

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

DIRECTION GENERALE DE LA MOBILITE ET DES VOIES HYDRAULIQUES

CAHIER DES CHARGES-TYPE W 400

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

CLAUSES TECHNIQUES GENERALES CONTRACTUELLES

Partie 400.A.02

MECANIQUE EN GENERAL

Chapitres a à l
Annexes m

TABLES DES MATIERES

A. CONDITIONS GENERALES DE PROJET ET DE CALCUL D'UN MECANISME	1
1. DÉFINITION GÉNÉRALE	1
2. SOLLICITATIONS ET COMBINAISONS DE SOLLICITATIONS	2
2.1. SOLLICITATIONS INDIVIDUELLES À CONSIDÉRER ET RÈGLES À SUIVRE POUR LEUR CALCUL	2
2.2. COMBINAISONS DE SOLLICITATIONS	11
2.3. NIVEAUX DE SOLLICITATION	11
3. CLASSIFICATION PAR GROUPE	13
3.1. CONCEPT GÉNÉRAL	13
3.2. APPLICATION	13
3.3. CLASSIFICATION PAR GROUPE DE QUELQUES MÉCANISMES	13
4. CALCUL	18
4.1. GÉNÉRALITÉS	18
4.2. MÉTHODES DE CALCUL	18
4.3. CALCULS EXÉCUTÉS PAR ORDINATEUR	19
B. EXECUTION DES ASSEMBLAGES - FINI DES PIÈCES	20
1. ASSEMBLAGES	20
2. RUGOSITÉ DES SURFACES	20
2.1. CHOIX DE LA CLASSE DE RUGOSITÉ À RÉALISER	20
2.2. BAVURES	20
3. ETAT DE SURFACE DES PIÈCES OU PARTIES DE PIÈCES BRUTES (C'EST-À-DIRE NON TRAVAILLÉES MÉCANIQUEMENT)	21
3.1. PIÈCES EN ACIER MOULÉ	21
3.2. PIÈCES EN ACIER FORGÉ	21
3.3. SURFACES OBTENUES PAR DÉCOUPAGE	21
3.4. PIÈCES SOUDÉES	21
3.5. CARTERS DE RÉDUCTEURS	21
4. ASSURANCE QUALITÉ	21
C. ORGANES DE SUSPENSION, DE COMMANDE ET DE GUIDAGE	22
1. CÂBLES EN ACIER	22
1.1. NORMES	22
1.2. CLASSIFICATION DES CÂBLES EN ACIER	22
1.3. GÉNÉRALITÉS	23
1.4. TYPES DE CÂBLE	23
1.5. DIAMÈTRE DU CÂBLE	24
1.6. MISE SOUS TENSION PRÉALABLE	24
1.7. ESSAIS	24
1.8. BASES POUR LE CALCUL	24
1.9. CÂBLES ANTIGIRATOIRES	26
1.10. CÂBLES CLOS	26
2. FIXATION DES CÂBLES	26
2.1. EXÉCUTIONS ADMISES	26
2.2. ESSAIS	27
2.3. FIXATION AU TAMBOUR	27
3. ŒILLETS	27

4.	TENDEURS	27
5.	PALONNIERS - BALANCIERS	28
6.	POULIES	28
7.	TAMBOURS	28
8.	CHAÎNES GALLE	29
9.	CHAÎNES CALIBRÉES ET NON CALIBRÉES À MAILLONS SOUDÉS	29
9.1.	CHAÎNES CALIBRÉES À MAILLONS SOUDÉS	29
9.2.	CHAÎNES NON CALIBRÉES À MAILLONS SOUDÉS	29
9.3.	MANILLES	30
10.	POULIES ET ROUES À CHAÎNES	30
11.	TIGES DE SUSPENSION	30
12.	BIELLES ÉLASTIQUES	30
13.	CROCHETS	30
14.	GALETS DE ROULEMENT, GALETS DE GUIDAGE ET ROULEAUX DE GUIDAGE	31
14.1.	MATÉRIAUX	31
14.2.	DIMENSIONS ET TOLÉRANCES	31
15.	RAILS	32
15.1.	MATÉRIAUX	32
15.2.	PROFIL DU RAIL	32
15.3.	MONTAGE	32
16.	POUPÉES DE CABESTANS	32
17.	PIVOTS	33
17.1.	PIVOT D'UN PONT TOURNANT	33
17.2.	COURONNE DE GIRATION	33
18.	ARTICULATIONS DE PONT	33
19.	APPUIS - GÂCHES - VEROUS	33
20.	AUTRES ORGANES	34

D. ELEMENTS D'ENTRAÎNEMENT ET DE FREINAGE 35

1.	MOTEURS	35
2.	FREINS	35
2.1.	GÉNÉRALITÉS	35
2.2.	NOTE DE CALCUL	35
2.3.	DIMENSIONNEMENT	35
2.4.	EXIGENCES CONSTRUCTIVES	35
3.	COMMANDE MANUELLE ET COMMANDE DE SECOURS	35

E. ORGANES DE TRANSMISSION 37

1.	GÉNÉRALITÉS	37
1.1.	EQUILIBRAGE	37
1.2.	RÉPARTITION DE LA CHARGE	37
1.3.	CHARGE ÉQUIVALENTE S_{EQ}	37
2.	ENGRENAGES CYLINDRIQUES	38
2.1.	TERMINOLOGIE	38
2.2.	MODULES	38
2.3.	QUALITÉ DE DENTURE	38
2.4.	TALLAGE DES DENTS ET PARACHÈVEMENT	38
2.5.	CHOIX DES MATÉRIAUX ET PRÉCISION D'EXÉCUTION	39
2.6.	INDICATIONS SUR LES PLANS	39
3.	ENGRENAGES CONIQUES	40
3.1.	TERMINOLOGIE	40

3.2. PROFIL DES DENTS	40
3.3. EXÉCUTION	40
4. CALCULS DE VÉRIFICATION DES DENTURES ENGRENAGES CYLINDRIQUES ET CONIQUES	40
4.1. MÉTHODE ISO	40
4.2. ENGRENAGES POUR MÉCANIQUE GÉNÉRALE	40
4.3. CALCULS DE VÉRIFICATION ET COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ	42
5. RÉCEPTION DES RÉDUCTEURS	44
5.1. CONTRÔLE DES RÉDUCTEURS STANDARD	44
5.2. CONTRÔLE DES RÉDUCTEURS NON STANDARD	44
5.2.1. CONTRÔLE DES ROUES DENTÉES	44
5.2.2. ESSAIS SUR LE RÉDUCTEUR	45
5.2.3. APPROBATION	45
6. ENGRENAGES À VIS SANS FIN	46
6.1. GÉNÉRALITÉS	46
6.2. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	46
6.3. CALCUL	46
6.4. CALCUL À LA FATIGUE	47
6.5. CALCUL STATIQUE EN SURCHARGE	47
6.6. ESSAIS SUR LES RÉDUCTEURS	47
7. CARTERS	48
7.1. MATÉRIAUX	48
7.2. EXÉCUTION	48
7.3. LUBRIFICATION	48
7.4. ETANCHÉITÉ	48
7.5. PLAQUE SIGNALÉTIQUE	49
8. CRÉMAILLÈRES LIBRES	50
8.1. OBJET DU PARAGRAPHE	50
8.2. CALCUL	50
8.3. CONSTRUCTION	50
8.4. MATÉRIAUX	51
9. ARBRES	51
9.1. MATÉRIAUX	51
9.2. CALCUL	51
9.3. DÉFORMATION ANGULAIRE ET FLÈCHE	51
10. PALIERS – SUPPORTS	51
10.1. GÉNÉRALITÉS	51
10.2. MATÉRIAUX	51
10.3. CONSTRUCTION	52
10.4. FIXATION DES SUPPORTS OU PALIERS AUX CHARPENTES MÉTALLIQUES	52
11. ROULEMENTS, COUSSINETS, ROTULES	53
11.1. ROULEMENTS	53
11.2. COUSSINETS	53
11.3. ARTICULATIONS À ROTULES	58
12. ACCOUPLEMENTS	59
12.1. GÉNÉRALITÉS	59
12.2. ACCOUPLEMENTS RIGIDES	59
12.3. ACCOUPLEMENTS ÉLASTIQUES	59
12.4. ACCOUPLEMENTS FLEXIBLES	59
13. EMBRAYAGE	60
14. ACCOUPLEMENTS À SERRAGE CONIQUE	60
15. CLAVETTES	60
15.1. MATÉRIAUX	60
15.2. CALCUL	61
16. PLAQUES D'APPUIS ET FOURRURES DE RÉGLAGE	61
17. RESSORTS	62

17.1. RESSORTS MÉTALLIQUES	62
17.2. RESSORTS EN CAOUTCHOUC	65
18. COURROIES - POULIES	66
19. CHAÎNES À DOUILLES ET À ROULEAUX POUR LA TRANSMISSION DE PUISSANCE	66
20. ASSEMBLAGE PAR FRETAGE	67

F. CHOIX ET ESSAI DES MATIERES 68

1. OBJET DU CHAPITRE	68
2. CHOIX DES MATIÈRES	68
2.1. GÉNÉRALITÉS	68
2.2. ACIER	68
2.3. ACIER POUR UTILISATION COURANTE DANS LES CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES	68
2.4. ACIER AU CARBONE POUR UTILISATION COURANTE DANS LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE	70
2.5. ACIERS MOULES	71
2.6. ACIER FORGÉ	73
2.7. ACIERS INOXYDABLES	75
2.8. FONTES	75
2.9. ALUMINIUM	77
2.10. ALLIAGES DE CUIVRE	77
3. RÉCEPTION DES MATIÈRES ET DES PRODUITS	78
3.1. RÉCEPTION DES MATIÈRES	78
3.2. CONTRÔLE DES PRODUITS	81
4. PROCÉDURE DE RÉCEPTION DES MATÉRIAUX	82
4.1. GÉNÉRALITÉS	82
4.2. DOCUMENTS DE RÉCEPTION DU MATÉRIAU	83
4.3. RÉCEPTION DE MATIÈRE	83
5. ANNEXE AU PARAGRAPHE F. - ESSAI DE PLIAGE SUR CORDON SOUDÉ	84
5.1. ACIER LAMINÉ	84
5.2. ACIER MOULÉ D'USAGE GÉNÉRAL	86

G. EXECUTION DES TRAVAUX EN USINE 88

1. GÉNÉRALITÉS	88
2. DOCUMENTS D'EXÉCUTION	88
3. TRAVAUX DE SOUDAGE	90
3.1. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES	90
3.2. CONTRÔLE DES SOUDURES	90
4. TRAITEMENT THERMIQUE	91
5. MONTAGE PROVISOIRE EN USINE	91
6. LIEU D'ENTREPOSAGE	91

H. ELEMENTS DE FIXATION ET DE PROTECTION 92

1. FIXATION MÉCANIQUE	92
1.1. GÉNÉRALITÉS	92
1.2. FONDATIONS	92
1.3. CHÂSSIS	93
1.4. FIXATION SUR DES CHARPENTES OU SUR DES MASSIFS DE FONDATION	94
1.5. BOULONS - GOIJONS	94
1.6. ANCRAGES	94
2. ÉLÉMENTS DE PROTECTION	95

2.1. CAPOTS	95
2.2. PLATELAGES DE PROTECTION	95
2.3. COUVERTURES	96
2.4. EVACUATION DES EAUX	96

I. EXECUTION DES TRAVAUX SUR SITE **97**

1. ENTREPOSAGE	97
2. MONTAGE DES MÉCANISMES	97
3. MONTAGE DES CHARPENTES	98
4. ESSAIS	98

J. PROTECTION CONTRE LA CORROSION ET L'USURE **100**

1. OBJET DU CHAPITRE	100
2. PEINTURES SUR MÉTAUX FERREUX NUS OU PROTÉGÉS	100
2.1. NORMES APPLICABLES	100
2.2. NBN EN ISO 12944-1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE	100
2.3. NBN EN ISO 12944-2 : CLASSIFICATIONS DES ENVIRONNEMENTS	101
2.4. NBN EN ISO 12944-3 : CONCEPTION ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	102
2.5. NBN EN ISO 12944-4 : TYPES DE SURFACE ET DE PRÉPARATION DE SURFACES	103
2.6. NBN EN ISO 12944-5 : SYSTÈMES DE PEINTURE	104
2.7. NBN EN ISO 12944-6 : ESSAIS DE PERFORMANCE EN LABORATOIRE.	107
2.8. NBN EN ISO 12944-7 : EXÉCUTION ET SURVEILLANCE DES TRAVAUX DE PEINTURE.	107
2.9. NBN EN ISO 12944-8 : DÉVELOPPEMENT DE SPÉCIFICATIONS POUR LES TRAVAUX NEUFS ET L'ENTRETIEN.	111
3. TRAVAUX DE REMISE EN ÉTAT OU D'ENTRETIEN	111
3.1. PRÉPARATION	111
3.2. MISE EN PEINTURE	111
4. MÉTALLISATION	111
4.1. GÉNÉRALITÉS	111
4.2. MISE EN OEUVRE	112
4.3. PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS	114
4.4. ESSAIS	114
5. GALVANISATION	114
5.1. REMARQUES GÉNÉRALES	114
5.2. GALVANISATION À CHAUD APRÈS FABRICATION	115
5.3. GALVANISATION EN CONTINU À CHAUD	115
6. NICKELAGE ET CHROMAGE	117
7. CADMIAGE	117
8. SHÉRARDISATION	117
9. PLASTIFICATION	118
10. TÔLES ÉLECTROZINGUÉES	118
11. PROTECTION DE L'ALUMINIUM	118
11.1. MÉTAL DE BASE	118
11.2. ANODISATION	118
11.3. PEINTURE DE L'ALUMINIUM	119
12. ESSAIS	119
12.1. REMARQUE GÉNÉRALE	119
12.2. PRÉLÈVEMENT DES PANNEAUX D'ESSAI	119
12.3. CONDITIONNEMENT PRÉALABLE DES PANNEAUX D'ESSAI	120
12.4. RAYURE DES PANNEAUX D'ESSAI	120
12.5. CONDITIONS D'EXÉCUTION DES ESSAIS MÉCANIQUES	120

12.6. VÉRIFICATION DE L'ÉPAISSEUR	120
12.7. VÉRIFICATION DE LA SOUPLESSE DU REVÊTEMENT PAR L'ESSAI DE PLIAGE SUR MANDRIN CYLINDRIQUE	120
12.8. VÉRIFICATION DE L'ADHÉRENCE DU REVÊTEMENT PAR L'ESSAI DE QUADRILLAGE	121
12.9. VÉRIFICATION DE LA DURETÉ DU REVÊTEMENT PAR L'ESSAI DE RAYURE	123
12.10. VÉRIFICATION DE LA RÉSISTANCE AU BROUILLARD SALIN	123
12.11. VÉRIFICATION DU COMPORTEMENT EN CAS D'IMMERSION DANS L'EAU	124
12.12. TEST POUR LA DÉTERMINATION APPROXIMATIVE DE LA COMPOSITION D'UN ALLIAGE D'ALUMINIUM	124
K. LUBRIFICATION	126
<hr/>	
1. DOMAINE D'APPLICATION	126
2. DISPOSITIFS DE LUBRIFICATION	126
2.1. LUBRIFICATION PAR BARBOTAGE OU BAIN D'HUILE	126
2.2. LUBRIFICATION PAR CIRCULATION D'HUILE	126
2.3. GRAISSAGE MANUEL POINT PAR POINT	127
2.4. GRAISSAGE AVEC POMPE MANUELLE ET DISTRIBUTEUR PROGRESSIFS	127
2.5. GRAISSAGE CENTRALISÉ SUR RAMPE DE GRAISSEURS	127
2.6. GRAISSAGE CENTRALISÉ AVEC POMPE À COMMANDE MANUELLE ET DISTRIBUTEURS PROGRESSIFS	128
2.7. GRAISSAGE CENTRALISÉ AUTOMATIQUE	128
2.8. LUBRIFICATION À LA GRAISSE PAR PULVÉRISATION	130
2.9. LUBRIFICATION À LA BROSSE	131
2.10. TUYAUTERIES	131
2.11. DISTRIBUTEURS PROGRESSIFS	131
2.12. PRESCRIPTIONS DIVERSES	132
3. LUBRIFICATION PAR L'ENTREPRENEUR	132
3.1. LUBRIFICATION DES MÉCANISMES	132
3.2. LUBRIFICATION DES CÂBLES	134
3.3. UNITÉ DE REMPLISSAGE DE RÉSERVOIRS À GRAISSE	134
L. OUTILLAGE - MATERIEL DE RESERVE	135
<hr/>	
M. ANNEXES	137
<hr/>	

CAHIER DES CHARGES-TYPE 400

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

CLAUSES CONTRACTUELLES TECHNIQUES GENERALES

Partie 400.A.02

MECANIQUE EN GENERAL

Chapitre a	: Conditions générales de projet et de calcul d'un mécanisme
Chapitre b	: Exécution des assemblages - Fini des pièces.
Chapitre c	: Organes de suspension, de commande et de guidage.
Chapitre d	: Eléments d'entraînement et de freinage.
Chapitre e	: Organes de transmission.
Chapitre f	: Choix et essai des matières.
Chapitre g	: Exécution des travaux en usine.
Chapitre h	: Eléments de fixation et de protection.
Chapitre i	: Exécution des travaux sur site.
Chapitre j	: Protection contre la corrosion et l'usure.
Chapitre k	: Lubrification.
Chapitre l	: Outillage - Matériel de réserve.
Chapitre m	: Annexes

a. CONDITIONS GENERALES DE PROJET ET DE CALCUL D'UN MECANISME

1. Définition générale

Un mécanisme est défini comme un ensemble d'éléments mécaniques qui ont comme fonction de déplacer une masse, de la freiner, de la supporter et de la guider durant son mouvement.

Ces éléments mécaniques peuvent être divisés en deux catégories:

1. les éléments actifs qui font partie d'une chaîne cinématique dans laquelle se trouvent des moteurs (freins) et qui subissent directement l'influence des forces et couples exercées par ces moteurs (freins) ;
2. les éléments passifs qui ne subissent pas directement l'action exercée par les moteurs (freins), comme par exemple : un galet de roulement d'une vanne, un élément de suspension d'un contrepoids de pont mobile.

Le cahier spécial des charges indique pour chaque mécanisme :

- les valeurs des forces (couples) à exercer par le mécanisme ;
- les valeurs des sollicitations agissant sur le mécanisme ;
- la classe d'utilisation et le spectre de sollicitations ;
- le nombre de démarrages du mécanisme.

Au cas où le cahier spécial des charges ne fournit pas les renseignements précités, il incombe à l'entrepreneur de les déterminer lui-même, conformément aux prescriptions des paragraphes a.2. et a.3.

Des calculs de vérification sont effectués afin de déterminer si le mécanisme possède une sécurité suffisante par rapport au dépassement de la limite élastique, à la fatigue, aux déformations et au renversement. Ces calculs sont réalisés conformément aux normes NBN E 52 001 à 010 et aux prescriptions ci-après.

Les méthodes de calcul sont décrites au paragraphe a.4.

2. Sollicitations et combinaisons de sollicitations

2.1. Sollicitations individuelles à considérer et règles à suivre pour leur calcul

2.1.1. Généralités

Les contraintes dans les matériaux, de même que les forces (couples) à exercer par les mécanismes, proviennent des sollicitations ci-après dont l'énumération n'est pas exhaustive. En cas d'application particulière, les sollicitations propres à cette application doivent également être considérées.

2.1.2. Sollicitations dues à la pesanteur

2.1.2.1. Poids propre S_{ge}

Sollicitation due au poids propre des mécanismes et de la structure à laquelle ils sont attachés.

2.1.2.2. Déséquilibre S_{gl}

Sollicitation résultant du déplacement vertical du centre de gravité de l'ensemble des parties mobiles.

Le déséquilibre résulte de la nature et de la conception de l'ouvrage. Il ne comprend pas les surcharges occasionnelles.

2.1.2.3. Surcharges S_{go}

Les surcharges occasionnelles sont celles résultant de la présence de sable, de boue, de vase, d'humidité.

Pour les ponts mobiles une surcharge de 150 N/m² est adoptée.

2.1.3. Sollicitations dues aux efforts d'inertie par suite du fonctionnement en service normal S_m

Lors du calcul des éléments d'un mécanisme, il y a lieu de faire la distinction, au sujet de l'influence des forces d'inertie, entre les éléments actifs et passifs.

2.1.3.1. Eléments actifs

Le calcul des sollicitations est effectué comme suit :

- d'une part, on détermine les forces (couples) qui doivent être développées par les moteurs et les freins pour accélérer ou ralentir la structure ou une partie de celle-ci suivant la loi de mouvement fixée par le cahier spécial des charges ou suivant la loi qui résulte des caractéristiques propres du moteur ou du frein.
Pour la détermination de ces forces (couples), il est supposé que les objets à accélérer ou à ralentir sont des corps rigides.
Le dimensionnement des moteurs et des freins est traité dans le chapitre d ;
- d'autre part, pour le calcul des sollicitations sur les éléments du mécanisme il est tenu compte de la valeur des forces (couples) réellement développées par les moteurs et freins choisis.

En fonction du système d'entraînement (de freinage), les valeurs suivantes sont à prendre en considération :

- lorsque l'élément d'entraînement (de freinage) est muni d'un système réglant la vitesse suivant une loi préétablie, les efforts (moments) seront déterminés, en supposant que les objets à accélérer (retarder) sont des corps rigides pour tenir compte des efforts élastodynamiques les valeurs ainsi calculées sont multipliées par un facteur dynamique $\Phi_a = \Phi_r = 1,25$.
De toute façon, il y a lieu de faire un calcul de vérification, dans lequel l'élément d'entraînement (de freinage) exerce son effort (couple) maximal, la sollicitation ainsi calculée sera considérée comme faisant partie du niveau de sollicitation 2 ;
- si le moteur d'entraînement n'est pas muni d'un système de réglage de vitesse, on supposera que les efforts (moments) se produisant au cours de la phase d'accélération correspondent à l'effort maximal (couple) du moteur multiplié par le facteur dynamique $\Phi_a = 1,25$;
- si l'élément de freinage n'est pas pourvu d'un dispositif de réglage de la vitesse, on suppose que les efforts (moments) se produisant au cours de la phase de décélération correspondent à l'effort maximal (couple) du frein multiplié par le facteur dynamique Φ_r , ce dernier étant fonction du système de freinage utilisé. La valeur Φ_r est indiquée dans le tableau1 ci-après :

TABLEAU 1

Valeur de Φ_r	
Système de freinage	Φ_r
Freinage mécanique à assistance électromécanique ou électrohydraulique	1,25
Frein mécanique commandé par un mécanisme à force centrifuge	1,25
Freinage électrique à contre-courant	1,50
Frein mécanique commandé par électro-aimant, air comprimé ou huile sous pression venant d'un accumulateur	1,50

Au cas où le cahier spécial des charges décrit ou tolère un dispositif de limitation de l'effort (couple) fiable dans un mécanisme, on peut prendre en considération la valeur limitée de l'effort (couple) au lieu de considérer l'effort (couple) maximal.

2.1.3.2. Éléments passifs

Le calcul des éléments passifs se fait en supposant que les masses en mouvement sont des corps rigides. Il n'est tenu compte d'aucun coefficient dynamique.

2.1.4. Sollicitations dues aux conditions atmosphériques

2.1.4.1. Généralités

Les influences suivantes sont à distinguer :

1. vent : S_{ww}
tempête : S_{ws}
2. neige : S_{wn}
3. glace : S_{wy}
4. vagues : S_{wz}
5. température : S_{wt}

2.1.4.2. Vent et tempête S_{ww} et S_{ws}

Les prescriptions de la norme NBN E 52-002 et des normes NBN EN 1991-1-4 et NBN EN 1991-1-4ANB sont d'application.

Au cas où il existerait des dispositifs à demeure assurant la stabilité de la construction ou d'une partie de celle-ci, en cas de tempête, ces dispositifs sont considérés comme remplissant effectivement leur fonction.

Par dérogation aux prescriptions des normes précitées, les mécanismes sont calculés (hormis ceux expressément stipulés dans les normes NBN E 52-001 à 010 + addenda) pour permettre une commande normale lorsque la pression du vent correspond aux valeurs ci-après :

- ouvrages d'art pour la navigation maritime ou situés dans la zone littorale : $cq = 750 \text{ N/m}^2$;
- pour les ouvrages d'art manœuvrés en cas de tempête (9 et 10 Beaufort) la pression du vent est calculée en détail ;
- ouvrages d'art situés dans l'intérieur du pays : $cq = 400 \text{ N/m}^2$;
- les mécanismes de suspension, de guidage et de verrouillage des ponts mobiles en position ouverte sont calculés pour un effort du vent exceptionnel : $cq = 2\,000 \text{ N/m}^2$.

Pour la définition du spectre de sollicitations il est admis que les sollicitations dues au vent s'exercent durant 20 % du service et sont nulles le reste du temps.

2.1.4.3. Neige S_{wn}

Comme sollicitation due à la neige, une valeur de 300 N/m^2 est adoptée.

2.1.4.4. Glace S_{wy}

Lors de la conception des mécanismes pour barrages, il est tenu compte de la pression de la glace et de l'effet de la poussée des glaçons.

Pour le calcul des sollicitations dues à la pression de la glace, l'effet de la pression hydrostatique triangulaire jusqu'à une profondeur de 1 m est remplacée par une pression uniforme de 20 kN/m^2 .

Si des glaçons peuvent passer sous l'élément de fermeture, la poussée des glaçons se traduit par une surcharge de l'arête inférieure de 30 kN/m .

2.1.4.5. Ondes S_{wz}

Le mécanisme d'entraînement doit être calculé pour pouvoir effectuer une commande normale en cas de vagues répondant aux caractéristiques spécifiées ci-dessous :

- navigation maritime : vague dont l'amplitude de la crête au creux est de 0,40 m et la longueur de 40 m ;
- navigation intérieure : vague dont l'amplitude de la crête au creux est de 0,20 m et la longueur de 15m.

