxyde d'aluminium ou du Carbure de silicium Abrusif numéro du grain	
500	0.1 - 0.25
320	0.15-0.4
240	0.2 - 0.5
180	< 0.6
120	<1.1
60	<3.5

TABLEAU COMPARATIF DES PRINCIPALES NUANCES

COMPOSITION CHIMIQUE								
AISI	Werkstoff No	PRINCIP AUX ALLIAGES (composition maximale)						
		C<	Si<	Mn<	Cr	Mo	Ni	Ti
304	1.4301	0.07	1.0	2.0	17.0-20.0		8.5-10.0	
304L	1.4306	0.03	1.0	2.0	17.0-20.0		8.5-10.0	
321	1.4541	0.10	1.0	2.0	17.0-19.0		8.5-10.0	5x%C
316	1.4401	0.07	1.0	2.0	16.5-18.5	2.0-2.5	8.5-10.0	
316Ti	1.4571	0.10	1.0	2.0	16.5-18.5	2.0-2.5	8.5-10.0	5x%C
316	1.4436	0.07	1.0	2.0	16.5-18.5	2.5-3.0	8.5-10.0	
316L	1.4435	0.03	1.0	2.0	16.5-18.5	2.5-3.0	8.5-10.0	
430	1.4016	0.12	1.0	1.0	14.0-18.0		8.5-10.0	
310	1.4841	0.15	0.75	2.0	22.0-24.0		8.5-10.0	

Propriétés mécaniques.

Limite d'élasticité (Mpa) : Rp 0.2

Charge de rupture (Mpa) : 440 < Rm < 950

Ductilité (%) : 33 < A % < 45

Il n'y a pas de rupture à basse température.

TUBES ET NORMES

Mise en œuvre du tube

- A) Au départ un feillard qui passe entre 12 galets pour le formage.
- B) Pour toute forme de tube (carré, rectangulaire) le tube à l'origine est rond, il passe ensuite dans des « formes » pour lui donner sa forme finale.
- C) Trois types de soudures: TIG, HF, Laser.

1. Soudage TIG

Vitesse de soudage: **1 à 5 m/mn** en moyenne.

Lèvres rapprochées et soudées par électrodes.

- Après soudage TIG, le cordon doit être repris car il est légèrement épais.
- Il est repris par un laminage de la soudure.

2. Soudage HF (Haute Fréquence)

Vitesse de soudage: **40 à 90 m/mn**.

Lèvres rapprochées et soudées par arc électrique (1300° en zone chauffée).

- Après soudage HF, le cordon qui présente un taux de ferrite important (dû au mode de soudage et qui est très épais doit être repris mécaniquement inter. et exter. à l'aide d'outils coupants.

3. Soudage laser

Vitesse de soudage: **15 m/mn**.

- L'avantage du soudage Laser est que la soudure est très fine et qu'elle n'a pas besoin d'être reprise. (tube déco).
- Le faisceau Laser étant de 0.2mm, le joint de soudure est de très bonne qualité.
- Pour le tube alimentaire, un problème se pose au niveau du laminage. Il faut trouver une matière pour le mandrin, qui résiste à la chaleur du laser.

- D) Après soudage, le tube est hyper trempé en ligne:

Passage dans un four sous atmosphère neutre à une température de 1150°.

(si recuit blanc pas nécessaire de décaper.)

Avantage hyper trempe:

- Permet le façonnage des tubes à froid.
- La trempe rapide permet d'éviter la formation de précipité de carbure donc les risques de corrosion inter granulaire.

- E) Tous les tubes sont contrôlés par courant de Foucault, celui-ci détecte les défauts $\leq 0.9\text{mm}$ (mais pas les gros). Il faut savoir que les différentes opérations de contrôle sur les tubes représentent environ **8% du prix de tube**.

F) Polissage grain 220.

G) Marquage:

- N° de coulée
- Nuance acier
- Diamètre et épaisseur
- NFA 49249 / ISO 2037
- Logo du producteur

H) Mise sous gaine plastique.

I) Stockage caisse bois.

