

RAPPORT D'ÉTUDE  
N° 75146A

22/12/2006

**Titre : Validation de méthodes de réparation de  
matériels mécaniques (pompes, réducteurs))**

# Validation de méthodes de réparation de matériels mécaniques (pompes, réducteurs) utilisés en ATEX

DCE/LCMA

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

- Samuel MAUGER & Claire PETITFRERE (INERIS)

## PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Claire PETITFRERE	Bernard PIQUETTE	Christian MICHOT
<b>Qualité</b>	Ingénieur de la DCE	Directeur adjoint DCE	Directeur DCE
<b>Visa</b>			

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2. EVALUATION DU RISQUE D'INFLAMMATION D'ORIGINE NON ELECTRIQUE</b>	<b>4</b>
2.1 Analyse des sources d'inflammation d'une pompe	4
2.2 Moyens de prévention des sources d'inflammation d'une pompe	5
2.2.1 Usure	5
2.2.2 Cavitation	6
2.2.3 Présence de corps étrangers	7
2.2.4 Fonctionnement contre une vanne fermée ou contre-pression	7
2.2.5 Ecoulement des fluides	8
2.2.6 Glissement de courroies	8
2.2.7 Fonctionnement en surcharge	8
2.2.8 Fonctionnement en survitesse ou en résonance	9
2.2.9 Fonctionnement à sec	9
2.2.10 Température du fluide véhiculé	10
2.2.11 Choc mécanique	10
2.2.12 Grippage	11
2.3 Analyse des sources d'inflammation d'un reducteur et moyens de prévention	12
<b>3. METHODES DE REPARATION POUR LES MATERIELS NON ELECTRIQUES (POMPES, REDUCTEURS)</b>	<b>13</b>
3.1 Généralités pour les interventions sur les matériels non électriques	13
3.2 Matériels protégés par immersion dans un liquide «(« k »)	14
3.2.1 Critères maximaux/minimaux	14
3.2.2 Liquide de protection	15
3.2.3 Appareil	15
3.3 Interventions sur les étanchéités	16
3.3.1 Généralités	16
3.3.2 Interventions sur les garnitures mécaniques	17
3.3.3 Interventions sur les joints d'étanchéité	19
3.3.4 Interventions relatives aux paliers	22
3.4 Interventions sur les arbres	26
3.5 Intervention sur les transmissions par engrenages	26
3.6 Interventions relatives aux autres pièces mobiles	27
3.6.1 Vibrations	27
3.6.2 Jeux	27
3.6.3 Lubrification	27
<b>4. CONCLUSION</b>	<b>28</b>

## **1. INTRODUCTION**

La réglementation dans le domaine des atmosphères explosibles impose que le matériel reste de sécurité par rapport au risque d'explosion tout au long de sa vie. Les principes de protection des matériels non électriques sont généralement basés sur des critères de conception et se rapportent majoritairement aux normes EN 13463-1 et EN 13463-5. Les constructeurs utilisent également les modes décrits dans les normes EN 13463-6 et EN 13463-8. Ces matériels sont amenés à être réparés au cours de leur vie et il est important de déterminer quels sont les modes de réparation pouvant être utilisés pour préserver l'intégrité du mode de protection.

Nous sommes partis pour cette étude des principes de protection majoritairement utilisés par les constructeurs, en sélectionnant deux matériels non électriques courants : les pompes et les réducteurs. Ces principes sont choisis en fonction de l'analyse des risques qui doit être menée par le constructeur. Puis, dans un deuxième temps, nous avons proposé les règles de bonnes pratiques de réparation pour préserver la sécurité des pompes et des réducteurs. Ces règles pourraient également s'appliquer à d'autres matériels utilisant des parties et des modes de protection similaires.

## **2. EVALUATION DU RISQUE D'INFLAMMATION D'ORIGINE NON ELECTRIQUE**

### **2.1 ANALYSE DES SOURCES D'INFLAMMATION D'UNE POMPE**

Les sources d'inflammation que peuvent présenter les pompes, peuvent être liées à des :

- Frictions (particules incandescentes, points chauds)
- Impacts (points de contact, particules incandescentes)
- Etincelles d'origine électrostatique
- Surfaces chaudes

C'est lors de l'analyse de risque que le constructeur du matériel va considérer ces différentes sources d'inflammation et choisir de mettre en œuvre des moyens préventifs pour éviter leur apparition. Lors de la réparation, il ne faudra pas détériorer ces moyens de prévention.

Nous avons listé ci-dessous les dysfonctionnements prévisibles pouvant conduire à l'apparition d'une source d'inflammation. Nous considérons les dysfonctionnements prévisibles car ces équipements sont généralement de catégorie 2 et l'analyse doit donc, selon la directive 94/9/CE, s'attacher aux dysfonctionnements prévisibles.

- Frictions
  - Usure
  - Cavitation
  - Fonctionnement à sec
  - Survitesse
  - Surcharge
  - Grippage
- Impacts
  - Corps étrangers
  - Choc mécanique
- Etincelles d'origine électrostatique
  - Ecoulement des fluides
  - Glissement des courroies
- Surfaces chaudes
  - Sortie fermée ou contre-pression
  - Vitesse variable
  - Température de fluide

## **2.2 MOYENS DE PRÉVENTION DES SOURCES D'INFLAMMATION D'UNE POMPE**

Nous rappellerons ci-dessous les différents moyens de prévention et de protection pouvant être utilisés pour chaque dysfonctionnement.

### **2.2.1 USURE**

L'usure mécanique affecte principalement les parties tournantes (arbre, engrenage, palette, dispositifs d'étanchéité, etc.) ou animées d'un mouvement linéaire alternatif (piston, membrane, etc.). Le passage de fluide sur les pièces constitutives des équipements provoque également une usure qui peut être tantôt d'origine mécanique (abrasion) tantôt d'origine chimique (corrosion). L'usure des pièces en mouvement relatif dépend des matériaux utilisés, mais aussi des efforts

radiaux ou axiaux que subissent les pièces, en fonction des vitesses de rotation, des pressions et, d'une manière générale, des conditions d'utilisation et du soin apporté au montage des équipements.

#### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Aligement correct moteur – équipement (palier, accouplement) : mise en place sur châssis commun et scellement sur massif béton rigoureusement dressé pour que la surface d'assise soit parfaitement plane
- Ajustage rigoureux des tuyauteries d'aspiration et de refoulement en fonction de la position des brides de l'équipement et maintien par supports rigides
- Vitesse périphérique < 1 m/s
- Utilisation correcte et intervalles réguliers de maintenance
- Joints d'étanchéité frottants non lubrifiés constitués en PTFE, graphite ou céramique (éviter les métaux légers)
- Intervalles de surveillance et d'entretien des joints « presse-étoupe » (serrage adapté des tresses) ; surveillance par analyse vibratoire périodique. Suivi et mise à jour des historiques des machines
- Témoins d'usure remplaçables
- Inspection régulière et/ou surveillance des paliers (bruit, échauffement) et respect des instructions fournies par le fabricant (ex : durée de vie L10)
- Contrôle en température des paliers non accessibles ou étanchéité vis-à-vis des gaz
- Contrôle de température des paliers dans des cas spéciaux (non visibles)
- Garnitures mécanique double avec liquide de barrage et contrôle autorisées en zone 0
- Garnitures mécaniques autorisées en zone 1
- Paliers à roulements, lubrifiés autorisés en zone 1 + intervalles de maintenance

### **2.2.2 CAVITATION**

Lorsque des liquides sont véhiculés, un phénomène de cavitation est possible dans les régions de basse pression (généralement vers l'orifice d'aspiration). Cela se manifeste par une vaporisation du liquide et donc une libération de gaz qui peuvent s'accumuler dans un point haut ou être entraînés par le liquide à travers l'équipement. Si ces gaz atteignent une région de pression plus forte, la partie condensable redevient liquide et le phénomène s'accompagne de variations de pression et de fréquences qui peuvent être très élevées. La recondensation induit un phénomène d'implosion assez brutal susceptible de provoquer une érosion des

passages intérieurs de l'équipement (fixes ou mobiles), un échauffement pouvant aller jusqu'à la microfusion de particules isolées de matières, voire jusqu'à l'incandescence des gaz contenus dans les poches de cavitation, ainsi qu'une usure prématurée des paliers et butées soumis à des efforts trop importants.

Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Hauteur de charge nette absolue (NPSH) disponible dans l'installation > NPSH requis par l'équipement
- Faible vitesse de circulation des fluides dans les tuyauteries
- Faible valeur de tension de vapeur des produits véhiculés

### **2.2.3 PRÉSENCE DE CORPS ÉTRANGERS**

La présence d'un corps étranger (morceaux de soudure par exemple) à l'aspiration peut altérer le fonctionnement de l'équipement et donc être à l'origine d'une source d'inflammation.

Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Filtre ou crépine placé à l'entrée de l'équipement pour éviter le passage d'éléments solides
- Degré d'étanchéité IP de l'équipement
- Crible magnétique

### **2.2.4 FONCTIONNEMENT CONTRE UNE VANNE FERMÉE OU CONTRE-PRESSION**

Le fonctionnement de l'équipement contre une vanne d'isolement fermée ou en cas de dépassement de contre-pression peut entraîner une élévation de pression et de température importante avant que la sécurité thermique du moteur d'entraînement ne se déclenche.

Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Respect des instructions d'utilisation
- By-pass (soupape de sécurité) avec respect des pressions de détente recommandées
- Disque d'éclatement
- Pressostat

## 2.2.5 ECOULEMENT DES FLUIDES

La circulation des liquides ou le passage de gaz dans les tuyauteries est généralement source de charges électrostatiques. La vitesse de circulation du fluide et la quantité d'impuretés sont des paramètres importants pour la création de charges.

Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Conduites et équipements métalliques
- Mise à la terre et continuité électrique des parties conductrices
- Limitation des vitesses de circulation des liquides (< 4 m/s)
- Limitation des surfaces isolantes : surfaces isolantes en zone 1 du groupe IIC < 20 cm<sup>2</sup> (projection) ou résistance d'isolement des matériaux < 1 MΩ

## 2.2.6 GLISSEMENT DE COURROIES

Les courroies de transmission en mouvement autour de poulies peuvent développer sous l'effet des contacts et des ruptures de contact, des charges électrostatiques dont l'importance dépend notamment de la nature et des dimensions des matériaux utilisés, de la vitesse de défilement, du glissement. Des décharges disruptives ont été constatées entre les courroies et les bâtis métalliques des machines qu'elles entraînent. En cas de glissement, un échauffement est également envisageable.

Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Vitesse < 30 m/s
- Courroie « antistatique » et raccords conducteurs
- Vérification hebdomadaire de la tension
- Poulies conductrices et mises à la terre
- Protecteurs de courroies en matière conductrice et reliés à la terre
- Contrôleur de rotation

## 2.2.7 FONCTIONNEMENT EN SURCHARGE

Un fonctionnement à des fréquences et des valeurs de surcharge importantes peut provoquer une usure prématurée des équipements et donc un risque d'échauffement potentiel. Les causes de l'augmentation du couple résistant

peuvent être multiples : serrage trop important des presse-étoupe, usure progressive, modification de la hauteur pratique d'élévation, variation de la température, etc.

Il faut également noter les cas de surcharge ou sous charge de la machine suite à une exploitation hors plage de fonctionnement (cavitation, sur-débit, vitesse trop élevée, ...). Nota : pour les roulements à rouleaux des moteurs électriques côté accouplement qui ne sont pas assez chargés; les rouleaux glissent et usent anormalement la piste du roulement.

#### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Respect des instructions de service
- Moyen de désaccouplement : limiteur de couple, goupille de cisaillement, etc.
- Limiter les vitesses à moins de 1 m/s et estimer le risque mécanique en s'inspirant des valeurs limites de paramètres couple/vitesse donnés dans la deuxième édition de la EN 13463-1.

### **2.2.8 FONCTIONNEMENT EN SURVITESSE OU EN RÉSONANCE**

Un fonctionnement de l'équipement en survitesse par suite d'un dépassement de puissance du moteur peut être à l'origine d'un échauffement excessif.

#### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Respect de la vitesse de rotation maximale établie par le constructeur
- Vérification périodique de la fréquence et du voltage indiqués sur le moteur dans les conditions réelles d'utilisation
- Moteur protégé par relais thermique
- Contrôleur de rotation

### **2.2.9 FONCTIONNEMENT À SEC**

Un fonctionnement à sec de l'équipement peut être à l'origine d'une surchauffe excessive consécutive à des frictions mécaniques importantes.

#### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Contrôleur de niveau : indicateur de niveau visuel, système à flotteur ou contrôle en continu)
- Contrôleur de débit ou de pression

## 2.2.10 TEMPÉRATURE DU FLUIDE VÉHICULÉ

La température du fluide véhiculé doit être compatible avec la température d'auto-inflammation des produits susceptibles de conduire à la formation d'une ATEX même dans des conditions de surpression (contre-pression, vanne d'isolement fermé, obturation, etc.). La température de surface ne doit pas dépasser, en fonctionnement normal et en cas de dysfonctionnement prévisible, la valeur de  $0.8 \cdot T_{AI}$  (EN 1127-1 de juin 1997 applicable aux appareils soumis au champ d'application de la directive 94/9/CE).

### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Contrôleur de température ou de pression
- Réglage des soupapes de protection ou des sécurités thermiques des lignes de traçage vapeur ou électrique
- By-pass
- Dispositif de refroidissement
- Balayage à l'azote avant et après utilisation + calorifugeage

## 2.2.11 CHOC MÉCANIQUE

Un choc mécanique entre l'enveloppe de l'équipement et un objet métallique peut constituer une source d'inflammation au même titre qu'un choc mécanique entre une pièce mobile (poulie) et une pièce fixe (carter de protection). D'autre part, dans certains cas, la formation d'étincelles incendiaires est possible lorsque deux objets en contact peuvent réagir chimiquement avec fort dégagement de chaleur. Ce phénomène est connu sous le nom de « réaction thermites » et peut apparaître lorsqu'un alliage d'un métal léger frotte fortement contre un substrat d'acier oxydé et se traduit par un échange d'oxygène entre la rouille et le métal léger avec libération d'une grande quantité d'énergie.

### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Teneur en masse de magnésium des matériaux constitutifs de l'enveloppe < 7,5 %
- Jeu minimal de 1 mm entre pièces mobiles et pièces fixes et au moins égal à 1/100 du diamètre de la pièce en mouvement
- Entretien régulier afin de limiter les phénomènes d'oxydation des équipements
- Limiter les vitesses à moins de 1 m/s

- Choix de matériaux dont le point de fusion n'atteint pas la température critique d'inflammation
- Surdimensionnement de l'arbre

### 2.2.12 GRIPPAGE

Le frottement entre deux surfaces frottantes peut être décrit par quatre comportements typiques :

- *Frottement sec* : il n'y pas de lubrifiant entre les surfaces en contact. Le glissement y est le plus difficile et l'usure la plus rapide. Il est caractérisé par des contacts locaux fréquents sur les aspérités des surfaces, des échauffements, des arrachements et des microsoudures.
- *Frottement onctueux* : un film de lubrifiant recouvre les surfaces en contact sous la forme d'un épilamen (très fine couche). Le frottement est diminué et le glissement favorisé.
- *Frottement mixte* : c'est un mélange de frottement onctueux et de frottement hydrodynamique, caractérisé par une portance hydrodynamique intermittente avec quelques contacts locaux, épilamen sur épilamen. Le frottement et l'usure sont encore réduits.
- *Frottement hydrodynamique* : il n'y a plus aucun contact entre les surfaces. Celles-ci sont toujours séparées par une couche de lubrifiant d'épaisseur minimale d'environ  $1/100$  à  $2/100^{\text{ème}}$  de mm.

Un défaut de lubrification des pièces mécaniques en mouvement (engrenages, pistons, paliers) peut donc être à l'origine d'une surchauffe importante pouvant aller jusqu'à la fusion des pièces subissant le frottement. La lubrification ou le graissage a pour fonction de favoriser le mouvement ou le glissement en deux surfaces frottantes et participent donc, d'une manière générale, au refroidissement, à la diminution des frottements ainsi qu'à la protection contre la corrosion ou encore à l'étanchéité.

#### Exemples de moyens de prévention et de protection :

- Respect des instructions d'inspection, d'entretien et de maintenance (niveau et vidange d'huile, contrôles destinés à déceler les contaminants, étanchéité des enveloppes)
- Utilisation de fluide hydraulique spécifié par le constructeur
- Indicateur de niveau d'huile (visuel ou sonde)
- Contrôle de température ou de pression d'huile et sécurité de température sur les paliers lubrifiés

- Degré d'étanchéité IP de l'enveloppe
- Formation des mécaniciens, des exploitants et des graisseurs, surveillance des paramètres de fonctionnement
- Amélioration des étanchéités des paliers.

### **2.3 ANALYSE DES SOURCES D'INFLAMMATION D'UN REDUCTEUR ET MOYENS DE PRÉVENTION**

Nous avons déjà consacré une étude particulière à l'analyse de risques des réducteurs (voir rapport DCE 08 de 2004). Nous rappelons ci-dessous les dysfonctionnements prévisibles pouvant conduire à l'apparition d'une source d'inflammation. Nous considérons les dysfonctionnements prévisibles car ces équipements sont généralement de catégorie 2 et l'analyse doit donc, selon la directive 94/9/CE, s'attacher aux dysfonctionnements prévisibles.

- Etincelles de friction :  
Ce problème est généralement traité par lubrification. Il faut pouvoir détecter la perte de lubrification (visuellement ou par détecteur)
- Corps étrangers en contact avec les pièces mobiles :  
Les réducteurs sont généralement dans des carters étanches IP4X minimum.
- Chocs mécaniques :  
La teneur en magnésium des pièces métalliques des pièces est limitée à 7,5%. Afin d'éviter les grippages en interne, la solution couramment choisie est la lubrification.
- Température de surface :  
Cette température est mesurée lors des essais par le constructeur. Un lubrifiant peut permettre de minimiser l'échauffement et il faudra alors éviter la perte du lubrifiant. Il est également possible de contrôler la température par une sonde. La lubrification permet également d'éviter le blocage des axes. Des dispositifs peuvent également contrôler le risque de surcharge.
- Electrostatique :  
Les recommandations sont alors d'assurer la continuité des parties conductrices. En présence de matériaux isolants, la norme EN 13463-1 recommande de limiter les surfaces ou de faire des essais de charge.

### **3. METHODES DE REPARATION POUR LES MATERIELS NON ELECTRIQUES (POMPES, REDUCTEURS)**

#### **3.1 GÉNÉRALITÉS POUR LES INTERVENTIONS SUR LES MATÉRIELS NON ÉLECTRIQUES**

Dans tous les cas, il faut se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur et, le cas échéant, à l'analyse de risque d'inflammation réalisée par l'exploitant.