Calcul de la sollicitation due aux ondes.

Lorsque l'onde heurte une paroi verticale plane (p. ex. une prote d'écluse) et que la profondeur de l'eau dépasse 2 m, il y a risque que le phénomène d'onde stationnaire ou clapotis se présente et la sollicitation de l'effet est définie comme suit :

$$y_c = d + h_0 + \frac{(1+x)}{2} H_i$$

$$y_t = d + h_0 - \frac{(1+x)}{2} H_i$$

avec :

- d : profondeur de l'eau à la paroi au-dessus du niveau de l'eau au repos (S.W.L.)
- y_c : profondeur de l'eau à la paroi par rapport à la situation de crête de la vague

- y_t : profondeur de l'eau à la paroi par rapport à la situation du creux de vague
- h_0 : hauteur moyenne de l'eau à la paroi au-dessus du niveau de l'eau au repos, il est défini au moyen du diagramme de la figure 1
- x : coefficient de réflexion de l'onde, il est égal à 1 pour une paroi verticale et lisse
- H_i : hauteur crête-à-creux de l'onde incidente
- L : longueur de l'onde incidente
- T : période de l'onde incidente
- H_w : hauteur de l'onde à la paroi de la crête au creux

La pression totale sur la paroi augmente d'après une loi linéaire à partir de zéro à la surface de l'eau à $\omega d \pm p_1$ au fond, avec :

$$p_1 = \frac{(1+X)}{2} \frac{\omega H_i}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}$$

avec : ω : poids spécifique de l'eau

Pour la représentation schématique, voir les figures 2 et 3.

Dans le cas particulier des biefs, il doit être tenu compte de la formation d'ondes longitudinales résultant d'un mouvement de sas dans une écluse proche.

Les mécanismes des portes d'écluses doivent être conçus de telle façon qu'elles ne s'ouvrent pas quand pareille onde se forme. Il n'est donc pas tenu compte de cette onde au moment de l'ouverture ou de la fermeture d'une porte d'écluse. La pression exercée par l'onde longitudinale est considérée comme une pression due à une différence statique des niveaux d'eau égale à l'élévation du niveau d'eau à la porte de l'écluse par rapport au niveau de l'eau au repos.

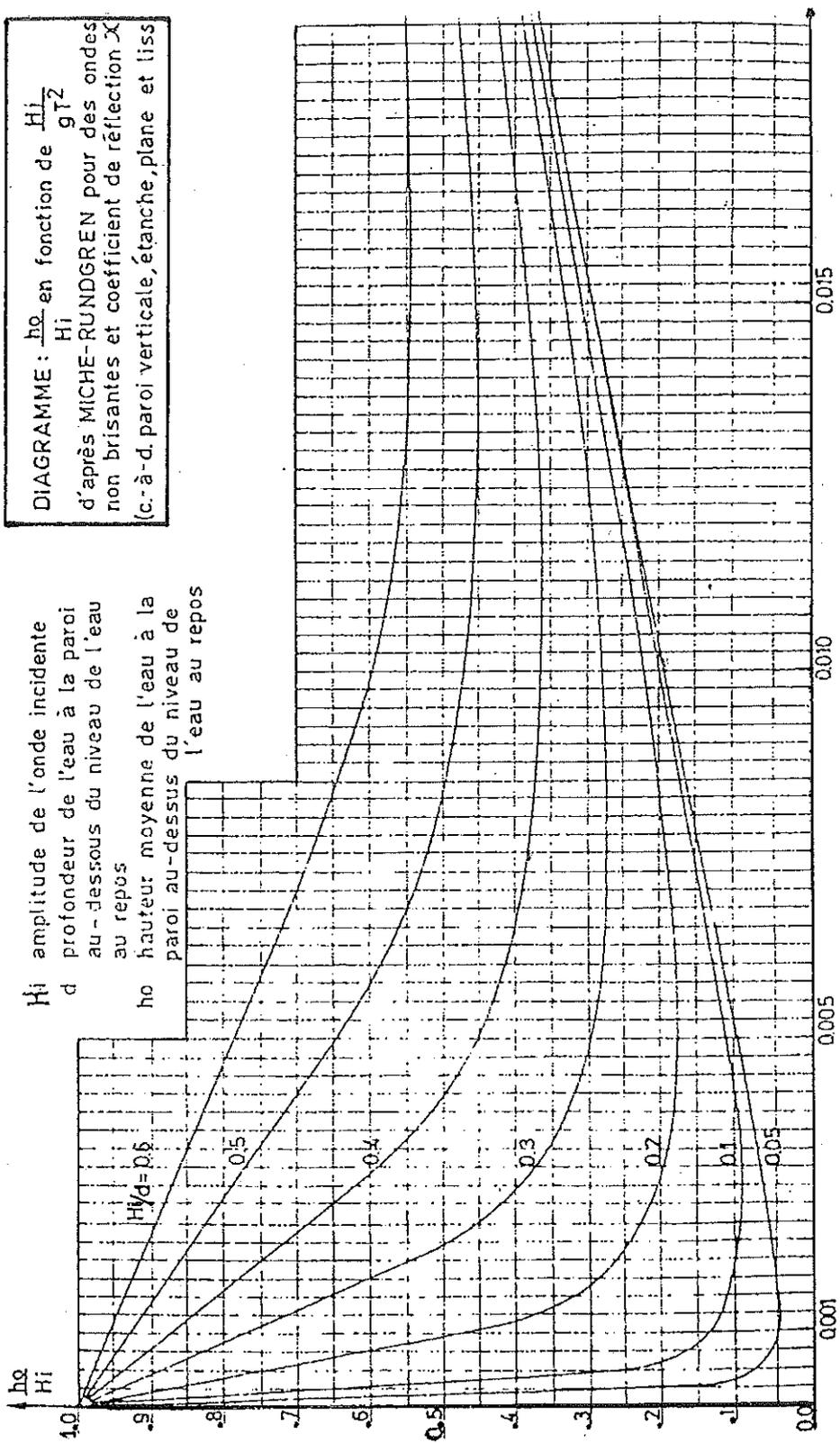


Fig. 1 : Hauteur moyenne de l'eau sur la paroi

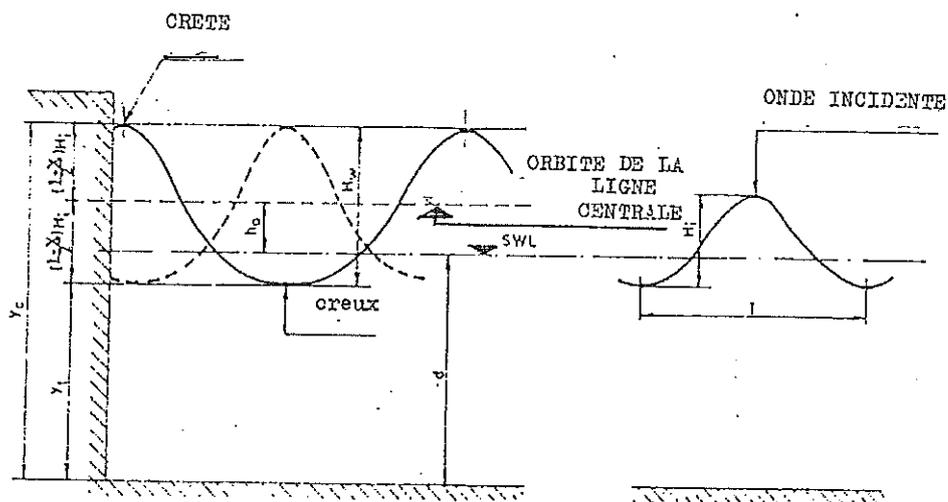


fig. 2 : Caractéristiques de l'onde

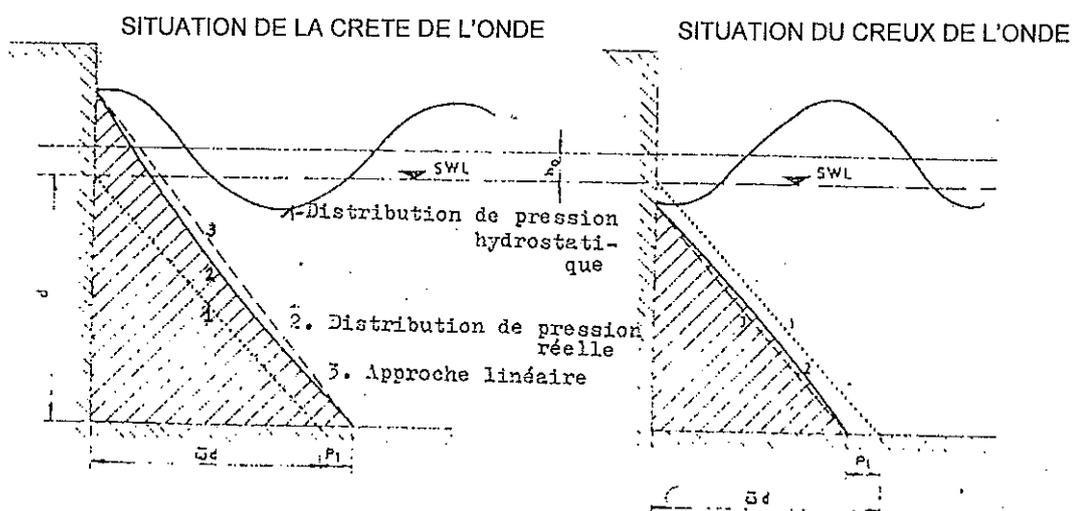


Fig. 3 : Action d'une onde stationnaire sur une paroi verticale plane

2.1.4.6. Température S_{wt}

Les prescriptions de l'article 4.6.3. de la norme NBN E 52-002 sont d'application ; pour les calculs on adopte une température moyenne en cours de montage de 12°C. Lors du dimensionnement des éléments du mécanisme, il faut tenir compte de la dilatation thermique due au frottement des organes du mécanisme.

2.1.5. Sollicitations dues aux effets hydrauliques S_h

Lorsqu'un fluide agit sur une structure ou des éléments mécaniques tant les effets hydrostatiques - S_{bs} - que les effets hydrodynamiques - S_{hd} - doivent être pris en considération.

2.1.6. Sollicitation par suite du trafic S_t

Les charges mobiles dues à un convoi et les efforts de freinage des véhicules sont pris en considération conformément aux dispositions aux normes NBN EN 1991-2, NBN EN 1991-2/AC et NBN EN 1991-2ANB.

2.1.7. Sollicitations due à la déformation des constructions ou des éléments de la construction S_v

Il y a lieu de tenir compte des contraintes résultant de la précontrainte des boulons et des tirants, du frottement, de la déformation des constructions métalliques résultant de leur serrage ou de leur positionnement ainsi que des déformations différentielles de la construction porteuse.

2.1.8. Sollicitations dues au fonctionnement S_b

2.1.8.1. Généralités

Les sollicitations suivantes sont à distinguer :

1. frottement et roulement : S_{bf}
2. guidage : S_{bg}
3. tamponnement : S_{bu}
4. arrêt d'urgence : S_{bs}

2.1.8.2. Frottement et roulement S_{bf}

Les efforts de frottement suivants sont à considérer :

- frottement entre surfaces en contact, graissées ou non ;
- résistance au roulement ;
- frottement visqueux ;
- labourage dans du sable ou de la vase ...

Les valeurs minimale et maximale du coefficient de frottement f sont déterminées suivant l'article 4.5.2.1. de la norme NBN E 52-002. complétées par celles du tableau 2.

TABLEAU 2

Coefficient de frottement f		
Matériaux en contact	Valeur maximale	Valeur minimale
Bois sur acier :		
- suivant la direction longitudinale des fibres de bois	0,45	0,25
- perpendiculairement à la direction des fibres de bois	0,55	0,25
Caoutchouc sur acier :		
- dureté Shore A 85	0,70	0,30
- dureté Shore A 70	0,80	0,30
- dureté Shore A 55	0,90	0,30
Acier sur bronze graphité autolubrifiant	0,30	0,18

Le calcul de la résistance au roulement d'un galet de roulement en acier sur un rail en acier est réalisé suivant l'article 4.5.2.2. de la norme NBN E 52-002.

Les pertes par frottement, par ventilation et d'autres pertes peuvent être prises en considération par l'introduction d'un rendement, comme proposé dans la norme NBN E 52-002 article 4.5.2.4.

2.1.8.3. Guidage S_{bg}

Les forces de guidage sur les galets de roulement et de guidage dues au déplacement d'une construction sont calculées tel qu'indiqué dans la norme NBN E 52-002, article 4.5.3.

2.1.8.4. Tamponnement S_{bu}

Il y a effet de tamponnement lorsque l'ensemble en mouvement atteint ses appuis, butées ou tampons avec une certaine vitesse v_b .

La vitesse v_b dont il faut tenir compte lors du calcul des efforts est la suivante :

- lorsque la décélération de la vitesse de régime en vitesse d'approche est contrôlée par voie électrique, hydraulique, ou électronique et provoque un arrêt d'urgence si la décélération n'a pas été réalisée :

$$v_b = 0,1 V_{\text{régime}} ;$$

- lorsqu'il n'est pas prévu de système de contrôle :

$$v_b = V_{\text{régime}}.$$

Si les tampons sont pourvus de dispositifs d'absorption d'énergie, le calcul des forces de tamponnement est fait suivant la norme NBN E 52-002, article 4.5.4.

2.1.8.5. Arrêt d'urgence S_{bs}

En cas d'arrêt d'urgence, les forces d'inertie qui se produisent, sont calculées en se basant sur la procédure d'arrêt d'urgence au lieu de la procédure de décélération normale.

2.1.9. Sollicitation durant le transport et le montage S_{mo}

Le transport et le montage des mécanismes ou d'éléments de mécanisme entraînent parfois des conditions de sollicitations qui peuvent être déterminantes pour le dimensionnement.

2.1.10. Sollicitation des cabines et accès S_k

Les sollicitations à prendre en considération sont celles stipulées dans la norme NBN E 52-002, article 4.7.

2.1.11. Mécanismes partiellement hors service

La mise hors service d'une partie des mécanismes peut entraîner des sollicitations supplémentaires en cas de manœuvre avec les mécanismes restant en service.

Ce genre de sollicitation est à envisager :

- pour terminer une manœuvre en cours ;
- lors d'une commande locale en cas de contrôle ou de réparation ;
- lors de l'usage d'un mécanisme de secours ;
- pour l'exécution d'une manœuvre, la construction étant soumise à des sollicitations extérieures réduites (vent, différence de hauteur d'eau, vitesse ...).

2.1.12. Situations catastrophiques S_{ka}

Le cahier spécial des charges stipule si des sollicitations autres que celles reprises aux articles a.2.1.2. jusqu'à a.2.1.10. doivent être prises en considération, telles que :

- tremblement de terre ;
- impact d'avions ;
- explosion.

2.1.13. Facteur de groupe γ_m

Certaines sollicitations doivent être multipliées par le facteur de groupe γ_m suivant la norme NBN E 52-002, article 4.10. (voir tableau 3).

2.2. Combinaisons de sollicitations

Lors du calcul, il faudra tenir compte des combinaisons de sollicitations suivantes :

1. mécanisme en service normal avec vent tel que décrit dans l'article a.2.1. ;
- 2.a. mécanisme en service normal mais avec une sollicitation exceptionnelle supérieure à la sollicitation de service normal ;
- 2.b. mécanisme hors service soumis à la tempête ;
- 2.c. effet de tamponnement ;
- 2.d. arrêt d'urgence ;
- 2.e. mécanisme durant le transport et le montage ;
3. mécanisme dans des conditions exceptionnelles.

2.3. Niveaux de sollicitation

Il y a lieu de distinguer dans les calculs trois niveaux de sollicitation ; chaque niveau se distingue par un degré de sécurité différent par rapport à la défaillance de l'élément.

Les différentes combinaisons de sollicitations de l'article a.2.2. sont subdivisées en niveaux de sollicitation tels que :

- niveau de sollicitation 1 : résulte de la combinaison de sollicitations 1 ;
- niveau de sollicitation 2 : résulte de la plus défavorable des combinaisons de sollicitations 2a, 2b, 2c, 2d, 2e ;
- niveau de sollicitation 3 : résulte de la combinaison de sollicitations 3.

Les facteurs de sécurité qui dans chaque niveau de sollicitation doivent être pris en considération sont partiellement stipulés au paragraphe a.4. et sont repris dans les paragraphes qui traitent des éléments spécifiques.

Le tableau 3 ci-après rassemble les différents niveaux et combinaisons de sollicitations avec l'application du coefficient lorsqu'il est prévu γ_m .

TABLEAU 3

Niveau de sollicitation	Niveau 1	Niveau 2					Niveau 3
Combinaison de sollicitations	1	2a	2b	2c	2d	2e	3
Sollicitation individuelle	Service normal	Service normal + sollicitation maximum	Hors service avec tempête	Effet de tamponnement	Arrêt de secours	Transport et montage	Conditions exceptionnelles
S_{ge} poids propre du mécanisme	γ_m	γ_m	1	1	1	1	1
S_{g1} Déséquilibre	γ_m	γ_m	1	1	1		1
S_{go} Charge accidentelle	1	1	1	1	1		1
S_m Inertie; service normal	γ_m	γ_m					1
S_{ww} Vent en service	1	1		1	1	1	1
S_{ws} tempête			1				
S_{wn} Neige		1					
S_{wy} Glace		1					
S_{wz} Vagues		1	1	1	1		
S_{wt} Température	1	1	1	1	1	1	1
S_h Effets hydrauliques	γ_m	γ_m	1	1	1		1
S_t Charges dues au trafic	1	1	1				
S_v Déformation	1	1	1	1	1		1
S_{bf} Frottement	1	1		1	1		1
S_{bg} Guidage	1	1					
S_{bu} Effet de tamponnement				1			
S_{bs} Arrêt de secours					1		
S_{mo} Transport et montage						1	
S_k Cabines et accès	1	1	1	1	1	1	1
S_x Situations particulières							1
S_{ka} Situations catastrophiques							ou 1

γ_m : si la sollicitation considérée doit être multipliée par le facteur de groupe, γ_m est indiqué au lieu de 1

3. Classification par groupe

3.1. Concept général

Lors du calcul d'un mécanisme et de ses éléments, il est tenu compte du service qu'ils doivent fournir au cours de leur utilisation ; pour cela une classification en groupes est établie pour :

- les mécanismes individuels dans leur ensemble ;
- les éléments mécaniques.

Cette classification s'effectue sur base des deux critères suivants :

- la durée d'utilisation totale effective de l'objet considéré ;
- le spectre de sollicitation ou de contrainte auquel l'objet considéré est soumis.

3.2. Application

La définition de la classe d'utilisation, de la classe du spectre et du groupe d'un mécanisme ou d'un élément d'un mécanisme se fait conformément au procédé exposé dans la norme NBN E 52-002, chapitre 3.

3.3. Classification par groupe de quelques mécanismes

Au cas où il n'y aurait pas de clauses particulières dans le cahier spécial des charges concernant la durée d'utilisation (ou classe d'utilisation) le spectre de sollicitation ou de contrainte (ou classe du spectre) et la classification par groupe, les indications mentionnées dans le tableau 4 ci-après sont d'application.

Pour les mécanismes ne figurant pas au tableau et en l'absence de prescriptions au cahier spécial des charges, l'entrepreneur soumet une proposition à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

Dans le tableau 4, les données relatives au spectre de sollicitations doivent être interprétées comme suit : la colonne de gauche (Temps %) donne la partie de la durée d'utilisation, exprimée en %, durant laquelle le mécanisme supporte la fraction de la sollicitation maximale, exprimée en %, indiquée dans la colonne de droite (Sollicitation %).

La sollicitation maximale est celle du niveau de sollicitation 1.

TABLEAU 4

Mécanisme	Durée effective d'utilisation (h)	Classe d'utilisation T	Spectre de la sollicitation		Classe de spectre (c=3) L	Groupe du mécanisme M
			Temps %	Sollicitation %		
1. Portes d'écluse						
<i>1.1. Porte busquée</i>						
- vérin de commande hydraulique, sa suspension et sa fixation à la porte et au massif de l'écluse - commande par crémaillère et moteur réducteur	10 000	T6	10 20 70	100 80 50	L3	M7
<i>1.2. Porte levante</i>						
- treuil (sauf les câbles)	20 000	T7	50 50	100 75	L4	M8
- suspension contrepoids - porte (sauf les câbles)	20 000	T7	100	100	L4	M8
- guidage (sauf les galets)	20 000	T7	20 80	100 20	L2	M7
- verrouillage en position levée	1 000	T3	100	100	L4	M5
<i>1.3. Porte coulissante à suspension supérieure</i>						
- treuil électromécanique (sauf les câbles)	20 000	T7	10 20 70	100 80 50	L3	M8
- système de suspension (sauf les câbles et les galets porteurs)	20 000	T7	100	100	L4	M8
- guidage (sauf les galets)	20 000	T7	20 80	100 20	L2	M7
<i>1.4. Porte coulissante à suspension type brouette</i>						
- mécanisme d'entraînement (sauf les câbles)	20 000	T7	10 20 70	100 80 50	L3	M8
- Chariot à galet	20 000	T7	100	100	L4	M8
<i>1.5. Porte clapet</i>						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	10 40 50	100 80 50	L3	M8
- articulation de la porte	20 000	T7	10 40 50	100 80 50	L3	M8

TABLEAU 4 (suite)

Mécanisme	Durée effective d'utilisation (h)	Classe d'utilisation T	Spectre de la sollicitation		Classe de spectre (c=3) L	Groupe du mécanisme M
			Temps %	Sollicitation %		
2. Ponts						
<i>2.1. Pont basculant à contrepoids</i>						
- Vérin de commande hydraulique, sa suspension et sa fixation au pont et au massif en béton	20 000	T7	10 20 70	100 60 40	L2	M7
- axes de rotation, coussinets, paliers et supports	20 000	T7	100	100	L4	M8
- verrouillage en position ouverte ou fermée ; mécanisme d'entraînement	2 000	T4	20 80	100 80	L4	M6
<i>2.2. Pont basculant sans contrepoids (pont à bascule)</i>						
- vérin de commande hydraulique, sa suspension et sa fixation au pont et au massif en béton	20 000	T7	30 25 45	100 85 50	L4	M8
- axes de rotation, coussinets, paliers et supports	20 000	T7	100	100	L4	M8
- verrouillage en position ouverte ; mécanisme d'entraînement	2 000	T4	20 80	100 80	L4	M6
<i>2.3. Pont Strauss</i>						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	10 20 70	100 60 40	L2	M7
- axes de rotation, coussinets, paliers, supports	20 000	T7	100	100	L4	M8
<i>2.4. Pont-levis</i>						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	10 20 70	100 60 40	L2	M7
- axes de rotation, coussinets, paliers, supports, tirants	20 000	T7	100	100	L4	M8
- verrouillage en position fermée ou ouverte ; mécanisme d'entraînement	2 000	T4	20 80	100 80	L4	M6

TABLEAU 4 (suite)

Mécanisme	Durée effective d'utilisation (h)	Classe d'utilisation T	Spectre de la sollicitation		Classe de spectre (c=3) L	Groupe du mécanisme M
			Temps %	Sollicitation %		
2.5. Pont levant						
- mécanisme d'entraînement (sauf les câbles)	20 000	T7	50 50	100 75	L4	M8
- suspension contrepoids pont (sauf les câbles)	20 000	T7	100	100	L4	M8
- mécanisme de guidage	20 000	T7	20 80	100 20	L2	M7
- verrouillage du pont en position fermée ou ouverte; mécanisme d'entraînement	2 000	T4	20 80	100 80	L4	M6
2.6. Pont tournant						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	40 60	100 50	L4	M8
- pivot (seulement guidage de la rotation)	20 000	T7	40 60	100 50	L4	M8
- verrouillage du pont en position fermée ; mécanisme d'entraînement	20 000	T4	20 80	100 80	L4	M6
3. Vannes						
3.1. Vannes-wagons de remplissage et de vidange d'écluse						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	20 20 60	100 80 50	L3	M8
- système d'appui (sauf les roues)	20 000	T7	20 20 60	100 80 20	L3	M8
3.2. Vannes-wagons d'alimentation et d'évacuation						
- mécanisme d'entraînement	2 500	T4	50 50	100 50	L4	M6
- système d'appui (sauf les roues)	2 500	T4	50 50	100 50	L4	M6
3.3. Vannes papillon de remplissage et de vidange de l'écluse						
- mécanisme d'entraînement	20 000	T7	20 20 60	100 80 50	L3	M8
3.4. Vannes papillon d'alimentation et d'évacuation d'un canal						
- mécanisme d'entraînement	2 500	T4	50 50	100 50	L4	M6
3.5. Vannes papillon en conduite de refoulement dans les stations de pompage						
- mécanisme d'entraînement	2 500	T4	50 50	100 50	L4	M6
3.6. Vannes papillon dans les portes d'écluse						
- mécanisme d'entraînement	2 500	T4	50 50	100 50	L4	M6

TABLEAU 4 (suite)

Mécanisme	Durée effective d'utilisation (h)	Classe d'utilisation T	Spectre de la sollicitation		Classe de spectre (c=3) L	Groupe du mécanisme M
			Temps %	Sollicitation %		
4. Barrages						
<i>4.1. Vanne-wagon</i>						
- mécanisme d'entraînement (sauf les câbles)	1 000	T3	50 50	100 75	L4	M5
- système d'appui (sauf galets)	1 000	T3	100	100	L4	M5
- guidage latéral (sauf galets)	1 000	T3	20 80	100 20	L2	M3
<i>4.2. Clapet déversant</i>						
- mécanisme d'entraînement (sauf les câbles)	10 000	T6	50 50	100 75	L4	M8
- points de rotation	15 000	T7	100	100	L4	M8
<i>4.3. Vanne segment</i>						
- mécanisme d'entraînement	1 000	T3	50 50	100 75	L4	M5
- articulations	1 500	T3	100	100	L4	M5
5. Installations de pompage						
<i>5.1. Pompage d'alimentation de bief</i>	50 000	T8	100	100	L4	M8
<i>5.2. Pompage de démergement et de vidange de citernes</i>	15 000	T7	50 50	100 50	L4	M8

4. Calcul

4.1. Généralités

L'entrepreneur est libre de choisir une méthode de calcul tenant compte du comportement élastodynamique réel des éléments.

