

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

DIRECTION GENERALE DE LA MOBILITE ET DES VOIES HYDRAULIQUES

CAHIER DES CHARGES-TYPE 400

Constituant annexe permanente aux cahiers spéciaux des charges relatifs aux installations et constructions mécaniques et électriques

CLAUSES TECHNIQUES GENERALES CONTRACTUELLES

Partie 400.M.02

OLÉOHYDRAULIQUE

2013

Table des matières

	<u>Page</u>
1. Généralités	1
1.1. Objet	1
1.2. Définitions	1
1.3. Symboles et schémas des circuits	2
1.4. Plans	2
1.5. Matière première	2
2. Prescriptions fonctionnelles	3
2.1. Performances	3
2.1.1. Généralités	3
2.1.2. Lois de mouvement	3
2.1.3. Sollicitations et combinaisons de sollicitations	3
2.1.4. Commande et régulation	4
2.1.5. Durée d'utilisation effective	4
2.2. Dispositifs auxiliaires	4
2.2.1. Protection contre les surpressions	4
2.2.1.1. Soupape de sécurité	4
2.2.1.2. Limiteur de pression	4
2.2.2. Immobilisation d'un mécanisme à commande hydraulique	4
2.2.3. Limitation de force ou de couple	5
2.2.4. Remise et verrouillage à zéro	5
2.2.5. Réalimentation (Gavage)	6
2.2.5.1. Système fermé	6
2.2.5.2. Système ouvert	6
3. Dispositions constructives	7
3.1. Généralités	7
3.2. Centrale hydraulique	7
3.2.1. Généralités	7
3.2.2. Groupes motopompes	8
3.2.2.1. Construction	8
3.2.2.2. Essais	9
3.2.2.2.1. <i>Essais de type</i>	9
3.2.2.2.2. <i>Essais de routine</i>	10
3.2.3. Châssis	10
3.2.4. Réservoir	10
3.2.5. Filtres hydrauliques	11
3.2.5.1. Fluide hydraulique minéral	11
3.2.5.1. Fluide hydraulique acceptable pour l'environnement	12
3.2.6. Appareils de mesure	13
3.2.7. Systèmes de réglage	13
3.3. Moteurs hydrauliques	13
3.3.1. Moteurs hydrauliques rotatifs	13
3.3.1.1. Construction	13
3.3.1.2. Essais	13

3.3.2. Vérins hydrauliques (moteurs linéaires)	13
3.3.2.1. Calcul	14
3.3.2.1.1. Vérins standard	14
3.3.2.1.2. Vérins non standard	14
3.3.2.1.2.1. Généralités	14
3.3.2.1.2.2. Cylindres	15
3.3.2.1.2.3. Fonds de cylindre	17
3.3.2.1.2.4. Tiges	18
3.3.2.1.2.5. Œillets et fourches	20
3.3.2.1.2.6. Brides d'assemblage du cylindre, fonds et têtes de cylindre	21
3.3.2.1.2.7. Tourillons	21
3.3.2.1.2.8. Assemblages	21
3.3.2.1.2.8.1. Assemblages filetés	21
3.3.2.1.2.8.2. Assemblages par clavettes	21
3.3.2.1.2.8.3. Assemblages par soudures	21
3.3.2.1.2.8.4. Assemblages divers	22
3.3.2.2. Prescriptions constructives	22
3.3.2.2.1. Cylindres	22
3.3.2.2.2. Fonds de cylindre	22
3.3.2.2.3. Têtes de cylindre	23
3.3.2.2.4. Guidages et buselures	23
3.3.2.2.5. Etanchéités	23
3.3.2.2.6. Racleur	24
3.3.2.2.7. Purgeur	24
3.3.2.2.8. Fixation de la chape sur la tige du vérin	24
3.3.2.2.9. Assemblage par vis	25
3.3.2.2.10. Tiges du vérin	25
3.3.2.2.11. Pistons	26
3.3.2.2.12. Œillets et fourches	27
3.3.2.2.13. Tourillons	27
3.3.2.2.14. Protection contre la corrosion	27
3.3.2.2.15. Plaque signalétique	28
3.3.2.3. Essais	28
3.3.2.3.1. Généralités	28
3.3.2.3.2. Réception des tiges de vérin	28
3.3.2.3.2.1. Réception des matériaux	28
3.3.2.3.2.2. Réception des tiges de vérin	29
3.3.2.3.3. Réception des échantillons des tiges	30
3.3.2.3.3.1. Mesure de l'épaisseur des couches	30
3.3.2.3.3.2. Brouillard salin	30
3.3.2.3.3.3. Essais complémentaires pour les revêtements céramiques	32
3.3.2.3.3.3.1. Résistance aux chocs	32
3.3.2.3.3.3.2. Accrochage	32
3.3.2.3.3.3.3. Densité et porosité de la couche	32
3.3.2.3.3.3.4. Mesure de la dureté	32
3.3.2.3.3.3.5. Résistance à l'usure	33
3.3.2.3.3.3.6. Acceptation	33
3.3.2.3.4. Essais en charge	33
3.3.2.3.5. Protection durant le transport	33
3.3.3. Appareils auxiliaires	33

3.3.3.1. Construction	33
3.3.3.2. Essais de type	34
3.3.4. Blocs de base	35
3.4. Canalisations hydrauliques	35
3.4.1. Construction	35
3.4.2. Essais	37
3.4.3. Rinçage	38
3.5. Appareillage électrique	38
3.6. Fluide hydraulique	39
3.6.1. Généralités	39
3.6.2. Fluides hydrauliques minérales	39
3.6.3. Fluides hydrauliques acceptables pour l'environnement	39
3.7. Conditionnement du matériel de réserve	40
3.8. Prescriptions générales	40
3.8.1. Interchangeabilité	40
3.8.2. Accessibilité	41
3.8.3. Protection contre la corrosion	41
3.8.4. Insonorisation	41
3.8.5. Garantie	41
4. Essais des installations hydrauliques	42
4.1. Généralités	42
4.2. Essais d'un système hydraulique	42
4.3. Essais d'une installation	42
5. Révision des vérins hydrauliques	43
5.1. Généralités	43
5.2. Etendue des travaux de révision	43
5.2.1. Révision minimale des vérins hydrauliques	43
5.2.2. Travaux de révision imprévus	44
5.3. Prescriptions techniques	44
5.3.1. Guidages et buselures	44
5.3.2. Etanchéité	44
5.3.3. Piston	44
5.3.4. Tige	45
5.3.5. Cylindre	46
5.3.6. Tourillons	46
5.3.7. Protection contre la corrosion	46
5.3.8. Réception du vérin	46
5.3.8.1. Tige	46
5.3.8.2. Cylindre	47
5.3.8.3. Protection contre la corrosion	47
5.3.8.4. Essais en charge	47
5.3.9. Fluide hydraulique de stockage	47
Annexe	
Annexe 1 : Inspections des vérins	49
Annexe 2 : Liste des normes	55
Annexe 3 : Choix des aciers	59

1. Généralités

1.1. Objet

Les prescriptions du présent fascicule s'appliquent à toute installation ou partie d'installation dans laquelle il est fait usage d'un fluide sous pression pour assurer soit :

- une fonction de transmission de puissance ou de force ;
- une fonction de commande ;
- une fonction d'asservissement ou de régulation ;
- une combinaison de ces fonctions ;

Pour les ascenseurs hydrauliques les prescriptions de la norme NBN EN 81-2 sont d'application.

1.2. Définitions

Dans le présent cahier des charges type, il est fait référence aux définitions de la norme NBN E 48-008 complétée par les définitions suivantes :

- *pression de base* : dans un système fermé : pression de construction de la pompe de gavage pour laquelle la plus haute valeur doit être prise comme limite ;
- *fond de vérin* : extrémité fermée du vérin (sans tige traversante) ;
- *tête de vérin* : extrémité du vérin par laquelle passe la tige ou la contretige ;
- *classe de pression* : valeur normalisée de la pression nominale d'un vérin hydraulique ou d'un moteur hydraulique ;
- *contretige* : tige traversante ;
- *circuit de puissance* : partie d'un système hydraulique exerçant une fonction de puissance ou de force ;
- *circuit auxiliaire* : partie d'un système hydraulique exerçant une fonction auxiliaire telle que régulation ou commande ;
- *pompe à débit variable* : pompe volumétrique dont le débit théorique peut varier durant son fonctionnement indépendamment de sa vitesse de rotation, elle est équipée d'une pompe de commande ou d'un système de régulation ;
- *clapet antiretour* : clapet dans lequel l'entrée et la sortie du fluide sont raccordées à travers un conduit dans lequel une résistance limite définie est créée ;
- *soupape de ventilation* : appareil destiné au renouvellement du fluide dans un circuit fermé ;
- *vérin standard* : vérin hydraulique fourni de stock, pour lequel les dimensions et pression nominales répondent aux normes ISO. Le vérin doit être fabriqué par un constructeur certifié ISO 9001, cette certification doit être mentionnée dans son catalogue dans lequel sont spécifiées les dimensions et les caractéristiques techniques principales ;

- *pompe de gavage ou de réalimentation* : pompe qui, dans un circuit fermé, maintient la pression de base et compense les pertes volumétriques et les prélèvements de fluide qui y sont opérés.

1.3. Symboles et schémas des circuits

Les schémas hydrauliques doivent être conformes à la norme NBN ISO 1219-1 et ISO 1219-2.

1.4. Plans

Les plans d'exécution et les plans définitifs comprennent au moins :

- les schémas hydrauliques complets du système ;
- un plan d'ensemble détaillé de la centrale hydraulique ;
- un schéma d'ensemble des canalisations en perspective isométrique ;
- pour tous les vérins hydrauliques un plan d'ensemble avec l'indication des caractéristiques principales telles que :
 - alésage du cylindre ;
 - diamètre de la tige et de la contretige ;
 - course ;
 - matériaux de construction ;
 - classe de pression ;
 - caractéristiques du matériau de protection des tiges ;
- pour les vérins non standard, un plan de détail de chaque partie de l'installation, un dessin détaillé d'un catalogue peut être accepté ;
- une liste détaillée des composants avec mention des caractéristiques essentielles des machines, appareils utilisés et fournitures, leur marque et type, ainsi que le fabricant et l'adresse du fournisseur.

1.5. Matière première

Les prescriptions du cahier des charges type 400.A.01 « Mécanique en général » sont d'application pour tous les composants hydrauliques à l'exception du chapitre « Choix et essai des matériaux » qui n'est pas d'application pour les fabrications de vérins hydrauliques standard.

2. Prescriptions fonctionnelles

2.1. Performances

2.1.1. Généralités

Les performances qualitatives imposées au système, telles que la nature et la succession des diverses opérations à effectuer, les fonctions de verrouillage, de blocage, de commande, d'asservissement, etc... doivent être indépendantes des conditions extérieures au système et notamment :

- de la température ambiante ;
- des conditions climatiques ambiantes ;
- de la grandeur et du sens de la force résultante ou du couple résultant agissant sur l'élément moteur du système.

L'écart permis sur les grandeurs physiques est de $\pm 5\%$.

Les performances quantitatives imposées au système, telles que les valeurs, constantes ou variables en fonction du temps, imposées pour certaines grandeurs physiques (vitesse, accélération, forces, couples, etc.), les durées de certaines opérations, ainsi que les écarts tolérés sur ces valeurs, etc. doivent être réalisées indépendamment des conditions extérieures au système.

La précision demandée pour la force ou le couple nominal doit être réalisée pour des variations de températures comprises entre -10° et $+40^{\circ}$ C.

Au delà de la force nominale (ou du couple nominal) il est admis que l'écart toléré augmente proportionnellement à ladite force (ou couple).

2.1.2. Lois de mouvement

Les lois de mouvement (ceci particulièrement pour les engins de levage) sont décrites dans le cahier spécial des charges.

Dans le cas d'une porte busquée, la loi de mouvement ne peut être réalisée au moyen d'amortisseurs hydrauliques montés sur le vérin.

2.1.3. Sollicitations et combinaisons de sollicitations

Les sollicitations et combinaisons de sollicitations qui servent de base au calcul des systèmes hydrauliques sont définies dans le cahier des charges type 400.A.01.

Pour les engins de levage, le calcul des sollicitations et combinaisons de sollicitations s'effectue suivant la norme NBN E 52-002.

2.1.4. Commande et régulation

Lorsque plusieurs vitesses doivent pouvoir être réalisées par un système hydraulique, chacune d'elles doit pouvoir être réglée individuellement.

Lorsque des valeurs sont imposées pour une force ou un couple, ces valeurs doivent pouvoir être réglées. Ces réglages sont simples et leur plage est étendue. Une fois déterminés les réglages doivent rester constants dans le temps.

2.1.5. Durée d'utilisation effective

Le cahier des charges type 400.A.01. « Mécanique en général » mentionne la durée d'utilisation effective, la classe d'utilisation et le spectre de charge de certains systèmes de commande hydraulique.

Pour les autres systèmes, la durée d'utilisation effective s'élève au minimum à 10.000 h.

Pour les rampes mobiles et amovibles et les engins de levage, la norme NBN E 52-002 est d'application.

2.2. Dispositifs auxiliaires

2.2.1. Protection contre les surpressions

2.2.1.1. Soupape de sécurité

Toute partie d'un circuit hydraulique doit être protégée à chaque instant par une soupape de sécurité.

Lorsque plusieurs parties d'un même circuit peuvent être occasionnellement séparées les unes des autres par des soupapes de retenue ou autres appareils analogues, chacune de ces parties doit être protégée individuellement, si des surpressions peuvent effectivement se produire dans ces parties.

2.2.1.2. Limiteur de pression

Un limiteur de pression est prévu sur tout circuit fermé dans lequel des surpressions pourraient résulter d'un changement du sens de la force ou du couple développé par la machine motrice.

2.2.2. Immobilisation d'un mécanisme à commande hydraulique

Tout système à commande hydraulique comporte normalement un ou plusieurs organes de blocage, immobilisant l'organe entraîné de façon absolue :

- entre les périodes de service du système ;
- en cas de fuite importante provoquée soit par une rupture de canalisation en un endroit quelconque d'un circuit de puissance, de commande,

d'asservissement ou auxiliaire, soit par une dégradation des joints d'étanchéité ;

- en cas de disparition de la pression de base d'un des circuits précités ;
- en cas de disparition d'une pression auxiliaire ;
- en cas de disparition de la tension électrique servant à l'alimentation ou au pilotage du système ;
- en général, lors d'un incident quelconque supprimant la possibilité de fonctionnement normal du système.

Il est veillé à ce que l'action des organes de blocage, bien qu'immédiate, ne soumette pas l'organe entraîné, ni les mécanismes intermédiaires éventuels, à des contraintes supérieures à celles pour lesquelles ils ont été dimensionnés.

L'utilisation de distributeurs à tiroir pour obturer des canalisations n'est pas considérée comme constituant un blocage. De façon analogue, le blocage, même absolu, du débit pouvant traverser un moteur hydraulique rotatif, ne peut être considéré comme constituant un blocage du système.