Il est toujours préférable d'obtenir des pièces neuves du constructeur. Il ne faut réparer les parties endommagées que si le mode de protection spécifié dans les documents de certification est préservé. Il convient de porter une attention particulière au montage correct des pièces après la réparation ou la révision pour que les assemblages soient conformes aux règles de la norme utilisée et, le cas échéant, aux documents de certification.

D'une manière générale, le démontage des pièces doit être soigneux, en prêtant particulièrement attention aux parties fragiles (portées rectifiées, extrémités d'arbre, etc.). Lors de ce démontage, il faut repérer la position des composants mécaniques (paliers, carters, couvre-roulement, etc.) par des marquages placés sur des surfaces visibles, mais autres que les surfaces de contact ou de frottement. Il convient d'être également vigilant lors du nettoyage des pièces (utilisation de produits adaptés).

Le perçage de trous dans une enveloppe est une modification, et il convient de ne le réaliser qu'en se référant aux dessins du constructeur qui ont été certifiés ou, dans des circonstances exceptionnelles (par exemple carence du constructeur), à l'organisme notifié.

Il faut aussi faire attention aux modifications de la finition de surface, peinture, etc., parce qu'elles peuvent affecter la température de surface du matériel.

Vis à vis du risque électrostatique et en l'absence de risque de mécanisme de charge élevé, il faudra veiller à ce que les revêtements isolants (peintures, vernis, etc ;) conservent une épaisseur inférieure à :

- 2 mm dans les ATEX dues à des produits des subdivisions IIA et IIB
- 0,2 mm dans les ATEX dues à des produits de la subdivision IIC

Toutes les parties conductrices de l'appareil doivent être montées de telle manière qu'une différence de potentiel dangereuse ne puisse pas exister entre elles. Un élément de raccordement à la terre doit être prévu s'il est possible qu'une partie métallique isolée devienne chargée et puisse devenir une source d'inflammation.

La continuité électrique ne doit pas être dégradée, par exemple par la mise en place de joints plats non conducteurs (synthétiques à la place de métalliques) ou par les dépôts de peinture ou vernis entre pièces.

Si une modification est nécessaire, dans le cadre d'une maintenance corrective par exemple, celle-ci devra s'effectuer en concertation avec le constructeur de l'équipement et l'utilisateur.

La norme EN 13463-1 donne des exigences pour l'utilisation de matériaux non métalliques. Ces parties non métalliques ne doivent pas être modifiées, ni dans leurs matériaux, ni dans leur taille (surface ou épaisseur) ou moyens de fixation et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une remise en état.

D'autre part, la norme EN 13463-1 impose des restrictions des pourcentages massiques des métaux légers tels que l'aluminium, le magnésium, le titane et le zirconium présents dans les matériaux utilisés pour la construction des parties extérieures des appareils. Les teneurs des pièces en alliage léger ne doivent pas être modifiées, ni lors de leur remplacement, ni lors de leur recharge éventuelle.

Enfin, si le constructeur a utilisé des capteurs comme moyen de prévention d'une source d'inflammation (capteur de température, détecteur de niveau ...), ces capteurs ainsi que les seuils définis à l'origine devront être respectés lors de la réparation. De la même manière, il faudra s'assurer de leur raccordement correct aux actionneurs prévus.

## **3.2 MATÉRIELS PROTÉGÉS PAR IMMERSION DANS UN LIQUIDE «(« K »)**

Certaines pompes ou parties de pompes peuvent utiliser ce mode de protection lorsque l'on considère que les sources potentielles d'inflammation sont totalement immergées ou continuellement enduites de liquide de protection en quantité suffisante pour garantir qu'elles demeurent inactives.

Les réducteurs utilisent également fréquemment ce mode de protection.

La réparation ne devra alors pas détériorer ce mode de protection en respectant les règles ci-dessous, qui peuvent également s'appliquer à d'autres matériels que des pompes.

### **3.2.1 CRITÈRES MAXIMAUX/MINIMAUX**

Le réparateur doit vérifier que les critères maximaux/minimaux suivants déterminés par le constructeur :

- niveaux maximal et minimal ou pressions maximale et minimale ou le débit du liquide de protection;
- viscosités maximale et minimale du liquide de protection.

Lorsque la protection contre l'inflammation est obtenue à l'aide d'une immersion partielle et qu'un débit de liquide pompé ou injecté procure le revêtement continu nécessaire sur les sources potentielles d'inflammation, le réparateur doit s'assurer du fonctionnement de toute buse, pulvérisation ou de tout dispositif permettant de créer le revêtement afin d'assurer une protection maximale.

### **3.2.2 LIQUIDE DE PROTECTION**

Dans le cas d'une pompe, ce liquide est normalement le liquide pompé, donc l'intervention de réparation n'aura aucun impact sur celui-ci.

Il faut cependant garder en mémoire que ce liquide doit avoir une température d'inflammation d'au moins 50K supérieure à la température de surface maximale de l'appareil dans lequel le liquide est utilisé.

Dans le cas des réducteurs, le réparateur doit vérifier que le liquide de protection utilisé présente une viscosité et une composition chimique telles que :

- il empêche l'atmosphère explosible d'entrer en contact direct avec la source potentielle d'inflammation en procurant un revêtement continu ou un film sur la source potentielle d'inflammation;
- il ne produise pas lui-même d'atmosphère explosive sur n'importe quelle source potentielle d'inflammation (vides, bulles, brouillards, etc..) provoquée par le mouvement des parties mobiles en service et/ou par la réaction chimique entre le liquide de protection et les matériaux de l'appareil.
- il ne produise pas lui-même de source d'inflammation (ex ; production de dépôts suivie d'un auto-échauffement).

### **3.2.3 APPAREIL**

Le réparateur doit vérifier que le dispositif de surveillance, l'indicateur ou la jauge installé sur l'appareil permettent d'indiquer les niveaux maximal et minimal ou, la pression et le débit du liquide de protection.

Lorsque la protection contre l'inflammation est réduite à un niveau inacceptable lorsque l'appareil est utilisé à un angle par rapport à l'horizontale, le réparateur effectuera les vérifications suivant l'angle maximal autorisé en service ou l'inclinaison nécessaire pour maintenir les critères requis.