Divers

Si un client vous dit que le tube est rouillé (tuyauterie sur une installation qui fonctionne)

- Se faire confirmer si c'est uniquement le tube ou également les différents accessoires (coude, té, réductions).
- Si c'est le tube, prendre les renseignements suivants:

Environnement.

Produit, process. :

Composition

Fonctionnement (pression, température.)

Produit de nettoyage:

Composition

Fonctionnement (pression, température.)

Date de l'installation.

Pré stockage avant installation (si stockage avec acier noir: non recommandé). Type de soudure.

Se faire envoyer un échantillon avec problème et n° de coulée marqué.

Normes - Définition

France - NF	A ssociation F rançaise de N ormalisation.
Allemagne – DIN	D eutsches I nstitut N ormung.
Etats-Unis - ASTM	A merican S ociety for T esting and M aterials.
Grande Bretagne - BSI	B ritish S tandard I nstitution.
Suede - SMS	S wedish M etric S tandard.

Communément utilisées: SMS - DIN.

1- En matière de robinetterie industrielle.

Aucune norme française, étrangère ou internationale, ne définit un concept de réalisation en robinetterie utilisée dans l'agroalimentaire. Des tentatives de normalisation sont en cours.

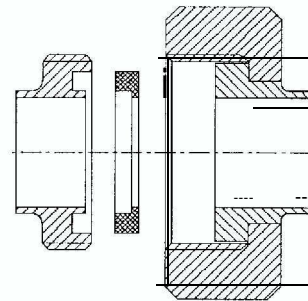
2- Les raccords alimentaires SMS - RJT - ISS - DIN - MACON - CLAMP.

Les raccords alimentaires à visser sont réalisés à partir d'une pièce lisse et d'une pièce fileté assemblées par un écrou à filet rond (ou triangulaire).

L'étanchéité du raccord est assurée par un joint centré dans une gorge usinée dans la pièce fileté qui vient en contact avec la face de la pièce lisse.

a- SMS 1145

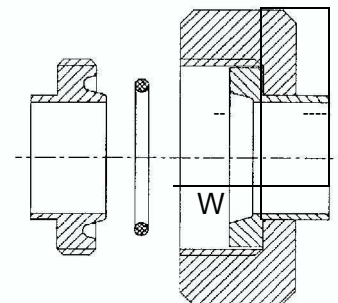
FILET	- rond selon NFE 03.003 et DIN 405
ECROU	- extérieur rond chanfreiné avec encoches pour serrage à la clé.
JOINT	- en L, monté dans une gorge de l'embout fileté.
FIXATION	- sur tube par soudure bout à bout.



Nota: Le raccord SMS présente l'avantage de pouvoir se démonter sans écarter les tuyauteries dans le cas d'un appareil monté en ligne. Il ne permet cependant pas un centrage efficace des deux parties du raccord l'une à l'autre.

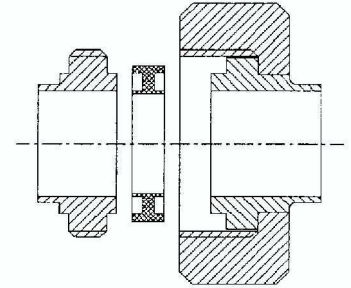
b- RJT 1864

FILET	- triangulaire whitworth
ECROU	- extérieur hexagonal en variante rond avec encoche pour serrage à la clé.
JOINT	- de section ronde est montée dans une gorge de profil semi-circulaire pratiquée à partir de l'embout fileté.
FIXATION	- sur tube par soudure (ou par dudgeonnage des stries continues à fixer, ou de gorges réalisées dans l'alésage).
JONCTION	- emboîtement cylindrique à l'aide du tube dudgeonné qui dépasse l'embout fileté



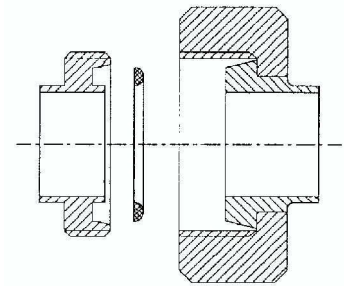
c- ISS 3382

- FILET -trapezoidal Acme
ECROU -hexagonal, en variante rond avec encoches pour serrage à la clé.
JOINT - de section en T, monté entre les embouts lisses et fileté, sans gorge, chaque aile du T prenant appui sur le O extérieur d'un embout, l'âme du T assurant l'étanchéité.
FIXATION - du tube par dudgeonnage, des stries continues dans l'alésage permettent l'expansion du tube à fixer; en variante deux ou trois gorges.
JONCTION - sans emboîtement.