De même, l'entrepreneur est libre de prendre des conditions de sollicitation qui sont plus simples que celles du présent cahier des charges ou du cahier spécial des charges, pour autant qu'il soit évident que ces conditions entraînent des sollicitations plus importantes pour le mécanisme.

4.2. Méthodes de calcul

4.2.1. Calcul des constructions métalliques

Les principes de calcul énoncés dans les normes NBN E 52-002, NBN E 52-003 et NBN EN 1993-1-1 et 9 sont d'application.

4.2.2. Calcul des mécanismes

Pour chaque élément mécanique d'un ouvrage d'art mobile, la combinaison la plus défavorable des forces et des couples agissant sur l'élément est recherchée. À cette fin, les forces et les couples sont calculés et combinés pour différentes positions d'ouverture de l'ouvrage. Les calculs sont effectués par pas de 10% de la pleine ouverture.

Le calcul de la résistance de l'élément est réalisé pour les combinaisons des forces et des couples les plus défavorables, tant pour le cas de charge 1 que pour le cas de charge 2.

4.2.2.1. Calcul des éléments

Les articles 5.1. jusque et y compris 5.5. de la norme NBN E 52-004 sont d'application.

4.2.2.2. Contraintes admissibles

Complément à l'article 5.6. de la norme NBN E 52-004.

Pour le niveau de sollicitation 3 suivant l'article a.2.3. un facteur de sécurité $v_3 = 1,1$ est adopté.

4.2.2.3. Calcul d'éléments particuliers

L'article 5.7. de la norme NBN E 52-004 est d'application, à moins que dans les paragraphes correspondants du présent cahier des charges d'autres prescriptions ou méthodes de calcul soient rendues applicables.

4.2.2.4. Contrôle de la stabilité contre le renversement

Les constructions, dont la stabilité contre le renversement est uniquement assurée par la gravité, doivent avoir une sécurité contre le renversement telle qu'indiquée dans le tableau 5 ci-après.

Le facteur de sécurité au renversement est défini comme le rapport du moment des forces de la pesanteur par rapport à l'axe de renversement de la construction, au moment des forces tendant à renverser la structure par rapport au même axe.

TABLEAU 5

Niveau de sollicitation	Facteur de sécurité par rapport au renversement
1	1,5
2	1,33
3	1,1

Lorsque des personnes peuvent se trouver sur ou dans la construction, ces facteurs de sécurité doivent être multipliés par un facteur 1,2.

Le cahier spécial des charges détermine s'il peut être tenu compte de crochets de sécurité ou de clames éventuels.

4.3. Calculs exécutés par ordinateur

Cet article est un complément à l'article 5.1. de la norme NBN E 52-004 et des clauses mentionnées dans les normes NBN EN 1993-1-1.

Si des mécanismes ou parties de mécanismes sont calculés à l'aide de programme informatique, des données suffisantes doivent être transmises au fonctionnaire dirigeant pour lui permettre de se former une opinion sur la logique, le contenu et la précision des calculs.

La note de calcul doit, d'une manière claire, fournir les éléments ci-après :

- les données de base telles que dimensions, caractéristiques des matériaux, sollicitations, degrés de liberté ;
- les théories, méthodes de calcul, hypothèses de base appliquées ;
- les résultats tels que déformations, vitesses, accélérations, contraintes, réactions, vibrations...;
- les conclusions indiquant si les résultats obtenus sont acceptables en les comparant aux valeurs admissibles de départ.

Si pour un ensemble ou un élément déterminé, les déformations sont importantes, le dessin de l'ensemble ou de l'élément non déformé est comparé à celui de l'ensemble ou de l'élément déformé.

Si un calcul est exécuté par la méthode des éléments finis, la modélisation de la structure est fournie avec la dénomination des éléments et des nœuds. Ce plan est effectué par l'ordinateur et offre la possibilité de contrôler si la structure est correctement introduite notamment par l'utilisation d'une échelle suffisante. Le choix du type d'éléments finis et l'analyse de la structure doivent être justifiés.

Les programmes d'ordinateur proprement dits doivent être soumis à l'Administration qui juge de la validité du programme et de son domaine d'application.

b. EXECUTION DES ASSEMBLAGES - FINI DES PIECES

1. Assemblages

Les tolérances et ajustements des pièces lisses sont conformes aux normes NBN EN 20286 1 et 2.

La vérification des tolérances se fait au moyen de calibres ou d'appareils de mesure (palmer) que l'entrepreneur met à la disposition du fonctionnaire dirigeant.

La qualité d'usinage des alésages et des arbres n'est jamais inférieure à la qualité de la classe 9.

2. Rugosité des surfaces

La rugosité des surfaces des pièces finies est conforme à la norme NBN EN ISO 4287.

La représentation sur plan de l'état de surface est conforme à la norme NBN EN ISO 1302.

2.1. Choix de la classe de rugosité à réaliser

L'entrepreneur est tenu de respecter les classes de rugosité suivantes :

- Dentures d'engrenages rectifiées	N6 - Ra ≤ 0,8 μm
- Portée de bagues d'étanchéité sur l'arbre	N6 - Ra ≤ 0,8 μm
- Portée de roulement sur arbre	N7 - Ra ≤ 1,6 μm
- Portée d'arbre tournant dans des bagues autolubrifiantes	N7 - Ra ≤ 1,6 μm
- Filet de vis sans fin	N7 - Ra ≤ 1,6 μm
- Logements de roulements	N7 - Ra ≤ 1,6 μm
- Portées de calage d'assemblages pressés	N7 - Ra ≤ 1,6 μm
- Logements de roulement de réducteurs	N7 - Ra ≤ 3,2 μm
- Tous assemblages à tolérance, non spécifiés ci-dessus	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Clavette et rainure de clavette	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Surface de joint de carter et palier	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Roues dentées	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Dentures de crémaillère d'un module égal ou inférieur à 20 mm	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Pignons arbrés	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Arbres et moyeux cannelés	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Surface de référence de mesure pour le montage	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Gorge de poulies et de tambours à câbles	N8 - Ra ≤ 3,2 μm
- Denture de crémaillère d'un module supérieure à 20 mm	N9 - Ra ≤ 6,3 μm
- Faces d'assise sans conditions d'étanchéité	N9 - Ra ≤ 6,3 μm
- Lamage	N9 - Ra ≤ 6,3 μm
- Oxycoupage	N10 - Ra ≤ 12,5 μm

2.2. Bavures

Les bavures résultant du travail de parachèvement sont soigneusement éliminées.
Les arêtes entre deux surfaces finies doivent être arrondies.

3. Etat de surface des pièces ou parties de pièces brutes (c'est-à-dire non travaillées mécaniquement)

3.1. Pièces en acier moulé

Les pièces en acier moulé sont nettoyées et ébavurées; les différentes surfaces sont égalisées. Tous les appendices ne figurant pas au plan sont enlevés et leurs traces éliminées.

3.2. Pièces en acier forgé

Les différentes surfaces se raccordent sans arêtes vives.

3.3. Surfaces obtenues par découpage

Les surfaces obtenues par un procédé quelconque de découpage (scie, oxycoupage...) ne présentent plus aucune trace du procédé utilisé.

3.4. Pièces soudées

Les cordons de soudure apparents sont d'une finition analogue à celle des pièces soudées de façon à obtenir un ensemble présentant un aspect uniforme.

3.5. Carters de réducteurs

La surface interne des carters ne présente pas d'inégalités.

4. Assurance qualité

Dans le cas où le constructeur, pour un produit standard, a acquis un certificat d'assurance qualité selon les normes NBN EN ISO 9000-3 attribué par un organisme agréé en Belgique, la réception des matériaux, la production, la finition et le contrôle dimensionnel des pièces peuvent être réalisés sur base du certificat de réception du type 3.2. selon la NBN EN 10204. Le fonctionnaire dirigeant a le droit de contrôler à tout moment que les règles de l'assurance qualité sont respectées.

c. ORGANES DE SUSPENSION, DE COMMANDE ET DE GUIDAGE

1. Câbles en acier

1.1. Normes

Les normes suivantes sont d'application :

- NBN E 52-004 Engins de levage - Equipement mécanique.
- NBN EN 10264 Fils et câbles en acier - Critères et méthodes de réception.
- NBN EN 12385-1+A1 Câbles en acier - Sécurité - Partie 1 : Prescriptions générales.
- NBN EN 12385-2+A1 Câbles en acier - Sécurité - Partie 2 : Définitions, désignation et classification.
- NBN EN 12385-3+A1 Câbles en acier - Sécurité - Partie 3 : Informations pour l'utilisation et la maintenance.
- NBN EN 12385-4+A1 Câbles en acier - Sécurité - Partie 4 : Câbles à torons pour applications de levage générales.
- NBN EN 12385-5 Câbles en acier - Sécurité - Partie 5 : Câbles à torons pour ascenseurs.
- NBN EN 12385-6 Câbles en acier - Sécurité - Partie 6 : Câbles d'extraction à torons pour puits de mines.
- NBN EN 12385-7 Câbles en acier - Sécurité - Partie 7 : Câbles clos d'extraction pour puits de mines.
- NBN EN 12385-8 Câbles en acier - Sécurité - Partie 8 : Câbles tracteurs et porteurs - tracteurs à torons pour les installations destinées au transport de personnes.
- NBN EN 12385-9 Câbles en acier - Sécurité - Partie 9 : Câbles porteurs clos pour les installations destinées au transport de personnes.
- NBN EN 13411-4 Terminaisons pour câbles en acier - Sécurité - Partie 4 : Manchonnage à l'aide de métal et de résine.
- ISO 3108 Câbles en acier pour usages courants - Détermination de la charge de rupture effective.
- ISO 4345 Câbles en acier - Ames centrales en textile - Spécification.
- ISO 4346 Câbles en acier d'usage courant - Lubrifiants Exigences de base.
- ISO 4309 Appareils de levage à charge suspendue - Câbles - Entretien, maintenance, installation, examen et dépose.
- DIN 21258 Agents de conservation pour les câbles d'extraction par poulie Koepe dans les mines - Prescriptions de sécurité et essais.

Il peut être encore fait référence à la norme NBN I 04-001 pour des raisons de clarification des documents et de cohérence avec les anciens types.

1.2. Classification des câbles en acier

Les câbles sont divisés en câbles actifs, câbles dormants et câbles de mesure.

1.2.1. Câbles actifs

Les câbles actifs sont des câbles s'enroulant sur des tambours ou sur des poulies à l'exception des câbles de mesure.

Les câbles qui ne passent que sur des poulies de compensation, sont également considérés comme des câbles actifs.

1.2.2. Câbles dormants

Les câbles dormants sont des câbles immobiles (ex. : haubans, suspension des portes...).

1.2.3. Câbles de mesure

Les câbles de mesure ne transmettent en aucun cas des efforts supérieurs à 1 000 N.

Ils sont utilisés principalement dans les appareils de mesure, indicateurs de niveau et de position.

Les câbles de mesure sont composés d'un seul toron.

Les câbles de mesure sont exécutés en acier inoxydable X5CrNiMo17-12-2 selon la norme NBN EN 10088 (AISI 316).

1.3. Généralités

Chaque câble est pourvu d'un tendeur sauf si l'allongement du câble n'a aucune influence sur le bon fonctionnement du système et donc aucun réglage complémentaire de la longueur ne s'impose.

Il est interdit qu'un câble en mouvement, même déchargé, entre en contact avec le sol, la maçonnerie, la charpente ou même, en général, d'autres éléments.

Si de tels contacts sont à craindre, des rouleaux ou des poulies de guidage doivent être prévus.

Le câble est bloqué en rotation à ses deux extrémités pour en empêcher sa giration.

Si cela n'est pas réalisé par un système mécanique de guidage ou de blocage, il faut que :

- dans le cas de plusieurs câbles : le nombre de câbles soit pair et un nombre égal de câbles gauches et droits ;
- dans le cas d'un seul câble : le câble soit du type anti-giratoire et une des extrémités du câble munie d'un émerillon.

Durant le montage des câbles, il faut veiller à ce que le câble ne soit ni tordu ni détordu.

Pour les câbles non prétendus, le diamètre d'enroulement de la bobine est au moins égal à 25 fois le diamètre du câble.

1.4. Types de câble

Les types de câble suivants sont utilisés :

- 6 x 36 WS + âme en acier, câblage Lang ;

- 8 x 36 WS + âme en acier, câblage Lang.

La classe de résistance des fils est de 1 770 N/mm² ou de 1 960 N/mm².
Pour une pose à l'extérieur les câbles sont zingués, qualité B (zingués et retréfilés).
Pour une pose à l'intérieur, des câbles non zingués peuvent être utilisés.

Si le cahier spécial des charges impose des câbles en acier inoxydable, ceux-ci sont de la qualité X5CrNiMo17-12-2 selon la norme NBN EN 10088 (AISI 316).

1.5. Diamètre du câble

Le diamètre du câble est choisi dans la série des diamètres de câbles nominaux mentionnés dans la norme NBN EN 12385 – 2 à 6.

1.6. Mise sous tension préalable

Tous les câbles sont mis sous tension préalable, sauf les câbles pour lesquels un allongement n'a aucun effet sur le bon fonctionnement du système et donc aucun réglage complémentaire de la longueur ne s'impose.

Pour ce faire, le câble est soumis à 12 cycles de mise sous tension.

Le premier cycle consiste en une mise en charge du câble sous un effort de 0,2 fois sa charge de rupture minimale et ensuite revenir à un effort de 0,05 fois cette charge, l'allongement est mesuré.

Ensuite, le câble est soumis à une série de 11 cycles sous une charge égale à 0,3 fois sa charge de rupture minimale appliquée durant une heure. Après chaque cycle, le câble est détendu jusqu'à un effort égal à 0,05 fois la charge de rupture minimale et l'allongement est mesuré sous cette charge.

La différence de pourcentage d'allongement entre l'avant-dernier cycle et le dernier cycle ne peut dépasser 0,01, sinon les cycles de mise sous tension sont poursuivis jusqu'à ce que la différence entre ces deux mesures successives soit inférieure à la valeur précitée.

La mesure de l'allongement a lieu sous une charge dans le câble égale à 0,05 fois sa charge de rupture minimale.

Les mesures nécessaires sont prises pour que toute détérioration des manchons soit empêchée lors de la mise sous tension préalable.

La mise sous tension préalable est une charge de l'entreprise.

1.7. Essais

Les câbles sont essayés suivant les normes NBN EN 12385 et NBN EN 10264.

1.8. Bases pour le calcul

Le calcul du diamètre des câbles se fait conformément à la méthode de la norme NBN E 52-004 article 5.7.5.

Par dérogation aux prescriptions de cette norme, le facteur d'utilisation minimal Z_p et la valeur du rapport d'enroulement D/d sont déterminés dans les tableaux 6 et 7 :

TABLEAU 6

Groupe du Câble en tant qu'élément	Câbles actifs			Câbles dormants
	$\left(Z_p \frac{D}{d}\right)_{\min}$	$(Z_p)_{\min}$	$\left(\frac{D}{d}\right)_{\min}$	$(Z_p)_{\min}$
C1	58	4	16,5	3,5
C2	83	4	19,6	3,5
C3	117	4	23,3	3,5
C4	165	4,2	27,7	4,0
C5	233	5,0	33,0	4,5
C6	330	5,9	39,2	5,0
C7	467	7,1	46,7	5,5
C8	660	8,4	55,5	6,0

Pour un groupe déterminé, les trois impositions $Z_p \frac{D}{d}$, Z_p et $\frac{D}{d}$ doivent être satisfaites simultanément.

Une longévité minimale du câble de 20 ans est exigée.

Le nombre de cycles N qui doit être considéré pour la détermination du groupe d'éléments est calculé comme suit:

$$N = w.n.6000$$

dans laquelle :

- w = nombre de flexions par manœuvre ;
- n = nombre de manœuvres par jour.

$$w = \sum w$$

avec :

- w = 1 pour un enroulement sur tambour ;
- w = 2 pour une poulie qui ne change pas le sens d'inflexion du câble ;
- w = 4 pour une poulie qui change le sens d'inflexion du câble.

Il est considéré qu'il y a changement d'inflexion, si l'angle d'enroulement sur les poulies est supérieur à 120° et si ces poulies sont éloignées de moins de 200 fois le diamètre du câble.

Le tronçon de câble qui subit le plus grand nombre de flexions est déterminant.

La classe de spectre P3 est choisie pour chaque câble.

Niveau de sollicitation 2

TABLEAU 7

Groupe du câble en tant qu'élément	Câbles actifs		Câbles dormants
	pour déplacement vertical	pour déplacement horizontal	
	Z_p	Z_p	
C1	3	3	3
C2	3	3	3
C3	3	3	3
C4	3	3	3
C5	3,75	3	3,4
C6	4,75	3	3,75
C7	6	3	4
C8	7,5	3	4,5

Niveau de sollicitation 3

La valeur de Z_p n'est jamais inférieure à 3.

Ouvrages destinés au transport des bateaux et des personnes

Pour ces applications (telles que plan incliné et ascenseur à bateaux) qui impliquent le transport de personnes, les critères de la norme NBN E 52 ne sont, en principe, pas d'application. Les critères de sécurité auxquels doivent répondre ces installations doivent s'inspirer des normes relatives aux calculs des treuils d'extraction utilisés dans les mines. Selon ces critères, le groupe du câble en tant qu'élément est considéré comme câble actif pour le transport vertical et pris égal à C8 dans tout les cas. Le rapport d'enroulement est au minimum 60 pour les câbles toronnés. Pour les câbles clos voir l'article 1.9. Les méthodes de calcul s'inspirent, pour ces ouvrages, de celles des normes NBN E 52.

1.9. Câbles antigiratoires

Les câbles antigiratoires possèdent 17 ou 18 torons répartis en 2 couches câblées en sens contraire autour d'une âme en acier.

1.10. Câbles clos

Le rapport entre le diamètre du tambour ou poulie et le diamètre du câble est de 100.

2. Fixation des câbles

2.1. Exécutions admises

2.1.1. Cosses coniques moulées (manchon)

Les cosses sont réalisées en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2 ou laminé de qualité A 490 ou A 590 selon NBN A 21-201, ou un acier équivalent.

Le manchonnage du câble dans sa cosse est réalisé selon les prescriptions de la norme NBN EN 13411-4. Le matériau utilisé est soumis à l'approbation écrite préalable du fonctionnaire dirigeant.

Lors de la coulée du cône, des précautions doivent être prises pour empêcher le recuit des fils du câble métallique ce qui réduirait sa résistance à la rupture.

Lorsqu'il est fait usage de résine, des précautions sont prises pour évacuer la chaleur dégagée durant le processus de refroidissement. L'apparition de fissures dans la résine conduit à un refus de la fixation de câble.

2.1.2. Cosses à sertir (manchon de serrage)

Cette méthode de fixation est autorisée pour les câbles d'un diamètre de 20 mm maximum. Le serrage de la douille sur le câble doit s'effectuer avec un calibre correspondant au diamètre du câble.

2.1.3. Cosses auto-serrantes à coin

Cette méthode de fixation est autorisée pour les câbles qui sont toujours sous tension. La cosse à coin doit être montée de telle façon que l'axe du brin chargé du câble passe par le centre de la cosse.
La cosse à coin doit être munie d'un serre-câble sur le brin mort du câble.

2.1.4. Serre-câble en forme de U

Ce dispositif de fixation n'est autorisé que pour des câbles chargés statiquement et d'un diamètre maximum de 20 mm. Le nombre de serre-câbles par fixation est au moins égal à trois. Le « pont » du serre-câble en forme de U doit être placé sur le brin chargé du câble. Les serre-câbles pour terminaisons à œil de câbles en acier répondent à la norme NBN EN 13411 - 5.

2.2. Essais

Pour les câbles qui supportent un poids (câbles de levage, câbles de suspension) un essai de traction est effectué sur un échantillon de câble muni du dispositif de fixation. Ce dernier est choisi arbitrairement par le fonctionnaire dirigeant parmi la fourniture.

La résistance de la fixation du câble doit être au moins égale à 80 % de la charge de rupture minimale du câble.

Si la fixation du câble ou le câble se brise pour un effort supérieur à la charge de rupture minimale du câble, cet essai peut être considéré comme essai de la fixation et du câble lui-même.

2.3. Fixation au tambour

Les prescriptions mentionnées dans la norme NBN E 52-004 article 8.3.1. sont d'application.

3. Œillets

Les œillets sont en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2 ou laminé A 490 ou A 590 selon NBN A 21-201, ou un acier au moins équivalent.

4. Tendeurs

Les tendeurs permettent, après mise en place et premier réglage, un réglage complémentaire d'une longueur égale à au moins 0,5 % de la longueur du câble dans lequel ils sont insérés.

Ils sont pourvus d'un système de lubrification et d'un système d'immobilisation assurant le blocage de la tige et de l'écrou entre eux et individuellement dans toute position de réglage.

Ils sont réalisés en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2 ou laminé de qualité A 490 ou A 590 selon NBN A 21-201, ou un acier au moins équivalent.

Le filetage est du type rond conformément à la norme DIN 15.403.

5. Palonniers - Balanciers

Les palonniers ou balanciers assurent une égale répartition des efforts dans deux ou plusieurs câbles. Ils sont réalisés en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2 ou laminé A 490 ou A 590 selon NBN A 21-201, ou un acier au moins équivalent.

Les articulations sont pourvues d'une lubrification à la graisse.

6. Poulies

Par dérogation aux prescriptions de la norme NBN E 52-004 article 5.7.5. concernant le rapport d'enroulement des câbles sur les poulies et tambours, les prescriptions de l'article c.1.7. sont d'application.

Les diamètres de poulies sont choisis parmi les valeurs suivantes :

160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1 000 - 1 250 - 1 400 - 1 600 - 1 800 - 2 000 - 2 200 - 2 400 - 2 600 - 2 800 - 3 000 mm.

Un calibre correspondant au profil théorique de la gorge et réalisé en tôle d'acier de 1 mm d'épaisseur est remis à l'agent réceptionnaire pour la vérification des gorges.

Les poulies en polyamide sont admises moyennant conformité aux spécifications ci-après :

- le matériau est le polyamide PA 6G suivant l'article e.11.2. ;
- le diamètre est égal à 1 000 mm maximum ;
- la pression de contact du câble dans la gorge est calculée suivant la formule de Hertz et est limitée à 200 N/mm² ;
- pour les câbles clos, la pression de contact maximale admise est indiquée dans le tableau 8 ci dessous.

TABLEAU 8

		Pression de contact admissible en N/mm ²							
t°C \ V m/s	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	20	110	110	110	100	90	85	80	75
50	80	80	70	60	55	51	50	48	45

7. Tambours

Par dérogation aux prescriptions de la norme NBN E 52-004 article 5.7.5. concernant le rapport d'enroulement des câbles sur les poulies et tambours, les prescriptions de l'article c.1.7. sont d'application.

Les tambours sont suffisamment longs pour pouvoir enrouler le câble en une seule couche avec au moins deux spires mortes.

Les tambours sont rainurés sur toute la longueur où le câble se trouve enroulé.

Quand le tambour est entraîné par une couronne dentée, cette dernière y est rapportée soit par un emboîtement concentrique et fixée par boulons calibrés ou par une combinaison de douilles calibrées avec boulons, soit par soudage.

8. Chaînes Galle

Les chaînes Galle sont conformes aux prescriptions de la norme DIN 8150.

Le choix d'une chaîne doit être justifié par une note de calcul reprenant :

- les efforts normaux et exceptionnels dans la chaîne ;
- la pression spécifique dans les articulations ;
- la durée d'utilisation.

Le coefficient de sécurité, rapport de la charge minimale de rupture de la chaîne à son effort effectif maximal en service, est au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau 9 en tenant compte du groupe auquel appartient le mécanisme comprenant la chaîne et du niveau de sollicitations :

TABJEAU 9

Groupe auquel appartient le mécanisme	Coefficient de sécurité minimal		
	Niveau de sollicitations 1	Niveau de sollicitations 2	Niveau de sollicitations 3
M 1	4	4	3
M 2	4	4	3
M 3	4	4	3
M 4	4	4	3
M 5	5	4	3
M 6	6,3	4,75	3
M 7	8	6	3
M 8	10	7,5	3

9. Chaînes calibrées et non calibrées à maillons soudés

9.1. Chaînes calibrées à maillons soudés

Les chaînes calibrées à maillons soudés sont utilisées dans les palans à chaînes.

Les chaînes sont conformes aux prescriptions des normes ISO 1834 (généralités, réception), ISO 1836 (classe M ou 4), ISO 3077 (classe T ou 8).

Le coefficient de sécurité, rapport de la charge de rupture minimale de la chaîne à son effort effectif maximal en service, est au moins égal aux valeurs indiquées dans les tableaux du paragraphe c.8. « Chaînes Galle ».

9.2. Chaînes non calibrées à maillons soudés

Les chaînes non calibrées à maillons soudés ne peuvent être utilisées que comme élingues.

Les chaînes sont conformes aux prescriptions des normes ISO 1834 (Généralités, réception), ISO 1835 (classe M ou 4), ISO 3075 (classe S ou 6), ISO 3076 (classe T ou 8).

Le coefficient de sécurité, rapport de la charge de rupture minimale de la chaîne à la force effective maximale en service, est au moins égal aux valeurs indiquées dans les tableaux du paragraphe c.8. « Chaînes Galle ».