Dans le cas où une contamination, une détérioration ou une dégradation du liquide de protection par des moyens externes sont susceptibles de réduire le niveau de protection contre l'inflammation en-dessous de celui correspondant à la catégorie d'appareil, des instructions de maintenance sont fournies par le fabricant. Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

Le réparateur doit vérifier la présence du moyen prévu (ex : scellement des filetages, rondelles de blocage, plombage des têtes de boulons, etc..) pour éviter le desserrage accidentel des fixations externes et internes associées aux couvercles qui donnent accès au liquide de protection. Cette disposition s'applique également à tout dispositif requis pour indiquer le niveau de liquide de protection, aux prises ainsi qu'aux autres pièces destinées au remplissage ou à la vidange du liquide de protection.

Dans le cas où une jauge à tige est présente pour permettre la vérification du niveau de liquide de protection, le réparateur doit vérifier que, en fonctionnement normal, la jauge est fixée dans sa position de mesure de manière à ce que toutes les exigences relatives à la protection contre la pénétration et à l'étanchéité soient maintenues.

### **3.3 INTERVENTIONS SUR LES ETANCHÉITÉS**

#### **3.3.1 GÉNÉRALITÉS**

Les joints d'étanchéité, garnitures, manchons d'accouplement, soufflets et diaphragmes non lubrifiés qui sont soumis à un contact par frottement ne doivent pas contenir de métaux légers. Les manchons d'accouplement en matériau élastomère, PTFE ou en matériau similaire, en graphite et céramique sont adaptés.

Les matériaux non-métalliques doivent être résistants à la déformation par torsion et à la dégradation tout en conservant l'efficacité de la protection contre l'explosion.

Il convient de remplacer les joints d'étanchéité, garnitures, manchons d'accouplement, soufflets et diaphragmes non lubrifiés par les mêmes matériaux et aux mêmes dimensions que l'original et de se référer au constructeur du matériel, à l'utilisateur ou à l'autorité chargée de la certification pour toute proposition de modification du matériau.

Les Joints « presse étoupe » sont seulement utilisés s'il est garanti que la température de surface maximale ne peut être dépassée. Pour les joints « presse étoupe » accompagnés d'un dispositif de surveillance des températures et de mise à l'arrêt de l'équipement, il convient de se référer aux documents du constructeur.

Les joints qui nécessitent généralement un lubrifiant d'entretien afin de prévenir la présence de surfaces chaudes au niveau de leur interface avec les pièces de l'appareil doivent être réparés et révisés de manière à garantir la présence en quantité suffisante de lubrifiant ou la protection par l'un des moyens suivants :

- moyen effectif de surveillance de la présence continue de lubrifiant ; ou
- dispositif de détection de la température afin d'alerter en cas d'élévation de température ; ou

- appareil capable de fonctionner à sec sans dépasser la température maximale de l'appareil et/ou sans subir de dommage qui réduirait l'efficacité de ses propriétés de protection contre l'inflammation.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

Les lubrifiants et/ou liquides de refroidissement qui sont requis pour la prévention des surfaces chaudes ou des étincelles mécaniques (voir EN 13463-8), doivent avoir une température d'inflammation d'au moins 50K supérieure à la température de surface maximale de l'appareil dans lequel le liquide est utilisé.

Aucun des fluides susceptibles d'être libérés ne doit provoquer d'inflammation.

### **3.3.2 INTERVENTIONS SUR LES GARNITURES MÉCANIQUES**

Les garnitures doivent être remplacées par des pièces identiques. Les matériaux des faces, la taille, la vitesse, le type de ressort doivent être respectés.

Si une modification du type de garniture est nécessaire, dans le cadre d'une maintenance corrective par exemple, celle-ci devra s'effectuer en concertation avec le fournisseur, le constructeur de l'équipement et l'utilisateur.

Elles doivent être stockées de préférence dans leur emballage d'origine clos. Les pièces de la garniture doivent être maintenues, en toute circonstance, aussi propres que possible et protégées des détériorations.

Les instructions de montage, indiquées pour toutes les garnitures, doivent être lues soigneusement et respectées.

Les principaux points à vérifier pour un montage correct sont les suivants :

- Dimensions de l'arbre et de la boîte à garniture : se référer au plan d'installation, afin de contrôler l'alésage de la boîte, sa profondeur et le diamètre de l'arbre ou de la chemise.
- Rectitude de l'arbre
- Débattement radial de l'arbre
- Débattement axial de l'arbre
- Perpendicularité entre la face d'appui du couvercle de garniture et l'arbre
- Concentricité de l'arbre par rapport au centrage de la boîte à garniture
- Équilibrage dynamique de l'arbre rotatif
- Une zone de travail parfaitement propre.
- S'assurer de la propreté de toutes les pièces à monter ; les essuyer avec un chiffon doux et propre (un solvant sec peut être utilisé)
- Nettoyer et examiner soigneusement la face d'appui et l'alésage de la boîte à garniture.
- Vérifier que les joints toriques ne présentent aucune trace de coupure

Toutes les manipulations doivent se faire en prenant grand soin des parties vitales de la garniture (faces de frottement, joints toriques) qu'il convient de ne pas heurter.

La lubrification des faces de frottement au montage n'est généralement pas conseillée. Dans certains cas, l'emploi modéré d'une graisse compatible avec l'application concernée et les matériaux peut cependant être utile.

Pour les joints et membranes, il est possible d'utiliser de l'eau savonneuse.

Vérifications après montage :

- Vérifier la longueur en place de la garniture montée vis à vis des prescriptions du constructeur (cote de compression).
- Vérifier la rotation centrée et concentrique de l'arbre par rapport au boîtier.
- Vérifier la bonne orientation des orifices de circulation des différents fluides sur le couvercle de garniture en tenant compte du sens d'écoulement des fluides de « flush » (circulation interne) et de « quench » (lavage ou arrosage).