Le cahier spécial des charges peut prévoir qu'en cas de panne de la commande, l'organe de blocage peut être ponté.

2.2.3. Limitation de force ou de couple

La force (ou le couple) développée par l'organe moteur doit être limitée automatiquement dans chaque sens.

La sécurité contre les surpressions intervient dès que la pression maximale ou la force maximale (telle que définie au paragraphe 3.3.2.1.2.1.) est dépassée, elle doit être réglable entre 90 et 110 % de ces valeurs.

La force (ou le couple) limite une fois réglée, ne peut en aucun cas se dérégler.

Les écarts admissibles par rapport à la valeur réglée sont de ± 5 % de celle-ci.

2.2.4. Remise et verrouillage à zéro

Tout circuit principal comprenant une ou plusieurs pompes à débit variable est équipé d'un dispositif de remise à zéro et d'un dispositif de verrouillage à zéro.

Le dispositif de remise à zéro a pour but de ramener en position de repos tous les organes du système hydraulique.

Si le système hydraulique se trouve dans une position autre que la position de repos, le verrouillage à zéro empêche le démarrage du (des) moteur(s) entraînant la (les) pompe(s) principale(s).

Aucun mouvement ne peut se produire aux organes commandés pendant le démarrage du ou des moteurs d'entraînement.

2.2.5. Réalimentation (Gavage)

2.2.5.1. Système fermé

Tout circuit fermé est réalimenté par une pompe de gavage, créant dans ce circuit une pression de base dont la valeur limite n'est en aucun cas inférieure à 1 MPa (10 bar).

Le débit de gavage doit être prévu pour :

- établir la pression de base en un délai ne dépassant pas 3 s compte tenu des pertes du circuit à gaver et de la présence inévitable d'air mélangé au fluide de ce circuit ;
- éviter toute chute de la pression de base en-dessous de la valeur limite, lors de la mise en charge de la machine motrice ou pendant l'accélération de celle-ci.

Le débit de gavage n'est jamais inférieur à 0,2 fois le débit maximum de la pompe principale.

Lorsqu'une réalimentation est nécessaire, un verrouillage empêche le commencement de toute manœuvre tant que la pression de base n'est pas établie.

2.2.5.2. Système ouvert

Dans un circuit ouvert, la pompe principale aspire le fluide hydraulique directement du réservoir, sans interposition d'aucun accessoire intermédiaire, à l'exception du filtre tel que prescrit au paragraphe 3.2.5.

3. Dispositions constructives

3.1. Généralités

Un système hydraulique est constitué des éléments suivants :

- les centrales hydrauliques ;
- les moteurs hydrauliques, comprenant aussi bien des moteurs hydrauliques rotatifs ou linéaires que des vérins ;
- les canalisations entre les centrales hydrauliques et les moteurs hydrauliques.

Pour les groupes qui entraînent un pont mobile, les blocs de clapets et les canalisations de chaque groupe montés sur les vérins hydrauliques ou moteurs sont entièrement indépendants.

A tous les points hauts de toutes les canalisations, du groupe motopompe, du réservoir et du vérin hydraulique est prévu un purgeur manuel.

3.2. Centrale hydraulique

3.2.1. Généralités

Une centrale hydraulique est constituée au minimum des éléments suivants :

- les groupes motopompes ;
- les appareils de commande et de réglage de la puissance équipés de leurs plaques de fixation ;
- les châssis sur lesquels les groupes motopompes sont fixés ;
- le réservoir de fluide hydraulique ;
- les appareils de mesure ;
- les canalisations hydrauliques de liaison.

Chaque centrale est conçue sous la forme d'un ensemble indépendant, qui peut être fabriqué et testé en atelier. Le tout est amené entièrement construit sur le chantier.

Les centrales hydrauliques doivent être parfaitement étanches.

Quand un groupe est exposé aux agents atmosphériques, il doit présenter au moins le degré de protection IP 55 selon la norme NBN C 20-529.

Dans le cas où des groupes motopompes sont ajoutés, chaque groupe forme un ensemble autonome et indépendant.

3.2.2. Groupes motopompes

3.2.2.1. Construction

Chaque groupe motopompe d'une centrale contient :

- la pompe volumétrique ;
- le moteur d'entraînement de la pompe ;
- l'accouplement entre le moteur et la pompe.

La vitesse de rotation de la pompe et du moteur n'excède pas 1.500 tr/min.

Toutes les pompes peuvent fonctionner à vide et sont lubrifiées automatiquement durant leur fonctionnement.

Pour les pressions supérieures à 10 MPa (100 bar), il est fait exclusivement usage de pompes à pistons comportant au moins 5 pistons. Les pompes à pistons et les appareils sont au minimum de la classe de pression de 35 MPa (350 bar).

A leur pression nominale de fonctionnement, pour une température de fluide de 50° C et à la vitesse nominale d'entraînement, les pompes à pistons ont un débit de fuite qui n'excède pas 3 % de leur débit théorique. Pour les machines à débit variable il est entendu que l'on prend pour ce dernier débit la valeur maximale qu'il peut atteindre dans la machine considérée.

Pour les autres types de pompes, le débit de fuite n'excède pas 15 % du débit théorique et sous les mêmes conditions que celles des pompes à pistons. Les autres pompes ont, au minimum, la classe de pression de 25 MPa (250 bar).

La connexion des canalisations hydrauliques aux groupes motopompes est réalisée au moyen de canalisations souples.

La détection des différentes positions de l'inclinaison de la pompe en relation avec la loi de mouvement, s'effectue à l'aide d'un codeur angulaire : la pompe est commandée via un réducteur et un codeur angulaire. Le fonctionnement du codeur est sans contact.

La mesure est absolue, ce qui signifie qu'à chaque position de la pompe un seul signal de mesure est émis. Après coupure et rétablissement de la tension d'alimentation, la valeur exacte de l'inclinaison de la pompe est maintenue. La précision de la détection de l'inclinaison de la pompe est inférieure à 1 % du déplacement totale. Au moins 8 positions différentes doivent pouvoir être détectées. Chaque position peut être librement réglée sur la course complète. A chaque position correspond un contact libre de potentiel. Un cadran donne l'angle d'inclinaison en continu. L'ensemble est placé dans une armoire dont le degré de protection est IP 55 selon la norme NBN C 20-529.

3.2.2.2. Essais

3.2.2.2.1. Essais de type

Lorsque cela est explicitement prescrit par le cahier spécial des charges, le constructeur fournit un certificat de réception 3.1.C. (conforme à la norme NBN EN 10204) stipulant que chaque type de pompe proposé a été soumis aux séries de cycles d'essai.

Chaque cycle d'essai comprend :

- pour une pompe à débit variable :
 - 2 min de fonctionnement à pression et débit nuls ;
 - l'augmentation du débit de la pompe jusqu'à son débit nominal sous une pression définie ci-après ;
 - 1 min de fonctionnement à débit nominal et sous la pression d'essai ;
 - la diminution du débit de la pompe jusqu'au débit nul et sous la même pression d'essai que ci-dessus ;
 - 2 min de fonctionnement à pression et débit nuls ;

- pour une pompe à débit fixe :
 - 2 min de fonctionnement à pression nulle ;
 - 1 min de fonctionnement à la pression d'essai ;
 - 2 min de fonctionnement à pression nulle.

1.000 cycles d'essai sont effectués pour chacune des pressions d'essai suivantes :

- 1,50 Pn ;
- 1,25 Pn ;
- 1,00 Pn ;
- 0,75 Pn ;
- 0,50 Pn ;
- 0,25 Pn.

Pn étant la pression normale du système hydraulique.

250 cycles d'essai sont ensuite effectués pour chacune des pressions d'essai définies ci-dessus, la pompe étant alimentée au moyen d'un fluide dont la viscosité à 40° C correspond à celle du fluide normalement utilisé, sous une température de 0° C.

Enfin, la pompe est soumise à un essai de fonctionnement, sous la pression maximale pendant 10 h.

Les fuites de la pompe sont mesurées en début d'essai, tous les 500 cycles et en fin d'essai sous pression maximale. Ces fuites ne peuvent en aucun cas dépasser celles garanties par le constructeur.

3.2.2.2.2. Essais de routine

Chaque pompe subit une série de cycles d'essai analogues à ceux décrits sous 3.2.2.2.1. étant entendu que :

- le nombre de cycles, pour chaque pression est réduit à 2 ;
- les essais au moyen d'un fluide de viscosité différente de celle du fluide normalement utilisé ne sont pas effectués ;
- les essais peuvent être effectués à vitesse réduite, la durée des essais étant dans ce cas majorée en conséquence. La vitesse réduite ne peut toutefois pas être inférieure à 1/10 de la vitesse normale d'entraînement.

Chaque pompe subit également un essai de fonctionnement, sous pression maximale, pendant ¼ h.

Les fuites de la pompe sont mesurées en début et en fin d'essai, sous la pression maximale de fonctionnement. Ces fuites ne peuvent en aucun cas dépasser celles garanties par le constructeur.

3.2.3. Châssis

Tous les groupes motopompes d'une même centrale hydraulique sont montés sur un châssis métallique unique. Dans le cas où cette règle pratique ne peut être appliquée, le nombre de châssis doit être réduit au minimum.

Les châssis sont fabriqués en construction soudée et résistent, sans déformation inadmissible, aux réactions provenant du fonctionnement du groupe motopompe. Ils sont montés sur des amortisseurs de vibration et installés sur des plots d'isolation pour éviter le contact avec le sol et les remontées d'humidité.

Sous chaque châssis est installé un bac de récolte des fuites en métal inoxydable. Ce bac s'étend en dessous de l'ensemble des appareils et commande et est capable de contenir le fluide qui peut se répandre lors d'un démontage.

Le bac de récolte est équipé d'un bouchon de vidange avec un robinet et a une pente d'au moins 2 % vers ce robinet.

3.2.4. Réservoir

Chaque système hydraulique comporte un réservoir de forme adaptée pour contenir le fluide hydraulique dont la capacité est au moins égale à la plus grande quantité possible de fluide hydraulique qui peut être refoulée dans le réservoir par la combinaison la plus défavorable possible des différents mouvements des vérins, augmentée de la moitié de la contenance de tous les vérins. Les 10 cm supérieurs et inférieurs de la hauteur du réservoir ne sont pas pris en compte pour le calcul de sa contenance.

En l'absence de bac de rétention externe, chaque réservoir est muni d'un bac de rétention individuel d'une capacité au moins égale à celle du réservoir.

Le réservoir est fabriqué en acier inoxydable X5CrNiMo 17-12-2 selon la norme NBN EN 10088-1 à 3 (1.4401 ou AISI 316) et est équipé :

- d'un filtre à air équipé d'un déshumidificateur. Le filtre à air a un degré de filtrage de 3 μm ;
- d'un indicateur de niveau ;
- d'un robinet de vidange avec un contact électrique ;
- d'un orifice de remplissage et de vidange. Ces orifices ont des dimensions suffisantes et sont situés de manière à ce que les opérations de remplissage et de vidange s'opèrent aussi facilement que possible. Le réservoir a une pente minimale de 5 % vers le robinet de vidange ;
- de deux interrupteurs à flotteur qui s'enclenchent lorsque le niveau du fluide descend en-dessous d'un niveau prédéfini. Le premier interrupteur donne une alarme d'avertissement, le second donne une alarme et arrête le groupe motopompe. Les alarmes sont visualisées au pupitre de commande ;
- d'un trou d'homme, indépendant de la grandeur du réservoir, prévu pour l'entretien du réservoir ;
- d'une canalisation de réserve avec un collier de 1" (aussi bien en-dessous qu'au-dessus du réservoir) sur laquelle un filtrage extérieur peut venir se raccorder ;
- une plaque d'identification mentionnant au moins les indications suivantes :
 - volume nominal du réservoir ;
 - la viscosité ISO à 40° C du fluide hydraulique ;
 - le type d'huile ;
 - la nature du revêtement intérieur.

Les réservoirs contenant un volume supérieur à 600 litres sont équipés de cloisons d'amortissement dans les compartiments de départ et de retour.

Le cahier spécial des charges peut prévoir des prescriptions particulières telles qu'un filtrage continu par un groupe motopompe extérieur. En cas d'utilisation de fluide acceptable pour l'environnement, ce filtrage extérieur est obligatoire. La pompe de ce filtrage démarre à chaque enclenchement de la pompe principale.

3.2.5. Filtres hydrauliques

3.2.5.1. Fluide hydraulique minéral

Les systèmes hydrauliques sont équipés de filtres choisis de manière telle que le degré d'épuration du fluide hydraulique soit égal à 16/14/11 (degré d'épuration selon la norme ISO 4406). L'échantillon de fluide pour le contrôle du degré d'épuration doit être pris, pour les systèmes ouverts, en bas du réservoir; pour les systèmes fermés, après le filtre de la boucle de retour. La procédure de prélèvement est conforme à la norme ISO 4021.

Dans les systèmes fermés des filtres sont prévus sur chaque boucle haute pression d'une valeur de filtration $\beta_{10} \geq 100$ et sur chaque boucle de retour d'une valeur de filtration $\beta_{20} \geq 130$, selon la norme ISO 16889.

Dans les systèmes ouverts, des filtres peuvent être placés près des boucles haute pression avec $\beta_{10} \geq 100$ et de retour avec $\beta_{20} \geq 130$. L'installation des filtres n'est acceptée que pour autant qu'il soit satisfait aux conditions suivantes : le passage est prévu large et les filtres sont équipés d'un by-pass et d'une alarme; ceci en fonction de la hauteur d'aspiration de la pompe d'alimentation.

L'aspiration de l'huile dans le réservoir est équipée de filtres pour particules de 100 μm eux-mêmes équipés d'un by-pass et d'une alarme.

Le débit nominal de chaque filtre est au moins égal à de deux fois le débit de fluide qui circule à travers le vérin.

Si un filtrage off-line continu motorisé est installé sur le réservoir, ce système de filtrage possède les caractéristiques minimales suivantes :

- la valeur de filtration : $\beta_2 \geq 100$ suivant norme ISO 16889 ;
- un déshumidificateur ;
- un débit nominal pour le filtre $\leq 0,1$ x le volume total du système hydraulique par heure ;
- des points de mesure équipés de raccords rapides pour la fermeture sont prévus pour la connexion de petits appareils et la prise d'échantillons d'huile destinés à l'analyse chimique.

Chaque filtre est équipé d'un manomètre qui mesure les différentes pressions et d'un manocontact, qui donne une alarme si la perte de charge dans le filtre devient trop grande. Le manocontact doit être maintenu en service lorsque le by-pass est ouvert.

La capacité du filtre, qui est la quantité d'impuretés récoltées, est telle que le remplacement de l'élément filtrant ne s'opère avant 6 mois minimum. Cette condition doit être réalisée à partir de trois mois après la mise en service de l'installation, date à laquelle le niveau de pureté du fluide a atteint son régime. L'entrepreneur prend toutes les mesures nécessaires pour que cet état de régime soit atteint à la fin de cette période.