9.3. Manilles

Les manilles utilisées aux extrémités de chaînes ou de câbles répondent aux prescriptions de la norme DIN 82101.

Les coefficients de sécurité doivent être les mêmes que ceux prévus pour les chaînes ou câbles qui y sont associés.

10. Poulies et roues à chaînes

Les poulies de suspension des chaînes Galle, les poulies à empreintes et autres poulies, roues ou organes analogues d'entraînement de chaînes, sont réalisées dans des matériaux analogues à ceux utilisés pour les poulies à câbles.

11. Tiges de suspension

Les tiges de suspension de vannes, ponts levants... sont réalisées en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2.

Les tiges qui peuvent être immergées doivent être galvanisées à chaud et peintes conformément aux prescriptions du chapitre j du présent cahier des charges-type.

12. Bielles élastiques

Les bielles de portes d'écluses, ponts... sont réalisées en acier forgé C35E ou C55E selon NBN EN 10250-2.

Les bielles élastiques employées dans les commandes de portes d'écluse, de ponts, etc..., sont à double effet lorsqu'elles font partie d'un système de liaisons rigides, et à simple effet lorsqu'elles font partie de liaisons comprenant des câbles ou autres liens flexibles.

Toutes les surfaces glissantes doivent pouvoir être convenablement lubrifiées et des orifices de vidange doivent permettre d'enlever les lubrifiants éventuellement accumulés dans les espaces clos.

Lorsqu'il est fait usage de bielle du type « à piston », ce dernier doit être assujéti à sa tige au moyen d'écrous munis d'un dispositif de protection contre le desserrage.

Un dispositif permet de régler la tension des ressorts et de bloquer ce réglage en toute position.

13. Crochets

Les normes suivantes sont d'application:

- pour les crochets à œillet : DIN 7540
- pour crochets à fût droit : DIN 15400 à 15407
- : DIN 15411 à 15414.

Plus particulièrement (pour les crochets à fût droit) :

- pour le matériau du crochet : DIN 15400
- pour les dimensions des crochets forgés :

- crochets simples : DIN 15401 feuille 1, 2, 3
- crochets doubles : DIN 15402 feuille 1, 2
- pour les dimensions des crochets lamellaires simples : DIN 15407
- pour les prescriptions techniques des crochets:
 - crochets forgés : DIN 15404 - feuille 1
 - crochets lamellaires : DIN 15404 - feuille 2
- pour l'inspection des crochets :
 - crochets forgés : DIN 15405 - feuille 1
 - crochets lamellaires : DIN 15405 - feuille 2
- pour la suspension des crochets :
 - : DIN 15411 - feuille 1, 2
 - DIN 15412 - 15414.

Les crochets sont montés sur une butée à billes ou à rouleaux permettant une orientation aisée, et sont suspendus à un tronçon de chaîne lorsqu'il n'y a qu'un seul câble de levage.

Ils sont éventuellement lestés pour permettre leur descente à vide sans risque de déraillement du câble de levage.

Les crochets, qui ne sont pas disponibles en modèle standard, sont exécutés en acier forgé suivant les prescriptions du paragraphe f.2.4. du présent cahier des charges type. Une note de calcul des contraintes agissant dans le crochet est fournie.

14. Galets de roulement, galets de guidage et rouleaux de guidage

14.1. Matériaux

Pour la fabrication des galets de roulement, galets de guidage ou rouleaux de guidage, il est fait usage de l'un des matériaux suivants :

- acier moulé: GS240 suivant la norme NBN EN 10293 ;
- acier pour trempe et revenu: 42 Cr Mo 4 suivant la norme NBN EN 10083-3 ;
- acier forgé C35E ou C55E NBN EN 10250-2 ;
- acier moulé infatigable durci en surface G42CrMo4 + QT1 suivant la norme NBN EN 10293 avec les caractéristiques mécaniques suivantes :
 - durcissement de la surface de roulement sur une profondeur d'au moins 1/100 du diamètre du galet, la couche de dureté maximale doit avoir au moins 2 mm d'épaisseur ;
 - la dureté de la surface de roulement est ≥ 500 HB.

Les galets de roulement et de guidage peuvent être composés d'un moyeu sur lequel est fretté un bandage forgé ou laminé sur laminoir circulaire. Les épaisseurs maximales du bandage et de la jante sont indiquées dans la norme NBN E 52-004 figure 8.5.1.

Le cahier spécial des charges définit le matériau qui doit être utilisé. En l'absence d'une telle prescription, l'acier 42 Cr Mo 4 est utilisé.

14.2. Dimensions et tolérances

En ce qui concerne les dimensions des bourrelets des galets, l'article 8.5.2 de la norme NBN E 52-004 est d'application.

En ce qui concerne les tolérances sur les dimensions et le montage des galets de guidage et de roulement, la norme NBN E 52-003 article 11.3. est d'application.

Le rayon de roulement du galet doit être au moins égal à trois fois le rayon de glissement du tourillon, à l'exception toutefois des galets montés sur roulements.

Comme diamètre des galets de roulement et de guidage, les valeurs suivantes sont à utiliser (en mm) :

200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 710 - 800 - 900 - 1 000 - 1 120 - 1 250.

15. Rails

15.1. Matériaux

Les rails pour galets de roulement et de guidage sont réalisés dans l'un des matériaux suivants :

- profilés laminés: A 590 suivant NBN A 21-201 ;
- profilés laminés en acier additionné de vanadium ayant une résistance à la rupture en traction de $\sigma_T = 690 - 830 \text{ N/mm}^2$;
- acier moulé GS 240 ou GE 300 suivant les prescriptions du paragraphe f .2.3.

Le cahier spécial des charges définit le matériau à utiliser.

En l'absence d'une telle prescription, le matériau du rail est choisi de manière à présenter une résistance à la traction au moins égale à celle du matériau du galet de roulement ou de guidage. Si plusieurs galets constitués de matériaux de caractéristiques différentes, roulent sur le rail, le matériau du rail est choisi de manière à présenter une résistance à la traction au moins égale à celle du galet présentant la plus grande résistance à la traction.

15.2. Profil du rail

Le profil du rail présente une surface de roulement plane.

15.3. Montage

Les écarts admissibles pour le montage des rails sont donnés dans la norme NBN EN 1090-2 chapitre 11. La classe de tolérance 2 est d'application.

Des dispositions doivent être prises pour que la pression du rail sur son support soit répartie aussi uniformément que possible. Pour cela il peut être fait usage soit d'une semelle en néoprène armé d'un feuillard en acier, soit d'un remplissage sous le rail avec une résine époxy.

Dans le cas de l'utilisation d'une sous-couche élastique le clamage des rails possède aussi une certaine élasticité afin que le contact clame-rail soit toujours assuré.

Des butées doivent être prévues pour limiter le glissement longitudinal du rail (sans empêcher la dilatation thermique).

16. Poupées de cabestans

Les poupées de cabestans sont conformes à la norme ISO 6482 ou sont d'un type agréé par le Bureau Veritas ou Lloyd.

17. Pivots

17.1. Pivot d'un pont tournant

Le palier doit être équipé de roulements et réalisé en acier moulé suivant NBN EN 10293. L'axe de rotation est réalisé en acier forgé suivant NBN EN 10250-2.

17.2. Couronne de giration

Les couronnes de giration sont du type à roulements. Les rails support et de positionnement sont durcis par induction et sont rectifiés.

Entre les billes ou rouleaux sont prévus à distances régulières des intercalaires élastiques.

Les pièces de fixation de la couronne aux structures métalliques supérieure et inférieure sont parachevées avec soin suivant les instructions du constructeur des couronnes.

Les supports supérieur et inférieur de la couronne de giration, doivent être rigides pour assurer une répartition uniforme de la charge sur la couronne de giration.

La qualité des boulons de fixation et la force de précontrainte sont déterminées par le constructeur de la couronne de giration. Les boulons sont précontraints suivant la méthode de précontrainte HV décrite dans les normes NBN EN 14399.

La denture d'une couronne de giration est taillée dans la jante de la couronne. La jante dentée est en une seule pièce, excepté pour les ponts tournants ; pour ceux-ci elle peut comporter maximum 4 parties.

18. Articulations de pont

Les arbres de rotation des ponts sont pourvus, au centre, d'un alésage sur toute leur longueur qui permet un alignement correct de ces arbres.

19. Appuis - Gâches - verrous

Les appuis de ponts, les gâches de verrouillage de ponts, les coins de calage et autres organes analogues sont en acier moulé GS 240 ou GE 300 suivant NBN EN 10293.

Les verrous sont réalisés en acier forgé C35 suivant la norme NBN EN 10250-2.

Les pressions de contact auxquelles ces différentes pièces sont soumises ne peuvent excéder les valeurs du tableau 10 :

TABLEAU 10

Pression de contact admissible en N/mm ²		
	Niveau de sollicitation 1	Niveau de sollicitation 2 et 3
En mouvement	15	30
Au repos	100	200

Les appuis à rouleaux doivent être conformes aux prescriptions du chapitre 7 de la NBN B 51-002.

Les faces qui sont en contact glissant durant une manœuvre sont profilées pour permettre une prise de contact progressive et éventuellement un guidage progressif.

20. Autres organes

Les organes qui peuvent être considérés par nature comme organes de transmission et pour lesquels des spécifications figurent au chapitre e, doivent répondre à ces mêmes prescriptions lorsqu'ils sont utilisés comme organes de suspension, de commande ou de guidage.

d. ELEMENTS D'ENTRAINEMENT ET DE FREINAGE

1. Moteurs

Le dimensionnement des moteurs d'entraînement d'un mécanisme s'effectue suivant les prescriptions de la norme NBN E 52-004.

2. Freins

2.1. Généralités

Le dimensionnement des freins d'un mécanisme s'effectue conformément aux dispositions de la norme NBN E 52-004, complétées des clauses du présent article.

2.2. Note de calcul

Pour les différents niveaux de sollicitation et les deux sens de mouvement les valeurs suivantes sont calculées pour chaque système de freinage :

- couple de freinage ;
- temps de freinage ;
- distance de freinage ;
- survitesse ;
- capacité thermique :
 - pour chaque freinage de la charge maximale ;
 - pour usage intermittent dans le niveau de sollicitation 1 ;
- forces radiales sur l'arbre de frein.

2.3. Dimensionnement

Lorsque le mécanisme est muni d'un système électrique de freinage, le frein mécanique doit être à même d'arrêter le mécanisme sans intervention du système de freinage électrique ; ceci est considéré comme un cas de sollicitation exceptionnel dans le niveau de sollicitation 3.

2.4. Exigences constructives

Pour le montage d'un disque de frein ou d'une poulie de frein à sabots sur le mécanisme, un dispositif transmettant le couple par frottement n'est pas autorisé.

Chaque frein doit pouvoir être déverrouillé par une intervention manuelle.

3. Commande manuelle et commande de secours

Une commande manuelle est conçue de telle façon qu'on obtient, compte tenu des rendements, un effet équivalent à l'application du couple moteur (dans le niveau de sollicitation 1), par application sur une manivelle ou un volant d'un couple ne dépassant pas 30 Nm.

La commande manuelle n'est en aucun cas entraînée par le mécanisme principal pendant le fonctionnement normal de celui-ci.

Lorsque l'organe commandé a tendance à entraîner les mécanismes sous l'influence d'un déséquilibre, du vent, des charges..., ou d'une combinaison de ces éléments, une roue à rochet ou un autre système autobloquant doit être prévu sur le treuil manuel. Le rendement global des mécanismes est, dans ce cas, pris égal à 1.

Lorsque le cahier spécial des charges prévoit une commande de secours avec moteur à combustion interne, celle-ci comporte la fourniture et le montage du moteur et de ses auxiliaires, notamment :

- les fondations ;
- le réservoir de combustible d'une capacité suffisante pour exécuter dix manoeuvres complètes. Ce réservoir est pourvu de tous les dispositifs légaux de sécurité ;
- le système de refroidissement ;
- le système d'échappement, évacuant les gaz de combustion en-dehors des locaux vers un lieu où ils ne sont pas nuisibles, est équipé d'un silencieux ;
- une boîte de vitesse à deux sens de marche, avec embrayage à friction.

Un verrouillage électrique entre la commande normale et la commande de secours ou manuelle empêche le fonctionnement de la commande normale lorsqu'on utilise la commande de secours ou manuelle et inversement.

e. ORGANES DE TRANSMISSION

1. Généralités

1.1. Equilibrage

Tous les éléments mécaniques en rotation doivent être équilibrés statiquement.
Les éléments mécaniques qui tournent à une vitesse de rotation supérieure à 475 tr/min doivent être équilibrés dynamiquement selon les spécifications du degré de qualité G 6,3 suivant la norme ISO 1940.

1.2. Répartition de la charge

Quand un treuil comprend un réducteur central et plusieurs réducteurs d'extrémité (nombre = n), les éléments de la chaîne cinématique entre le réducteur central et le point d'application de la charge sont calculés pour une charge égale à $1,25/n$ de la charge totale.
Lorsqu'un différentiel est prévu, on peut admettre que la charge est également répartie.

1.3. Charge équivalente $S_{\text{éq}}$

Si le spectre des charges n'est pas indiqué et qu'il est impossible de le déterminer sur base des données du cahier spécial des charges, il est supposé que l'élément mécanique à calculer est chargé durant toute la durée d'utilisation avec une charge équivalente $S_{\text{éq}}$ définie comme suit :

$$S_{\text{éq}} = S_n K_A$$

avec :

S_n : force (couple) déterminée à partir de la force (couple) la plus grande du niveau de sollicitation 1 sans tenir compte des effets d'inertie et des effets élastodynamiques pendant le démarrage et le freinage ;

K_A : facteur déterminé suivant le tableau 11 ci-dessous :

TABLEAU 11

Type de mécanisme	Valeur de K_A
Mécanisme pourvu d'un système à démarrage et freinage progressifs	1,35
Mécanisme non pourvu d'un système à démarrage et freinage progressifs	1,60
Mécanisme entraîné par un moteur à combustion interne à pistons	1,75
Mécanisme soumis à des chocs importants (Pompe, turbine, pompe à vis d'Archimède,...)	2,00

2. Engrenages cylindriques

2.1. Terminologie

La terminologie et les symboles relatifs aux engrenages cylindriques font l'objet du chapitre 2 de la norme ISO 701 : Notation internationale des engrenages - Symboles géométriques.

2.2. Modules

Les modules répondent à la norme ISO 54 : Engrenages cylindriques de mécanique générale et de grosse mécanique - Modules.

2.3. Qualité de denture

La précision de denture est indiquée par 12 classes de précision, numérotées de 1 à 12 en ordre de précision décroissante. Les tolérances des dentures sont celles de la norme ISO 1328-1 : Engrenages cylindriques - Système ISO de précision - Partie 1 : Définitions et valeurs admissibles des écarts pour les flancs homologues de la denture.

Pour les applications de mécanique générale, la précision de denture est comprise entre les précisions 5 et 12. La précision de denture est déterminée par le choix de la classe de combinaison des matériaux suivant l'article e.2.5.

2.4. Taillage des dents et parachèvement

Le taillage des dents s'effectue par génération, à l'aide soit d'une fraise-mère, soit d'un outil crémaillère, soit d'un outil pignon.

Lorsque les flancs des dents sont durcis superficiellement par cémentation, induction ou au chalumeau, les dents doivent être rectifiées après traitement sur une machine de précision suivant la méthode par génération.

Les dents durcies superficiellement sont taillées avec protubérances, durcies superficiellement, et ensuite rectifiées.

Les roues dentées sont parachevées complètement ébavurées. Il ne peut y avoir de traces d'outil à main sur les flancs ni à la base des dents.

La rugosité des surfaces R_a est indiquée dans le tableau 12 :

TABLEAU 12

Rugosité des surfaces R_a (μm)				
Classe de précision ISO	Rectification		Taillage	
	$m \leq 10$	$m > 10$	$m \leq 10$	$m > 10$
5 – 6	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8	-	-
7 – 8	0,4 – 0,8	0,8 – 1,6	1,6 – 3,2	3,2 – 6,3
9 – 10	-	-	3,2 – 6,3	6,3 – 12,5
11 – 12	-	-	-	12,5 - 25

2.5. Choix des matériaux et précision d'exécution

Pour le choix des matériaux et la qualité d'exécution des engrenages, on se réfère aux classes ci-après :

Classe a

- pignon et roue en acier pour cémentation 58 - 62 HRC ;
- précision 5 ou 6 ;
- denture hélicoïdale.

Classe b

- pignon en acier pour cémentation : 58 - 62 HRC ;
- précision 6 ;
- roue en acier pour trempe et revenu trempé dans la masse jusqu'à 250 - 360 HB ;
- roue taillée: précision 7;
- denture hélicoïdale.

Classe c

- pignon en acier pour trempe et revenu trempé dans la masse jusqu'à 280 - 360 HB ;
- roue en acier pour trempe et revenu trempé dans la masse jusqu'à 240 - 320 HB ;
- pignon et roue fraisés :
 - précision 7 ou 8 pour $v > 1$ m/s ;
 - précision 9 ou 10 pour $v > 0,2$ m/s ;
 - précision 11 ou 12 pour $v \leq 0,2$ m/s ;(v : vitesse tangentielle au cercle primitif) ;
- denture hélicoïdale ou denture droite.

Classe d

- pignon en acier pour trempe et revenu trempé dans la masse jusqu'à 210 - 280 HB ;
- roue en acier pour trempe et revenu ou acier au carbone trempé dans la masse jusqu'à 180 - 240 HB ;
- pignon et roue taillés :
 - précision 9 ou 10 pour $v > 0,2$ m/s ;
 - précision 11 ou 12 pour $v \leq 0,2$ m/s ;
- denture hélicoïdale ou denture droite.

2.6. Indications sur les plans

Sur les plans d'exécution des roues dentées, les données complémentaires suivantes sont mentionnées :

- caractéristiques de la crémaillère de référence ;
- nombre de dents et module ;
- désignation des matériaux ;
- traitement thermique :
 - trempe dans la masse jusqu'à ... HB ;
 - durcissement superficiel du flanc des dents jusqu'à ... HRC ;
 - durcissement superficiel du flanc et du pied des dents jusqu'à ... HRC ;
- grenillage ;
- protubérance des dents ;
- rugosité de la surface des flancs des dents ;
- dépouille de tête.

3. Engrenages coniques

3.1. Terminologie

La terminologie et les symboles relatifs aux roues dentées coniques font l'objet du chapitre 3 de la norme ISO 701.

Le module et le pas sont définis par rapport au cercle primitif moyen.

3.2. Profil des dents

Les engrenages coniques sont exécutés avec une denture droite ou spirale.

Le profil des dents pour roues dentées coniques à denture spirale correspond aux spécifications de la denture spirale, de Gleason, Klingelnberg ou Oerlikon.

3.3. Exécution

Le taillage des roues dentées coniques s'effectue par génération sur une machine de précision.

Toutes les faces sont soigneusement ébavurées. Il ne peut y avoir de traces visibles d'outil sur les flancs ni aux pieds des dents. Les roues dentées coniques à denture spirale doivent toujours être fabriquées par paire.

Lorsque les roues dentées coniques sont traitées thermiquement après le taillage, elles sont rodées par paires.

La largeur des dents est au maximum égale à un tiers de la génératrice du cône de la roue dentée en question.

4. Calculs de vérification des dentures engrenages cylindriques et coniques

4.1. Méthode ISO

Le calcul de la capacité de charge de l'engrenage s'effectue suivant la norme ISO 6336 I, II, III, V et VI.

Pour les engrenages coniques, le calcul est effectué sur base des normes ISO 10300 parties 1, 2, et 3.

4.2. Engrenages pour mécanique générale

4.2.1. Généralités

Les réducteurs de vitesse sont considérés comme appartenant à la mécanique générale et les calculs sont effectués selon la méthode C.

Si plusieurs satellites sont utilisés dans un train planétaire, les calculs sont effectués en supposant une répartition inégale des efforts sur les satellites. Ces derniers sont calculés pour un effort de 75 % de l'effort total dans le cas de 2 satellites, et de 50 % de l'effort total dans le cas de 3 satellites. Si la roue solaire est auto-centrante et qu'il y a 3 satellites, chacun de ceux-ci est supposé reprendre 40 % de l'effort total.

Une dérogation à ces règles ne sera acceptée que si le constructeur justifie une meilleure répartition, sur base de mesures faites sur la transmission même.

4.2.2. Facteurs d'influence généraux

- F_t : cette force est calculée à partir de la plus grande force (couple) du niveau de sollicitation 1, pour lequel les forces d'inertie et élastodynamiques durant le démarrage et le freinage ne sont pas prises en compte ;
- K_A : ce facteur est déterminé suivant une des méthodes reprises ci-dessous :
1. Détermination de K_A sur base des forces réelles agissant dans la transmission et du spectre des charges, mesurés sur une installation analogue représentative;
 2. Détermination de K_A sur base d'un calcul élastodynamique des forces agissant dans la transmission et du spectre des charges;
 3. Détermination de K_A suivant le tableau de l'article e.1.3;
 4. Détermination de K_A sur base du spectre des charges donné au cahier spécial des charges;
- Pour un mécanisme fonctionnant surtout en multiplicateur, les valeurs de K_A sont à multiplier par 1,1 ;
- K_V : Suivant la méthode C de la méthode générale ;
- C_Y : Suivant la méthode C de la méthode générale ;
- $K_{H\beta}$; $K_{F\beta}$: Suivant la méthode C dans laquelle $F_{\beta x}$ est déterminé :
- en se basant sur la classe de qualité de l'engrenage, pour des roues dentées sans correction longitudinale;
 - suivant des formules spécifiques pour des roues dentées avec correction longitudinale ;
- K_{Ha} ; K_{Fa} : Suivant la méthode C de la méthode générale.

4.2.3. Calcul de la pression superficielle

- Z_H : Suivant la méthode générale ;
- Z_E : Suivant la formule ISO 6336-2 ;
- Z_ϵ : Suivant la formule de la méthode générale ;
- Z_β : Suivant la formule $\sqrt{\cos \beta}$;
- σ_{Hlim} : lorsqu'on ne dispose pas de valeurs précises de σ_{Hlim} , on adopte alors la moyenne arithmétique des valeurs limites inférieure et supérieure de σ_{Hlim} , suivant les diagrammes de la méthode générale ;
- Z_{NT} : suivant le graphique de la méthode générale ;
- Z_L ; Z_R ; Z_V } prendre le produit de ces 3 facteurs entre 0,85 et 1 suivant DIN 3990 Teil 11 ou calculer les facteurs suivant ISO 6336;
- Z_X : =1 ;
- Z_w : Suivant la formule de la méthode générale.

4.2.4. Calcul de la contrainte maximale au pied des dents

La contrainte au pied des dents est déterminée suivant la méthode C de la méthode générale.

La contrainte admissible au pied des dents est déterminée suivant la procédure avec des mesures sur roues dentées d'essai.

- | | | |
|---------------------|---|---|
| Y_{Fa} | } | suivant les graphiques de la méthode générale ; |
| Y_{Sa} | | |
| Y_{ϵ} | } | suivant le graphique de la méthode générale ; |
| Y_{β} | | |
| σ_{Flim} | : | lorsqu'on ne dispose pas de valeurs précises de σ_{Flim} , on adopte la moyenne arithmétique des valeurs limites inférieure et supérieure de σ_{Flim} , suivant les diagrammes de la méthode générale.
Les valeurs de σ_{Flim} telles qu'indiquées sur les diagrammes sont valables pour les roues dentées soumises à des charges de sens constant.
Lorsque le sens de la sollicitation change, les valeurs de σ_{Flim} , sont multipliées par 0,8.
Lorsque les dents sont soumises à des charges alternées (p. ex. roue intermédiaire), les valeurs de σ_{Flim} , sont multipliées par 0,7 ; |
| Y_{NT} | : | suivant les formules de la méthode générale ; |
| $Y_{\delta_{relT}}$ | : | suivant les équations de la méthode générale ; |
| $Y_{R_{relT}}$ | : | - poser $Y_{R_{relT}} = 1$;
- si un grenailage du pied de la dent est exécuté : $Y_{R_{relT}} = 1,1$; |
| Y_x | : | suivant les équations de la méthode générale. |

4.2.5. Grippage

Ce point ne doit pas être contrôlé.

4.3. Calculs de vérification et coefficients de sécurité

4.3.1. Calcul de vérification à la fatigue

4.3.1.1. Détermination du couple équivalent

Le calcul à la fatigue est effectué avec le couple équivalent $K_A.F_t$.

4.3.1.2. Coefficients de sécurité

- Pour le calcul de la pression superficielle, le coefficient de sécurité S_H satisfait à la condition suivante:

$$S_H^2 = \left(\frac{\sigma_{HP}}{\sigma_H} \right)^2 \geq 1,1$$

- Pour le calcul de la contrainte maximale au pied des dents, le coefficient de sécurité S_F satisfait à la condition suivante :

$$S_F = \frac{\sigma_{FP}}{\sigma_F} \geq 1,50$$

4.3.2. Calcul de vérification statique en surcharge

4.3.2.1. Détermination du couple de surcharge

On entend par couple de surcharge le couple maximum pour les niveaux de sollicitations 2 et 3.

Lorsque la surcharge est supérieure au couple tel que défini à l'article e.4.3.1. un calcul statique est effectué avec cette surcharge. Pour ce faire, les mêmes formules que pour le calcul à la fatigue sont utilisées, dans lesquelles les facteurs d'influence suivants prennent une autre valeur :

- $K_V = 1$;
- pour le calcul de la pression superficielle :

Z_{NT} : est déterminé pour 10^5 cycles ;

$$Z_R = 1 ;$$

$$Z_V = 1 ;$$

- pour le calcul de la contrainte maximale au pied des dents :

Y_{NT} : est déterminé pour 10^3 cycles ;

$Y_{\sigma_{relt}}$: suivant la formule de la méthode générale en sollicitation statique ;

$Y_{R_{refT}}$ }
 } le produit de ces deux facteurs est pris égal à 1.
 Y_X }

4.3.2.2. Coefficients de sécurité

- Pour le calcul de la pression superficielle, le coefficient de sécurité S_H satisfait à la condition suivante :

$$S_H^2 = \left(\frac{\sigma_{HP}}{\sigma_H} \right)^2 \geq 1$$

- Pour le calcul de la contrainte maximale au pied des dents, le coefficient de sécurité S_F satisfait à la condition suivante :

$$S_F = \frac{\sigma_{FP}}{\sigma_F} \geq 1,40$$

4.3.2.3. Calcul des autres éléments

Le calcul des autres éléments du réducteur peut être réalisé sur base du Rapport Technique ISO/TR 13593.