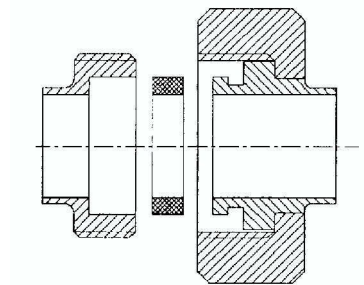
d- DIN 11851

- FILET - rond selon NFE 03.003 et DIN 405.
ECROU - extérieur rond très légèrement chanfreiné avec encoches pour serrage à clé.
JOINT - de section mi-ronde, monté dans une gorge de l'embout fileté.
FIXATION - sur le tube par soudure.
JONCTION - par emboîtement conique avec jeu important.



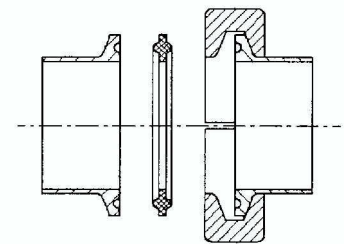
e- MACON

- FILET - triangulaire selon NFE 03.001
ECROU - extérieur rond très légèrement chanfreiné avec encoche pour serrage à la clé.
JOINT - de cuir et section plate monté dans l'alésage de l'embout fileté.
FIXATION - sur tube par soudure (ou par dudgeonnage, deux ou trois gorges permettent l'expansion du tube à fixer.)
JONCTION - par emboîtement cylindrique avec jeu important.



f- CLAMP A SERRAGE CONIQUE E 29521

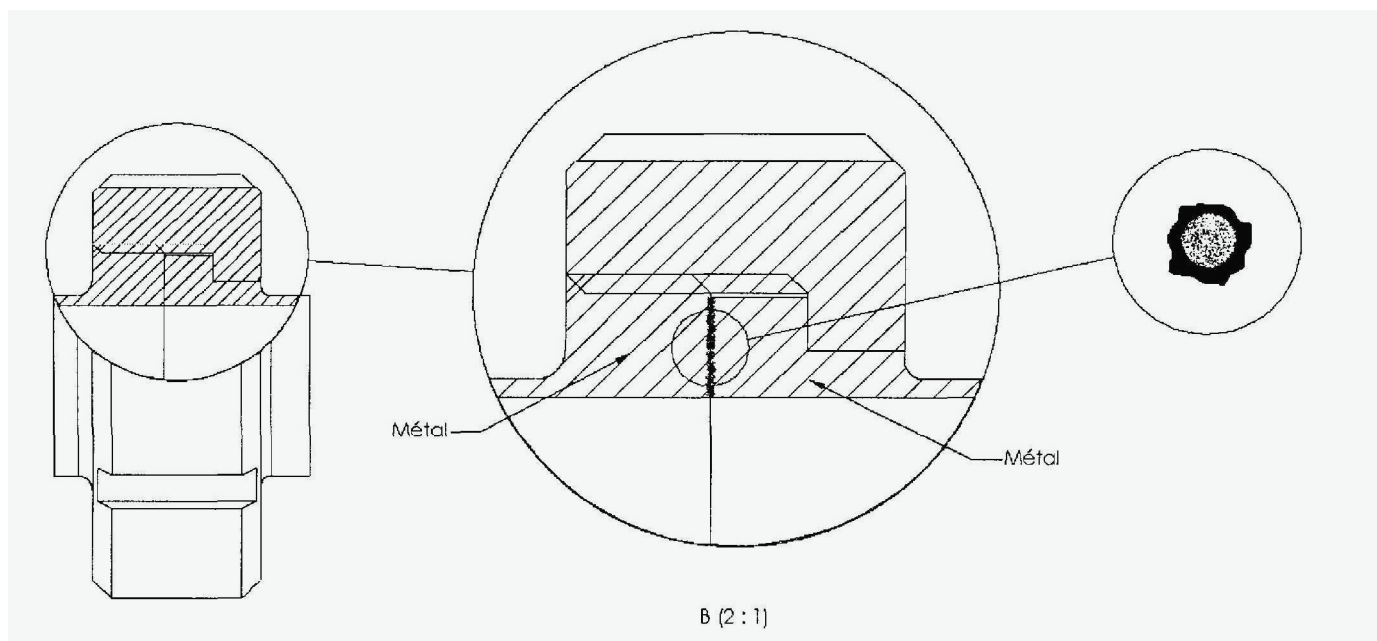
- SERRAGE - effectuer par un collier inox en deux parties reliées par une charnière et un système à grenouillère ou à vis qui assure serrage et réglage.
JOINT - section en croix enclavé entre les deux embout identiques.
FIXATION - sur tube par soudure en bout.
JONCTION - sans emboîtement.