Le nettoyage des filtres n'est pas permis, les éléments filtrants ne sont pas régénérables.

3.2.5.1. Fluide hydraulique acceptable pour l'environnement

Lorsqu'il est fait usage de fluide hydraulique acceptable pour l'environnement, les filtres de 100 μm prévus à l'aspiration de la pompe principale sont remplacés par des filtres pour particules de 5 μm placés au refoulement de la pompe principale (côté haute pression). Ces filtres sont équipés d'une alarme.

Le filtrage off-line est prévu d'office et est équipé de filtres pour particules de 2 μm pour retenir l'eau contenue dans le fluide

Les cartouches papier sont proscrites.

3.2.6. Appareils de mesure

Les appareils de mesure donnent la mesure exacte de la pression qui s'établit dans les différentes parties du système hydraulique.

Chaque groupe motopompe doit être équipé d'un manomètre sur chaque circuit principal, circuit de réglage et circuit de gavage. De plus, quatre manomètres de chaque type sont fournis avec les raccords nécessaires.

Chaque partie d'un circuit qui, à un moment donné en cours de fonctionnement peut être isolé, est équipée d'un point de mesure de pression. Chaque point de mesure est muni d'une vanne.

Les manomètres sont du type rempli de glycérine et ont une précision de mesure de la classe 0,1 selon DIN et une échelle de graduation qui atteint 1,3 x la pression maximale du circuit concerné. L'échelle de mesure de chaque manomètre est cependant telle que pour les conditions de fonctionnement nominales la valeur affichée se trouve dans la seconde moitié de l'échelle.

Les appareils de mesure sont installés de manière à ce que la mesure de la valeur affichée soit précise et facile. Quand des fluctuations de pression sont prévisibles, les manomètres sont équipés de systèmes d'amortissement.

3.2.7. Systèmes de réglage

Tous les systèmes de réglage sont facilement accessibles. Les réglages doivent pouvoir être réalisés de façon simple. Ils ne peuvent subir aucune modification entre deux interventions.

3.3. Moteurs hydrauliques

3.3.1. Moteurs hydrauliques rotatifs

3.3.1.1. Construction

Les moteurs hydrauliques rotatifs répondent aux mêmes prescriptions que celles énoncées au paragraphe 3.2.2.1. pour les pompes.

3.3.1.2. Essais

Les moteurs hydrauliques rotatifs sont soumis aux mêmes essais que ceux repris au paragraphe 3.2.2.2. pour les pompes.

3.3.2. Vérins hydrauliques (moteurs linéaires)

Pour tous les types de vérins, la check - liste jointe en annexe est complétée.

3.3.2.1. Calcul

3.3.2.1.1. Vérins standard

Pour les vérins standard dont le diamètre de tige est inférieur ou égal à 125 mm qui commandent des organes auxiliaires (tels que verrous, vannes de décharge, dégrilleurs automatiques) aucune note de calcul n'est exigée.

La classe de pression de ces vérins répond aux conditions suivantes :

- pression de travail normale ≤ 100 bar : classe de pression ≥ 160 bar ;
- 100 bar < pression de travail normale ≤ 200 bar : classe de pression ≥ 250 bar ;

3.3.2.1.2. Vérins non standard

3.3.2.1.2.1. Généralités

La fourniture de vérin non standard ou de vérin standard commandant des organes principaux s'accompagne d'une note de calcul complète de tous les éléments repris dans le paragraphe 3.3.2.1.2.X. Toutes les parties du vérin sont calculées.

Les calculs sont effectués selon les prescriptions de la norme NBN E 52-002 et 004.

Les sollicitations qui sont supposées agir sur les vérins, font appel aux notions suivantes :

- force nominale : force créée sous la combinaison de sollicitations 1 (voir § 2.1.3.) ;
- pression nominale : pression qui est produite par la force nominale ;
- force exceptionnelle : force créée sous la combinaison de sollicitations 2 selon la plus défavorable des combinaisons de sollicitations 2a, 2b, 2c, 2d et 2e du cahier des charges type 400.A.01 ;
- pression exceptionnelle : pression qui est produite par la force exceptionnelle ;
- pression de travail maximale : pression qui correspond à la pression maximale de tarage des soupapes de sécurité ; elle est égale à $1,10$ x la valeur maximale de la pression nominale respectivement de la pression maximale ;
- force maximale : force qui correspond à la pression de travail maximale ;
- pression d'essai : pression qui est égale à $1,50$ x la pression de travail maximale ;
- force d'essai : force qui est égale à $1,50$ x la force maximale.

Pour le calcul selon les prescriptions du cahier des charges type 400.A.01 le niveau de sollicitation 2 correspond à :

- l'application de la pression d'essai ou de la force d'essai correspondante pour le cylindre, le fond et la tête de cylindre ainsi que leur bride de fixation ;
- l'application de la pression ou de la force de travail maximale pour les autres composants du vérin hydraulique ;

Quand un mécanisme est commandé en conditions d'utilisation normales par deux vérins hydrauliques, qui chacun reprend la moitié de la charge, mais qui peut aussi être commandé par un seul vérin, alors la commande doit être calculée en cas 1 de sollicitations avec deux vérins et en condition exceptionnelle (combinaison de sollicitations 2a du cas de charge 2) avec un seul vérin.

Dans le cas où un des vérins est hors service, les calculs sont réalisés avec une réduction de la pression de 250 Pa (voir paragraphe 3.2.2.1. de la norme NBN B 03-101).

3.3.2.1.2.2. Cylindres

L'épaisseur du cylindre est calculée à l'aide de la formule de Lamé pour cylindres à parois épaisses :

$$\sigma_{\text{cal}} = p \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2}$$

dans laquelle :

- r_i : rayon intérieur du cylindre
- r_e : rayon extérieur du cylindre
- p : pression d'essai

Le coefficient de sécurité v_{s2} répond au critère suivant :

$$v_{s2} = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{\sigma_{\text{cal}}} \geq 2$$

dans laquelle :

- σ_{adm} : contrainte limite admissible : $\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{0,2}$ pour $\sigma_{0,2} \leq 0,7 \sigma_t$
 $\sigma_{\text{adm}} = 0,7 \sigma_t$ pour $\sigma_{0,2} > 0,7 \sigma_t$
- $\sigma_{0,2}$: limite d'élasticité du matériau
- σ_t : contrainte de traction minimale selon le matériau

L'entrepreneur peut utiliser une plus petite valeur pour le coefficient de sécurité v_{s2} , à la condition qu'il calcul le cylindre conformément à la norme NBN E 52-004 à la rupture et à la fatigue, dans laquelle il est tenu compte l'influence des effets d'entaille.

L'épaisseur de la paroi du cylindre est dimensionnée de manière telle que le jeu entre la paroi du cylindre et le piston, sous la pression d'essai maximale, reste inférieur au jeu maximum qui a été prévu par le constructeur pour l'application de l'étanchéité.

Le déplacement radial Δr produit par la pression d'essai est calculé au moyen de la formule :

$$\Delta r = \frac{r_i p}{E} \left(\frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} + \mu \right)$$

dans laquelle :

E = module d'élasticité de l'acier = 210.000 N/mm²

μ = coefficient de poisson = 0,3

Le tableau 3.3.2.1.2.2. donne pour chacune des valeurs de la pression d'essai la valeur admissible de la déformation radiale.

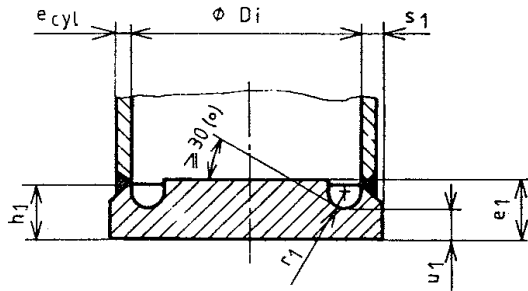
Tableau 3.3.2.1.2.2.

Déformation radiale admissible Δr_{\max}	
Pression d'essai (MPa)	Δr_{\max} (mm)
25	0,40
32	0,55

3.3.2.1.2.3. Fonds de cylindre

Les fonds de cylindres soudés au cylindre lui-même, sont calculés selon les formules mentionnées dans le tableau suivant :

Fonds avec gorges de dégagement



Conditions pour le dégagement du joint soudé :

$$r_1 \geq 0,2 s_1 \text{ et } r_1 \geq 5$$

$$u_1 \leq 1,5 s_1$$

$$h_1 \geq u_1 + r_1$$

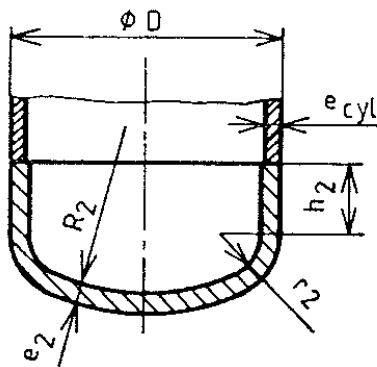
Dimensions en millimètres

$$e_1 \leq 0,4 \cdot D_i \cdot \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{\sigma_{0,2}}} + e_0$$

$$u_1 \geq 1,3 \cdot \left(\frac{D_i}{2} \cdot r_1 \right) \cdot \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{\sigma_{0,2}} + e_0$$

Fig. 3.3.2.1.2.3.1.

Fonds bombés



Conditions :

$$h_2 \geq 3,0 e_2$$

$$r_2 \geq 0,15 D$$

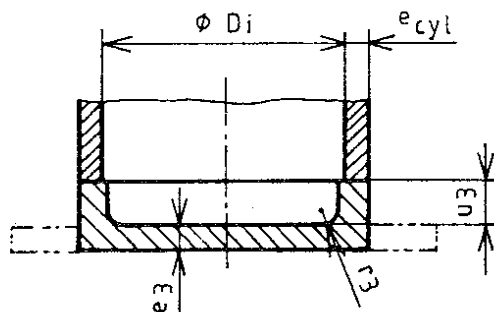
$$R_2 = 0,8 D$$

Dimensions en millimètres

$$e_2 \geq \frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{\sigma_{0,2}} \cdot \frac{D}{2} + e_0$$

Fig. 3.3.2.1.2.3.2.

Fonds plats avec bride rapportée par soudure



Conditions :

$$u_3 \geq e_3 + r_3$$

$$r_3 \geq \frac{e_{cyl}}{3} \text{ et } r_3 \geq 8$$

Dimensions en millimètres

$$e_3 \geq 0,4 \cdot D_i \cdot \sqrt{\frac{2,3 \cdot 1,7 \cdot p}{\sigma_{0,2}}} + e_0$$

Fig. 3.3.2.1.2.3.3.

3.3.2.1.2.4. Tiges

Calcul au flambement

Le calcul au flambement est réalisé conformément au paragraphe 1.4.1. de la norme NBN B 51-001/A1.

La classe de flambement est :

- pour tiges pleines : c
- pour tiges creuses : a

Le coefficient de sécurité exigé par rapport à la charge critique est de 2 sous la combinaison de sollicitations 1 et de 1,5 sous la combinaison de sollicitations 2.

Longueur de flambement l_{fl}

La longueur de flambement l_{fl} est fonction du mode de montage du vérin hydraulique. Elle est déterminée selon les schémas de la figure 3.3.2.1.2.4.b.

Pour calculer la longueur de flambement l_{fl} , il peut être tenu compte d'un facteur de réduction κ qui prend en compte la raideur du guidage et du piston.

Ce facteur de réduction du flambement κ est calculé à l'aide de la formule de Falk :

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{I_3} \sqrt{\frac{I_3}{I_1}}} + \frac{1}{\frac{1}{I_2} \sqrt{\frac{I_2}{I_1}}} + \frac{1}{I_1}$$

Dans laquelle :

- L : = $l_1 + l_2 + l_3$
- l_1 : longueur de la tige 1
- I_1 : moment d'inertie de la tige
- l_2, l_3 : voir figure 3.3.2.1.2.4.a.
- I_2, I_3 : voir figure 3.3.2.1.2.4.a.

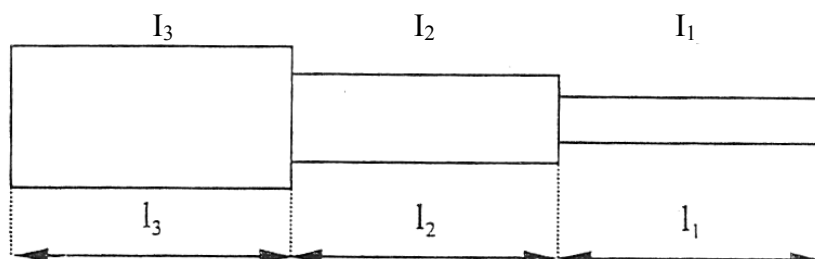


Fig. 3.3.2.1.2.4.

La longueur réduite $\kappa.l_{fl}$ calculée doit toujours être plus grande que la longueur de la tige d'un piston.