5. Réception des réducteurs

Les réducteurs sont réceptionnés selon les clauses du chapitre 5.2. Néanmoins, moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant, les réducteurs standards peuvent être contrôlés selon les clauses du chapitre 5.1.

5.1. Contrôle des réducteurs standard

Si le réducteur provient d'une gamme de réducteurs standard livrables de stock ou d'une gamme de motoréducteurs standard et si le fabricant est certifié ISO 9001, le contrôle de la qualité peut se faire, moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant, selon le plan qualité du fabricant. Ce plan qualité est tenu à la disposition de l'administration pour examen.

Le rapport d'essai type 2.2 suivant norme NBN EN 10204 est fourni par le fabricant.

En l'absence de ce plan qualité, le réducteur est réceptionné selon les clauses du chapitre 5.2. ci-après.

5.2. Contrôle des réducteurs non standard

5.2.1. Contrôle des roues dentées

5.2.1.1. Traitement thermique

La trempe superficielle des dents est contrôlée à l'aide d'une pièce témoin :

- une couronne dentée d'au moins 3 dents pour le durcissement par induction et à la flamme ;
- une pièce cylindrique pour la cémentation.

Les contrôles suivants sont réalisés :

- contrôle de la dureté superficielle ;
- contrôle de la méthode de durcissement de surface : le durcissement de la dent entière, y compris le fond de dent ou seulement sur les flancs des dents ;
- suivi de la pénétration de la zone de durcissement de surface dans la dent.

La denture est également contrôlée au point de vue de ses défauts superficiels éventuels, tels que:

- corrosion superficielle du pied de la dent ;
- fissures d'origine thermique dans les flancs de la dent.

5.2.1.2. Dimensions

Les points suivants sont à contrôler :

- nombre de dents ;
- module ;
- diamètre d'alésage ;

- diamètre extérieur ;
- largeur des dents ;
- épaisseur des dents ;
- contrôle du rayon de courbure du pied de dent.

La mesure de l'épaisseur des dents s'effectue indirectement par mesure sur un groupe de dents (méthode Wildhaber) suivant la norme NBN 756.

5.2.1.3. Précision

La précision de la denture est contrôlée suivant la norme ISO 1328-1. Pour les roues dentées coniques, la précision est mesurée indirectement, après montage, par un essai de contact des flancs des dents des roues correspondantes.

5.2.2. Essais sur le réducteur

5.2.2.1. Essais statiques

Les contrôles suivants sont réalisés :

- contrôle du déplacement radial des bouts d'arbre ;
- contrôle du jeu entre les dents qui engrènent ;
- contrôle de la portée des flancs des dents qui engrènent ;
- contrôle du rapport de transmission ;
- contrôle des dimensions extérieures du réducteur et de ses mesures d'assemblage.

5.2.2.2. Essais dynamiques

Les réducteurs doivent tourner à vide au banc d'essai dans leurs conditions d'utilisation (vitesse et disposition), jusqu'à ce que la température de l'huile soit stabilisée. Le temps de rotation ne peut être inférieur à 4 heures.

Les points suivants sont ensuite contrôlés :

- température des paliers ;
- température de l'huile ;
- fonctionnement du dispositif de lubrification ;
- étanchéité à l'huile ;
- reniflard ;
- comportement général de l'ensemble du réducteur.

Outre les contrôles ci-dessus, les pertes à vide, avec le plein d'huile, sont mesurées.

5.2.3. Approbation

L'appareillage et les instruments de mesure nécessaires à l'exécution des contrôles et des essais sont mis à disposition par le constructeur.

Lors de l'approbation, la plaquette signalétique du réducteur est datée et estampillée par le fonctionnaire dirigeant.

6. Engrenages à vis sans fin

6.1. Généralités

Les seuls engrenages à vis sans fin admis sont ceux à denture profil ZI.
Les normes NBN 696, E 23-301 et E 23-302 sont d'application.

6.2. Dispositions constructives

6.2.1. Roues

Si la jante et son moyeu ne sont pas réalisés d'une seule pièce, l'assemblage de ces deux éléments est réalisé par l'un des procédés suivants :

- emboîtement de la jante sur le moyeu, avec fixation par boulons calibrés ;
- frettage de la jante sur le moyeu (voir paragraphe e.20), et mise en place éventuelle de vis ou broches entre cuir et chair (ces éléments ne sont pas pris en compte pour le calcul de la transmission de l'effort tangentiel) ;
- coulée centrifuge de la jante en bronze sur le moyeu dont la surface périphérique a un profil denté ou alvéolé.

6.2.2. Paliers

Les paliers sont munis de roulements, et aussi de butées à roulement si les roulements ne sont pas prévus pour reprendre les efforts axiaux.

6.2.3. Matériaux

La roue entière, ou la jante de la roue est en bronze phosphoreux.

La vis est en acier au carbone, en acier pour trempe et revenu, en acier pour trempe superficielle par induction ou en acier pour cémentation.

6.3. Calcul

Le calcul d'une transmission par engrenage à vis sans fin consiste à vérifier que :

- la contrainte limite admissible à la rupture pour la roue n'est pas dépassée ;
- la pression superficielle limite admissible à l'usure pour la roue et la vis n'est pas dépassée.

La méthode de calcul imposée est celle de la norme ISO/TR 14521.

Le cahier spécial des charges indique pour chaque engrenage à vis sans fin :

- la durée totale d'utilisation en heures (h) ;
- la durée d'utilisation journalière en heures (h) ;
- le spectre de charge ;
- le nombre de démarrages par heure ;
- le facteur d'utilisation KA.

A défaut d'indications au cahier spécial des charges, les données à utiliser pour le calcul sont les suivantes :

- durée totale d'utilisation : 10 000 h ;
- durée d'utilisation journalière : 5 h ;
- spectre de charge : 100 % du temps à pleine charge.

6.4. Calcul à la fatigue

Le calcul à la fatigue est effectué avec le niveau de sollicitations 1 suivant l'article a.2.3.

Les données à considérer dans les formules concernant la sollicitation sont d'une part le couple et d'autre part le facteur de durée de vie.

Le couple est pris égal à la plus grande valeur du couple du niveau de sollicitation 1.

Le facteur de durée de vie est déterminé en se basant sur un nombre équivalent de cycles de sollicitation qui tient compte du spectre de charge du niveau de sollicitation 1.

Le nombre équivalent de cycles de sollicitation N_L est obtenu par la formule :

$$N_L = N_{L1} \left(\frac{C_1}{C_1} \right)^n + N_{L2} \left(\frac{C_2}{C_1} \right)^n + \dots N_{Li} \left(\frac{C_i}{C_1} \right)^n + \dots N_{Lm} \left(\frac{C_m}{C_1} \right)^n$$

dans laquelle :

- N_{L1} : nombre de cycles de sollicitation sous le couple C_1
- N_{L2} : nombre de cycles de sollicitation sous le couple C_2
- N_{Li} : nombre de cycles de sollicitation sous le couple C_i
- N_{Lm} : nombre de cycles de sollicitation sous le couple C_m
- N_L : nombre équivalent de cycles de sollicitation correspondant au couple C_1 , c'est-à-dire la plus grande valeur maximale du couple résultant du niveau de sollicitation 1

$n = 6$

6.5. Calcul statique en surcharge

La détermination du couple de surcharge et du coefficient de sécurité est faite comme indiqué à l'article e.4.3.2.

Pour le calcul statique en surcharge, les mêmes formules que pour le calcul à la fatigue sont employées, avec une autre valeur pour les facteurs d'influence suivants :

- pour le calcul à la rupture :

$$K_{VL2} = 1$$

- pour le calcul à la pression superficielle :

$$\left. \begin{array}{l} K_{VH} \\ K_L \end{array} \right\} \text{ le produit de ces 2 facteurs est pris égal à } 1,5$$

6.6. Essais sur les réducteurs

Les prescriptions des articles e.5.2. et e.5.3. sont d'application.

7. Carters

7.1. Matériaux

Les carters sont construits avec l'un des matériaux suivants :

- fonte EN-GJL-250 suivant la norme NBN EN 1561 ;
- fonte nodulaire EN-GJS-22U-RT suivant la norme NBN EN 1563 ;
- acier moulé GS-240 suivant la norme NBN EN 10293 ;
- acier laminé S235J2 suivant la norme NBN EN 10025-2 en exécution soudée selon la norme NBN EN 1090-2 complétée par les dispositions de l'article f.2.3.1.2. Après soudage, les carters subissent un recuit de détente.

7.2. Exécution

Les carters sont exécutés en deux parties. Pour les réducteurs dont le couple équivalent à l'arbre petite vitesse est égal ou supérieur à 16 kNm, le plan de séparation passe par les axes du réducteur.

Les faces jointives doivent être usinées et conçues de façon à empêcher toute fuite d'huile ou de graisse. L'étanchéité est obtenue en interposant entre les faces une pâte d'étanchéité lors de l'assemblage.

Des dispositions sont prises pour faire en sorte que les deux parties du carter soient toujours fixées dans la même position.

Pour ce faire, les plans de joint sont pourvus d'au moins 2 broches ou boulons ajustés, écartés le plus possible l'un de l'autre.

Lorsque des bouts d'arbres ne sont pas sollicités exclusivement en torsion, mais sont soumis aussi à des efforts radiaux ou axiaux, il est nécessaire de tenir compte de ces efforts dans le calcul des contraintes des arbres, de la longévité des paliers, de la déformation du carter et des contraintes dans les boulons.

L'extérieur du carter est peint. L'intérieur du carter est peint avec une peinture résistante à l'huile.

Chaque carter est muni d'une jauge à huile, d'un bouchon de vidange à la partie inférieure, d'un bouchon de remplissage et d'un reniflard.

Les carters des réducteurs dont le couple équivalent à l'arbre petite vitesse est égal ou supérieur à 20 kNm sont équipés d'une trappe de visite étanche à l'huile.

7.3. Lubrification

Pour la lubrification des engrenages, les prescriptions du chapitre k du présent cahier des charges type sont d'application.

La lubrification des engrenages et des paliers est assurée pour toutes les vitesses d'utilisation du réducteur.

7.4. Etanchéité

Des dispositifs d'étanchéité sont prévus à tous les passages d'arbres. Les matériaux des bagues d'étanchéité doivent être compatibles avec les huiles et graisses utilisées. Le dispositif d'étanchéité doit être conçu de telle façon que la température aux bourrages ne dépasse pas la température admissible pour ces bourrages.

7.5. Plaque signalétique

7.5.1. Généralités

Chaque réducteur est muni d'une plaque signalétique en matériau inaltérable et indéchirable dont les inscriptions sont indélébiles et bien lisibles. La plaque signalétique est fixée à un endroit bien en vue, et doit comporter les données suivantes :

- type et numéro de fabrication ;
- nom et adresse du constructeur ;
- rapport de transmission ;
- vitesse de rotation des arbres grande vitesse et petite vitesse ;
- couple équivalent sur l'arbre de sortie en Nm, tel que défini à l'article e.4.3.1. pour le calcul à la fatigue ;
- couple de surcharge sur l'arbre de sortie en Nm, tel que défini à l'article e.4.3.2. pour le calcul en surcharge ;
- durée d'utilisation effective en heures ;
- type et indice de viscosité ISO de l'huile ;
- quantité d'huile (en litres) dans le carter ;
- les pertes à vide du réducteur avec le plein d'huile ;
- approbation : date et cachet du S.P.W.

Un exemple de plaque signalétique satisfaisant aux prescriptions précitées est donné ci-dessous.

Type : RNE 31-AN-45		N° de fabr. 13695	
Adresse : rue Notre-Dame, 19, 5000 NAMUR			
Rapport de transmission	45	Couple équivalent (Nm)	20 000
SDA (min ⁻¹)	1 500	Couple de surcharge (Nm)	38 000
LDA (min ⁻¹)	33	Durée d'utilisation effect. (h)	10 000
HUILE (type)	NBN ISO 3448	APPROBATION	
QUANTITE (l)	18		
Pertes à vide (kW)	1 000		
		18.03.2012	S.P.W.

7.5.2. Motoréducteurs standard

Sous le terme « motoréducteur standard », est compris :

« motoréducteurs fabriqués en série, figurant dans le catalogue du fabricant et qui sont immédiatement disponibles sur stock »

Les pertes à vide, avec le plein d'huile, sont spécifiées par le fabricant. En l'absence de ces spécifications, elles sont mesurées.

La plaque signalétique pour ces motoréducteurs mentionne au moins les données suivantes :

- type et numéro de fabrication ;
- adresse de constructeur ;
- vitesse de rotation de l'arbre grande vitesse ;
- couple nominal/puissance du réducteur ;
- le rapport de réduction ;
- le type et la viscosité de l'huile selon la norme NBN ISO 3448 ;
- le volume d'huile ;
- les pertes à vide avec le plein d'huile.

8. Crémaillères libres

8.1. Objet du paragraphe

Le présent paragraphe se rapporte aux crémaillères dites « libres ». Il faut entendre par là des crémaillères où l'effort axial, développé par le pignon, est intégralement transmis jusqu'à l'extrémité de la crémaillère, où il est reporté soit sur un point fixe, soit sur un organe mobile.

Les efforts axiaux dus au poids propre de la crémaillère et aux résistances de roulement et de frottement sur des galets de guidage ou des glissières, ne sont pas pris en considération dans cette définition. La crémaillère est à denture taillée. Les dents satisfont aux prescriptions des paragraphes e.2 et e.4.

Par crémaillères à denture taillée, il faut entendre non seulement la pièce forgée dans laquelle les dents sont taillées, mais aussi le châssis support éventuel de cette pièce. Pour désigner la première pièce seule, on utilise l'expression « pièce dentée ».

8.2. Calcul

Outre le calcul des dentures, les crémaillères sont calculées au flambage et à la flexion. La section de la crémaillère prise en considération lors de ce calcul est obtenue en négligeant les dents. La section active est donc limitée au plan du pied de la denture.

Lors du calcul, il est tenu compte de l'excentricité de l'effort axial. Les modifications de cette excentricité dues à la flèche résultant de la sollicitation de la crémaillère, sont à prendre en considération. Il est tenu compte du poids propre de la crémaillère pour autant qu'il ne contribue pas à la sécurité. Il est supposé également réparti sur toute la longueur de la crémaillère.

Le coefficient de sécurité par rapport à la charge critique de flambage est au moins égal à 3.

8.3. Construction

Les deux constructions suivantes sont admises :

- la crémaillère est à denture taillée, et se compose uniquement de la pièce dentée ;
- la crémaillère est à denture taillée, mais les pièces dentées sont montées dans un châssis en profilés. Ce châssis peut dans certains cas être réduit à deux plats fixés de part et d'autre de la denture. Les pièces dentées sont fixées au châssis par des boulons calibrés, placés en quinconce sur deux lignes parallèles à l'axe de la crémaillère.

Quelle que soit la construction choisie, il faut veiller à ce que le plan primitif de la denture passe par l'axe de la fixation de la crémaillère au point fixe ou à l'organe auquel elle transmet son effort axial.

Lorsque la crémaillère comporte un châssis, il est veillé à ce qu'un couvre-joint soudé soit prévu à chaque interruption de tôles, fers plats ou profilés constituant le châssis, de manière à obtenir dans la section de passage un moment d'inertie au moins égal à celui des autres sections.

Il en va de même pour les pièces dentées placées bout à bout si l'on tient compte, dans le calcul, de la section des pièces dentées comme élément de renfort.

8.4. Matériaux

Les matériaux utilisés sont au moins équivalents à l'acier A 490-2 suivant la norme NBN A 21-201.

9. Arbres

9.1. Matériaux

L'acier utilisé pour la fabrication d'un arbre est d'une qualité au moins équivalente à celle de l'acier forgé C35 suivant la norme NBN EN 10250-2.

9.2. Calcul

Le calcul s'effectue conformément aux prescriptions de la norme NBN E 52-004. Les arbres cémentés, durcis et rectifiés sont calculés suivant les mêmes prescriptions, en partant des caractéristiques de la matière de l'arbre trempé dans la masse. La contrainte admissible ainsi calculée peut alors être augmentée de 20 % pour tenir compte de l'effet de ces traitements. Les arbres doivent être conçus de façon telle que leur vitesse de rotation soit en-dehors du domaine des vitesses critiques.

9.3. Déformation angulaire et flèche

La déformation angulaire en charge n'est jamais supérieure à 1/100 rad. par mètre de longueur d'arbre.

La flèche n'est jamais supérieure à 1/1000 de la distance entre points d'appui.

10. Paliers – Supports

10.1. Généralités

On entend par palier ou support tout dispositif par lequel un arbre peut transmettre des réactions à un bâti ou à un autre organe.

Un palier comporte deux parties : un corps et un couvercle amovible permettant de dégager l'arbre, après démontage du chapeau, par un déplacement transversal.

Un support ne comporte pas de chapeau amovible, de sorte que l'arbre ne peut être dégagé que par un déplacement axial.

Les paliers et supports sont équipés de roulements, de rotules, ou de coussinets lisses. Les coussinets des paliers sont en deux pièces; ceux des supports sont en une pièce et peuvent être désignés par le terme « buselure ».

10.2. Matériaux

Les paliers et supports sont réalisés dans un des matériaux suivants :

- acier moulé au moins équivalent à l'acier GS240 suivant la norme NBN EN 10293 ;

- acier soudé au moins équivalent à l'acier A 360-2 suivant la norme NBN A 21-201, un traitement de recuit avant usinage est requis ;
- fonte à graphite lamellaire au moins équivalente à la nuance EN-GJL-250 suivant la norme NBN EN 1561, l'utilisation de la fonte grise n'est permise que dans le cas où la sollicitation ne comporte pas de chocs ;
- fonte à graphite sphéroïdal au moins équivalente à la nuance EN-GJS-350-22-RT suivant la norme NBN EN 1563.

10.3. Construction

Les paliers et supports à roulements sont pourvus d'un dispositif d'étanchéité évitant les rentrées d'impuretés ou d'eau dans les roulements. Le canal de lubrification débouche soit à proximité immédiate de la face de la bague extérieure du roulement, soit dans l'éventuelle gorge de lubrification du roulement. Les paliers et supports à roulements sont pourvus d'un dispositif évitant toute accumulation de lubrifiant.

Les appoints de lubrifiant doivent pouvoir être effectués pendant le fonctionnement des mécanismes à lubrifier.

Dans les paliers et supports à coussinets lisses lubrifiés à l'huile, un dispositif empêchant toute migration d'huile le long des arbres est prévu.

Un palier est alésé avec les deux pièces constitutives assemblées provisoirement, afin d'obtenir un alésage cylindrique parfait.

Le chapeau de palier est positionné et fixé. Les forces transversales sont transmises par des goupilles cylindriques, des boulons calibrés, ou un emboîtement.

10.4. Fixation des supports ou paliers aux charpentes métalliques

La pression de contact conventionnel admissible p des supports et paliers sur une construction métallique est donnée dans le tableau 13 ci-dessous, pour autant qu'il n'y ait pas de déplacement relatif.

TABLEAU 13

Pression de contact conventionnelle admissible p en N/mm^2												
Matériau de la construction métallique	Niveau de sollicitation											
	1	2	3									
S235 } S275 } A 360 } GS200 }	où équivalent	80	120	160								
S235 } A 490 } GS240 }					où équivalent	100	150	200				
A 590 }									où équivalent	120	180	240
A 690 }												

Le plus doux des matériaux en contact est dimensionnant.

Lorsqu'il y a danger de corrosion par contact ou de corrosion fissurante différentielle entre le support et la construction d'acier ou entre l'arbre et le coussinet, ou entre l'arbre et le roulement, toutes les précautions sont prises pour éviter ce phénomène.

11. Roulements, coussinets, rotules

11.1. Roulements

L'article 5.7.2. de la norme NBN E 52-004 est complété par le présent article.

Les paliers et supports sont équipés de roulements. Le choix du type et des dimensions des roulements est déterminé par une note de calcul.

Les roulements et butées à roulements sont considérés comme étant sollicités statiquement lorsque leur vitesse de rotation est inférieure à 10 tr/min.

Pour le calcul statique des roulements, le coefficient de sécurité S_0 par rapport à la charge statique équivalente est choisi comme suit :

- en niveau de sollicitation 1 : $S_0 = 2,00$
- en niveau de sollicitation 2 : $S_0 = 1,60$
- en niveau de sollicitation 3 : $S_0 = 1,20$

Toutefois, pour les butées à rotule sur rouleaux, S_0 est pris égal à 4.

Les dimensions d'encombrement des roulements ainsi que leur numéro de repérage sont conformes aux normes ISO.

Les valeurs des différentes classes de tolérances des roulements sont conformes aux normes ISO 15, 199, 355, 492, 582, 1132, 3030, 3031, 3096.

Le montage, le graissage et l'entretien des roulements s'effectuent suivant les instructions du fabricant des roulements.

11.2. Coussinets

11.2.1. Coussinets lubrifiés

11.2.1.1. Matériaux

Les coussinets sont réalisés selon les applications en :

- bronze d'étain ;
- bronze d'étain phosphoreux au plomb CuSn10Pb10P ou CuSn10Pb10Ni ;
- bronze d'aluminium.

La composition et les caractéristiques sont celles de la norme NBN EN 1982.

11.2.1.2. Dimensionnement

Pour les bronzes ordinaires la pression spécifique est limitée à 8 N/mm² en mouvement, et à 15 N/mm² au repos.

L'épaisseur minimale des coussinets en bronze est déterminée par la formule suivante :

$$e = 6 + 0,04 d$$

avec :

-
- e = épaisseur du coussinet en mm, arrondie à un multiple entier de 0,5 mm ;
- d = diamètre de l'arbre en mm.

11.2.1.3. Blocage

Les coussinets sont bloqués en rotation dans leur logement.
Le remplacement des coussinets doit pouvoir être réalisé sans abîmer le palier ou le support.

11.2.2. Coussinets autolubrifiants

11.2.2.1. Généralités

Les matériaux autorisés pour les coussinets autolubrifiants sont indiqués dans les articles suivants avec les caractéristiques requises, les sollicitations admissibles et éventuellement les limitations ou indications concernant le domaine d'application.

Les abréviations utilisées sont conformes aux normes NBN EN ISO 1043-1 à 4, ISO 1874-1 dont quelques indications sont reprises dans le tableau 14 ci-après :

TABLEAU 14

Abréviation	Dénomination complète
PA 6	Polyamide hydrolitique Polymère de caprolactame (nylon 6)
PA 6G	Polyamide alcalin (coulé) Polymère de caprolactame
PA 66	Polyamide - Polymère d'hexaméthylènediamine et d'acide adipique
PA 11	Polyamide - Polymère d'acide 11 amino-undecanoïque
PTFE	Polytétrafluoréthylène

Ces matériaux peuvent être utilisés pour des buselures, des coussinets, des rotules, des anneaux, des poulies, des patins, des roues dentées, des accouplements et des galets.

11.2.2.2. Polyamide

Les polyamides présentent au moins les caractéristiques du tableau 15 ci-après :

TABLEAU 15

	Unité	PA 6	PA 6G	PA 66	PA 11
Densité	-	1,14	1,15	1,14	1,04
Contrainte de traction au seuil du fluage à 23°C	N/mm ²	70	80	75	45
Allongement de la rupture à 23°C	%	40	10	15	150

- les valeurs mentionnées dans le tableau ne sont applicables qu'aux matériaux purs, sans additifs ;
- les essais sont exécutés sur des éprouvettes séchées au four à 50°C, jusqu'à stabilisation de leur poids ;
- l'essai de traction est exécuté à une vitesse de 25 mm/min ;
- les valeurs énoncées dans le tableau sont des moyennes arithmétiques de cinq essais ;
- les éprouvettes sont cylindriques et ont un diamètre de 12 mm. La longueur est de 50 mm. Les éprouvettes ne sont pas prélevées au bord ou au centre des pièces ou profilés à contrôler ;
- lorsque du graphite est incorporé au polyamide, la densité du PA 6 est au moins de 1,17, et celle du PA 6G au moins de 1,18.

Les pressions de contact conventionnelles admissibles pour des vitesses de rotation inférieures à 10 tr/min sont indiquées dans le tableau 16 ci-après :

TABLEAU 16

Pression de contact conventionnelle admissible en N/mm ²										
Matériaux	50 % d'humidité relative					100 % d'humidité relative				
	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
PA G	11,5	7,5	5,7	4,7	3,7	4,7	4,0	3,7	3,4	3,0
PA 6G	15,0	10,0	7,5	5,5	4,5	7,0	5,5	4,7	4,4	3,8
PA 66	12,5	8,5	6,5	4,7	4,0	5,5	4,7	4,4	4,0	3,8
PA 11	7,5	5,2	4,0	2,9	2,0	6,0	4,0	3,2	2,2	1,6

Ces valeurs sont applicables pour le niveau de sollicitation 1. Pour les niveaux de sollicitation 2 et 3, elles sont majorées de 50 %.

Pour les applications sous eau, il est fait usage de polyamide avec du graphite incorporé.

L'utilisation des polyamides est interdite pour les coussinets alternativement immergés et émergés.

Le contre-matériau doit avoir une dureté superficielle d'au moins 54 HRC et une rugosité de surface Ra comprise entre 0,2 et 0,6 µm.