Les alésages de ces raccord sont en conformité avec les dimension de tube des normes respectives. Par contre, il est impossible d'assembler entre eux des raccord de normes différentes, car ils sont incompatible au niveau de l'assemblage.

3-les raccords métal-métal

Les raccords métal-métal (autres que les soudures) sont réalisés par une déformation des surfaces métalliques en contact. Le résultat est un dommage permanent de ces surfaces, qui rend plus difficile une étanchéité après chaque démontage. Même quand ces raccords n'ont plus de fuites visibles, l'entrée des micro-organismes est possible. De plus, l'endroit où l'étanchéité est obtenue est bien probablement coté produit. Il est davantage probable que la zone étanche suive une ligne irrégulière entre l'intérieur et l'extérieur. L'anfractuosité annulaire résultante piège le produit. Par conséquent les raccords métal-métal ne doivent pas être utilisés dans une installation hygiénique.



LISTE DE VERIFICATIONS POUR DES SOUDURES HYGIENIQUES

Tuyauterie en acier inoxydable austénitique 316L.

La tuyauterie 316L et les raccords doivent avoir **une rugosité interne, Ra d'un maximum de 8µm.**

Le soudage TIG (Tungsten Inert Gas), aussi appelé GTA W (Gas Tungsten Arc Welding) doit être utilisé. Les autres procédés ne sont pas adaptés pour des soudures hygiéniques.

Il doit de préférence être fait appel à des soudeurs qualifiés, par exemple agréés pour les appareils à pression (BS 5500, ASME VIII ou les normes nationales appropriées).

La tuyauterie doit être conçue de façon à ce que **le rabouissage soit la seule construction nécessitant le soudage.** Le pré-assemblage des sections dans des conditions maîtrisées est recommandé avant l'installation finale.

La soudure doit exactement remplir le jeu entre les extrémités des tuyaux/raccords, par exemple, il ne doit pas y avoir ni sous ou sur pénétration, ni défaut dans la zone soudée (par exemple inclusion, porosité, manque de fusion, fissuration).

Pendant le soudage, la surface interne doit être protégée par un gaz, de préférence de l'argon, bien que l'azote soit acceptable.

Les extrémités des tuyaux doivent être propres dans la zone de fusion et elles doivent être **nettoyées avec une brosse en acier inoxydable et un solvant pour enlever la saleté et la graisse.**

Les extrémités des tuyaux doivent être coupés d'équerre avec l'axe du tuyau, en utilisant des moyens mécaniques (non manuels), exempte de bavures et de déformations. Si un matériau d'apport est exigé, par exemple pour des parois d'épaisseur supérieure à environ 3mm, les extrémités des tuyaux ne doivent pas être coupées manuellement.