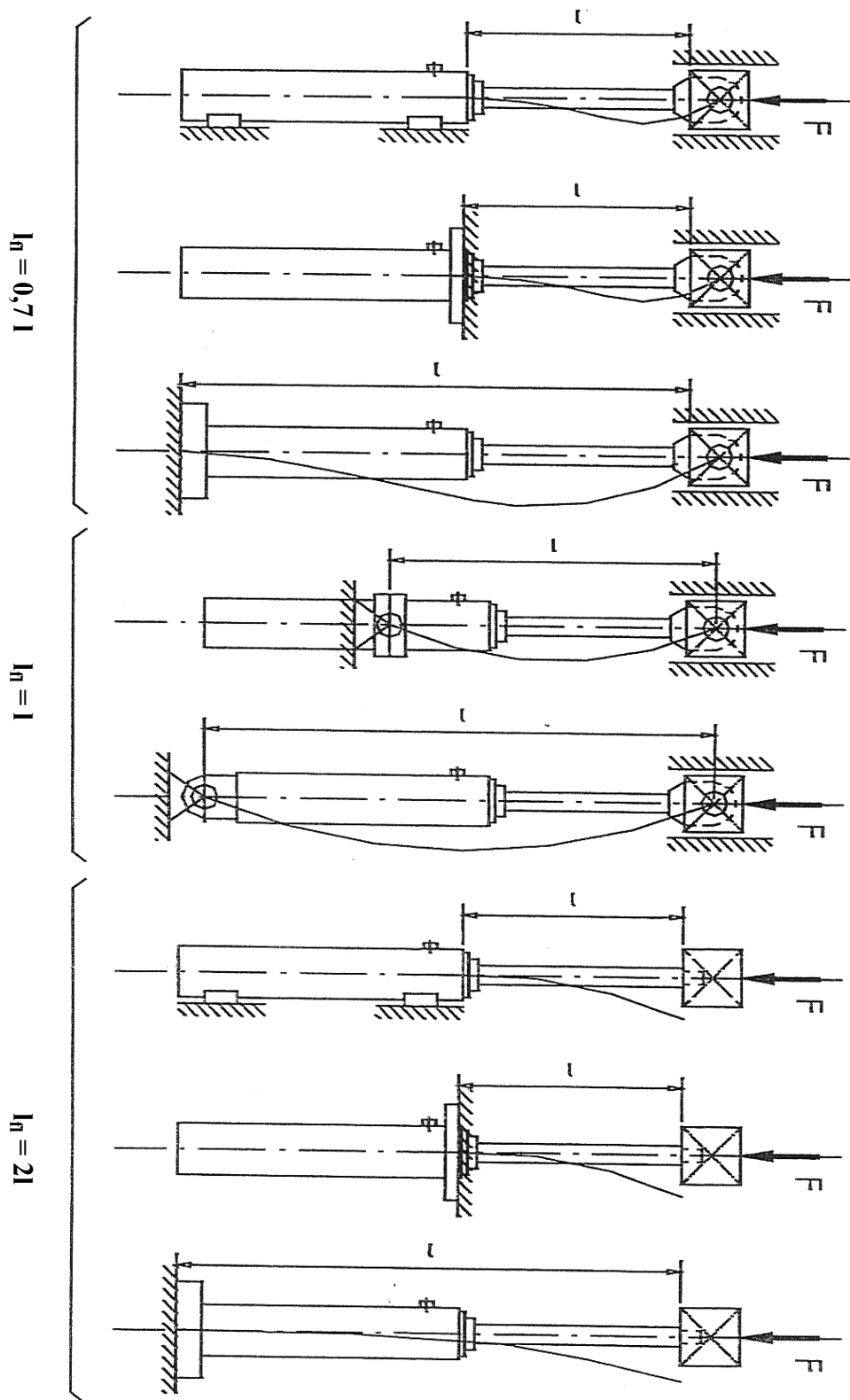


Fig. 3.3.2.1.2.4.b.

Calcul à la résistance :

- si la tige n'est pas soumise à de la compression pure, un calcul à la traction ou à la compression, combiné avec la flexion résultant du poids propre des éléments, du frottement dans les articulations, d'une excentricité éventuelle de la force, ou d'une force transversale est également réalisé.

➤ Calcul de la contrainte à la traction et à la compression :

$$\text{traction} \quad : \quad \sigma_t = \frac{F_{t,\max}}{S}$$

$$\text{compression} \quad : \quad \sigma_c = \frac{F_{c,\max}}{S}$$

dans laquelle :

$F_{t,\max}$: force de traction maximale dans la tige de piston
 $F_{c,\max}$: force de compression maximale dans la tige de piston
 S : la plus petite section de la tige

➤ Calcul de la contrainte maximale compte tenu du poids propre, d'un excentrement de la charge, d'un moment dans les articulations dû aux frottements ou à un calage, et éventuellement d'une force transversale. Ce calcul est réalisé selon S. P. Timoshenko (voir Résistance des matériaux – tome 2 – p 22 édition DUNOD de 1977).

- dans le cas de la compression combinée à la flexion, le calcul est mené selon les prescriptions du paragraphe 1.4.3.1. de la norme NBN B 51-001/A1.

Les coefficients définis dans cette norme sont déterminés comme suit :

- le coefficient de sécurité s vis-à-vis de la ruine de la tige : 1,5 en combinaison de sollicitations 2 ;
- le coefficient de réduction au flambement φ_{fl} est choisi :
 - selon la classe c pour les tiges pleines ;
 - selon la classe a pour les tiges creuses ;
- le coefficient réducteur de déversement $\varphi_{e,d}$: 1 ;
- les coefficients C_x et C_y : 1.

3.3.2.1.2.5. Œillets et fourches

Les calculs sont effectués selon les formules de A. Pooza « Zur Festigkeitsberechnung geschlossener Stangenköpfe (Konstruktion 19 de 1967 § 9 pages 361 – 364).

3.3.2.1.2.6. Brides d'assemblage de cylindres, fonds et têtes de cylindre

Les brides d'assemblage de cylindres, fonds et têtes de cylindre sont calculées en flexion.

Le calcul des brides d'assemblage s'effectue selon les prescriptions du projet de norme DIN V 2505.

3.3.2.1.2.7. Tourillons

Les tourillons sont calculés en résistance à la flexion, au cisaillement et à la pression spécifique.

Le critère de Tresca-Guest est d'application : $\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$

3.3.2.1.2.8. Assemblages

La force prise en compte pour le calcul des moyens de fixation (vis, clavettes, ou soudures) est celle qui correspond à la plus grande force (force maximale maximum) qui est utilisée dans les calculs de dimensionnement des éléments constitutifs.

3.3.2.1.2.8.1. Assemblages filetés

Les assemblages filetés sont dimensionnés comme suit :

- calcul du noyau en traction ;
- calcul du filet en flexion, au cisaillement et à la pression spécifique. Il est supposé que la force se répartit uniformément sur la moitié des filets en prise. La longueur du filetage considérée pour le calcul de la longueur des filets en prise est limitée à deux fois le diamètre du noyau ;
- pour la détermination de la pression spécifique admissible (en N/mm²) il est pris un coefficient de sécurité 10 par rapport à la dureté Brinnell du matériau exprimée en N/mm² (unité Brinell x 10).

3.3.2.1.2.8.2. Assemblages par clavettes

Les assemblages clavetés, à l'exception des clavettes tangentielles, font l'objet d'un calcul :

- au cisaillement ;
- à la pression spécifique sur l'axe et sur le moyeu. Pour la détermination de la pression spécifique admissible (en N/mm²) il est pris un coefficient de sécurité 10 par rapport à la dureté Brinnell du matériau exprimée en N/mm².

3.3.2.1.2.8.3. Assemblages par soudures

Les calculs sont effectués selon la norme NBN EN 1993-1-9 ANB.

Les contraintes admissibles sont déterminées conformément à la norme NBN E 52-003.

3.3.2.1.2.8.4. Assemblages divers

Pour les assemblages qui ne rentrent pas dans une des catégories définies ci-dessus, l'entrepreneur doit fournir la justification de la méthode de calcul utilisée et du choix des coefficients de sécurité utilisés.

3.3.2.2. Prescriptions constructives

3.3.2.2.1. Cylindres

Les cylindres sont fabriqués dans un tube sans soudure et d'une qualité d'acier au moins égale à S355J2H selon les normes NBN 10210-1 et 2 (1.0576).

Un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204 est exigé.

La rugosité de la surface Ra sur toute la course du piston est, après usinage final, au moins de 0,2 µm (suivant la norme NBN EN ISO 4287).

Le cylindre est pourvu de brides de fixation pour la fixation de la tête et du fond, et de deux œillets pour la fixation des crochets de levage pour la manutention du vérin.

Les plaques de base pour le montage des clapets et des canalisations sont fixées directement sur le cylindre sans pièce intermédiaire. A cet endroit le cylindre est aplani et usiné.

3.3.2.2.2. Fonds de cylindre

Les fonds de cylindre sont fabriqués en acier d'une qualité au moins égale à S355J2+N selon les normes NBN 10025-2 (1.0570).

Un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204 est exigé.

Deux types de fabrication sont autorisés :

- fonds de cylindre démontables ;
- fonds de cylindre soudés.

Fonds de cylindre démontables

Les fonds sont fixés au cylindre par assemblage boulonné.

Les assemblages filetés ne sont autorisés que pour des cylindres dont le diamètre intérieur est inférieur à 180 mm et la pression maximale inférieure à 10 MPa (100 bar).

Entre le fond et le cylindre une étanchéité statique doit être prévue.

Le calcul du moment de flexion est réalisé suivant S. P. Timoshenko.

Fonds de cylindre soudés

L'assemblage par soudure n'est autorisé que si le cordon de soudure :

- n'est pas sollicité en flexion ;
- le facteur d'entaille est favorable.

Le cordon de soudure est exécuté sans défaut.

3.3.2.2.3. Têtes de cylindre

Les têtes de cylindre sont fabriquées en acier d'une qualité au moins égale à S355J2+N selon les normes NBN 10025-2 (1.0570).

Un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204 est exigé.

Les têtes sont fixées au cylindre par assemblage boulonné.

Les assemblages filetés ne sont autorisés que pour des cylindres dont le diamètre intérieur est inférieur à 180 mm et la pression maximale inférieure à 10 MPa (100 bar).

Les têtes de cylindre contiennent un racleur, qui est constitué d'une bague fermée indépendante, un joint d'étanchéité statique entre la tête et le cylindre, un joint d'étanchéité dynamique entre la tête et la tige (contretige) et le guidage du piston.

Les têtes de cylindre qui peuvent être immergées partiellement ou totalement sous le niveau d'eau maximum, sont équipées d'une chambre à graisse et d'une étanchéité supplémentaire raclant l'eau.

3.3.2.2.4. Guidages et buselures

Les buselures de guidage de la tiges et du piston sont fabriqués en :

- bronze d'étain ;
- bronze au plomb ;
- polymère.

Les guidages et buselures répondent aux prescriptions du cahier des charges type 400.A.01.

L'entrepreneur fournit une note de calcul montrant que la pression superficielle ne dépasse pas les valeurs admissibles. Une telle note de calcul est également fournie pour les polymères.

La buselure de guidage de la tige est pourvue de rainures hélicoïdales de graissage, par contre celles du guidage du piston possèdent une ou plusieurs rainures circulaires de graissage.

Les buselures sont pourvues d'un dispositif de calage axial.

3.3.2.2.5. Etanchéités

Toutes les étanchéités sont compatibles avec le traitement anticorrosion de la tige et avec les fluides acceptables pour l'environnement. Cette compatibilité est attestée par un certificat.

Deux types d'étanchéité sont prévus :

- étanchéité statique entre :
 - fond de cylindre et cylindre ;

- tête de cylindre et cylindre ;
- tige et contretige ;
- étanchéité dynamique entre :
 - tête de cylindre et tige ;
 - cylindre et piston ;

Étanchéité statique

Toutes les étanchéités statiques sont du type O-ring.

Étanchéité dynamique

Les étanchéités dynamiques sont composées d'un quadruple jeu de joints en forme de chevron.

Pour les cylindres standard il peut être fait usage d'étanchéités compactes, sous la condition qu'elles soient facilement accessibles et démontables. Elles doivent être double :

- une étanchéité qui serre pour maintenir la pression du fluide hydraulique du côté de la pression ;
- une robuste étanchéité en polyester du côté extérieur, qui ne peut pas être soumise à la pression du fluide hydraulique.

Toutes les étanchéités dynamiques doivent pouvoir être contrôlées sans interrompre la commande :

- pour le phénomène de « stick-slip » ;
- pour les fuites.

3.3.2.2.6. Racleur

La tête de cylindre contient un racleur en polyester, qui est constitué d'une bague fermée indépendante. La bague et les boulons qui la fixe sont réalisés respectivement en acier inoxydable X2CrNiMo17-12-2 selon la série de normes NBN EN 10088-1 à 3 (1.4404 ou AISI 316L) et A4-70 selon la série de normes NBN EN ISO 3506-1 à 3 compris.

Le matériau du racleur est compatible avec les fluides acceptables pour l'environnement.

3.3.2.2.7. Purgeur

A chaque extrémité du vérin hydraulique, un purgeur équipé d'un raccord rapide est prévu pour installer un manomètre. Les purgeurs sont placés aux points les plus hauts des chambres du cylindre.

3.3.2.2.8. Fixation de la chape de la tige du vérin

La tige du vérin est pourvue d'une extrémité filetée pour la fixation de la chape. Cette dernière est vissée sur la tige jusqu'à ce qu'une butée mécanique externe à la tige soit atteinte. La chape doit être bloquée par un dispositif mécanique empêchant son desserrage.

La tête de vérin est mécaniquement protégée contre le desserrage.

Si la tige est fabriquée en acier inoxydable, le filet est lubrifié avec une pâte antidesserrante.

3.3.2.2.9. Assemblages filetés

Tous les assemblages filetés, sauf ceux avec boulons précontraints, sont pourvus d'un dispositif de blocage mécanique empêchant le desserrage.

3.3.2.2.10. Tiges du vérin

Les tiges du vérin sont réalisées en acier d'amélioration ou en acier inoxydable martensitique.

Tiges en acier d'amélioration

Les tiges en acier d'amélioration sont fabriquées en acier C45E selon la norme NBN EN 10083-1 (1.1191) ou dans une nuance équivalente.

Elles sont recouvertes d'une couche électrolytique de nickel et de chrome ou d'un revêtement céramique.

- Les couches de Ni-Cr sont déposées électrolytiquement et répondent aux spécifications suivantes :
 - la couche de nickel a une épaisseur minimale après usinage de 60 μm ;
 - la couche de chrome répond à la norme NBN EN ISO 6258 et a une épaisseur minimale après usinage de 50 μm ;
 - la dureté superficielle est au moins de 64 Rockwell C (HRC).
- La couche de céramique est déposée au moyen procédé de projection numérique. L'entrepreneur fournit une attestation établie par un tiers indépendant qui montre que :
 - son personnel répond à l'assurance qualité selon la norme NBN EN ISO 14918 (son personnel doit être agréé par des essais en rapport avec le matériau céramique projeté soit par le procédé plasma soit par le procédé High Velocity Oxygen Fuel) ;
 - il satisfait à l'assurance qualité selon la norme NBN EN ISO 14922-2.

Les tiges sont dégraissées, dérouillées et sablées, après quoi elles reçoivent une première couche d'accrochage et ensuite la couche de céramique. Le post traitement bouche pores n'est pas autorisé.

L'épaisseur totale de la couche (à l'exclusion de la couche d'accrochage) est au moins de 300 μm . En aucun point de mesure il ne peut y avoir de valeur inférieure à 200 μm .

Tiges en acier inoxydable

Les tiges de vérins sont fabriquées en acier inoxydable de qualité X17CrNi16-2 selon norme NBN EN 10088-1 à 3 (1.4057 ou AISI 431). Le matériau de base inoxydable est recouvert d'un dépôt électrolytique de chrome répondant à la norme NBN EN ISO 6258 et d'une épaisseur minimale, après usinage, de 50 µm et d'une dureté superficielle minimale de 64 Rockwell C (HRC).

L'entrepreneur établit un protocole de mesures de la situation avant et après apport des couches de protection ainsi que des résultats de l'essai au ferroxyd. Pour les revêtements céramiques ce dernier essai n'est pas exigé, mais il est remplacé, pour chaque tige, par un protocole de mesure des paramètres de projection et de la date de la projection.

Pour les installations situées à moins de 10 km de la mer, il est fait exclusivement usage de tiges en acier d'amélioration recouvert soit d'une couche de Ni et d'une couche de Cr, soit d'une couche de céramique. Partout ailleurs, l'entrepreneur est libre de choisir entre ces deux fabrications sauf indication contraire dans le cahier spécial des charges.