En milieu corrosif, le contre-matériau choisi doit être un acier inoxydable martensitique sans nickel, selon la norme NBN EN 10088-1.

Le jeu nécessaire entre le coussinet et l'arbre, ou entre le patin et le contre-matériau, est déterminé par le fabricant du matériau antifriction.

La valeur maximale du produit de la pression par la vitesse (p.v) est également déterminée par le fabricant, en veillant toutefois à ne pas dépasser 80 % de la valeur maximale admissible du produit p.v.

11.2.2.3. Bronze fritté avec adjonction de graphite réparti de façon homogène dans la masse

Les buselures ou coquilles sont pourvues de rainures hélicoïdales pour l'évacuation des produits d'usure et des impuretés.

Avant assemblage, les surfaces de glissement sont traitées avec un spray de rodage approprié.

Un acier inoxydable au moins équivalent à X17CrNi16-2 (AISI 431) est utilisé comme contre-matériau.

En milieu corrosif, le contre-matériau choisi doit être un acier inoxydable martensitique sans nickel, selon la norme NBN EN 10088-1.

La finition de surface et le montage sont exécutés selon les indications du fabricant.
La pression de contact conventionnelle admissible est indiquée dans le tableau 17 ci-après :

TABLEAU 17

Pression de contact conventionnelle admissible en N/mm ²		
	Niveau de sollicitation	
	1	2 et 3
Point d'articulation (rotation ≤ 360°)	25	50
Point d'articulation (rotation > 360°)	10	20

11.2.2.4. Bronze coulé avec lubrifiant solide

Des cavités remplies de lubrifiant solide sont ménagées dans la surface de contact, et une couche uniforme de lubrifiant solide présentant les caractéristiques suivantes est déposée sur toute la surface de contact :

- le lubrifiant doit rester en place sous charge et pendant le mouvement, sans fluage ;
- le coefficient de frottement du palier doit être inférieur à 0,10 pour une pression superficielle de 50 N/mm² et une température ambiante de 15 à 25°C ;
- du point de vue galvanique, le lubrifiant doit être compatible avec le support en bronze, le contre-matériau et le couple formé par ces deux derniers.

Un acier inoxydable au moins équivalent à X17CrNi16-2 (AISI 431) est utilisé comme contre-matériau.

Toutefois, en milieu corrosif, le contre-matériau choisi doit être un acier inoxydable martensitique sans nickel, selon la norme NBN EN 10088-1.

La finition de surface et le montage se font selon les indications du fabricant.

La pression de contact conventionnelle admissible est indiquée dans le tableau 18 ci-après :

TABLEAU 18

Pression de contact conventionnelle admissible en N/mm ²		
	Niveau de sollicitation	
	1	2 et 3
Point d'articulation (rotation ≤ 360°)	25	50
Point de rotation (rotation > 360°)	10	20

L'utilisation de ce système n'est permise que si une protection contre l'introduction de particules abrasives est prévue.

11.2.2.5. Résine synthétique avec fibres d'asbeste et graphite

Le matériau est composé de couches de fibres d'asbeste imprégnées de résine synthétique et de graphite colloïdal.

Pour des applications hors de l'eau, il est fait usage d'acier d'une dureté superficielle d'au moins 300 HB comme contre-matériau. Ce fonctionnement à sec du matériau n'est permis que pour des déplacements angulaires de 10° au plus

Pour des applications sous eau, un acier inoxydable au moins équivalent à X17CrNi16-2 (AISI 431) d'une dureté superficielle d'au moins 250 HB est utilisé comme contre-matériau. Dans ce cas, des rainures sont prévues dans le matériau du coussinet pour la circulation de l'eau.

Toutefois, en milieu corrosif, le contre-matériau choisi doit être un acier inoxydable martensitique sans nickel, selon la norme NBN EN 10088-1.

Ce système de buselure ne peut être utilisé que lorsqu'il n'y a pas de particules abrasives dans le liquide.

La finition de la surface et le montage se font selon les indications du fabricant.

La pression de contact conventionnelle admissible est celle indiquée dans le tableau 16.

11.2.2.6. Support en acier avec tissu de coton et de PTFE

Un tissu composé de coton et de PTFE (polytétrafluoréthylène) est collé sur un support en acier.

Le contre-matériau est de l'acier trempé d'une dureté superficielle d'au moins 50 RC, chromé dur. La rugosité de surface Ra est inférieure à 0,4 µm.

Ce système de palier ne peut être adopté que pour des buselures et pour un diamètre ne dépassant pas 250 mm.

Il ne peut être utilisée que pour des mouvements réduits ($\leq 10^\circ$), hors de l'eau et en évitant toute pénétration de matières abrasives.

La pression de contact conventionnelle admissible est indiquée dans le tableau 19 ci-après :

TABLEAU 19

Pression de contact conventionnelle admissible en N/mm ²		
	Niveau de sollicitation	
	1	2 et 3
Seulement pour mouvements $\leq 10^\circ$	25	50

11.2.2.7. Polyamide renforcé par des fibres de verre et contenant du PTFE comme lubrifiant

Le contre-matériau est de l'acier trempé d'une dureté superficielle d'au moins 50 HRC, chromé dur.

Toutefois, en milieu corrosif, le contre-matériau choisi doit être un acier inoxydable martensitique sans nickel, selon la norme NBN EN 10088-1.

La rugosité de surface Ra est inférieure à 0,4 µm.

Ce système ne peut être utilisé que pour des oscillations réduites ($\leq 10^\circ$), hors de l'eau et en évitant toute pénétration de matières abrasives.

La pression de contact conventionnelle admissible est indiquée dans le tableau 17.

11.3. Articulations à rotules

Les rotules sont subdivisées en trois types :

- type 1 : rotules acier sur bronze, lubrifiées ;
- type 2 : rotules acier sur acier, lubrifiées ;
- type 3 : rotules autolubrifiantes.

Lorsque la bague extérieure de la rotule se compose de deux parties, celles-ci sont solidarisées de sorte que la surface intérieure soit parfaitement sphérique.

La conception des deux bagues doit être telle qu'il n'apparaisse pas de phénomène d'entaille dû à l'usure dans la bague constituée du matériau le plus doux.

11.3.1. Rotules acier sur bronze, lubrifiées

Les prescriptions de l'article e.11.2.1. sont d'application, hormis la détermination de l'épaisseur du matériau des coussinets.

11.3.2. Rotules acier sur acier, lubrifiées

Les deux bagues sont fabriquées en acier trempé d'une dureté d'au moins 60 HRC. Les surfaces de glissement sont rectifiées.

Une lubrification des surfaces de glissement est prévue.

La pression de contact conventionnelle admissible est indiquée dans le tableau 20 ci-après :

TABLEAU 20

Pression de contact conventionnelle admissible en N/mm ²		
Matériau	Niveau de sollicitation	
	1	2 et 3
Acier trempé, phosphaté et traité au MoS ₂	24	100

11.3.3. Rotules autolubrifiantes

Les prescriptions de l'article e.11.2.2. sont d'application.

En ce qui concerne le bronze fritté de l'article e.11.2.2.3., il est permis de réaliser une rotule

en fraisant dans la sphère des cavités qui seront remplies de pastilles en bronze fritté, usinées pour réaliser une surface sphérique. Seule la surface porteuse en bronze peut être prise en compte lors du calcul de la pression de contact conventionnelle.

12. Accouplements

12.1. Généralités

Les prescriptions de l'article 8.11. de la norme NBN E 52-004 sont d'application. La transmission du couple ne peut pas se faire par frottement pour les mécanismes d'entraînement pour lesquels le centre de gravité de la charge se déplace verticalement, ni pour ceux sur lesquels un couple permanent (p. ex. la pression d'eau) agit au repos sur l'accouplement.

12.2. Accouplements rigides

Les accouplements rigides sont soit du type à coquilles, soit du type à plateaux rapportés avec emboîtement. Ils sont réalisés en acier au moins équivalent à l'acier moulé GE300 suivant la NBN EN 10293.

12.3. Accouplements élastiques

Les accouplements élastiques sont montés entre deux paliers voisins.

Ils sont réalisés en matériaux qui sont au moins équivalents à l'acier forgé C35 suivant la norme NBN EN 10250-2 ou à la fonte à graphite sphéroïdal EN-GJS-350-22-RT suivant la norme NBN EN 1563.

Ils sont conçus de façon à ce que l'entraînement reste assuré mécaniquement même en l'absence de l'élément élastique.

Les éléments élastiques doivent pouvoir être remplacés sans démontage préalable des bouts d'arbres correspondants.

12.4. Accouplements flexibles

12.4.1. Accouplements flexibles à denture

Les accouplements flexibles à denture sont réalisés en matériaux qui sont au moins équivalents à l'acier forgé C35 suivant la norme NBN EN 10250-2.

Les accouplements à dentures doivent pouvoir transmettre leur couple nominal pendant la durée d'utilisation effective avec l'hypothèse qu'un désalignement angulaire de 1° existe entre les deux axes.

Les accouplements doivent permettre un déplacement axial des axes d'au moins 4 mm.

Des joints d'étanchéité et un dispositif de lubrification sont prévus sur les accouplements.

Lorsque la bague extérieure des accouplements est réalisée au moyen de deux plateaux, ceux-ci sont assemblés par des boulons ajustés.

12.4.2. Accouplements à cardan

Une transmission du type à cardan doit toujours comporter deux accouplements à cardan

pour garantir la constance de la vitesse angulaire.
 Les points d'articulation comportent des roulements à aiguilles fermés.
 La liaison entre les deux accouplements à cardan est à contrôler au point de vue de la vitesse critique.

13. Embrayage

Les embrayages commandés à distance sont équipés de plateaux de friction actionnés électriquement ou hydrauliquement dans un sens et par des ressorts dans l'autre sens. Le cahier spécial des charges indique si le dispositif est embrayé ou débrayé en l'absence de commande.

Dans tous les cas, le dispositif est conçu dans le sens de la sécurité du mécanisme et des utilisateurs.

Le jeu dû à l'usure des garnitures doit être compensé automatiquement, sinon le contrôle de l'usure des plateaux de friction doit pouvoir être effectué sans démontage de l'embrayage.

Pour la mise en service de commandes locales de secours, il peut être fait usage d'embrayages à griffes ou à denture à manœuvre manuelle.

Ces embrayages comportent des plateaux en acier forgé de qualité au moins égale à C35 suivant la norme NBN EN 10250-2 munis de griffes ou de dents cémentées, trempées et rectifiées.

L'embrayage est calculé pour transmettre sans glissement un couple C_k supérieur au couple C survenant dans la transmission.

Le rapport C_k/C est indiqué dans le tableau 21 suivant :

TABLEAU 21

Type de mécanisme	C_k/C	
	Niveau de sollicitation	
	1	2 et 3
Pour les mécanismes d'entraînement pour lesquels le centre de gravité de la charge se déplace verticalement, ou pour ceux sur lesquels un couple permanent agit au repos sur l'accouplement	2	1,5
Pour les autres mécanismes	1,5	1,33

14. Accouplements à serrage conique

Dans les cas où l'on admet que la transmission du couple s'effectue par frottement, des accouplements en acier à serrage conique peuvent être utilisés.

Le coefficient de frottement à considérer ne peut être supérieur à 0,15.

15. Clavettes

15.1. Matériaux

Les clavettes sont fabriquées en acier au moins équivalent à l'acier A 590-2 selon la norme NBN A 21-201.

15.2. Calcul

Il ne peut être tenu compte de plus de deux clavettes par assemblage. Dans le cas d'arbres et moyeux cannelés, les calculs sont réalisés en prenant en compte 75 % des cannelures en contact.

Lors d'un assemblage par deux clavettes tangentielles, on considère qu'une seule clavette reprend entièrement le couple pour chaque sens de marche.

Pour le calcul de la pression de contact, la longueur utile de la clavette à considérer ne peut dépasser 2 fois le diamètre de l'arbre. Les pressions de contact admissibles p sont mentionnées dans le tableau 22 ci-dessous en fonction des matériaux utilisés pour l'arbre, le moyeu et la cale.

TABLEAU 22

Pression de contact admissible p en N/mm^2		
Niveau de sollicitation	Sens de sollicitation variable	Sens de sollicitation constant
1	$\frac{0,7\sigma_{sw}}{1,5}$	$\frac{\sigma_{sw}}{1,5}$
2	$\frac{0,7\sigma_{sw}}{1,33}$	$\frac{\sigma_{sw}}{1,33}$
3	$\frac{0,7\sigma_{sw}}{1,1}$	$\frac{\sigma_{sw}}{1,1}$

σ_{sw} est la contrainte critique telle que définie dans la norme NBN E 52-004, article 5.4. C'est la plus petite des valeurs de σ_{sw} correspondant aux matériaux de l'arbre, du moyeu et de la cale qui est prise en considération.

La valeur σ_{sw} est choisie à :

- 350 N/mm^2 pour les arbres ayant subi un durcissement superficiel ;
- 280 N/mm^2 pour les arbres n'ayant pas subi un durcissement superficiel.

Moyennant justification et en fonction de la valeur de la contrainte critique des matériaux, des valeurs plus élevées peuvent être admises.

16. Plaques d'appuis et fourrures de réglage

Les plaques d'appui et les fourrures de réglage sont réalisées suivant les prescriptions du 10^{ème} alinéa de l'article i.2. "Montage des mécanismes" du présent cahier des charges type.

17. Ressorts

17.1. Ressorts métalliques

17.1.1. Généralités

Parmi les ressorts métalliques, ne sont envisagés que les plus couramment utilisés en construction mécanique, à savoir :

- les ressorts hélicoïdaux de compression ou de traction, qui subissent une contrainte de torsion ;
- les ressorts à rondelles élastiques, qui subissent une contrainte de flexion.

Pour les ressorts hélicoïdaux, seule l'exécution avec fil à section circulaire est retenue.

Dans le cas d'une sollicitation en traction, une butée mécanique est prévue pour limiter le déplacement de l'organe fixé au ressort en cas de rupture de ce dernier.

17.1.2. Ressorts hélicoïdaux

17.1.2.1. Calcul

Le rapport entre le diamètre d'enroulement D et le diamètre du fil d est compris entre 4 et 25.

Le calcul de la charge admissible et de la flèche du ressort tient compte de la courbure du fil.

La contrainte de comparaison maximale ne peut dépasser 50 % de la limite d'élasticité. Pour les ressorts comprimés, la sécurité au flambage est supérieure ou égale à 2.

17.1.2.2. Dispositions constructives

17.1.2.2.1. Acier utilisé

L'acier utilisé est choisi parmi les aciers pour ressorts faisant l'objet de la norme NBN EN 10089, NBN EN 10132-4 et NBN EN 10270 1 à 3.

Après enroulement, les ressorts subissent un traitement thermique avec trempe et revenu.

17.1.2.2.2. Dispositions concernant les ressorts de compression

Les bases des ressorts sont dressées de manière à réaliser une portée plane, perpendiculaire à l'axe du ressort.

Le nombre total de spires n_t est tel que

$$n_t = n + (1,5 \text{ à } 2),$$

n étant le nombre de spires utiles.

Les tolérances sur les caractéristiques principales des ressorts sont consignées dans le tableau 23 ci-après :

TABLEAU 23

Hauteur du ressort à l'état libre L_0	2,5 %
Diamètre extérieur	1,5 %
Diamètre intérieur	1,5 %
Inclinaison de l'axe par rapport aux bases	2 %
Inclinaison d'une base par rapport à l'autre	3 %
Flexibilité $\frac{L_0 - L_P}{P}$	8 %
Flexibilité $\frac{2(L_{0,4P} - L_{0,9P})}{P}$	5 %

dans lequel :

- P : charge nominale du ressort ;
- L_0 : hauteur du ressort à l'état libre ;
- L_P : hauteur du ressort sous l'action de la charge P ;
- $L_{0,4P}$: hauteur du ressort sous l'action de la charge 0,4P ;
- $L_{0,9P}$: hauteur du ressort sous l'action de la charge 0,9P.

Les ressorts sont huilés ou graissés.

Si nécessaire, les ressorts sont grenailés superficiellement de manière à posséder une meilleure endurance.

17.1.2.2.3. Dispositions concernant les ressorts de traction

A l'état libre, les spires du ressort sont jointives.

Les ressorts devant transmettre des efforts importants sont soumis à une tension préalable. L'effort de précontrainte F_0 est limité aux valeurs suivantes:

$$F_0 \leq \frac{F_{lim}}{5} \quad \text{si} \quad d < 5 \text{ mm} ;$$

$$F_0 \leq \frac{F_{lim}}{4} \quad \text{si} \quad d \geq 5 \text{ mm}$$

dans lesquelles :

F_{lim} = effort provoquant dans le fil une contrainte égale à la limite d'élasticité du matériau ;
 d = diamètre du fil.

Les tolérances sur les diamètres (intérieur, moyen et extérieur), la raideur du ressort et la hauteur du ressort à l'état libre sont celles de la norme DIN 2097.

17.1.2.3. Essais

17.1.2.3.1. Essais sur les ressorts de compression

Les ressorts de compression sont soumis à un essai d'élasticité de courte durée et un essai de flexibilité, définis ci-après.

Si le cahier spécial des charges l'impose, des essais complémentaires sont exécutés, à savoir un essai d'élasticité de longue durée et un essai d'endurance.

En vue des essais, les ressorts sont regroupés par lots ne reprenant que des ressorts d'un même type.

10 % des ressorts d'un même lot sont soumis aux essais, avec un minimum d'une unité par lot.

17.1.2.3.1.1. Essai d'élasticité de courte durée

Le ressort, placé sur un support métallique plan et rigide, est soumis à deux compressions successives à bloc, c'est-à-dire l'amenant à sa hauteur minimale.

La mise à bloc est effectuée progressivement et maintenue pendant une durée de deux minutes. Après chaque compression, le ressort est libéré, et sa hauteur est mesurée.

Suite à cet essai, le ressort ne peut présenter aucune fissure. Il ne peut y avoir de différence entre la première et la seconde mesure. La hauteur du ressort doit rester dans les tolérances indiquées à l'article e.17.1.2.2.2.

17.1.2.3.1.2. Essai de flexibilité

Le ressort, placé sur un support métallique plan et rigide, est soumis à une compression par application progressive d'une charge d'essai égale à la charge nominale P du ressort.

Le ressort est soumis progressivement, à partir de l'état libre, à la charge 0,4 P, puis à la charge 0,9 P, et enfin à la charge P.

Les hauteurs $L_{0,4P}$, $L_{0,9P}$, L_P , prises par le ressort sous chacune des charges correspondantes, sont mesurées après avoir maintenu ces efforts pendant 2 minutes.

Les 2 rapports $\frac{L_0 - L_P}{P}$ et $\frac{2(L_{0,4P} - L_{0,9P})}{P}$ et doivent être dans les tolérances indiquées à l'article e.17.1.2.2.2.

17.1.2.3.1.3. Essai d'élasticité de longue durée

Le ressort, placé sur un support métallique plan et rigide, est soumis à deux compressions successives à la charge nominale, l'une de courte durée (2 minutes), l'autre d'une durée de 48 heures consécutives avec un plombage du dispositif maintenant le ressort comprimé.

Après chaque compression, le ressort est libéré et sa hauteur est mesurée. Les résultats obtenus doivent répondre aux mêmes critères qu'à l'article e.17.1.2.3.1.1.

17.1.2.3.1.4. Essai d'endurance

Le ressort, placé sur un support métallique plan et rigide, est soumis :

- à une série de compressions dont l'amplitude, le nombre et la fréquence sont spécifiés au cahier spécial des charges ;
- à un essai d'élasticité de courte durée ;
- à un essai de flexibilité.

A la suite de cet essai, le ressort ne peut présenter aucune fissure. Il doit satisfaire à l'essai de flexibilité, et doit conserver, à l'état libre une hauteur égale à celle mesurée après l'essai d'élasticité de courte durée.

17.1.2.3.2. Essais sur les ressorts de traction

Les ressorts de traction sont soumis à un essai d'extensibilité défini ci-après. Le nombre des ressorts à tester est déterminé comme à l'article e.17.1.2.3.1.

17.1.2.3.2.1. Ressorts sans précontrainte

Partant du ressort à l'état libre, on étire celui-ci sous des efforts P_1 et P_2 correspondant à des allongements L_1 et L_2 tels que :

- $L_1 = 1,2 L_0$;
- $L_2 = 1,7 L_0$.

L_0 étant la hauteur du ressort à l'état libre.

La raideur du ressort, définie par le rapport $\frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1}$, doit être dans les tolérances mentionnées à l'article e.17.1.2.2.3.

17.1.2.3.2.2. Ressorts avec précontrainte

Partant du ressort à l'état libre, on étire celui-ci sous des efforts P_1 et P_2 correspondant à des allongements L_1 et L_2 tels que :

$$L_2 - L_0 = 2(L_1 - L_0) \leq 2 L_0$$

L_1 étant suffisamment grand pour obtenir un écartement visible entre toutes les spires utiles. La précontrainte initiale est $F_0 = 2P_1 - P_2$.

La raideur du ressort, définie par le rapport $\frac{P_2 - P_1}{L_2 - L_1}$, doit être dans les tolérances mentionnées à l'article e.17.1.2.2.3.

17.1.3. Ressorts à rondelles élastiques (Belleville)

Un ressort à simple rondelle est constitué d'une rondelle élastique percée et tronconique en acier.

Les rondelles répondent à la norme DIN 2093 quant aux dimensions, aux tolérances, et aux matériaux.

Les charges admissibles sont choisies comme suit :

- en charge statique, la flèche du ressort ne peut dépasser 75 % de la hauteur libre (flèche maximale jusqu'à écrasement) ;
- en charge dynamique, la flèche ne peut dépasser 30 % de la hauteur libre.

Si on utilise un empilage de ressorts simples, l'empilage doit être guidé. La surface de guidage doit avoir une dureté superficielle d'au moins 300 HB.

17.2. Ressorts en caoutchouc

Le caoutchouc utilisé pour des ressorts est du caoutchouc naturel. L'entrepreneur soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant les données suivantes :

- la charge maximale du ressort ;
- la caractéristique contrainte - déformation du ressort ;
- la dureté du caoutchouc, mesurée suivant la norme NBN ISO 48 ;
- la résistance à la traction du caoutchouc et l'allongement à la rupture, déterminés suivant la norme NBN ISO 37 ;
- la résistance au déchirement, déterminée selon la norme NBN ISO 34-1 et 2 ;
- la déformation rémanente maximale après compression sous déformation constante, déterminée selon la norme NBN ISO 815 ;
- la résistance au vieillissement accéléré, déterminée selon la norme NBN ISO 188.

Sous charge statique, les ressorts sont dimensionnés de manière que la déformation sous la charge maximale de service soit limitée à 15 % de la hauteur libre du ressort en compression et à 50 % en cisaillement. Par hauteur libre du ressort, on entend la hauteur du ressort à l'état libre, déduction faite des éventuelles plaques métalliques dont il serait pourvu.

Sous charge dynamique, les valeurs précitées sont réduites d'un tiers.

Le ressort est testé avec une surcharge de 50 % par rapport à sa charge maximale de service. La tolérance sur la raideur du ressort est alors de 20 % par rapport à sa raideur théorique.

Aucune craquelure ne peut apparaître lors de l'essai, et la déformation du profil doit rester bien régulière.

Pour les ressorts en caoutchouc vulcanisé sur des plaques métalliques, l'adhérence du caoutchouc au métal est testée suivant la norme NBN ISO 813.

Le cahier spécial des charges spécifie si une résistance particulière est requise vis-à-vis de l'abrasion, de l'huile, des acides ou des bases, du vieillissement dû à la lumière ou à l'ozone.

18. Courroies - Poulies

Les normes internationales suivantes sont d'application : ISO 254, ISO 255, ISO 1081, NBN ISO 1604, ISO 1813, ISO 4183, ISO 8370-1, ISO 8370-2, ISO 9982.

Seules les courroies trapézoïdales sont admises.

L'utilisation des courroies trapézoïdales n'est pas autorisée pour des mouvements de lavage, mais est admise pour des mouvements de translation et pour l'entraînement de pompes, d'alternateurs, etc.

Le nombre de courroies trapézoïdales doit être supérieur d'une unité au nombre théorique exigé pour la transmission de la puissance du moteur.

La tension des courroies doit être réglable.

19. Chaînes à douilles et à rouleaux pour la transmission de puissance

Les chaînes à douilles et à rouleaux, et les roues dentées correspondantes sont conformes aux prescriptions de la norme ISO 606.

Pour chaque transmission de ce type, une note de calcul justifiant le choix de la chaîne est établie conformément aux prescriptions de la norme ISO 10823.

Un tendeur de chaîne réglable est prévu si l'entraxe des roues dentées l'exige.

La lubrification des chaînes est conforme aux prescriptions de la norme précitée et du chapitre k du présent cahier des charges-type 400. Le nombre de dents de la roue et le nombre de maillons d'une chaîne fermée doivent être premiers entre-eux.

20. Assemblage par frettage

Un assemblage par frettage pour la transmission d'un couple n'est admis que si une transmission par clavettes, broches, boulons tournés ou arbre cannelé n'est pas possible.

Avant que les pièces ne soient assemblées, un contrôle de l'ajustement est exécuté en présence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

Le couple maximal transmissible est calculé en se basant sur la valeur maximale de l'alésage et la valeur minimale du diamètre de l'arbre. Pour le calcul, les coefficients de frottement suivants sont adoptés :

- $f = 0,15$ pour acier sur acier ;
- $f = 0,10$ pour acier sur fonte ;
- $f = 0,10$ pour acier sur bronze autolubrifiant.

Un coefficient de sécurité $\nu = 2$ est adopté pour le niveau de sollicitation 3.

Les contraintes maximales sont calculées en se basant sur la valeur minimale de l'alésage et la valeur maximale du diamètre de l'arbre, conjointement aux contraintes dues aux sollicitations extérieures. La contrainte de comparaison est définie comme suit :

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 - \sigma_t \sigma_r}$$

dans laquelle :

- σ_t = contrainte normale tangentielle ;
- σ_r = contrainte normale radiale.