Le tableau suivant présente les principales causes de défaillance des garnitures à partir des principaux symptômes (fuite et durée de vie limitée) et préconise quelques remèdes de base

Constats	Causes probables	Remèdes possibles <sup>1</sup>
Fuite de la garniture au démarrage	Éclats ou rayures sur le joint secondaire, au cours du montage. Taux de serrage du joint secondaire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer le joint secondaire.</li> <li>- Vérifier, avec le fabricant, que les joints sont appropriés.</li> </ul>
La garniture fuit goutte à goutte ou grince en cours de fonctionnement	Liquide de la garniture vaporisant au niveau des faces de frottement. Quantité insuffisante de liquide pour lubrifier les faces de la garniture.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmenter le refroidissement au niveau des faces de la garniture.</li> <li>- Vérifier, auprès du fabricant, que l'équilibrage de la garniture est correct.</li> <li>- Nécessité de pratiquer un flushing.</li> <li>- Améliorer le flushing.</li> <li>- Vérifier le refroidissement au niveau de la face de la garniture avec le fabricant.</li> </ul>

Constats	Causes probables	Remèdes possibles <sup>1</sup>
La garniture fuit de façon stable	<p>Les faces ne sont pas planes.</p> <p>Les faces de la garniture en carbone/graphite présentent des boursouflures.</p> <p>Déformation thermique des faces de la garniture.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier que les cotes de montage sont correctes.</li> <li>- Vérifier que les matériaux ou les garnitures utilisés sont conformes à leur application.</li> <li>- Vérifier la perpendicularité du nez de boîte à garniture avec l'arbre.</li> <li>- Procéder à un alignement correct de toute la ligne d'arbre pour éviter les vibrations d'arbre ou les distorsions.</li> <li>- Enlever les particules étrangères qui auraient pu se déposer entre les faces de la garniture.</li> <li>- Vérifier qu'il n'y ait ni fêlure, ni éclat au niveau des faces de la garniture, au cours du montage.</li> <li>- Remplacer ou roder de nouveau les faces.</li> <li>- Améliorer le refroidissement par flushing.</li> </ul>
Courte durée de vie de la garniture	Le fluide est abrasif et provoque une usure excessives des faces du joint	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éviter le dépôt de particules abrasives sur les faces de la garniture.</li> <li>- Nécessité de pratiquer un flushing si celui-ci n'est pas en service.</li> <li>- Utiliser un séparateur ou un filtre.</li> </ul>
	Garniture fonctionnant à une température élevée par rapport à la température du fluide à étancher.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmenter le refroidissement des faces de la garniture.</li> <li>- Augmenter le débit de flushing .</li> <li>- Vérifier qu'aucune obstruction n'entrave les circuits refroidissement.</li> </ul>
	Machine décentrée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aligner la machine.</li> <li>- Vérifier le frottement de la garniture sur l'arbre.</li> </ul>
	<p>Défaillance du ressort.</p> <p>Détérioration du matériel due à l'érosion.</p> <p>Corrosion des mécanismes d'entraînement.</p> <p>Défaillance des joints toriques, due au vieillissement.</p> <p>Attaque chimique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacer les pièces.</li> <li>- Consulter le fabricant de garnitures pour d'autres matériaux</li> </ul>

### 3.3.3 INTERVENTIONS SUR LES JOINTS D'ÉTANCHÉITÉ

Les joints d'étanchéité doivent être remplacés par des pièces identiques. Les matériaux, la taille, le type de joint doivent être respectés

Il conviendra de ne jamais réutiliser un joint étant donné qu'il peut avoir été modifié dans des conditions de service normales.

Les joints d'étanchéité ne sont pas techniquement réparables. Ceux-ci devront être remplacés par des joints neufs.

Les instructions du fabricant de l'équipement comprendront généralement des précisions relatives à la lubrification, la surveillance et la maintenance de ces joints.

Ils doivent être stockés de préférence dans leur emballage d'origine clos et doivent être maintenus, en toute circonstance, aussi propres que possible et protégés des détériorations.

Le vieillissement affectera la performance de certains types de matériaux pour joints en raison de la dégradation chimique qui se produit avec le temps. Les matériaux ayant une liaison élastomère ne devraient, en général, pas être utilisés après environ 4 ans de stockage après fabrication. Leur dégradation est aussi accentuée par une lumière solaire intense et des températures ambiantes élevées.

Bien que ceci soit de peu d'importance en ce qui concerne les joints métalliques, les joints semi-métalliques peuvent se trouver affectés (plus particulièrement ceux combinés avec des matériaux à liaison élastomère).

Etant donné que les matériaux en graphite et en PTFE ne contiennent pas de liants, les feuilles et les joints réalisés dans ces matériaux ont une durée d'utilisation théoriquement illimitée.

Il conviendra de stocker les joints d'étanchéité dans un endroit frais et sec, à l'abri d'éventuelles sources de chaleur et de la lumière solaire directe, de l'eau, de l'huile et des produits chimiques.

Les matériaux en feuilles devront être stockés à plat.

Il conviendra d'éviter de suspendre les joints car ceux-ci peuvent se déformer et il sera préférable de conserver les joints mous à plat. Dans la mesure du possible, il faudra veiller à éviter les empilages.

On s'assurera également de ne pas mélanger les joints de matières différentes dans un même contenant.

Les instructions de montage, indiquées par le fabricant, doivent être lues et respectées.

Pour assurer une bonne performance de l'étanchéité, toutes les surfaces soumises à contraintes doivent être propres. Les faces de joint peuvent être contaminées par des fragments de matériau de l'ancien joint qui doivent être enlevés avant que l'on puisse installer un nouveau joint. Il conviendra de nettoyer les surfaces d'assise du joint à l'aide des instruments appropriés.

Les surfaces porteuses ne doivent présenter aucun défaut sérieux (rayures, déformations, etc.) Selon les cas et pour une bonne performance d'étanchéité, on pourra vérifier les tolérances géométriques des surfaces porteuses (planéité, parallélisme, etc...).

Lors du montage, on protégera les joints des arrêtes coupantes et on n'utilisera pas d'outils inappropriés (tournevis...) Les douilles de montage, si fournies, devront être utilisées. Il est recommandé de ne pas réaliser de mis en place à la graisse. L'eau savonneuse peut être utilisée.

Le tableau suivant présente les principales causes de défaillance des joints d'étanchéité

Causes de défaillance	Origines probables
Déformation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais choix de matière</li> <li>- Non respect des bonnes conditions de stockage</li> <li>- Non respect des bonnes conditions de montage</li> <li>- Lignages défectueux</li> <li>- Contraintes excessives</li> <li>- Pression ou température excessive</li> </ul>
Echauffement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions de service hors de la plage prévue</li> <li>- Fonctionnement à sec</li> <li>- Vitesse excessive</li> <li>- Ventilation défectueuse</li> <li>- Lubrification insuffisante</li> <li>- Lubrification excessive</li> <li>- Serrage du joint excessif</li> <li>- Détérioration dans le temps</li> </ul>
Défauts des surfaces porteuses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais état de surface des surfaces porteuses</li> <li>- Non respect des bonnes conditions de montage</li> <li>- Vibrations excessives</li> <li>- Fretting</li> </ul>

Causes de défaillance	Origines probables
Corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais choix de matière</li> <li>- Géométrie du joint inadaptée</li> <li>- Présence d'eau</li> <li>- Exposition à la lumière solaire</li> </ul>

### 3.3.4 INTERVENTIONS RELATIVES AUX PALIERS

#### 3.3.4.1 GÉNÉRALITÉS

Les paliers sont en principe divisés en trois types : à glissement en mouvement plan, à glissement en mouvement de rotation et à roulement.