Après chromage ou après dépôt de la couche de céramique, les tiges de vérins sont mises à dimensions par rectification éventuellement suivie d'un polissage.

La rugosité de la surface Ra doit être, après usinage, au maximum de 0,3 µm. Le taux de longueur portante relatif Rmr de la tige parachevée est supérieur à 70 %. Ces valeurs sont mesurées conformément à la norme NBN EN ISO 4287.

Chaque tige de vérin doit être prolongée d'une éprouvette attenante qui, de cette manière, subira le même traitement que la tige elle-même. Cette éprouvette est tronçonnée après traitement de la tige.

L'éprouvette de la contretige a le même diamètre que la contretige elle-même. Pour la tige, le diamètre de l'éprouvette a le même diamètre que le diamètre du noyau du filet de l'extrémité de la tige.

La surlongueur de la tige est égale à :

- 200 mm pour les tiges de diamètre inférieur ou égal à 200 mm ;
- 120 mm pour les tiges de diamètre supérieur à 200 mm.

Si, pour des raisons de poids ou de manutention, il est nécessaire que les éprouvettes soient creuses, alors elles doivent impérativement être évidées avant leur traitement contre la corrosion.

3.3.2.2.11. Pistons

Les pistons sont fabriqués en acier d'amélioration de qualité C45E selon la norme NBN EN 10083-1 (1.1191). Un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204 est exigé.

Des deux côtés du piston sont prévues deux étanchéités :

- une étanchéité statique entre le piston et la tige ;

- une étanchéité dynamique entre le piston et le cylindre.

Le piston doit être protégé contre le desserrement vis-à-vis de la tige.

3.3.2.2.12. Œillets et fourches

Les oeillets et fourches sont fabriqués en acier d'une qualité au moins égale à S355J2+N selon les normes NBN 10025-2 (1.0570).

3.3.2.2.13. Tourillons

Les tourillons sont fabriqués en acier d'une qualité au moins égale à S355J2+N selon les normes NBN 10025-2 (1.0570).

Les tourillons des vérins dont la tige à un diamètre inférieur ou égal à 200 mm comportent une majoration de leur diamètre de 8 mm pour en permettre un baguage ultérieur. Pour les tiges dont le diamètre est supérieur à 200 mm cette majoration est de 10 mm.

Les bagues sont réalisées en acier de qualité X17CrNi16-2 selon norme NBN EN 10088-1 à 3. Le dimensionnement des bagues est une charge de l'entreprise.

3.3.2.2.14. Protection contre la corrosion

Les parties des vérins hydrauliques en contact avec l'atmosphère environnante (telles que extérieur du cylindre, tête et fonds de cylindre, chape à l'exclusion des tiges, contretiges et tourillons) sont, après usinage, traitées contre la corrosion selon les prescriptions du cahier des charges type 400.A.01.

Après avoir protégé soigneusement toutes les parties usinées, les pièces sont sablées jusqu'au degré Sa 2½. Les couches de protection suivantes sont ensuite appliquées sur les parties sablées :

- une métallisation au Zn-Al (85/15) d'une épaisseur de 100µm selon la norme NBN EN ISO 2063 ;
- un colmatage à base d'époxy au fer micacé de 20 µm d'épaisseur ;
- une couche d'époxy au fer micacé de même nature que la couche de colmatage de 80 µm d'épaisseur ;
- une couche de finition polyuréthane à deux composants appliquée en deux fois d'une épaisseur de 50 µm.

La teinte de la couche de finition est définie, en cours d'entreprise, par le pouvoir adjudicataire et est appliquée après montage du vérin.

Tout autre procédé de protection de performance équivalente est à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant qui peut accepter ou refuser la proposition.

Les travaux sont réalisés en atelier, après quoi le vérin est conditionné de façon telle qu'aucune dégradation ne puisse se produire durant le transport.

Les épaisseurs des différentes conches sont mesurées et consignées dans le rapport de réception du vérin.

3.3.2.2.15. Plaque signalétique

Chaque vérin hydraulique est pourvu d'une plaque signalétique comprenant au moins les indications suivantes :

- le nom du constructeur ;
- l'année de fabrication ;
- le numéro de série ;
- la classe de pression ;
- la codification mentionnée dans la liste d'inspection.

Les dimensions de la plaque sont telles que ces indications puissent y figurer 5 fois.

3.3.2.3. Essais

3.3.2.3.1. Généralités

Sauf mention contraire dans le cahier des charges, les frais inhérents aux essais sont à charge de l'entrepreneur.

3.3.2.3.2. Réception des tiges de vérin

3.3.2.3.2.1. Réception des matériaux

Les essais mécaniques sur les tiges de vérin sont prévus par coulée et avant l'apport des couches de recouvrement mentionnées au paragraphe 3.3.2.2.10.

Les essais mécaniques sont réalisés selon les procédures des normes concernées.

Si les dimensions des pièces mises en oeuvre dépassent les dimensions des produits mentionnés dans la norme, les caractéristiques du matériau doivent répondre à celles des plus grandes dimensions reprises dans la norme.

Le document de réception contient au moins les éléments suivants :

- l'analyse chimique ;
- l'essai de traction ;
- l'essai de résilience ;

Les résultats de l'analyse chimiques sont confirmés par un relevé de contrôle 2.2. selon la norme NBN EN 1024.

Les résultats des essais mécaniques sont confirmés par un certificat de réception 3.1.C. selon la norme NBN EN 1024.

L'apport des couches de protection ne peut avoir lieu qu'après acceptation par le fonctionnaire dirigeant des certificats demandés.

3.3.2.3.2.2. Réception des tiges de vérin

Prélèvements des échantillons

Après parachèvement complet des tiges, le représentant du pouvoir adjudicateur est invité pour le poinçonnage des échantillons et la réception des tiges.

Les échantillons ne peuvent être prélevés qu'après poinçonnage par le représentant du pouvoir adjudicateur.

Aspect de surface

Après nettoyage à l'aide d'un chiffon sec, les tiges sont soigneusement inspectées afin de détecter les éventuels défauts dans la couche de protection contre la corrosion. Chaque défaut doit être interprété afin de comprendre chaque forme d'irrégularité dans la couche caractérisée soit par un aspect non brillant soit par une irrégularité dans le relief de la surface soit par une porosité dans la couche.

Les critères d'acceptation pour la couche de chrome sont :

- le nombre de défauts de la surface, visible à l'œil nu, qui s'élève au maximum à 5 par m² de surface de tige ;
- l'absence de petits cratères ou de défauts de surface de plus de 1 mm²; des réparations par « dot-welding » sont admises, cependant elles sont prises en compte comme défauts de surface ;
- aucun défaut de la surface ne peut atteindre le métal de base. Pour les revêtements Ni-Cr, le test au ferroxyl donne un résultat décisif ;
- avec une loupe d'un grossissement de 10X, aucune fissure ou crevasse ne peut être visible.

Les critères d'acceptation pour la couche de céramique sont :

- aucune fissure, crevasse, écaillage ou soufflure, ne peut être visible avec une loupe d'un grossissement de 10X ;
- le nombre de défauts de la surface, visible à l'œil nu, s'élève au maximum à 5 par m² de surface de tige ;
- l'absence de défauts de surface de plus de 1 mm² ;
- la couche de céramique est sur toute sa surface homogène, ininterrompue, non conductrice et étanche. A la réception provisoire aussi bien qu'à la réception définitive, il est vérifié que ces conditions sont remplies, si cela n'est pas le cas la tige de vérin est refusée.

L'apparition de fissures ou de particules de rouille provenant du métal de base entraîne le refus de la tige.

Mesure de l'épaisseur

Pour les tiges en acier inoxydable recouvertes d'une couche de chrome et pour les tiges recouvertes de céramique l'épaisseur de la couche est mesurée conformément à la norme NBN EN ISO 2178.

Le nombre d'emplacements de mesure est au moins de 3 uniformément répartis sur la surface de la tige. Par emplacement, 5 mesures sont effectuées.

Rugosité de la surface

La réception prévoit une mesure de la rugosité de la surface Ra et du taux de portance Rmr selon la norme NBN EN ISO 4287 de la tige usinée.

Le nombre d'emplacements de mesure par m de longueur de tige est égal à 5 (avec un minimum de 5 par tige). Ces points de mesure sont uniformément répartis sur la surface protégée de la tige.

Contrôles dimensionnels

Les dimensions les plus importantes doivent être conformes à celles des plans approuvés.

Acceptation

Les tiges de vérin qui ne répondent pas aux essais de réception ci-dessus sont refusées.

3.3.2.3.3. Réception des échantillons des tiges

3.3.2.3.3.1. Mesure de l'épaisseur des couches

Pour les tiges en acier d'amélioration recouvertes d'une couche nickel-chrome comme couche de protection, la mesure de l'épaisseur de cette couche est effectuée sur l'échantillon.

Un disque de 15 mm d'épaisseur est découpé hors des échantillons recouverts d'une couche de Ni-Cr pour déterminer, à l'aide d'une coupe microscopique, les épaisseurs des différentes couches.

Les mesures s'opèrent selon la norme ISO 1463.

Les résultats des essais sont consignés dans un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204.

La tige pour laquelle l'épaisseur des couches de protection de l'éprouvette n'est pas satisfaisante est refusée.

3.3.2.3.3.2. Brouillard salin

Généralités

L'essai au brouillard salin est réalisé conformément à la norme ISO 9227. Le test utilisé est le NSS.

Les faces latérales des échantillons sont recouvertes d'une peinture époxy ou de cire afin de ne soumettre que la surface de chrome ou de céramique au brouillard salin.

Les échantillons doivent être placés sur leur face latérale dans la cuve et inclinés, sans s'appuyer si possible sur la surface chromée. Si une position sans appui n'est pas possible, l'éventuelle piqûre de corrosion provoquée par l'appui ne sera pas prise en compte pour l'évaluation de l'essai.

Protection par Nickel-Chrome sur acier d'amélioration et couche de Chrome sur acier inoxydable

Les échantillons sont soumis à un essai au brouillard salin de 1000 h selon les prescriptions de la norme NBN EN ISO 10289.

Protection par céramique sur acier d'amélioration

Après l'essai, le revêtement de céramique doit rester intact et exempt de particules de rouille provenant du métal de base.

Acceptation

L'évaluation d'un essai au brouillard salin s'opère suivant la méthode d'évaluation décrite dans la norme NBN EN ISO 1462, et qui concerne aussi bien la corrosion du métal de base que l'attaque de la couche de protection.

Sont considérées comme attaques :

- toute piqûre discrète qui ne peuvent être inscrites dans un carré de 2 mm de côté ;
- la totalité des attaques dans une grille de 5 mm de côté dans laquelle la somme des surfaces attaquées est supérieure à 4 mm².

La surface de l'éprouvette à prendre en compte est la surface cylindrique de l'éprouvette à l'exclusion des 10 mm comptés à partir de chaque extrémité.

Critères d'acceptation

Les critères d'agrément des protections par revêtements Ni-Cr sont :

a. corrosion du matériau de base : cotation minimale : 10.

b. corrosion de chacune des couches électrolytiques :

- Pour les installations à moins de 10 km de la mer : cotation minimale : 8 ;
- Pour les autres applications des couches Ni-Cr : cotation minimale : 6.

Les critères d'agrément des protections par revêtements céramiques sont :

a. corrosion du matériau de base : cotation minimale : 10 ;

b. corrosion de chacune des applications de la couche de céramique : cotation minimale : 10.

Les critères d'agrément pour l'acier inoxydable revêtu d'une couche de Cr sont :

- a. corrosion du matériau de base : cotation minimale : 9.
- b. corrosion de chacune des applications de la couche de chrome : cotation minimale : 6.

Les tiges pour lesquelles les éprouvettes ne satisfont pas aux essais de brouillard salin sont refusées.

3.3.2.3.3.3. Essais complémentaires pour les revêtements céramiques

3.3.2.3.3.3.1. Résistance aux chocs

L'éprouvette est soumise à un essai de choc. Pour cela, on laisse tomber une masse de 1 kg d'une hauteur de 1 m, le point de contact de la masse est sphérique (calotte d'un diamètre de 1 pouce).

L'essai est recommencé à 10 reprises après quoi aucun éclat ou fissure ne peut se produire dans le revêtement. Le contrôle s'opère avec une loupe de grossissement 10 X.

Aucune déformation sous l'impact ne peut être visible sans quoi l'échantillon est refusé.

3.3.2.3.3.3.2. Accrochage

L'accrochage de la couche de céramique au matériau de base est contrôlé selon les prescriptions de la norme NBN EN 582.

La résistance d'adhérence R_H de la couche de céramique est mesurée par un essai de traction avec un échantillon de forme A et d'un diamètre de 25 mm.

La résistance d'adhérence R_H de la couche de céramique mesurée perpendiculairement au matériau de base est au minimum de 30 N/mm².

3.3.2.3.3.3.3. Densité et porosité de la couche

La densité et la porosité de la couche sont vérifiées selon les prescriptions de la norme NBN EN 623-2.

3.3.2.3.3.3.4. Mesure de la dureté

La dureté est mesurée conformément à la norme NBN EN ISO 4516.

La dureté de la couche de céramique est comprise entre 900 HV_{0,3} et 1.100 HV_{0,3}.

Le nombre de mesures s'élève au moins à 5 par éprouvette.

3.3.2.3.3.5. Résistance à l'usure

La résistance à l'usure d'une couche de protection céramique est vérifiée à partir de l'usure qui se produit à l'échéance de la garantie de 2 ans. Cette usure est ensuite extrapolée sur la durée de vie souhaitée pour le revêtement (25 ans). L'usure ainsi calculée ne peut dépasser 200 μm .

La valeur de l'usure qui apparaît à l'échéance de la période de garantie est définie par la différence d'épaisseur de couche entre le début et la fin de cette période. L'épaisseur enlevée peut être définie à partir de la réduction du diamètre de la tige. La première mesure est réalisée à la réception provisoire de l'installation, la seconde lors de la réception définitive. Le nombre d'emplacements de mesure est au moins de 3 par tige. La position des emplacements de mesure est proposée par l'entrepreneur et finalement fixée en prenant en compte la reproductibilité de l'essai.

3.3.2.3.3.6. Acceptation

Les tiges de cylindre pour lesquelles les éprouvettes n'ont pas satisfait aux essais sont refusées.

3.3.2.3.4. Essais en charge

Chaque vérin est soumis aux essais mentionnés ci-dessous :

- un essai de résistance à la pression d'essai.
Pour les vérins normalisés la pression d'essai s'élève à 1,5 x la pression nominale ;
- un essai d'étanchéité à la pression maximale.
La pression maximale n'est en aucun cas inférieure à 10 MPa (100 bar).
Lors de cet essai, les fuites entre compartiments du vérin et celles entre compartiments et l'extérieur doivent être nulles.
- un essai de fonctionnement à vide.
Lors de cet essai le rapport entre les pressions maximale et minimale relevées, sur toute la course de la tige et pour chaque sens de fonctionnement, ne peut être supérieur à 1,5.
La pression maximale est limitée à la valeur fournie par le constructeur sans être supérieur à 0,5 MPa.