Des raccords préfabriqués (T, coudes, etc.) sont exigés et il doivent être en accord avec les normes de la tuyauteries.

Les diamètres de tuyaux doivent être indiqués sinon le plus petit doit être expansé à l'aide d'un outil spécial, pour éviter de créer un palier et une soudure lâche.

Le défaut d'alignement doit être limité à moins de 20% de l'épaisseur de la paroi.

Les passe d'essai/pièces d'essai, sont exigées pour établir les conditions optimales convenant à l'épaisseur réelle du tuyau à utiliser.

Les soudures peuvent être ôtées de l'installation pour inspection si cela est convenu à l'avance.

PROBLEMES DE SOUDAGE QUI AFFECTENT LA SECURITE HYGIENIQUE

Il y a plusieurs types de défauts communs qui surviennent dans les soudures et qui peuvent être une source de problèmes micro biologiques, en provoquant un nettoyage inadapté et une rétention de produit.

Brièvement, cela comprend les défaut de brisure de surface suivants:

1- Défauts d'alignement.

2- Fissuration.

3- Porosité et inclusion.

4- Pénétration incorrecte.

5- Manque de fusion.

6- Manque de gaz de protection.

Les mesures de rugosité de surface des soudures TIG sont d'un Ra de 3 à 4 μm sur des soudures de haute qualité, tandis que des Ra de 7 à 8 μm sont plus courants sur des soudures de « qualité industrielle ».

Bien que ces valeurs soient un peu plus élevées que l'idéal, la zone de soudure est somme toute relativement petite.

Un Ra > 8 μm n'est généralement pas acceptable.

LA CONCEPTION HYGIENIQUE

1- Les critères de la conception hygiénique.

Pour la conception, la fabrication et l'installation d'équipement ouvert et/ou fermé, les critères de base suivants doivent être pris en considération:

Surface et géométrie : Les surfaces en contact avec le produit doivent être exemptes d'imperfection telle que les anfractuosités, et par conséquent:

- Eviter les raccords directs de métal à métal sans soudure, (le contact métal à métal peut héberger des sulfures et des micro organismes).
- Dans le cas d'équipement pour fabrication aseptique, les raccords de métal à métal n'empêchent pas l'entrée des bactéries.
- Eviter les ressauts dus au non alignement dans l'équipement et aux raccords de tuyaux. Si des joints sont utilisés, leur conception doit être telle qu'aucune anfruosité n'existe ou des résidus de saleté peuvent être piégés et/ou des bactéries peuvent s'accumuler et se multiplier.
- A moins de déformer pour obtenir un joint statique affleurant coté produit, l'utilisation de joint torique en contact avec le produit doit être évitée dans les équipements et les tuyauteries hygiéniques.
 - Il ne doit pas y avoir de contact du produit avec les filetages.
 - Les congés doivent avoir de préférence un rayon égal ou supérieur à 6mm ; le rayon minimum est de 3mm.
 - Les angles aigus (< 90°) doivent être évités. Si des angles aigus ne peuvent être plus petits que 3mm, la conception doit être telle que la perte de nettoyage soit compensée.
 - Les surfaces raccordées avec un angle >180°, si elles sont placées sur un joint, doivent être bien finies pour assurer l'étanchéité la plus proche de l'interface produit/joint. Les arêtes doivent être ébarbées.

2- L'aptitude à la vidange et dispositions.

→ L'extérieur et l'intérieur de tout équipement et des tuyauteries doivent être autovidangeables et facilement nettoyables.

→ Les surfaces horizontales doivent être évitées; les surfaces doivent toujours avoir une pente d'un côté.

Pour les surfaces externes, la pente doit être orientée pour que le liquide s'éloigne de la zone principale de production.

3- Les nuances.