La durée de vie de service des paliers dépend dans une large mesure des conditions de fonctionnement et c'est pourquoi il n'est pas possible de calculer leur durée de vie de service de manière fiable.

Les paliers doivent être conformes à l'état actuel de la technologie.

Les paliers qui nécessitent la présence d'un agent de lubrification pour éviter le passage à une température supérieure à la température de surface maximale, ou la création d'étincelles mécaniques capables d'enflammer, doivent être réparés de manière à garantir la présence de cet agent de lubrification.

Les paliers doivent être fabriqués dans des matériaux résistants aux liquides, ou vapeurs, dans lesquels il est prévu qu'ils seront utilisés. De même, les matériaux utilisés dans la construction des paliers, cages de roulement comprises, doivent être résistants à tous les liquides ou solvants pouvant entrer en contact avec eux.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

#### 3.3.4.2 ARBRES ET LOGEMENTS

Les arbres et les logements de paliers peuvent être remis en état par exemple par métallisation ou chemisage, tout usinage ultérieur devant amener les dimensions du joint à celles requises par la norme du matériel et/ou par les documents de certification. Le soudage peut convenir à condition de tenir compte des limites de cette technique.

#### 3.3.4.3 PALIERS LISSES

Les surfaces des paliers lisses peuvent être remises en état par dépôt électrolytique ou métallisation.

#### 3.3.4.4 ROULEMENTS

Les roulements doivent être remplacés par des pièces identiques. La matière, le type (à billes, à rouleaux, etc.), les jeux et tolérances ainsi que le type de lubrification doivent être respectés.

Si le nombre d'heures d'utilisation n'est pas connu, il conviendra de remplacer les roulements.

Si une modification du type de roulement est nécessaire, dans le cadre d'une maintenance corrective par exemple, celle-ci devra s'effectuer en concertation avec le fournisseur, le constructeur de l'équipement et l'utilisateur.

Lors de leur stockage, les roulements doivent être protégés contre la corrosion et les pollutions, de préférence en restant dans leur emballage d'origine. La zone de stockage doit être exempte de vibrations et non trop humide.

L'aire de stockage doit être maintenue propre et éloignée de sources de chaleur éventuelles (éclairage, radiateur, lumière solaire directe, etc.)

Les roulements doivent être conservés à plat et sans charge. Dans la mesure du possible, les empilements sont à éviter. La durée maximale de stockage devra être respectée. Celle-ci varie généralement selon les fournisseurs entre 3 et 5 ans.

Il convient de ne pas nettoyer des roulements neufs. Cependant, en cas de résinification de l'huile de stockage, un nettoyage devra être réalisé avant utilisation du roulement. Les solvants secs sont à éviter.

Pour le montage :

- Vérifier que les dimensions et l'exactitude des formes et positions des portées de roulements correspondent aux plans et spécifications.
- Préparer tout le matériel, les pièces, les outillages nécessaires avant de débiter la mise en place.
- S'assurer de leur propreté.
- Nettoyer soigneusement et vérifier toutes les pièces et organes dans l'environnement du roulement. Bien nettoyer les chemins de roulement.
- Sortir le roulement de son emballage au dernier moment, dans une zone de travail parfaitement propre.
- Ne jamais le laver, sauf cas exceptionnel spécifié. Il est recommandé d'éviter de toucher les roulements avec les mains et d'utiliser des gants propres pour les manipulations.
- Réaliser le montage du roulement selon la méthode choisie (mécanique, thermique, hydraulique)
- Huiler les supports.
- Les efforts ne doivent pas passer par les éléments roulants.

- Eviter les chocs et les rayures.
- Lubrifier avec une graisse spéciale pour roulements suivant les instructions données.
- Après montage et avant mise en route définitive, faire une vérification en fonctionnement, de manière à détecter les anomalies éventuelles (bruit, vibrations, température, jeu anormal,...).
- Lors du montage, il faudra éviter les sur-températures :
  - Maximum admissible : 110 à 120 °C
  - 100 °C pour les roulements étanches protégés

Le procédé de chauffe doit s'effectuer en l'absence de flamme (chalumeau proscrit)

Le procédé par bain d'huile est à éviter. S'il est tout de même utilisé, il conviendra de maintenir l'huile propre. Toutes les surfaces d'ajustement et de portée doivent être soigneusement essuyées.

Le procédé de chauffage par induction peut être utilisé. L'aire de montage devra être exempte de poussières métalliques.

Le procédé de chauffage par plaque chauffante régulée peut être adapté. Dans ce cas, le roulement doit être retourné plusieurs fois afin d'assurer une température uniforme.

Cause de défaillance	Type de défaillance	Origines possibles
Charge excessive	Déformation plastique, corrosion, rupture et fissuration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais dimensionnement du roulement</li> <li>- Mauvaise qualité d'acier</li> <li>- Inadéquation entre la charge et le lubrifiant</li> </ul>
Charge trop faible par rapport à la vitesse de rotation	Usure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais dimensionnement du roulement</li> </ul>
Précontrainte excessive	Déformation plastique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais dimensionnement du roulement</li> <li>- Non respect des instructions de montage et de manutention</li> </ul>
Lubrification insuffisante, inadaptée	Fatigue, usure, corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise lubrification</li> <li>- Inadéquation entre la charge et le lubrifiant</li> </ul>