3.3.2.3.5. Protection durant le transport

Les vérins sont livrés avec la tige rentrée. Un tuyau en HDPE protège l'éventuelle contretige contre toutes dégradations mécaniques qui pourraient survenir durant le transport.

3.3.3. Appareils auxiliaires

3.3.3.1. Construction

Tout l'appareillage, tel que clapets, soupapes, distributeurs, etc... est suffisamment robuste pour qu'il n'y ait pas de déformation durant son fonctionnement.

Les clapets anti-retour, les soupapes de retenue, les soupapes de sécurité doivent être suffisamment étanches, la fuite ne peut excéder 5 gouttes/minute sous la pression de charge.

Les robinets sont du type sphérique avec poignée de manœuvre indémontable et avec indication des positions ouverte et fermée. Ils sont réalisés en acier inoxydable X5CrNiMo17-12-2 suivant la norme NBN EN 10088-1 à 3 (1.4401 ou AISI 316).

Tous les raccords et pièces de liaison sont réalisés en acier inoxydable X6CrNiMoTi 17-12-2 (1.4571 ou AISI 316Ti). Ils sont du type à clame conique double (type joint conique). Le sertissage à froid des clames coniques n'est pas autorisé.

Le corps des appareils est pris hors acier ou hors fonte de haute qualité, le métal choisi ne pouvant être poreux. Toutes les surfaces extérieures sont soigneusement parachevées, l'ensemble ayant un aspect irréprochable.

Toutes les parties, en contact les unes avec les autres et pouvant être soumises à un mouvement relatif, doivent être réalisées dans des matériaux judicieusement choisis et exécutées avec des tolérances permettant leur parfait fonctionnement.

3.3.3.2. Essais de type

Chaque type d'appareil tel que clapet, soupape, distributeur, valve, etc..., subit une série d'essais définie ci-dessous :

- *un essai de longévité* :
2.10⁶ manœuvres sont réalisées sous les conditions de fonctionnement nominales. Après ces manœuvres, l'appareil ne peut présenter de défauts de fonctionnement ;
- *un essai d'étanchéité* :
L'étanchéité des appareils est contrôlée, avant, pendant et après l'essai de longévité, sous une pression égale à 100 % de la pression maximale renseignée par le fabricant. Le nombre de contrôles doit être au minimum de 11.
Les appareils à siège doivent rester rigoureusement étanche.
Pour les appareils à tiroir, la fuite mesurée en fin d'essai de longévité doit rester inférieure à la valeur garantie par le constructeur ;
- *un essai de fonctionnement* :
Cet essai s'effectue avant et après l'essai de longévité. Il comporte le relevé de la courbe de fonctionnement de l'appareil essayé.
Pour tous les appareils de réglage, la courbe de fonctionnement fournit la valeur de la grandeur réglée en fonction du ou des éléments pouvant influencer cette grandeur.
Pour tous les appareils à fonctionnement par tout ou rien, le relevé de la courbe de fonctionnement est remplacé par la mesure du temps de réponse.
Pour les limiteurs de pression, la courbe de fonctionnement doit fournir la valeur du débit évacué en fonction des pressions ascendantes et

descendantes. Dans le cas particulier des soupapes de sécurité, l'essai de fonctionnement est complété par la mesure de la surélévation de pression, résultant de l'application brutale d'une pression supérieure à la pression de tarage de la soupape. La surélévation de pression ne peut en aucun cas dépasser 50 % de la pression de tarage.

Les écarts entre les valeurs relevées lors des essais de fonctionnement avant et après l'essai de longévité, ne peuvent dépasser 10 % de la moyenne de ces valeurs.

Pour être représentatif, l'essai de type doit s'effectuer sur au moins cinq appareils du type proposé.

3.3.4. Blocs de base

Les appareils sont montés sur des blocs de base. Les blocs de base sont fabriqués hors d'une plaque d'acier laminé d'une seule pièce ou en fonte à graphite sphéroïdal EN-GJS-400-15 selon la norme NBN EN 1563, dans lesquels les canalisations de liaison sont forées et auxquels les canalisations extérieures sont connectées. La connexion de canalisations à l'arrière des blocs n'est pas permise.

A l'avant des blocs se trouvent les différents appareils qui sont fixés par des rangées de boulons de telle façon que les orifices des appareils soient parfaitement alignés avec ceux des canalisations et que l'étanchéité soit parfaite.

Pour démonter un appareil il suffit de desserrer les boulons de fixation en acier inoxydable A4-70 et l'appareil s'extrait. En aucun cas durant le fonctionnement et en aucun endroit un joint ne peut s'écarter de sa position optimale.

Un même bloc porte des appareils avec des fonctions analogues ou équivalentes. Les appareils sont installés dans un ordre logique. Toutes les conduites entre les appareils d'un même bloc forme un tout avec ce bloc.

3.4. Canalisations hydrauliques

3.4.1. Construction

Les divers circuits sont conçus de telle manière qu'ils ne contiennent qu'un strict minimum de points hauts, lesquels doivent pouvoir être purgés aisément.

Des canalisations collectent les fuites de tous les appareils et les ramènent, à peu près sans pression, dans le réservoir où elles plongent au moins à 100 mm sous la surface du fluide.

Toutes les canalisations, raccords, liaisons ainsi que les éléments de fixation, à l'exception de ceux qui appartiennent au groupe même, sont réalisés en acier inoxydable X2CrNiMo17-12-2 suivant la norme NBN EN 10088-1 à 3 compris (1.4404 ou AISI 316 L). Les canalisations sont fabriquées dans des tubes de précision sans soudure.

Les canalisations sont calculées avec un coefficient de sécurité de 4 par rapport à limite de rupture. L'épaisseur minimale des parois des canalisations est au moins de 3 mm pour les

canalisations d'un diamètre supérieur ou égal à 25 mm et de 2 mm pour les canalisations d'un diamètre inférieur à 25 mm.

Pour le calcul des canalisations, il est tenu compte des conditions suivantes :

- les pertes de charge totales dans chaque circuit fermé doivent rester inférieures à 2 MPa (20 bar) pour la vitesse maximale du fluide et une température de -10°C ;
- la vitesse nominale du fluide dans les canalisations d'aspiration doit rester inférieure à 1 m/s ;
- la vitesse nominale du fluide dans les canalisations sous pression, vannes de ventilation et clapets doit rester inférieure à 3 m/s.

Le raccordement des canalisations d'une part en-dessous du bloc de commande et d'autre part au-dessus s'effectue au moyen de :

- raccords vissés avec un O-ring pour les canalisations d'un diamètre extérieur ≤ 38 mm ;
- raccords à bride avec fausse bride et O-ring pour les canalisations d'un diamètre extérieur > 38 mm.

Les canalisations de récolte de fuites peuvent être assemblées avec manchons de raccordement.

Les raccords utilisés ne peuvent engendrer aucune déformation permanente de la canalisation. Ils doivent être réutilisables après démontage éventuel.

Dans tous les cas il est veillé à ce que les canalisations soient rigides et supportées ou fixées en un nombre suffisant de points pour limiter leur vibration en cas d'à-coup de pression. Lorsqu'elles suivent des trajets communs, elles sont placées de façon parallèle entre elles, suivant des droites parfaites dans les parties non courbées. Les croisements et entrelacements sont évités sauf impossibilité absolue.

Les rayons de courbure des tuyauteries souples ne peuvent être inférieurs à ceux imposés par le fabricant de ce matériel.

Les canalisations, qui après placement sont difficilement accessibles, sont protégées avec une couche d'époxy.

Les autres canalisations doivent être peintes dans les couleurs suivantes :

- pression d'alimentation : vert ;
- pression de régulation : jaune ;
- pression principale :
 - haute pression : rouge ;
 - basse pression : bleu ;
 - alternativement haute et basse pression : bleu côté tige ;
: rouge côté contretige
ou fond de vérin ;
- fuite de fluide ou boucle de retour vers le réservoir : noir.

Le raccordement des canalisations au réservoir, aux pompes et aux vérins est réalisé par l'intermédiaire d'amortisseur de vibrations. Les conduites souples sont assimilées à des amortisseurs de vibrations. La fixation des canalisations aux appareils ainsi qu'à chaque coude est réalisée avec des raccords à brides. Les canalisations de reprise des fuites peuvent être assemblées d'une autre manière. La longueur d'un élément de canalisation entre deux brides ne peut excéder 5 m.

Après construction les canalisations sont montées et pourvues des by-pass et des liaisons nécessaires pour les rincer et les peindre.

Toutes les parties extérieures en métal des canalisations souples sont réalisées en acier inoxydable X5CrNiMo17-12-2 suivant la norme NBN EN 10088-1 (1.4401 ou AISI 316). Les embouts des canalisations souples sont sertis.

Toutes les canalisations sont fabriquées en atelier et pourvues de brides pour le montage. Les opérations de soudage sont réduites au strict minimum sur les canalisations. Toutes les soudures sont réalisées au moyen du procédé G.T.A.W (Gas-Tungsten-Arc-Welding anciennement TIC).

Toutes les brides sont soudées, elles comportent une soudure à l'envers de la bride.

Pour chaque type de soudure l'entrepreneur soumet la procédure de soudage WPS (Welding Procedure Specification) à l'approbation. La description de la méthode de soudage répond aux prescriptions de la norme NBN EN 288-2 (NBN EN ISO 15609-1 2004).

L'approbation de cette méthode de soudage (WPAR) est consignée dans un procès-verbal d'approbation selon la norme NBN EN 288-3 (NBN EN ISO 15614-1 2004).

Les soudeurs, aussi bien les manuels que les opérateurs, doivent disposer d'un certificat de qualification selon la norme NBN EN 287-1 pour les méthodes de soudage proposées. Ce certificat est remis au pouvoir adjudicateur.

En l'absence des documents précités, les essais nécessaires seront réalisés, à charge de l'entrepreneur, dans un laboratoire agréé par le pouvoir adjudicateur.

Au moins 10 % des soudures sont contrôlées par un organisme agréé, soit par radiographie, soit par ultrason.

Le contrôle des soudures se réalise en atelier. Un rapport de contrôle est envoyé au pouvoir adjudicateur, qui finalement juge de son approbation. Le coût du contrôle et de l'organisme agréé est une charge de l'entrepreneur.

Les prescriptions ci-dessus sont également d'application pour les soudures des pièces de fixation sur le réservoir.

3.4.2. Essais

Si l'entrepreneur ne dispose pas des certificats d'essais, les essais suivants doivent être prévus pour chaque type de canalisations souples faisant l'objet du marché :

- *essais de résistance et d'étanchéité* :

Les canalisations sont testées sous la pression d'essai pendant 5 cycles d'une minute ; aucune fuite n'est tolérée ;

- *essai de rupture* :

- premier stade : pression d'essai égale à trois fois la pression maximale d'utilisation (pression de tarage des soupapes de sécurité). Pour cette pression la canalisation ne peut éclater et ses embouts doivent rester absolument étanches ;
- deuxième stade : augmentation de la pression d'essai jusqu'à éclatement de la canalisation flexible. L'éclatement de la canalisation doit nécessairement se produire avant l'arrachement des embouts et sous une pression supérieure à 4 fois la pression maximale d'utilisation.

Les frais de ces essais sont une charge de l'entreprise.

Les protocoles d'essais satisfont aux prescriptions du certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204.

3.4.3. Rinçage

Le rinçage des tuyauteries est une charge de l'entreprise. Il est réalisé sous surveillance permanente de l'encrassement des filtres jusqu'à obtention de la classe de propreté indiquée.

L'opération de rinçage s'opère avec la pompe principale de la centrale hydraulique réglée sur le débit maximum et dure une heure au moins. En cas d'impossibilité, l'entrepreneur met à disposition un groupe hydraulique pour la réalisation de cette opération.

Les vitesses du fluide lors du rinçage sont de l'ordre de 6 m/s. Le rinçage comprend la fourniture de tous les flexibles indispensables à la réalisation des bouclages des circuits.

3.5. Appareillage électrique

La fourniture d'un système hydraulique comprend celle de tout l'appareillage électrique nécessaire à son parfait fonctionnement.

La tension électrique des appareils hydrauliques est :

- de 24 V en continu ;
- de 230 V en alternatif.

Tous les appareils hydrauliques à commande électrique portent une plaque signalétique indiquant de façon nettement visible la tension électrique de service ainsi que le marquage CE.

Chaque équipement commandé électriquement, tel que clapet, vanne ou distributeur, est équipé de petits voyants de signalisation qui indique de manière univoque si l'équipement est

confirmé ou pas. En outre, chaque équipement commandé électriquement peut être actionné manuellement.

Les distributeurs ou clapets anti-retour électriques qui sont montés à l'extérieur, sont protégés par un capot ventilé en aluminium.

3.6. Fluide hydraulique

3.6.1. Généralités

Le fluide nécessaire au fonctionnement d'une installation hydraulique fait partie intégrante de la fourniture de celle-ci.

Le fluide est compatible avec les caoutchoucs des joints d'étanchéité de l'installation. Le fournisseur précise l'indice ECI qui définit cette compatibilité et détermine selon les prescriptions de la norme ISO 6072. L'entrepreneur en atteste la conformité.

En outre, le fluide hydraulique contient :

- un additif anticorrosion ;
- un additif haute pression créant un film résistant aux pressions spécifiques élevées régnant entre les surfaces en contact.

Avant la réception provisoire l'entrepreneur fournit :

- une attestation du fournisseur de fluide hydraulique, de laquelle il ressort que le fluide fourni répond aux caractéristiques prescrites ;
- la preuve que le fluide est agréé par le constructeur des machines et des appareils ;
- une attestation de compatibilité avec les joints selon la norme ISO 6072 ;
- une attestation de compatibilité avec les filtres selon la norme ISO 2943.

3.6.2. Fluides hydrauliques minéraux

En plus des remarques formulées au paragraphe 3.6.1., les fluides hydrauliques minéraux répondent aux prescriptions de la norme ISO 11158

3.6.3. Fluides hydrauliques acceptables pour l'environnement

Les fluides acceptables pour l'environnement doivent répondre aux critères d'un des labels suivants :

- Eco-label, suivant la décision de la Commission européenne du 26 avril 2005 établissant les critères écologiques et les exigences associées en matière d'évaluation et de vérification pour l'attribution du label écologique communautaire aux lubrifiants, n° 2005/360/CE, JOUE L118 du 05/05/2005 ;
- Nordic Ecolabelling : Ecolabelling of Lubricants ("Nordic Swan", ou "Cygne blanc") ;

- Swedish Standard SS 15 54 34 concernant les fluides hydrauliques ;
- Swedish Standard SS 15 54 70 concernant les graisses lubrifiantes ;
- Blaue Engel : Basic Criteria for Award of the Environmental Label : Readily Biodegradable Hydraulic Fluid RAL-UZ 79;
- Blaue Engel : Basic Criteria for Award of the Environmental Label : Readily Biodegradable Lubricants et Forming Oils RAL-UZ 64.