Il est également contrôlé :

- que pour des matériaux doux ($\sigma_t \leq 450 \text{ N/mm}^2$), la contrainte maximale de cisaillement τ est plus petite que la valeur admissible ;
- que pour des matériaux durs ($\sigma_t > 450 \text{ N/mm}^2$), la contrainte normale maximale σ_t est plus petite que la valeur admissible.

Si d'autres sollicitations sont appliquées à l'assemblage par frettage (flexion, cisaillement, effort axial,...) il doit en être tenu compte dans le calcul de la contrainte de comparaison.

f. CHOIX ET ESSAI DES MATIERES

1. Objet du chapitre

La nature et les caractéristiques des matières utilisées pour la construction des différents types de pièces, ainsi que certains essais ou contrôles complémentaires sont décrits dans les paragraphes du présent cahier des charges-type se rapportant à ces pièces.

Ce chapitre donne les directives générales relatives aux choix des matières, les essais auxquels elles doivent être soumises, ainsi que la procédure de réception à suivre.

Le pouvoir adjudicateur est toujours invité à effectuer les essais de réception.

2. Choix des matières

2.1. Généralités

Les matières doivent répondre aux prescriptions mentionnées ci-dessous.

2.2. Acier

Les produits en acier sont définis dans la norme NBN EN 10079 qui précise également les normes européennes auxquelles ils répondent.

Selon le type d'acier et l'application considérée, l'acier répond aux normes suivantes :

- NBN EN 10025-1 à 6 pour les aciers d'utilisation courante pour la construction métallique ;
- NBN A 21-201 pour les aciers au carbone d'usage courant pour la construction mécanique ;
- NBN EN 10083-1 pour les aciers pour trempe et revenu ;
- NBN EN 10083-2 pour les aciers pour trempe et revenu non alliés ;
- NBN EN 10083-3 pour les aciers pour trempe et revenu alliés ;
- NBN EN 10084 pour les aciers pour cémentation ;
- NBN EN 10088-1 à 3 pour l'acier inoxydable ;
- NBN EN 10085 pour l'acier nitruré ;
- NBN EN 10089 pour les aciers pour ressort trempé et revenu.

2.3. Acier pour utilisation courante dans les constructions métalliques

2.3.1 Généralités

Les tableaux 2, 3 et 4 figurant dans les normes ci-dessous, sont complétés, le cas échéant, par les prescriptions suivantes. La numérotation est celle des normes correspondantes.

2.3.1.1. NBN EN 10025-1

- Article 8 - Réception et essais :
 - Article 8.1 Généralités. Les produits sont fournis selon les prescriptions du tableau 1 du chapitre 5.2 de la NBN EN 1090-2.
- Article 13 - Options. Seules les options ci-dessous sont d'application :
 - 1) le procédé d'élaboration de la qualité de l'acier est indiqué ;
 - 2) une analyse chimique des produits est effectuée par l'autorité de contrôle.
L'analyse chimique du produit se réfère à des éléments indiqués dans la formule de

- l'équivalent carbone (C, Mn, Ni, Cu, Cr, Mo et V), ainsi que sur les éléments Si, P, S et N (voir, 7.2.2, 8.3.3 et 8.4) ;
- 3) la ductilité JR doit être vérifiée par des essais (Voir 7.3.2.2 et 8.4) ;
 - 4) les produits de qualité J2 et K2 fortement sollicités selon leur épaisseur sous l'effet des contraintes introduites par le soudage ou par des actions externes, satisfont aux caractéristiques de déformation améliorées perpendiculaires à la surface conformément à la NBN EN 10164 (voir 7.3.3 et l'art. 5.3.4 de la NBN EN 1090-2) (l'acier doit résister à l'arrachement lamellaire) ;
 - 5) si les pièces sont destinées à la galvanisation à chaud, cette option est d'application (voir 7.4.3) ;
 - 9) l'inspection de l'état de surface et le contrôle des dimensions sont effectués par le fonctionnaire dirigeant dans l'usine du constructeur ;
 - 10) Les produits sont marqués à la peinture, tampon, marquage laser, code barres, étiquettes durables adhésives ou des étiquettes attachées mentionnant ce qui suit :
 - l'acier et la nuance de l'acier ;
 - l'état de livraison (si applicable) ;
 - un numéro qui peut identifier la coulée (si la réception est par coulée) ;
 - le nom du fabricant ou sa marque de fabrique ;
 - la marque de l'organisme de contrôle (le cas échéant).

2.3.1.2. NBN EN 10025-2

- Article 1 - Domaine d'application
Les nuances d'acier S185, E295, E355 et E360 sont interdites
- Article 13 - Options. Les options énumérées à l'article f.2.3.1.1 ci-dessus (NBN EN 10025-1) sont d'application, complétées par les options ci-dessous (NBN EN 10025-2) :
 - 5) si les pièces sont destinées à la galvanisation à chaud, cette option est d'application (voir 7.4.3). Lorsque l'acier n'est pas de la classe 1 ou 3 dans le tableau 1, la composition chimique de l'acier soumis à la galvanisation est contrôlée ;
 - 19a) l'état de livraison + N est exigé ;
 - 21) la grosseur du grain des produits de qualité J2 et K2 d'une épaisseur nominale < 6 mm doit être vérifiée à la place de l'épreuve de ductilité. Si la teneur en aluminium dans l'analyse de l'échantillon est supérieure à 0,02 % d'aluminium total, cette exigence n'est plus vérifiée. La grosseur du grain ferritique doit être supérieure ou égale à 6. La grosseur des grains est définie dans la NBN EN ISO 643 (voir 7.3.2.3) ;
 - 22) pour les barres destinées à l'étrépage à froid, cette option est d'application (voir 7.4.2.2.4). Elles sont au moins de qualité J0 ;
 - 24) la vérification des propriétés mécaniques pour la qualité JR peut être effectuée par lot ou par coulée. Lorsque la réception est effectuée par coulée, un certificat de réception pour chaque coulée est délivré (voir 5.1.b et 8.3.1.1) ;
 - 26) la teneur maximale en carbone (analyse de coulée) pour les profilés d'une épaisseur nominale supérieure à 100 mm est identique à celle prévue pour le matériau d'une épaisseur nominale supérieure à 40 mm (voir les tableaux 2 et 4) ;
 - 28) les valeurs minimales de flexion par choc pour des profilés d'une épaisseur nominale supérieure à 100 mm seront identiques à celles prévues pour les produits plats d'une épaisseur nominale supérieure à 150 mm (voir le tableau 9).

2.3.1.3. NBN EN 10025-3

- Article 13 - Options. Les options énumérées à l'article f.2.3.1.1 ci-dessus (NBN EN 10025-1) sont d'application, complétées par les options ci-dessous (NBN EN 10025-3) :
 - 5) si les pièces sont destinées à la galvanisation à chaud, cette option est d'application (voir 7.4.3). Lorsque l'acier n'est pas de la classe 1 ou 3 dans le tableau 1, la composition chimique de l'échantillon soumis à la galvanisation est fournie ;

- 12) si les tôles, bandes d'acier d'une épaisseur nominale ≤ 8 mm, sont destinées à la production de profils par laminage à froid, selon les termes de 7.4.2.2.3, cette option est d'application.

2.3.1.4. NBN EN 10025-4

- Article 13 - Options. Les options énumérées à l'article f.2.3.1.3 ci-dessus (NBN EN 10025-3) sont d'application.

2.3.1.5. NBN EN 10210-1 : Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins - Partie 1 : Conditions techniques de livraison.

- Article 5.2 - Options. Les options ci-dessous sont applicables :
 - 1.1 l'analyse chimique des produits est effectuée pour les nuances d'acier S275 et S355 (voir 6.5.1) ;
 - 1.2 la teneur en Cr, Cu, Mo, Ni, Ti et V de l'analyse de coulée est mentionnée, pour les aciers non alliés, dans le rapport de réception (voir 6.5.2) ;
 - 1.3 la ductilité des qualités JR et JO est déterminée par des essais (voir 6.6.4) ;
 - 1.4 si les pièces sont destinées à la galvanisation à chaud, cette option est d'application (voir 6.7.2) ;
 - 1.6 les produits sont livrés en conformité aux dispositions du tableau 1 de l'art. 5.2 de la NBN EN 1090-2 et de ce chapitre.

2.3.1.6. NBN EN 10219-1 : Profils creux pour la construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins - Partie 1 : Conditions techniques de livraison.

- Article 5.2 - Options. Les options ci-dessous sont applicables :
 - 1.1 analyse des produits est effectuée pour les nuances d'acier S275 et S355 (voir 6.6.1) ;
 - 1.2 la teneur en Cr, Cu, Mo, Ni, Ti et V de l'analyse de coulée est mentionnée, pour les aciers non alliés, dans le rapport de réception (voir 6.6.2) ;
 - 1.3 la ductilité des qualités JR et JO est déterminée par les essais (voir 6.7.4) ;
 - 1.4 si les pièces sont destinées à la galvanisation à chaud, cette option est d'application (voir 6.8.2) ;
 - 1.6 les produits sont livrés en conformité avec les dispositions du tableau 1 de 5.2 de la NBN EN 1090-2 et de ce chapitre.

2.3.1.7. Détermination du type et de la qualité de l'acier

La détermination du type et de la qualité de l'acier selon les normes NBN EN 10025-1 à 6, NBN EN 10210-1 et NBN EN 10219-1 se fait conformément au tableau 2.1 de la NBN EN 1993-1-10 et selon le tableau 4 de la NBN EN 1993-1-12.

Il est dérogé à cette disposition pour EXC4, dans ce cas la qualité minimale de l'acier est J2 + N, indépendamment de l'épaisseur.

2.4. Acier au carbone pour utilisation courante dans la construction mécanique

Les aciers au carbone pour utilisation courante dans la construction mécanique répondent à la norme NBN A 21-201 en prenant en compte les prescriptions suivantes qui se réfèrent à la numérotation de la norme.

Chapitre 3 - Choix des nuances et qualités.

Tous les alinéas de ce chapitre, hormis les alinéas h, i et o, sont pris en considération et toutes les prescriptions précisées dans celui-ci sont d'application.

Chapitre 7 - Caractéristiques chimiques.

Lorsque le matériau est soudé, le producteur fournit non seulement l'analyse chimique de coulée des éléments P et S (tableau IV) mais en outre la teneur en C, Mn, Si, Cr, Mo. La teneur maximale en carbone est limitée à 0,20 %.
La teneur maximale en carbone équivalent (telle que définie dans la norme NBN EN 10025-1, article 7.2.3.) est limitée à 0,43 %.

Chapitre 9 - Soudabilité.

Lorsque le matériau est soudé, il est prévu, à raison d'un essai par coulée, un essai de pliage avec cordon soudé, défini au paragraphe 5 - Annexe au chapitre f.-Essai de pliage sur cordon soudé.

Chapitre 11 - Conditions techniques de livraison

11.2. - Nombre d'essais

Le contrôle renforcé de qualité (c.à.d. deux séries d'essais par réception) est toujours d'application.
Une série d'essais suffit lorsque le produit est en une seule pièce.

Lorsque l'acier est forgé, deux séries d'essais sont prévues par coulée et par lot de 5 tonnes de matière (ou fraction de ce tonnage), pour autant qu'il s'agisse de pièces forgées de la même façon (notamment de pièces de mêmes dimensions ou de dimensions légèrement différentes). Une série d'essais suffit lorsque le produit est en une seule pièce.

En l'absence de prescriptions dans les documents du marché, la qualité de l'acier est au moins de A 490 - 2.

2.5. Aciers moulés

Les aciers moulés répondent aux normes :

- NBN EN 1559-1 - Fonderie - Conditions techniques de fourniture - Partie 1 : Généralités ;
- NBN EN 1559-2 - Fonderie - Conditions techniques de fourniture - Partie 2 : Spécifications complémentaires pour les pièces moulées en acier ;
- NBN EN 10283 - pour l'acier moulé résistant à la corrosion ;
- NBN EN 10293 - Aciers moulés d'usage général ;
- NBN EN 10340 - Aciers moulés pour construction.

Ces normes sont modifiées ou complétées par les prescriptions suivantes qui se réfèrent à la numérotation de la norme NBN EN 1559-1 :

- l'annexe A de la norme est normative ;
- l'article 4.1.b est complété comme suit :

sauf indication contraire dans les documents contractuels l'acier moulé est choisi de type respectivement GE200 ou GS240 de préférence à d'autres types ;

- l'article 6.2.2 est complété comme suit :

le fabricant doit avoir l'accord du fonctionnaire dirigeant avant que le soudage de production puisse être entrepris. La procédure de soudage doit être approuvée et le certificat de qualification des soudeurs délivré ;

- l'article 7.2.2 est complété comme suit :

si deux valeurs de la ductilité sont données dans le tableau 3, l'essai de ductilité est toujours réalisé à la température ambiante ;

- l'article 7.3.3 est complété comme suit :

toutes les pièces sont inspectées visuellement à 100 %.

Par coulée un examen par ultrasons ou radiographique est effectué.

Par coulée une pièce moulée est examinée magnétiquement ou par ressuage.

Pour la réception du point de vue de l'aspect, les pièces moulées doivent être disposées ou placées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de la réception, être enduites d'huile, de peinture, etc. Des marques peintes sont toutefois tolérées.

Les pièces moulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage.

Sauf convention contraire, le niveau de sévérité 4 s'applique comme niveau d'acceptabilité pour :

- l'examen visuel selon la NBN EN 12454 ;
- l'examen par ultrasons selon la NBN EN 12680-1 ;
- l'examen radiographique selon la NBN EN 12681 ;
- les essais magnétiques selon la NBN EN 1369 ;
- les essais de ressusage selon la NBN EN 1371-1.

Si lors de l'usinage des pièces moulées, des défauts sont constatés, l'entrepreneur soumet éventuellement à l'administration, des propositions de réparation. Si les réparations ne peuvent être effectuées avec l'accord du pouvoir adjudicateur, il peut alors décider d'examiner les zones réparées par un examen ultrasonique ou radiographique qui répond aux exigences ci-dessus.

Si des défauts ne sont constatés que dans une partie de la fourniture, le pouvoir adjudicateur peut décider de contrôler la totalité de la fourniture dans les zones concernées par ultrasons ou radiographie qui répond aux exigences ci-dessus ;

- l'article 8.2.1 est complété comme suit :

La réception des produits s'opère conformément à l'article f.3.1.3.3. du présent paragraphe ;

- l'article 8.3.2 est complété comme suit :

les propriétés mécaniques sont contrôlées par coulée. Dans ce cas, toutes les pièces d'une même coulée subissent le même traitement thermique dans le même four.

L'entrepreneur fournit les preuves nécessaires avant le début de la réception.

Si les pièces d'une même coulée sont traitées dans différents fours, le contrôle des propriétés mécaniques est effectué par lot d'un même four. Si la fonderie peut démontrer que les pièces sont traitées thermiquement de manière identique dans les

différents fours (température, durée du traitement, refroidissement, ...), le fonctionnaire dirigeant peut décider de réceptionner par coulée ;

- l'article 8.4 est complété comme suit :

deux pièces au moins par coulée et par four comportent des appendices adhérents de dimensions suffisantes pour permettre le prélèvement d'éprouvettes pour les essais de traction et de barreaux pour les essais de ductilité. Ces appendices pour éprouvettes restent attenants aux pièces jusqu'à la fin des opérations de recuit et ne peuvent être détachés qu'après le contrôle de la qualité du recuit par l'agent réceptionnaire.

Ne sont détachés en premier lieu que les seuls appendices nécessaires pour la réalisation d'une série d'éprouvettes et de barreaux d'essai. Les autres sont réservés pour effectuer éventuellement des contre-essais et restent adhérents aux pièces jusqu'à la fin des corrections qui auront pu être décidées suite aux résultats obtenus lors des premiers essais.

Après prélèvement, les éprouvettes et les pièces moulées ne peuvent subir aucun traitement susceptible de modifier les caractéristiques du métal. Les lingots échantillons moulés à part ne sont autorisés qu'exceptionnellement, si par exemple, la forme des pièces ne permet pas une autre procédure, ce dont l'administration est seule juge.

En cas d'acceptation de lingots échantillons moulés à part, ceux-ci sont réalisés en présence de l'agent réceptionnaire.

Pour contrôler le recuit, chaque échantillon ci-dessus comporte un nombre suffisant d'appendices (au moins 2), placés à des endroits caractéristiques de la pièce et répartis entre les différentes sections dans des proportions adaptées à celles de la pièce ainsi que dans les zones de raccordement avec la pièce, elles sont d'une épaisseur minimale de 20 mm. Une partie de ces appendices est cassée en présence de l'agent réceptionnaire. Un examen de la fracture permet de voir si le traitement thermique de l'ensemble des pièces s'est effectué dans de bonnes conditions. Les appendices non cassés servent à vérifier si un second recuit est nécessaire.

2.6. Acier forgé

Les aciers forgés répondent aux prescriptions des normes suivantes :

- NBN EN 10250-1 - Pièces forgées en acier pour usage général : Partie 1 : Exigences générales ;
- NBN EN 10250-2 - Pièces forgées en acier pour usage général : Partie 2 : Aciers de qualité non alliés et aciers spéciaux ;
- NBN EN 10250-3 - Pièces forgées en acier pour usage général : Partie 3 : Aciers spéciaux alliés ;
- NBN EN 10250-4 - Pièces forgées en acier pour usage général : Partie 4 : Aciers inoxydables.

La norme NBN EN 10250-1 est complétée par les prescriptions suivantes, la numérotation étant celle de la norme :

- Article 5.1 Informations obligatoires :

l'entrepreneur détermine le type d'acier, la forme et les dimensions des pièces

forgées. Ces informations sont incluses dans la demande de prix de même que les options énumérées à l'article 5.2 ;

- Article 5.2 Options :

Les options suivantes de l'annexe A s'appliquent:

- A.3 Degré de corroyage :

par le forgeage, la section de la pièce est réduite au moins au 1/3 de la section primitive du lingot et au 1/5 au plus. La pièce est forgée de manière à approcher la forme définitive, le forgeage doit orienter l'écoulement du métal dans la direction la plus favorable pour la sollicitation en service. Après forgeage, les pièces subissent un recuit de normalisation, suivi éventuellement d'un revenu pour les pièces très épaisses. Le métal est sain, exempt de criques et de séparations internes ;

- A.9 Analyse des produits :

l'échantillon pour l'analyse des produits est tiré de la pièce de test destinée à la réalisation des essais mécaniques.

- A.14 Essai de corrosion intergranulaire :

- La réception des produits s'opère conformément à l'article f.3.1.3.4. du présent paragraphe.

2.6.1. Contrôle des caractéristiques mécaniques

Des possibilités de prélèvements supplémentaires ou des échantillons de réserve doivent être prévus dans l'éventualité où les résultats des essais auraient montré la nécessité de faire subir un nouveau traitement thermique aux pièces soumises à la réception. Dans le cas où les échantillons auraient définitivement été séparés des pièces, lors du premier prélèvement, toute garantie doit être donnée à l'agent de l'administration, avec possibilité de vérification, que les échantillons sont traités identiquement et en même temps que les pièces.

2.6.2. Prescriptions de qualité selon la destination

Les caractéristiques des aciers forgés sont conformes aux prescriptions de la norme NBN EN 10250-2, 3 et 4.

2.6.3. Modalités d'exécution des essais

Essai de traction

L'essai de traction est réalisé conformément à la NBN EN ISO 6892-1.

Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy

L'essai est réalisé conformément à la NBN EN ISO 148-1 et 3.

Essai de pliage

L'essai est réalisé conformément à la norme ISO 3651-2.

2.7. Aciers inoxydables

Les aciers inoxydables répondent aux prescriptions des normes suivantes :

- NBN EN 10088-1 - Aciers inoxydables : Partie 1 : Listes des aciers inoxydables ;
- NBN EN 10088-2 - Aciers inoxydables : Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et des bandes pour usage général ;
- NBN EN 10088-3 - Aciers inoxydables : Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machine, et profils pour usage général.

En principe, toujours opté pour des aciers inoxydables austénitiques.

Pour les structures soudées en acier inoxydable le duplex (austénitique - ferritique) peut également être sélectionné.

Le tableau 24 ci-après donne un choix possible des aciers inoxydables :

TABLEAU 24

Aciers inoxydables non soudés	
Type d'acier	Application
X5CrNiMo 17-12-2 (1.4401 / AISI 316)	Environnement agressif (Par exemple, l'environnement urbain, industriel et / ou maritime). Ouvrages d'art hydrauliques
X17CrNi16-2 (1.4057 / AISI 431)	Axes, boulonnerie inoxydable
X5CrNi 18-10 (1.4301 / AISI 304)	Autres applications non structurantes
Aciers inoxydables soudés	
Type d'acier	Application
X2CrNiMo 17-12-2 (1.4404 / AISI 316L) X6CrNiMoTi 17-12-2 (1.4571 / AISI 316Ti) X6CrNiMoNb 17-12-2 (1.4580 / AISI 316Cb) X2CrNiMoN 22 5-3 (1.4462)	Environnement agressif (Par exemple, l'environnement urbain, industriel et / ou maritime). Ouvrages d'art hydrauliques
X2CrNi 19-11 (1.4306 / AISI 304L)	Autres applications non structurantes

2.8. Fontes

2.8.1. Généralités

Les fontes répondent aux prescriptions des normes suivantes :

- NBN EN 1561 : Fonderie - Fonte à graphite lamellaire ;
- NBN EN 1563 : Fonderie - Fonte à graphite sphéroïdal.

Les barreaux d'essais doivent être attenants aux pièces, il ne peut être dérogé à cette disposition que moyennant l'accord de l'administration.

Les pièces coulées présentées en réception sont propres et exemptes de sable de moulage et de battitures. Elles ne présentent ni creux, ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts susceptibles de compromettre leur utilisation ou rendre leur achèvement ultérieur plus difficile.

2.8.2. Fonte grise à graphite lamellaire

L'appellation fonte grise à graphite lamellaire fait allusion à la teinte de la fracture. Le carbone est sous forme libre, c'est-à-dire sous la forme de carbone cristallisé ou de graphite.

Il se présente sous forme lamellaire. Cette fonte est aussi appelée " fonte ordinaire. " Cette structure limite les caractéristiques mécaniques dont principalement la ductilité. L'utilisation de cette fonte n'est donc pas recommandée pour la réalisation de pièces devant subir des chocs et des déformations importantes.

La norme NBN EN 1561 est complétée par les prescriptions suivantes :

- Article 8. Echantillonnage :
en principe, les éprouvettes coulées sont prises sur des appendices attenants à la pièce. Si les appendices sont coulés à part, la coulée a lieu en présence du délégué de l'administration qui prend les dispositions nécessaires à l'identification des éprouvettes (date de la coulée, marques distinctives).
La réception par prélèvement au hasard d'une pièce de la fourniture peut être envisagée moyennant accord préalable entre les parties sur les modalités du prélèvement et sur les valeurs minimales des caractéristiques mécaniques à obtenir.

En outre les articles suivants sont ajoutés :

- Article 11. Contrôle de l'état de surface, de la taille et de la forme :
pour la réception du point de vue de l'aspect, les pièces coulées doivent être disposées ou placées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de la réception, être enduites d'huile, de peinture, etc. Des marques peintes sont toutefois tolérées.
Les pièces coulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage et de battitures ; elles ne présentent ni creux ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts, si ceux-ci compromettent leur utilisation ou rendent leur achèvement ultérieur difficile. La correction locale éventuelle des défauts par soudure ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration et selon les modalités préalablement acceptées par elle ;
- Article 12. Choix de la qualité :
sauf indication contraire dans les documents contractuels, les pièces sont de qualité au moins égale à EN-GJL- 250.

2.8.3. Fonte à graphite sphéroïdal (Fonte ductile)

La fonte ductile (fonte à graphite sphéroïdal) se différencie principalement de la précédente par la forme du graphite qui dans ce cas est sous forme de nodules.

Cette structure particulière lui confère des caractéristiques mécaniques meilleures et en particulier la ductilité.

Avec ce type de fonte, on peut envisager de réaliser des pièces plus importantes, tels que canalisations d'eau, opercules et corps de vannes, grilles importantes soumises à choc, pièces mécaniques.

La norme NBN EN 1563 est complétée par les prescriptions suivantes :

- Article 8. Echantillonnage :
en principe, les blocs-échantillons sont attenants aux pièces. Si les blocs-échantillons sont coulés à part, la coulée a lieu en présence du délégué de l'administration, qui

prend les dispositions nécessaires à l'identification des blocs-échantillons (date de la coulée, marques distinctives).

En outre les articles suivants sont ajoutés :

- Article 11. Contrôle de la ductilité :
les pièces de la fourniture portent au moins deux témoins permettant de vérifier si la fonte est bien ductile et remplit les exigences d'utilisation. Un témoin est cassé en présence du représentant du pouvoir adjudicateur.
La rupture ne peut être brusque, sans déformation. Les témoins ont une section de $\pm 5 \times 20$ mm.
En cas de résultats négatifs, les pièces litigieuses subissent un traitement thermique de recuit. L'efficacité de celui-ci est contrôlée par la cassure du second témoin ;
- Article 12. Contrôle de l'état de surface, de la taille et de la forme :
pour la réception du point de vue de l'aspect, les pièces coulées doivent être disposées ou placées de telle façon que toutes les faces puissent être convenablement examinées. Elles ne peuvent, lors de la réception, être enduites d'huile, de peinture, etc. Des marques peintes sont toutefois tolérées.
Les pièces coulées sont présentées en réception exemptes de sable de moulage et de battitures ; elles ne présentent ni creux ni soufflures, ni parties poreuses, ni crevasses ou autres défauts, si ceux-ci compromettent leur utilisation ou rendent leur achèvement ultérieur difficile. La correction locale éventuelle des défauts par soudure ne peut avoir lieu qu'avec l'accord de l'administration et selon les modalités préalablement acceptées par elle ;
- Article 13. Examens micrographiques :
l'administration se réserve le droit de procéder à des examens micrographiques sur des échantillons prélevés dans les pièces, afin de vérifier la nodularisation du graphite. Ces examens peuvent être effectués sur l'un des témoins de réserve visés à l'article 11 ;
- Article 14. Choix de la qualité :
sauf stipulation contraire au cahier des charges, les fontes à graphite sphéroïdal sont de qualité EN-GJS-400-18.
Pour les pièces soumises à des chocs, la qualité EN-GJS-400-18-RT est requise.