Les aciers inoxydables de type AISI 316 (DIN Werkstoff n°1.4404 ou AFNOR Z6 CND 17 6 11) sont les plus largement recommandés pour les équipements et la tuyauterie où les chlorure sont présents et les conditions de température sont modérées (60°). La corrosion cavernueuse sous contrainte d'un acier inoxydable AISI 316 par le chlore n'a pas lieu à des températures de 60° à 150°. L'acier inoxydable de type AISI 316 est recommandé pour les composants d'équipements tels que les vannes, les corps de pompes, les rotors et les axes, alors que l'acier inoxydable de type AISI 316L est recommandé pour la tuyauterie et les cuves, en raison d'une aptitude élevée à la soudure.

4-Les élastomères.

Différents types d'élastomères sont utilisés dans l'industrie alimentaire pour les joints et la garniture d'étanchéité. Les choix à recommander sont:

- > **Ethylène propylène diène monomère (EPDM)**
- > **Nitrile**
- > **Nitrile /butyle (NBR)**
- > **Caoutchouc siliconé**
- > **Fluoroélastomères (VITON)**

EPDM n'est pas résistant à l'huile et aux graisses.

Comme les plastiques, aucun renforcement ne peut être accepté en contact avec le produit sauf si la liaison entre l'élastomère et le renforcement soit telle que la pénétration du produit ne soit pas possible.

S- Le besoin de soudures hygiéniques.

La méthode correcte pour réaliser des soudures de qualité acceptable sur des aciers inoxydables de faible épaisseur est TIG (Tungsten Inert Gas) ou gaz Tungsten Arc Welding (GTA W).

L'attention sera centrée sur la soudure de la tuyauterie car en général on ne peut pas lui faire subir de finition complémentaire coté produit après soudure. C'est une méthode efficace pour réduire les défauts de soudure et l'automatisation du procédé de soudure.

Il est démontré que la soudure orbitale (TIG automatisé spécifiquement pour la tuyauterie) donne, en pratique, de façon constante, des soudures correctes avec une haute qualité hygiénique.

La philosophie de la conception hygiénique d'un équipement suit trois thèmes centraux:

- 1- Le produit doit circuler librement dans l'équipement et ne pas stagner.
- 2- L'installation doit être nettoyable et par conséquent désinfectable.
- 3- Le contenu de l'équipement doit être protégé de l'environnement extérieur.

Par conséquent, les soudures doivent être soumises aussi aux mêmes exigences.

Les mauvaises soudures peuvent compromettre l'hygiène ; par exemple, le produit peut être retenu pour de nombreuses raisons: **des anfractuosités, d'autres zones mortes ou des surfaces rugueuses, tout ce qui peut être difficile ou voir impossible à nettoyer dans des cycles habituels de nettoyage en place.**

Le produit piégé se contamine et alimente en microorganismes un produit sain par lui-même.

Des soudures inadaptées peuvent par conséquent compromettre la qualité du produit dans ce qui par ailleurs est un équipement de conception hygiénique.

CONCLUSION

PRINCIPES DES CRITERES DE CONCEPTION HYGIENIQUE DES SURFACES EN CONTACT AVEC LE PRODUIT

Dans les conditions d'utilisation, les matériaux doivent être non toxiques, non absorbants et résistants aux produits chimiques de nettoyage et de décontamination.

Les plastiques et les élastomères renforcés ne doivent pas permettre la pénétration de produit.

La compression des élastomères doit être maîtrisée.

Les surfaces doivent être aptes à la vidange (pente \geq ou $= 3^\circ$).

La rugosité des surfaces $R_a \geq$ ou $= 0.8 \mu\text{m}$.

CE QUI DOIT ETRE EVITE

- Les raccords métal-métal (autres que les soudures).
- Le défaut d'alignement.
- Les anfractuosités.
- Les joints toriques, au moins de les rendre affleurants et stables.
- Les angles aigus (rayon de préférence \geq ou $= 6\text{mm}$, avec un minimum de 3mm).
- Les zones mortes.

Si cela est inévitable, des modifications de ces critères sont permises. La conception doit ensuite être telle que la perte de l'aptitude au nettoyage, à la pasteurisation, ou à la stérilisation - et dans le cas d'équipement aseptique, l'étanchéité aux bactéries - soit compensées.

Cette information est d'une nature générale sans être destinée à un objectif précis.