Le soumissionnaire proposant un produit détenteur d'un des labels susvisés est présumé fournir un lubrifiant conforme aux présentes spécifications. Le soumissionnaire proposant un produit ne détenant aucun de ces labels doit prouver, par tout moyen approprié, et à la satisfaction du pouvoir adjudicateur, que son produit répond aux critères d'un des labels susvisés.

Les fluides acceptables pour l'environnement sont du type ester synthétique saturé (HEES) de grade 32. En plus des prescriptions formulées au paragraphe 3.6.1., ils répondent aux exigences minimales de la norme ISO 15380. La saturation se mesure par l'indice d'iode suivant la méthode Wijs.

Ils doivent être non toxiques pour les organismes aquatiques et être compatibles avec l'environnement.

En cas de remplacement du fluide hydraulique minéral d'une installation existante par un fluide hydraulique acceptable pour l'environnement, ce dernier doit être compatible avec le fluide minéral initialement utilisé dans l'installation. La procédure de remplacement s'opère selon les directives l'annexe A de la norme ISO 15380.

3.7. Conditionnement du matériel de réserve

Les machines et appareils de réserve dont la fourniture est prévue au contrat sont conditionnés comme suit :

- pour les pompes, les moteurs hydrauliques et les vérins :
 - complètement rempli d'un liquide inhibiteur de corrosion, les orifices des machines étant obturés hermétiquement ;
 - les vérins de réserve sont, de plus, fournis avec des berceaux, conçus pour permettre la rotation des vérins sur eux-mêmes ;
 - les orifices des vérins de réserve sont obturés avec des plaques de fermeture équipées d'un raccord rapide étanche.
- pour tous les accessoires :
 - imbibé d'un liquide inhibiteur, en emballage hermétique.

Le liquide inhibiteur utilisé pour le matériel de réserve ne peut, en aucun cas, polluer le fluide utilisé dans l'équipement.

3.8. Prescriptions générales

3.8.1. Interchangeabilité

Dans une même installation ou dans une même fourniture, il doit exister une interchangeabilité parfaite entre :

- les ensembles de mêmes caractéristiques (moyennant modification éventuelle des divers réglages) ;
- les blocs de base de mêmes caractéristiques ;
- les appareils individuels de mêmes caractéristiques.

3.8.2. Accessibilité

Un système hydraulique est conçu de façon telle qu'après montage, le contrôle de tous les organes (appareils, conduites, raccords, ...) puisse se faire à n'importe quel moment sans nécessiter le moindre démontage ou l'utilisation d'un outil quelconque.

3.8.3. Protection contre la corrosion

Pour tous les éléments faisant partie d'un ensemble, tels que les centrales hydrauliques et les blocs de base, les surfaces non protégées qui peuvent entrer en contact avec l'atmosphère ou un autre gaz, sont exécutées en matériaux incorrodables ou sont protégées contre la corrosion. Cette protection ne peut être altérée après remontage d'éléments démontés.

Les vis, écrous et boulons sont réalisés en acier inoxydable A4-70 selon la norme NBN EN ISO 3506-1 à 3.

Les canalisations, corps d'appareils, etc... extérieurs au groupe sont protégés conformément aux prescriptions du chapitre A.j. du cahier des charges type 400.A.01.

Les vérins sont protégés suivant les clauses de l'article 3.3.2.2.13.

3.8.4. Insonorisation

Des mesures particulières sont prises pour atténuer le bruit du fonctionnement de l'équipement hydraulique notamment par l'isolation des appareils vis-à-vis des charpentes qui pourraient propager le bruit ou les vibrations et par l'insertion de canalisations souples dans les tuyauteries de raccordement.

En particulier, si des groupes générateurs ou des moteurs hydrauliques rotatifs sont placés dans des locaux où du personnel séjourne, il y a lieu de prévoir des capots ou des parois isolants, ramenant à moins de 75 dBA le niveau sonore à l'endroit où se tient normalement le personnel.

3.8.5. Garantie

Sauf mention contraire au cahier spécial des charges, une installation hydraulique dans son ensemble est garantie 2 ans.

Les revêtements des tiges de vérins sont garantis 5 ans.

4. Essais des installations hydrauliques

4.1. Généralités

Les essais prescrits pour les systèmes et installations hydrauliques sont à charge de l'entrepreneur et ont lieu en présence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

Pour les essais de résistance, la pression d'essai est égale à 1,5 fois la pression maximale et en aucun cas n'est inférieure à 15 MPa (150 bar). La pression d'essai est maintenue au moins une minute.

Pour les essais d'étanchéité, la pression d'essai est égale à la pression maximale et n'est en aucun cas inférieure à 10 MPa (100 bar). La pression d'essai est maintenue au moins une minute. Il est également vérifié qu'aucune fuite n'apparaît sous faible pression (gavage,...).

4.2. Essais d'un système hydraulique

Chaque centrale hydraulique est testée après assemblage dans l'atelier du constructeur.

Les essais comprennent un essai de résistance et un essai d'étanchéité de toutes les parties de chaque circuit.

Lorsque ces essais ont donné satisfaction, il est procédé à la vérification du fonctionnement de tous les circuits et à la vérification des performances, dans la mesure où cette dernière vérification peut s'effectuer en usine. Tous les circuits sont pourvus des appareils de mesure nécessaires à la vérification de leur fonctionnement.

4.3. Essais d'une installation

L'essai d'une installation complète, comporte un essai d'étanchéité de toutes les parties de chaque circuit.

Il est procédé ensuite à tous les essais de fonctionnement dans les conditions d'utilisation normales et maximales et à la vérification définitive des performances. Tous les circuits sont pourvus des appareils de mesure nécessaires à la vérification de leur fonctionnement.

La puissance électrique absorbée par l'ensemble des générateurs d'une transmission hydraulique de puissance et la puissance mécanique utile à la sortie du moteur hydraulique, produit de la force (du couple) par la vitesse linéaire (angulaire) du moteur, sont mesurées à la réception provisoire de l'installation. Il en est déduit le rendement de l'installation.

Le même essai a lieu à la réception définitive, l'écart entre les rendements mesurés ne peut dépasser 5 %.

5. Révision des vérins hydrauliques

5.1. Généralités

Le vérin est transporté en atelier et entièrement démonté.

Durant le démontage, le vérin est soumis à une inspection détaillée.

Les pièces sont examinées et mesurées. Un rapport détaillé est établi sur l'état du vérin, son usure et sur les dégâts constatés et donne un avis sur les remplacements et adaptations qui seraient nécessaires.

L'entrepreneur adapte les plans de construction du vérin, dans lesquels toutes les modifications apportées sont reprises.

Une nouvelle plaque signalétique est apposée en un endroit facilement visible sur le vérin par l'entrepreneur qui a réalisé les travaux de révision comportant l'indication des nouvelles caractéristiques du vérin conformément au paragraphe 3.3.2.2.15.

En cas de changement de fluide hydraulique minéral par un fluide acceptable pour l'environnement, le paragraphe 3.6.3. est d'application.

La check-list jointe en annexe 1 est complétée.

5.2 Etendue des travaux de révision

5.2.1. Révision minimale

Pour chaque vérin hydraulique la révision minimale comprend :

- le remplacement de toutes les bagues d'étanchéité des tiges et/ou des bourrages en ce compris les adaptations nécessaires au placement des étanchéités de conception récentes. Les nouvelles étanchéités sont compatibles avec les fluides acceptables pour l'environnement ;
- le remplacement des guidages des tiges ;
- le remplacement du piston par un nouveau piston avec des guidages adaptés pour y incorporer les étanchéités récentes ;
- l'enlèvement de la couche de protection contre la corrosion et son remplacement par une nouvelle protection de la tige de vérin ainsi que l'usinage de finition ;
- l'honage de l'alésage des cylindres ;
- le remplacement de tous les boulons, les goujons rouillés sont forés et remplacés ;
- le dérouillage et le rafraîchissement de la tête de vérin ;
- l'enlèvement de la peinture existante par sablage ainsi que des éventuelles plaques de rouille sur le cylindre ;
- l'apport d'une nouvelle couche de protection contre la corrosion sur le cylindre et la tête de cylindre ;

- le remplissage du cylindre de fluide hydraulique ; s'il s'agit d'un vérin de réserve il est entièrement rempli d'une huile de stockage hydraulique ;
- l'obturation des orifices des vérins de réserve à l'aide d'un plat de fermeture équipé d'un raccord rapide ;
- le conditionnement pour le transport de toutes les parties du vérin non protégées contre la corrosion qui sont pourvues d'une pâte antirouille et d'un bandage ;

Les travaux d'adaptation sont réalisés de façon telle que les caractéristiques principales du vérin (entraxe, course, etc...) soient conservées.

Le transport du vérin s'opère conformément aux prescriptions du paragraphe 3.3.2.4.

5.2.2. Travaux de révision imprévus

Si l'inspection détaillée met en évidence la nécessité de prévoir des fournitures ou des travaux supplémentaires non compris dans la révision minimale, l'entrepreneur établit une offre de prix avec une justification détaillée.

Le pouvoir adjudicateur juge de l'opportunité de réaliser les travaux de révision proposés par l'entrepreneur ou de ne les réaliser qu'en partie ou de ne pas les réaliser, l'entrepreneur reste engagé pour les autres travaux de révision prévus en 5.2.1. et/ou au cahier spécial des charges.

5.3 Prescriptions techniques

5.3.1. Guidages et buselures

Les prescriptions du paragraphe 3.3.2.2.4. sont d'application.

5.3.2. Etanchéité

Les étanchéités doivent être prévues pour les diamètres des pièces où elles sont installées.

Les étanchéités répondent aux prescriptions du paragraphe 3.3.2.2.5.

5.3.3. Piston

Dans le cas où le piston existant est équipé de segments, il est remplacé par un piston avec des guidages équipés d'étanchéité.

Dans le cas où le piston existant est équipé de guidages en bronze, chaque guidage est remplacé.

Les guidages répondent aux prescriptions du paragraphe 3.3.2.2.4., les étanchéités à celles du paragraphe 3.3.2.2.5.

5.3.4. Tige

En cas d'endommagement grave la tige existante ou la contretige est remplacée. Dans ce cas, la nouvelle tige répond aux prescriptions du paragraphe 3.3.2.2.10. et du paragraphe 3.3.2.3.

Dans le cas où la tige est réemployée, celle-ci est débarrassée de manière électrolytique de sa couche de protection et rectifiée jusqu'à ce que toutes les détériorations soient enlevées. Les petites dégradations locales peuvent être réparées par soudure ; ceci moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant.

Un échantillon est réalisé dans le même acier que la tige, l'échantillon subit les mêmes opérations que la tige et accompagne cette dernière tout au long de son traitement. L'échantillon a le même diamètre que celui de la tige ou contretige et pour longueur celle prescrite à l'article 3.3.2.2.10.

Tige en acier d'amélioration

Les tiges en acier d'amélioration sont recouvertes d'une couche de protection de nickel-chrome ou d'une couche de céramique.

- En cas de couche de chrome-nickel :
 - l'épaisseur de la couche de nickel est au minimum de 60 μm et au maximum de 150 μm ;
 - l'épaisseur de la couche de chrome après polissage est au minimum de 50 μm .
- En cas d'une couche de protection céramique, l'épaisseur moyenne de la couche est au minimum de 300 μm , en aucun point de mesure cette épaisseur ne peut descendre en dessous de 200 μm .

Tige en acier inoxydable

Les tiges en acier inoxydable sont recouvertes d'un dépôt électrolytique de chrome d'une épaisseur minimale de 50 μm .

Après dépôt de la couche de chrome ou de céramique la tige est mise à dimension par rectification ou polissage.

La rugosité de la surface Ra s'élève au maximum à 0,3 μm selon la norme NBN EN ISO 4287.

Le diamètre final de la tige doit être compris à l'intérieur des tolérances qui ont été choisies pour le diamètre de tige en fonction des étanchéités utilisées.

Pour la suite les différents travaux à la tige (nickelage, chromage, couche céramique, rectification et polissage) font l'objet d'un rapport de mesure dans lequel les épaisseurs des différentes couches sont consignées. Ce rapport de mesure est remis au pouvoir adjudicateur.

Les tiges reconditionnées ou remplacées sont réceptionnées selon les modalités du paragraphe 3.3.2.3.

Les résultats sont consignés dans un certificat de réception 3.1.B. selon la norme NBN EN 10204.

Dans le cas d'une protection céramique, l'entrepreneur doit satisfaire aux conditions du paragraphe 3.3.2.2.10.

Les revêtements des tiges renouvelées sont garantis conformément à l'article 3.8.5.

5.3.5. Cylindre

5.3.5.1. Boulons de fixation

Tous les boulons sont remplacés par de nouveaux boulons de mêmes dimensions.

Les boulons sont au minimum de la qualité 8.8 selon la norme NBN EN ISO 898-1.

Si les boulons existants sont d'une qualité supérieure, cette dernière est conservée pour les nouveaux boulons.

5.3.6. Tourillons

Si, lors de l'examen détaillé du vérin, il apparaît que les tourillons présentent une usure marquée, les tourillons sont rectifiés. Si la pose d'une frette s'avère nécessaire en vue de rétablir la cote initiale des tourillons, une note de calcul est établie montrant que la section restante du noyau présente encore une résistance suffisante. Les coussinets sont remplacés dans les deux hypothèses.

5.3.7. Protection contre la corrosion

Les parties des vérins en contact avec l'atmosphère environnante font l'objet d'un examen détaillé. S'il apparaît que ces parties sont déjà protégées selon les prescriptions de l'article 3.3.2.2.14. du présent cahier des charges type, une nouvelle couche de finition est simplement appliquée sur ces parties.

Les dégradations éventuelles de la couche de métallisation sont réparées avant application de la couche de finition afin de reconstituer la continuité de la protection.

Les vérins n'ayant pas fait l'objet d'un traitement tel que décrit dans le présent cahier des charges type sont traités contre la corrosion conformément aux prescriptions de l'article 3.3.2.2.14. du présent cahier des charges type.

Les travaux sont réalisés en atelier, après quoi le vérin est conditionné de façon telle qu'aucune dégradation ne puisse se produire durant le transport.

5.3.8. Réception du vérin

5.3.8.1. Tige

Les prescriptions du paragraphe 3.3.2.3.2.2. sont d'application.

5.3.8.2. Cylindre

Il est vérifié que les travaux de révision sont exécutés selon les plans et les prescriptions.

La rugosité de la surface Ra de l'alésage du cylindre est mesurée en différents endroits (selon la norme NBN EN ISO 4287).

5.3.8.3. Protection contre la corrosion

Les épaisseurs de chaque couche de protection sont mesurées également.