<b>Cause de défaillance</b>	<b>Type de défaillance</b>	<b>Origines possibles</b>
Lubrification dégradée	Usure, corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propreté du système insuffisante</li> <li>- Gamme de température du lubrifiant inadaptée</li> <li>- Composition du lubrifiant inadapté</li> </ul>
L'environnement (Humide, acide...)	Fatigue, corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propreté du système insuffisante</li> <li>- Gamme de température du lubrifiant inadaptée</li> <li>- Composition du lubrifiant inadaptée</li> <li>- Vapeurs d'acides</li> <li>- Lubrifiants acides</li> <li>- Etanchéité insuffisante</li> <li>- Stockage des roulements inadapté (humidité, température, durée...)</li> <li>- Manutention ayant entraîné une pollution</li> </ul>
Présence d'impureté (corps étranger)	Fatigue, usure, déformation plastique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutention ayant entraîné une pollution</li> <li>- Etanchéité insuffisante</li> <li>- Sable de fonderie dans le logement</li> <li>- Lubrifiants pollués</li> <li>- particules d'abrasion métalliques provenant des engrenages et introduites dans le roulement avec le lubrifiant.</li> </ul>
Ajustement insuffisamment serré	corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non respect des instructions de montage et de manutention</li> </ul>
Rugosité des surfaces de contact trop élevée	Corrosion, usure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise qualité d'acier</li> <li>- Rugosité non pris en compte dans le calcul de dimensionnement</li> <li>- Mauvaise lubrification (viscosité ou fréquence inadaptée)</li> </ul>
Les vibrations, les chocs et impacts en fonctionnement	Corrosion, rupture et fissuration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de mesures antivibratoires (amortisseurs, précharge pour rendre les roulements moins sensibles, etc.)</li> </ul>
Une manutention inadaptée	Fatigue, déformation plastique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais montage</li> <li>- Outillage inadapté</li> <li>- Absence de propreté lors de la manutention</li> </ul>
<b>Cause de défaillance</b>	<b>Type de défaillance</b>	<b>Origines possibles</b>

L'isolation électrique Passage de courant électrique	électroérosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut d'isolement</li> <li>- Courants de fuite</li> <li>- Mise à la terre du matériel défailante</li> </ul>
Vitesse de rotation trop élevée Accélération trop violentes	Fatigue, rupture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais dimensionnement du roulement</li> <li>- Non respect des paramètres de fonctionnement</li> </ul>

### 3.4 INTERVENTIONS SUR LES ARBRES

Bien qu'il soit préférable d'obtenir des pièces neuves du constructeur, un arbre peut être réusiné après avis du constructeur et selon ses plans d'origine.

La matière, les plans et cotes d'usinages (états des surface, congés, jeux et tolérances) doivent être respectés.

La rectitude de l'arbre ainsi que le battement ou faux-rond du bout d'arbre devront être contrôlés.

Il sera nécessaire de s'assurer qu'aucun corps étranger ou élément interne ne puisse venir en contact avec la pièce mobile.

Il faudra veiller au respect des règles de lubrification, notamment lors du montage des paliers et des joints d'étanchéités.

### 3.5 INTERVENTION SUR LES TRANSMISSIONS PAR ENGRENAGES

Les exigences relatives aux pièces mobiles définies (3.6) ci-dessus s'appliquent.

Lorsque l'appareil comprend des dispositifs de réglage des rapports d'engrenage (manuels ou automatiques), la réparation des mécanismes de réglage des engrenages doit être réalisée de manière à ne pas pouvoir produire des températures supérieures à la température de surface maximale ou des étincelles mécaniques capables d'enflammer.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

La fréquence de graissage et de lubrification préconisée (qualité et quantité) par le constructeur devra être respectée. On veillera à garantir le niveau de liquide et contrôler les étanchéités et dispositifs mesurant les niveaux.

La position d'installation du réducteur devra être prise en compte.

En cas de demande particulière du client, si un réducteur est livré sans huile après révision ou réparation, cette particularité devra être précisée en accrochant sur le matériel une étiquette, mentionnant : « REDUCTEUR SANS HUILE ».

Tous les réducteurs seront remontés après nettoyage complet des composants et en s'assurant de la conformité de leurs positions de montage. On contrôlera l'aspect de la pignonnerie et des clavettes (absence de rupture, piqûres, écaillage, grippage, déformation ou matage sur les clavettes et ou avaries sur les roulements)

### **3.6 INTERVENTIONS RELATIVES AUX AUTRES PIÈCES MOBILES**

#### **3.6.1 VIBRATIONS**

Le réparateur veillera à respecter les exigences du constructeur afin d'éviter des vibrations au niveau de l'appareil afin que les surfaces chaudes ou les étincelles provoquées par ces vibrations soient évitées.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur qui doit spécifier la plage de vitesses de fonctionnement correcte de l'appareil.

#### **3.6.2 JEUX**

Les jeux entre les pièces mobiles non lubrifiés et les pièces fixes doivent être vérifiés de manière à éviter le contact par friction.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

#### **3.6.3 LUBRIFICATION**

Les pièces mobiles qui nécessitent la présence d'un agent de lubrification pour éviter le passage à une température supérieure à la température de surface maximale, ou la création d'étincelles mécaniques capables d'enflammer, doivent être réparées de manière à garantir la présence de cet agent de lubrification.

Il convient de se référer à la notice d'utilisation et d'entretien du constructeur.

#### **4. CONCLUSION**

Notre étude a porté sur l'élaboration de règles de bonnes pratiques pour la réparation des pompes et des réducteurs. Afin d'élaborer ces règles, nous sommes partis de l'analyse des risques d'inflammation sur ces matériels. Nous avons détaillé les méthodes de réparation par sous-ensemble, ceci peut permettre une application de ces règles à d'autres matériels non-électriques comprenant les mêmes sous-ensembles et utilisant les mêmes moyens de prévention des sources d'inflammation.

Actuellement, une seule norme internationale porte sur la réparation des matériels électriques, la norme CEI 60079-19. Cependant, en Europe, les matériels non-électriques sont également concernés par la directive ATEX et des accords entre le CEN et la CEI sont en train de se conclure pour amener les normes de certification non-électrique au niveau international. Elles seront alors également gérées par la CEI et il faut s'attendre à ce que la normalisation s'intéresse alors prochainement à la réparation des matériels non électriques. Dans cette optique, l'INERIS pourra alors apporter son savoir-faire afin que les matériels non électriques conservent leur niveau de sécurité.



ERROR: syntaxerror  
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

```
(  
P75146A_Validation de m0thodes de r0paration de mat0riels m0caniques (pompes, r0ducteur  
)  
/Title  
(  
/Subject  
(D:20071205085525)  
/ModDate  
(  
/Keywords  
(PDFCreator Version 0.8.0)  
/Creator  
(D:20071205085525)  
/CreationDate  
(Thierry Houeix)  
/Author  
-mark-
```