5.3.8.4. Essais en charge

Les essais mentionnés au paragraphe 3.3.2.3.4. sont réalisés.

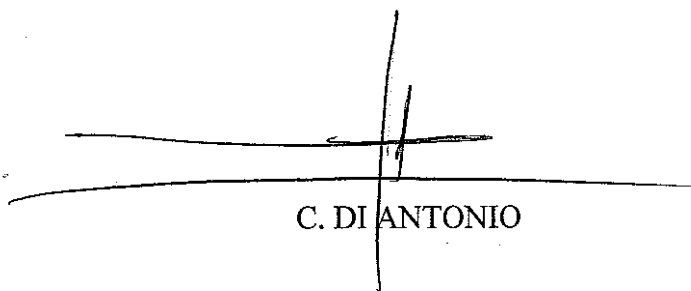
5.3.9. Fluide hydraulique de stockage

Le vérin est rempli d'un fluide hydraulique compatible avec l'existant et avec les fluides acceptables pour l'environnement.

La livraison s'opère selon les prescriptions du paragraphe 3.6.

Namur le 16 MAI 2013

Le Ministre des Travaux publics,



C. DI ANTONIO

Inspection des vérins				
1. Données générales				
Fabricant	Nom			
	Adresse			
Repérage				
Type	Contretige	O/N		
	Cardan	O/N		
Caractéristiques	Fluide hydraulique HV/HEES			
	Pression nominale	Pa		
	Effort maximum	kN		
	Course	mm		
	Φ tige	mm		
	Φ contretige	mm		
	Φ piston	mm		
	Φ alésage	mm		
	Φ tourillons	mm		
	Longueur tourillon	mm		
	Longueur hors tout	mm		
	Masse	kg		
Matière	Tige			
	Contretige			
	Piston			
	Cylindre			
	Tourillons			
	Buselures de guidage			
	Buselures des tourillons			
Protection tige	Cr/Ni-Cr/Céramique			
	Epaisseur Cr	μm		
	Epaisseur Ni	μm		
	Dureté Cr	HRC		
	Epaisseur Céramique	μm		
Protection contretige	Cr/Ni-Cr/Céramique			
	Epaisseur Cr	μm		
	Epaisseur Ni	μm		
	Dureté Cr	HRC		
	Epaisseur Céramique	μm		
Caractéristiques des accessoires	Type de joints	Tête		
		Fond		
		Piston		
	Rotules	Tige	Type	
			Matière	
			Capacité	

		Contretige	Type	
			Matière	
			Capacité	
2. Inspection du vérin démonté				
Mesures				
Tourillon 1	Φ 1		mm	
	Φ 2		mm	
Tourillon 2	Φ 1		mm	
	Φ 2		mm	
Tige	Section 1	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
	Section 2	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
	Section 3	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
Contretige	Section 1	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
	Section 2	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
	Section 3	Φ 1	mm	
		Φ 2	mm	
Piston	Φ 1		mm	
	Φ 2		mm	
Alésage	Φ 1		mm	
	Φ 2		mm	
Expertise				
Tige				
Contretige				
Piston				
Alésage				
Buselure guidage				
Tourillon 1				
Tourillon 2				
Buselure tourillon 1				
Buselure tourillon 2				
Rotules tête				

Rotules fond					
Autres dégradations					
3. Caractéristiques après rectification des tiges nues					
Mesures					
Tige	Section 1	mm	Φ 1		
	Section 2	mm	Φ 1		
	Section 3	mm	Φ 1		
Contretige	Section 1	mm	Φ 1		
	Section 2	mm	Φ 1		
	Section 3	mm	Φ 1		
4. Caractéristiques après reconditionnement					
Repérage					
Fluide hydraulique	HV/HEES				
Matière	Tige				
	Contretige				
	Piston				
	Cylindre				
	Tourillons				
	Buselures de guidage				
	Buselures des tourillons				
Protection tige	Cr/Ni-Cr/Céramique				
	Epaisseur Cr	μm			
	Epaisseur Ni	μm			
	Dureté Cr	HRC			
	Epaisseur Céramique	μm			
	Etat de surface	μm			
Protection contretige	Cr/Ni-Cr/Céramique				
	Epaisseur Cr	μm			
	Epaisseur Ni	μm			
	Dureté Cr	HRC			
	Epaisseur Céramique	μm			
	Etat de surface	μm			
Caractéristiques des accessoires	Type de joints	Tête			
		Fond			
		Piston			
	Rotules	Tête	Type		
			Matière		
			Capacité		
		Fond	Type		
			Matière		
			Capacité		
Mesures					

Tourillon 1	Φ	mm			
Tourillon 2	Φ	mm			
Tige	Φ 1	mm			
	Φ 2	mm			
	Φ 3	mm			
Contretige	Φ 1	mm			
	Φ 2	mm			
	Φ 3	mm			
Piston	Φ	mm			
Alésage	Φ	mm			

Φ 1 / Φ 2 : mesures sur deux diamètres perpendiculaires

Section 1 / 2 / 3 : mesures dans trois sections réparties sur la longueur de la tige

Légende

Repérage :

- Ecluse : ME009AVDPOR
 - colonne 1 :
 - A : Canal Blaton-Ath
 - B : Canal Charleroi-Bruxelles
 - C : Canal du Centre
 - D : Dendre
 - E : Escaut
 - L : Lys
 - M : Meuse
 - N : Canal Nimy-Blaton-Péronnes
 - O : Ourthe
 - P : Canal Pommeroeul-Condé
 - R : Canal de l'Espierres
 - T : Canal Albert
 - S : Sambre
 - colonne 2 :
 - E : écluse
 - colonne 3-5 : numéro de l'ouvrage
 - colonne 6-7 :
 - AV : aval
 - IN : intermédiaire
 - AM : amont
 - colonne 8 :
 - D : droit
 - G : gauche
 - colonne 9-11 :
 - POR : porte
 - VTX : vantelle, X : numéro de la vantelle sur la porte
 - VAQ : vanne aqueduc

- Barrage : SB009P1DV
 - colonne 1 :
 - Voir écluses
 - colonne 2 :
 - B : barrage
 - colonne 3-5 : numéro de l'ouvrage
 - colonne 6-7 :
 - P1 : pertuis 1
 - colonne 8 :
 - D : droit
 - G : gauche
 - colonne 9 :
 - V : vanne
 - H : hausse

Liste des normes

	Norme	Date	Intitulé
	ASTM D 664-95 ASTM D 974-97		Acidité TAN
	DIN 50021-ESS	1988	Essai d'arrosage
	ISO 2943	1998	Transmissions hydrauliques – Éléments filtrants -- Vérification de la compatibilité des matériaux avec les fluides.
	ISO 2977	1997	Point d'aniline
	ISO 3016	2000	Point d'écoulement
	ISO 3733	1976	Teneur en eau
	ISO 3771	1994	Nombre de base
	ISO 4021	1992	Transmissions hydrauliques - Analyse de la pollution par particules -- Prélèvement des échantillons de fluide dans les circuits en fonctionnement.
X	ISO 4406	1999	Transmissions hydrauliques - Fluides - Méthode de codification du niveau de pollution particulaire solide.
X	ISO 6072	2002	Transmissions hydrauliques – Compatibilité des fluides avec les caoutchoucs normalisés.
	ISO 7624	1997	Stabilité à l'oxydation
X	ISO 9227	2006	Essais de corrosion en atmosphères artificielles - Essais au brouillard salin
X	ISO 11158	1997	Lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L) – Famille H (systèmes hydrauliques) – Spécifications des catégories HH, HL, HM, HR, HV, et HG.
X	ISO 15380	2002	Lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes (classe L) – Famille H (systèmes hydrauliques) – Spécifications des catégories HETG, HEPG, HEES, HEPR.
X	ISO 16889	1999	Filtres pour transmissions hydrauliques – Evaluation des performances par la méthode de filtration en circuit fermé
X	NBN 212	1970	Constructions en acier - Calcul des contraintes dans les assemblages soudés soumis à une sollicitation statique
X	NBN EN 10025-1	2005	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 1: Conditions générales techniques de livraison
X	NBN EN 10025-2	2004	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 2: Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés
X	NBN EN 10025-3	2004	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 3: Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins à l'état normalisé/laminage normalisé
X	NBN EN 10025-4	2004	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 4: Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins obtenus par laminage thermomécanique
	NBN EN 10210-1	2006	Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 1:

			Conditions techniques de livraison
	NBN 10210-2	2006	Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 2: Tolérances, dimensions et caractéristiques du profil
X	NBN B 03-101	1993	Actions sur les constructions - Ouvrages d'art routiers
X	NBN B 51-001/A1	1981	Charpentes en acier
	NBN C 20-529	1992	Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)
X	NBN E 48-008	1990	Transmissions hydrauliques et pneumatiques - Vocabulaire
X	NBN E 52-002	1980	Engins de levage - Sollicitations
X	NBN E 52-003	1981	Engins de levage - Charpentes
X	NBN E 52-004	1980	Engins de levage – Equipements mécaniques
X	NBN EN 81-2	1998	Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs - Partie 2 : ascenseurs hydrauliques
X	NBN EN 287-1	2011	Qualification des soudeurs - Soudage par fusion - Partie 1: Aciers
	NBN EN 288-1	1992	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques - Partie 1 : Règles générales; soudage par fusion.
	NBN EN 288-2	1992	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques - Partie 2 : Descriptif d'un mode opératoire de soudage pour le soudage à l'arc.
	NBN EN 288-3	1992	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage sur les matériaux métalliques - Partie 3 : Epreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage à l'arc sur acier.
X	NBN EN 582	1994	Projection thermique - Mesure de l'adhérence par essais de traction
	NBN EN 623-2	1993	Céramiques techniques avancées - Céramiques monolithiques - Propriétés générales et structurales - Partie 2 : Détermination de la masse volumique et de la porosité
X	NBN EN 1563	2005	Fonderie – Fonte à graphite sphéroïdal
	NBN EN 10083-1	2007	Aciers pour trempe et revenu - Partie 1: Conditions techniques de livraison des aciers spéciaux
X	NBN EN 10088-1	2005	Aciers inoxydables - Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.
X	NBN EN 10088-2	2005	Aciers inoxydables - Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.
X	NBN EN 10088-3	2005	Aciers inoxydables - Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général.
X	NBN EN 10204	2005	Produits métalliques : Type de documents de contrôle
X	NBN EN ISO 898-1	1999	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 1: Vis et goujons (ISO 898-1: 1999)

X	NBN EN ISO 1463	2004	Revêtements métalliques et couches d'oxyde - Mesurage de l'épaisseur de revêtement - Méthode par coupe micrographique (ISO 1463:2003)
X	NBN EN ISO 2063	2005	Projection thermique - Revêtements métalliques et inorganiques - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux.
X	NBN EN ISO 2178	1995	Revêtements métalliques non magnétiques sur métal de base magnétique - Mesurage de l'épaisseur du revêtement - Méthode magnétique (ISO 2178:1982)
	NBN EN ISO 3104	1996	Produits pétroliers - Liquides opaques et transparents - Détermination de la viscosité cinématique et calcul de la viscosité dynamique (ISO 3104:1994)
X	NBN EN ISO 3506-1 à 3	1998	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion : Vis et goujons (ISO 3506:1997)
X	NBN EN ISO 3675	1998	Pétroles bruts et produits pétroliers liquides - Détermination en laboratoire de la masse volumique ou de la densité relative - Méthode à l'aréomètre (ISO 3675:1998)
X	NBN EN ISO 4287	1997	Spécification géométrique des produits (GPS) - Etat de surface: Méthode du profil - Termes, définitions et paramètres d'état de surface (ISO 4287:1997)
	NBN EN ISO 4516	2002	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Essais de microdureté Vickers et Knoop (ISO 4516:2002)
X	NBN EN ISO 6158	2004	Revêtements métalliques – Dépôts électrolytiques de chrome pour usages industriels.
X	NBN EN ISO 6245	2003	Produits pétroliers - Détermination de la teneur en cendres (ISO 6245:2001)
X	NBN EN ISO 6743-4	2002	Lubrifiants - Huiles industrielles et produits connexes (classe 2) – Classification - Partie 4 : Famille H (systèmes hydrauliques)
X	NBN EN ISO 10289	2001	Méthode d'essai de corrosion des revêtements métalliques et inorganiques sur substrats métalliques – Cotation des éprouvettes des articles manufacturés soumis aux essais de corrosion.
	NBN EN ISO 14918	1998	Projection thermique - Qualification des agents en projection thermique (ISO 14918:1998)
	NBN EN ISO 14922-2	1999	Projection thermique - Exigences qualité des constructions obtenues par projection thermique - Partie 2: Exigences qualité complètes (ISO 14922-2:1999)
	NBN EN ISO 22592	1994	Point d'éclair
X	NBN ISO 1219-1	1993	Transmissions hydrauliques et pneumatiques - Symboles graphiques et schémas de circuit - Partie 1 : Symboles graphiques.
X	NBN ISO 1219-2	1995	Transmissions hydrauliques et pneumatiques – Symboles graphiques et schémas de circuit – Partie 2 : Schémas de circuit
X	NBN ISO 2909	1993	Produits pétroliers – Calcul de l'indice de viscosité à partir de la viscosité cinématique. (ISO 2909 de 2002)
	OECD 201 et 202		Toxicité
	OECD 301 B		Test de Sturm

Choix des aciers

Élément	Cahier des charges type 240			N°	Type	Cahier des charges type W 400.M.02		
	Type	Norme	Date			Type	Norme	Date
Réservoir	XCrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Cylindre	S355J2H	NBN 10210-1-2	1994-1997	1.0576		S355J2H	NBN EN 10210-1	2006
Fond	S355J2G3	NBN 10025	1993	1.0570		S355J2+N	NBN 10025-2	2004
Tête	S355J2G3	NBN 10025	1993	1.0570		S355J2+N	NBN 10025-2	2004
Tourillon				1.0570		S355J2+N	NBN 10025-2	2004
Boulon	8.8	NBN EN 20898-1	1992			8.8	NBN EN ISO 898-1	1999
Boulon inox.	A4-70	NBN EN ISO 3506-1 à 3	1998			A4-70	NBN EN ISO 3506-1 à 3	1998
Racleur-bague	X2CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4404	AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Tige	C45E	NBN 10083-6	1991	1.1191		C45E	NBN 10083-1	2007
Tige inox.	X17CrNi16-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4057	AISI 431	X17CrNi16-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Piston	C45E	NBN 10083-1	1991	1.1191		C45E	NBN 10083-1	2007
Œillet-Fourche	S355J2G3	NBN 10025	1993	1.0570		S355J2+N	NBN 10025-2	2004
Robinet	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Raccord	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4571	AISI 316TI	X6CrNiMoTi 17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Bloc de base						EN-GJS-400-15	NBN EN 1563	2005
Canalisation	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4404	AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Élément de fixation	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Canalisation souple-Embout	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Embout	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	1998	1.4571	AISI 316TI	X6CrNiMoTi 17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005