2.9. Aluminium

Selon le type, l'aluminium répond aux normes :

- NBN P 21-001, pour les types d'aluminium et les alliages d'aluminium d'usage courant pour produits corroyés ;
- NBN EN 1706, pour l'aluminium et les alliages d'aluminium coulés.

2.10. Alliages de cuivre

Les alliages de cuivre répondent NBN EN 1982.

Les essais suivants sont réalisés :

- l'analyse chimique ;
- l'essai de traction ;
- la mesure de dureté ;
- la taille de grain.

3. Réception des matières et des produits

3.1. Réception des matières

3.1.1. Généralités

Préalablement à toute réception, le programme des réceptions des matériaux, conforme aux plans de construction, est fourni au fonctionnaire dirigeant.

Ce programme d'essais comprend un aperçu des matériaux de tous les composants (classés en fonction de la numérotation de la nomenclature des plans de construction) en indiquant la nature et la qualité des matériaux et le type de document de réception conforme à la norme NBN EN 10204.

La fabrication ne peut commencer qu'après acceptation écrite des documents de réception des matériaux.

Un dossier complet avec tous les documents, essais de matériaux est remis au fonctionnaire dirigeant avec la demande d'acceptation provisoire.

En plus des essais éventuellement prescrits dans d'autres articles de ce cahier des charges-type, les essais des matières mentionnés dans les normes sont toujours exécutés.

La nature des essais à exécuter dépend de l'application finale du produit.

Lorsque les dimensions du produit ou de l'éprouvette dépassent celles mentionnées dans la norme, les caractéristiques de la matière doivent alors répondre à celles des dimensions les plus grandes mentionnées dans la norme.

Les éprouvettes pour les essais des matières sont réalisées à partir du produit lui-même ou d'une éprouvette attenante au produit.

L'entrepreneur est obligé de réaliser les éventuels traitements thermiques et alliages nécessaires afin de satisfaire à toutes les caractéristiques imposées au matériau. Les diagrammes de ces traitements thermiques sont à fournir.

3.1.2. Documents de réception

Les documents de réception sont conformes à la norme NBN EN 10204.

En fonction de la qualité des matériaux, un des documents suivants est fourni :

- relevé de contrôle type 2.2 pour toutes les parties normalisées disponibles couramment dans le commerce et n'exerçant pas une fonction dans un organe de commande ;
- certificat de réception type 3.2 pour tous les produits laminés, forgés, moulés, tréfilés, soudés ou usinés, les fontes, les aciers inoxydables et cela aussi bien pour les métaux ferreux que non ferreux (aluminium, cuivre et alliages de cuivre,...).

3.1.3. Acier

Lorsque la résilience de l'acier n'est pas indiquée dans la norme, la moyenne des valeurs de celle-ci sur 3 éprouvettes, mesurée sur éprouvette de résilience Charpy-V (suivant la norme NBN EN ISO 148-1), ne peut jamais être inférieure à 30 J à la température de 0°C.

3.1.3.1. Acier pour utilisation courante dans les constructions métalliques

La réception de matière s'effectue suivant la série de normes NBN EN 10025-1 à 4.

Pour les aciers de qualité J2 ou K2 d'épaisseur égale ou supérieure à 20 mm, qui ne sont pas normalisés ni parfaitement calmés, un essai de pliage avec cordon de soudure est effectué à raison d'un essai par coulée.

Les empreintes Baumann sont réalisées suivant la norme ISO 4968 (2010) Acier - Examen macrographique par empreinte au soufre (méthode Baumann).

Les empreintes Baumann ne sont pas réalisées sur les aciers de qualités J0, mais réalisées quelle que soit la nuance de l'acier lorsque la teneur en soufre est supérieure à 0,018 % sur coulée et/ou supérieure à 0,020 % sur produit.

Une empreinte est réalisée par série d'essais mécaniques, sauf pour les aciers de nuance S355 élaborés hors coulée continue, où 2 empreintes sont réalisées par série d'essai mécanique.

L'interprétation à donner au résultat fait l'objet d'une entente entre les parties.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants (voir aussi paragraphe 2.3.) :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de résilience ;
- éventuellement, essai de pliage avec cordon soudé, défini au § 5 - Annexe au présent paragraphe A.f. - Essai de pliage sur cordon soudé ;
- éventuellement la grosseur du grain ;
- éventuellement, empreinte Baumann.

3.1.3.2. Acier au carbone pour utilisation courante dans la construction mécanique

La réception de matière s'effectue suivant la norme NBN A 21-201, en tenant compte des prescriptions du chapitre f.2.4. du présent cahier des charges type.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de pliage ;
- essai de résilience ;
- essai de pliage avec cordon soudé, défini au § 5 - Annexe au paragraphe f.-Essai de pliage sur cordon soudé.

3.1.3.3. Acier moulé d'usage général

La réception de matière s'effectue suivant la norme NBN EN 10293.

Lorsque le matériau est soudé, sa teneur maximale en carbone est limitée à 0,20 %. La teneur maximale en carbone équivalent (telle que définie dans la norme NBN EN 10025-1, article 7.2.3.) est limitée à 0,43 %.

L'essai prévu à l'article 6 est réalisé par coulée.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de dureté ;
- essai de résilience Charpy V ;
- essai de pliage avec cordon soudé, défini au § 5 - Annexe au paragraphe f. - Essai de pliage sur cordon soudé.

3.1.3.4. Acier forgé d'usage courant

La réception de matière s'effectue suivant les clauses du chapitre f.2.6 du présent cahier des charges type.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de dureté ;
- essai de traction ;
- essai de flexion par choc ;
- essai de corrosion intergranulaire.

3.1.3.5. Aciers pour trempe et revenu et aciers alliés

La réception de matière s'effectue suivant la norme NBN EN 10083-1 à 06.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de résilience ;
- essai de dureté.

3.1.3.6. Acier inoxydable

Les caractéristiques de l'acier inoxydable laminé et forgé répondent à la norme NBN EN 10088-1. La réception de matière s'effectue de la même façon que celle décrite pour l'acier au carbone (paragraphe f.3.1.).

Les caractéristiques de l'acier moulé résistant à la corrosion répondent à la norme NBN EN 10283.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de résilience ;
- essai de pliage sur cordon soudé (voir l'annexe au chapitre f. du présent chapitre).

3.1.4. Fonte

3.1.4.1. Fonte grise à graphite lamellaire

La réception de matière s'effectue suivant la norme NBN EN 1561.

Le document de réception doit contenir les résultats de l'essai de traction.

3.1.4.2. Fonte à graphite sphéroïdal

La réception de matière s'effectue suivant la norme NBN EN 1563.

En résumé, le document de réception doit contenir les résultats des essais suivants :

- essai de traction ;
- essai de résilience ;
- essai de dureté.

3.1.5. Aluminium

La réception de matière de type d'aluminium et d'alliages d'aluminium d'usage courant pour produits corroyés, s'effectue suivant la norme NBN P 21-001.

La réception de matière de l'aluminium et des alliages d'aluminium coulés s'effectue suivant la norme NBN P 21-101.

Lorsque le matériau est soudé, il est soumis à l'essai de pliage sur un cordon soudé, fabriqué selon le système MIG ou TIG.

En résumé, le document de réception doit contenir, par coulée, les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de dureté ;
- essai de pliage sur cordon soudé (voir annexe au chapitre f.).

3.1.6. Alliages de cuivre

La réception de matière des alliages de cuivre s'effectue suivant les normes ISO 1554, ISO 1640, ISO 1811-2, ISO 3111, ISO 3112, ISO 4379, ISO 4382-1 et 2, ISO 4749, ISO 4751.

Lorsque le matériau est soudé, il est soumis à l'essai de pliage sur un cordon soudé, réalisé selon le système MIG ou TIG.

En résumé, le document de réception doit contenir par coulée les résultats des essais suivants :

- analyse chimique ;
- essai de traction ;
- essai de déformation ;
- essai de dureté ;
- grosseur des grains (voir la norme) ;
- essai de pliage sur cordon soudé (voir annexe au chapitre f.).

3.2. Contrôle des produits

Les produits n'ont aucun défaut qui soit incompatible avec leur destination ou nuisible pour l'usinage. L'existence d'un défaut, constaté lors de la réception ou durant l'usinage, conduit à un contre-examen du produit par tout moyen (tel qu'essai de pénétration, magnaflux, examen ultrasonique, examen radiographique ...) permettant d'évaluer le risque dû à la présence du défaut quant à la qualité de l'exécution ou fiabilité du produit.

Toutes les pièces qui se fendent, se fissurent ou qui présentent des défauts d'homogénéité durant le soudage, les traitements thermiques, l'usinage ou pendant la période de garantie, sont refusées.

Sous peine de rebut, il est interdit de faire des réparations sans l'accord du fonctionnaire dirigeant.

3.2.1. Produits laminés

Les tolérances courantes des normes belges sont d'application, à savoir :

- NBN EN 10024 : pour les poutrelles I à larges ailes inclinées ;
- NBN EN 10029 : pour les tôles en acier laminées à chaud d'épaisseur égale ou supérieure à 3 mm ;
- NBN EN 10034 : pour les poutrelles I et H en acier de construction ;
- NBN EN 10055 : pour les fers T en acier à ailes égales et à coins arrondis ;
- NBN EN 10056 : pour les cornières ;
- NBN EN 10279 : pour les profilés U ;
- NBN A 43-301 : pour les larges plats laminés à chaud ;
- NBN A 44-201 : pour les barres rondes, carrées, plates et hexagonales laminées à chaud ;
- NBN 533 : pour les poutrelles IPE à ailes parallèles.

3.2.2. Produits forgés

La pièce est forgée de façon à approcher au mieux la forme définitive sans manquement de matière.

3.2.3. Produits moulés

Toutes les pièces d'une même coulée portent un même numéro moulé dans celles-ci. Lorsque plusieurs pièces identiques proviennent d'une même coulée, elles portent en outre un numéro individuel moulé dans celle-ci. Ces marques sont apposées à des endroits où elles ne nuisent pas à l'utilisation ni à l'aspect de la pièce.

Pour la réception, les pièces ne peuvent être enduites d'huile, peinture...

Les pièces moulées sont débarrassées du sable de moulage et exemptes de coups.

4. Procédure de réception des matériaux

4.1. Généralités

Conjointement aux plans d'exécution et selon le même nombre d'exemplaires, le programme de réception des matériaux est envoyé au fonctionnaire dirigeant au début de l'entreprise.

Ce programme de réception comporte un résumé de tous les composants (classifiés suivant la numérotation de la liste détaillée des plans d'exécution), avec mention de la nature et de la qualité du matériau, ainsi que le document de réception établi pour ce dernier. Les dénominations et les abréviations utilisées pour les documents de réception répondent à la norme NBN EN 10204.

La fabrication en atelier d'un composant ne peut être entamée qu'après l'acceptation écrite du document de réception du matériel y afférent.

Un dossier complet avec tous les documents de réception du matériau est envoyé au fonctionnaire dirigeant, conjointement à la demande de réception provisoire en atelier.

4.2. Documents de réception du matériau

Les documents de réception du matériau répondent à la norme NBN EN 10204.

En fonction de la qualité du matériau, un des documents suivants est établi :

1. déclaration de l'usine suivant la norme NBN EN 10204 - 2.2. pour :

- l'acier laminé de la qualité FN (selon la norme NBN EN 10025-2) ;
- tous les composants normalisés et se trouvant couramment dans le commerce et n'ayant pas de fonction structurelle.

2. procès-verbal de réception suivant la norme NBN EN 10204 - 3.2. pour tous les autres matériaux à savoir :

- l'acier laminé de la qualité FF (selon la norme NBN EN 10025-2) ;
- en général, tous les produits laminés, forgés, moulés et étirés, tant pour les métaux ferreux que non-ferreux.

Le certificat de réception type 3.2 peut être remplacé par un rapport de réception du type 3.1 lorsque :

- il s'agit de matières de produits provenant d'une fabrication en série, c'est-à-dire lorsque la forme et les dimensions des produits ainsi que les caractéristiques des matériaux composants les produits figurent dans le catalogue détaillé du fabricant et qui n'ont pas de fonction structurelle ;
- le poids total de la matière pour l'ensemble de l'entreprise est inférieur ou égal à 10% de la quantité du poids prévue dans le paragraphe f.4.3.

Le procès-verbal de réception comprend tous les résultats des essais de matière demandés dans le paragraphe f.3.

4.3. Réception de matière

Le fonctionnaire dirigeant est invité à une réception de matière lorsque la quantité stockée atteint au moins les valeurs suivantes :

- acier laminé 5 tonnes ;
- acier forgé 1 tonne ;
- acier moulé 1 tonne ;
- fonte 1 tonne ;
- cuivre et alliages ½ tonne ;
- aluminium et alliages ½ tonne.

Lorsque la quantité de matière d'un de ces types n'atteint pas pour toute l'entreprise les valeurs précitées, le fonctionnaire dirigeant n'est invité à la réception que quand toute la matière de ce type est prête pour la réception.

Le repérage est réalisé suivant les clauses de l'article 6.2. du chapitre 6 de la norme NBN EN 1090-2.

5. Annexe au paragraphe f. - Essai de pliage sur cordon soudé

5.1. Acier laminé

L'essai est à effectuer pour les aciers de qualité J2 et K2 d'épaisseur égale ou supérieure à 20 mm.

5.1.1. Préparation de l'éprouvette

L'échantillon est prélevé conformément au § 9 de la norme NBN EN 10025-1. Les dimensions de l'éprouvette après usinage des bords, s'ils ont été cisailés ou oxycoupés - enlèvement de 3 mm au moins par usinage (usinage ou meulage) - sont données par le tableau 25 ci-dessous.

TABLEAU 25

Epaisseur t (mm)	Longueur L (mm)	Largeur b (mm)	Diamètre du mandrin D (mm)	Distance entre appuis d (mm)
$20 \leq t < 25$	350	150	75	150
$25 \leq t < 30$	380	150	90	180
$30 \leq t < 35$	410	150	105	210
$35 \leq t < 40$	440	200	120	240
$40 \leq t < 45$	470	200	135	270
$45 \leq t < 50$	500	200	150	300

Les arêtes de l'éprouvette sont cassées à la lime, de manière que le rayon d'arrondi ne soit pas inférieur à 1/10 de l'épaisseur et en évitant de laisser subsister des stries transversales. L'épaisseur de l'éprouvette peut être ramenée, avant soudage, à 25 mm par usinage de l'une des faces pour tenir compte de l'équipement disponible.

L'éprouvette comporte, sur une face de laminage, et suivant son axe longitudinal, une rainure semi-circulaire de 4 mm de rayon et d'une longueur égale à 6 fois l'épaisseur du produit de base.

Un cordon de soudure est déposé dans la rainure : le dépôt est réalisé en une passe (cordon tiré) au moyen d'une électrode basique de 5 mm de diamètre. La vitesse de soudage est telle que la longueur du cordon déposé soit environ au 2/3 de la partie consommée de l'électrode. La température au début du soudage est de 20 ± 2 °C. La surépaisseur de soudure est entaillée transversalement et à mi-longueur, jusqu'à 1 mm ($\pm 0,3$ mm) de la surface du produit au moyen d'une fraise à profil :

- ouverture 45°;
- rayon d'arrondi 0,25 mm.

L'éprouvette ne peut subir après soudage aucun traitement mécanique ni thermique.

5.1.2. Méthode d'essai

L'essai consiste dans le pliage de l'éprouvette disposée de manière que le cordon de soudure soit situé sur la face en traction. Les conditions de pliage sont schématisées sur la figure 4 ci-dessous.

La distance entre appuis et le diamètre du mandrin de pliage sont choisis en fonction de l'épaisseur de l'éprouvette.

La vitesse de pliage est uniforme.

L'essai est réalisé à la température ambiante et effectué au moins 12 heures après le dépôt du cordon de soudure.

L'essai est arrêté lorsque l'angle de pliage atteint 80°.

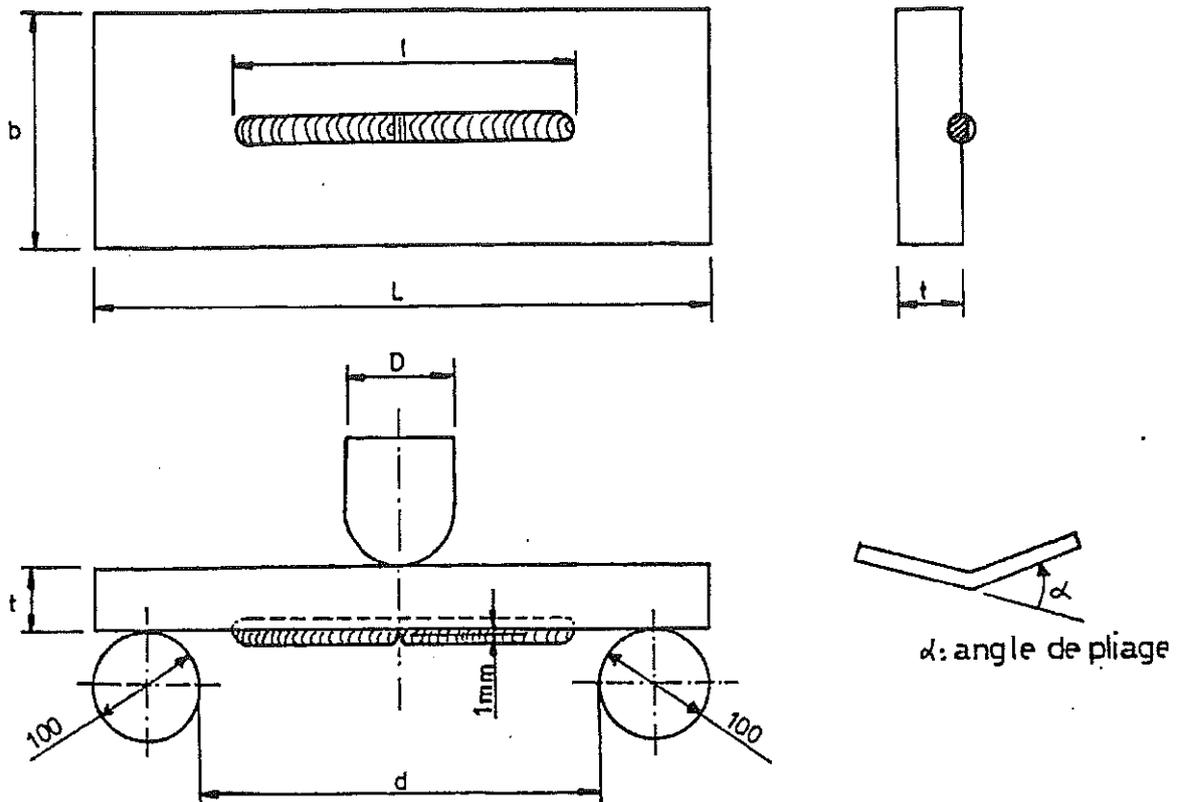


Fig. 4 : Essai de pliage sur cordon soudé - Méthode d'essai

5.1.3. Critère d'appréciation

Le comportement à l'essai est apprécié en considérant simultanément :

- le mode de rupture du métal de base par développement de la fissuration amorcée dans le cordon de soudure ;
- les angles de pliage.

Ces caractéristiques, définies comme suit, sont mentionnées au procès-verbal.

Le mode rupture du métal de base est apprécié d'après les distinctions suivantes :

- rupture par glissement : lorsqu'elle résulte d'une déchirure progressive et que l'aspect de la rupture est mat et satiné ;
- rupture par décohesion : lorsqu'elle survient brutalement sur toute la section de l'éprouvette et présente un aspect cristallin ;
- rupture mixte : lorsque l'aspect de la cassure est en partie cristallin, en partie mat.

L'aspect de la cassure dans la zone thermiquement influencée et dans le cordon n'est pas pris en considération.

Les angles de pliage à noter au procès-verbal sont ceux correspondant :

- au début de la pénétration de la fissuration dans le métal de base ;
- à la ruine complète, ou au maximum prévu de 80°.

La longueur des fissures de part et d'autre du cordon de soudure pour l'angle de 45° est notée à titre indicatif.

On considère que la ruine est complète lorsque la fissuration a atteint un des bords libres de l'éprouvette.

L'essai est sans valeur si des déchirures transversales prennent naissance sur les bords libres de l'éprouvette et s'étendent sur plus de 5 mm.

5.1.4. Conditions imposées

Lors du pliage, il ne peut se produire de rupture avant que ne soit atteint un angle de 45°; les fissures qui prennent naissance dans la soudure et qui ne se propagent que très légèrement dans le métal de base sont tolérables.

Pour les ruptures qui apparaissent pour des angles de pliage compris entre 45° et 80°, l'aspect de la cassure doit être mat (rupture par glissement) ou mixte, c'est-à-dire partie mate et partie à grains brillants (décohésion) ; la zone de grains brillants ne doit pas excéder 50 % de la section totale.

5.2. Acier moulé d'usage général

5.2.1. Préparation de l'éprouvette

La préparation est identique à celle décrite au § 5.2.1 ci-dessus, sauf pour :

- éventuellement, une préchauffe de l'acier peut être appliquée en tenant compte de la valeur de la température de préchauffe retenue par le constructeur lors des travaux de soudage ;
- les dimensions, suivant le tableau 26 ci-dessous.

TABLEAU 26

Epaisseur t (mm)	Longueur L (mm)	Largeur b (mm)	Diamètre du mandrin D (mm)	Distance entre appuis d (mm)
$20 \leq t < 25$	350	150	100	150
$25 \leq t < 30$	380	150	120	180
$30 \leq t < 35$	410	150	140	210
$35 \leq t < 40$	440	200	160	240
$40 \leq t < 45$	470	200	180	270
$45 \leq t < 50$	500	200	200	300

Eventuellement, une préchauffe de l'acier peut être appliquée en tenant compte de la valeur de la température de préchauffe retenue par le constructeur lors des travaux de soudage.

5.2.2. Méthode d'essai

La méthode d'essai est identique à celle du § 5.1.2 ci-dessus.

5.2.3. Conditions imposées

Lors du pliage, il ne peut se produire de rupture avant que ne soit atteint un angle de 45°; les fissures qui prennent naissance dans la soudure et qui ne se propagent que très légèrement dans le métal de base sont tolérables.

Pour les ruptures qui apparaissent pour des angles de pliage compris entre 45° et 60°, l'aspect de la cassure doit être mat (rupture par glissement) ou mixte, c'est-à-dire partie mate et partie à grains brillants(décohésion) ; la zone de grains brillants ne doit pas excéder 50 % de la section totale.

g. EXECUTION DES TRAVAUX EN USINE

1. Généralités

Les travaux de constructions mécanique et métallique en usine sont réalisés suivant les prescriptions aux chapitres 6 et 7 de la norme NBN EN 1090-2 complétées par les prescriptions du présent chapitre.

L'entrepreneur fournit au fonctionnaire dirigeant toutes les facilités pour lui permettre de suivre les travaux et d'effectuer les essais et contrôles de toute nature qu'il désire réaliser. A cet effet, l'entrepreneur met à la disposition du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué l'outillage de vérification et le personnel nécessaires.

L'entrepreneur fournit toutes les indications sur la manière dont il exécute les travaux et autorise la visite des machines ou engins qui doivent être utilisés pour l'exécution et la vérification des travaux.

Les mécanismes possèdent les surfaces de références indispensables aux réglages lors du montage et aux contrôles de la bonne exécution du travail.

Tous les calibres qui ont été construits pour l'exécution des travaux en usine, restent la propriété de la Région.

Avant d'être mis en œuvre à l'atelier de construction, les tôles, les plats et les profilés, coupés aux dimensions prescrites, sont soumis, avec bordereaux détaillés à l'appui, à l'examen du fonctionnaire dirigeant.

Les arbres, roulements ou autres organes doivent être alignés en usine.

Le montage à chaud des engrenages, accouplements, et autres n'est pas autorisé.

Sauf stipulation contraire au cahier spécial des charges, les prescriptions de la norme NBN EN 1090-2 spécifiées dans le tableau 27 ci-après sont d'application pour l'exécution des structures en acier et des travaux mécaniques :

TABLEAU 27

Application	Classe d'exécution	Degré de préparation	Tolérances fonctionnelles de montage
Pour les structures en acier et les constructions mécaniques	EXC3	P3	Classe 2
Les structures en acier non porteuses secondaires, exécutées en acier d'une classe inférieure à S355 (par exemple, rampes, dalles, escaliers, échelles)	EXC2	P3	Classe 1 ou 2

2. Documents d'exécution

L'adjudicataire fournit avant d'entamer un travail ou d'effectuer une réception en atelier tous les documents nécessaires à la bonne exécution du travail en conformité avec les prescriptions du cahier spécial des charges suivant la liste reprise ci-dessous, celle-ci n'étant pas exhaustive.

Pour les équipements électromécaniques d'ouvrages d'art (ouvrages d'art, stations de pompage, engins de levage et de manutention, équipements oléohydrauliques) les documents suivants sont à fournir par l'entrepreneur et soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant :

- le plan d'implantation général par rapport aux structures en acier et en béton avec vue en plan et coupes ;
- le plan d'ensemble complet de chaque mécanisme, treuil ou appareil, ainsi que de l'appareil entier lorsqu'il s'agit d'un appareil de levage ou de manutention ;
- le plan de chaque élément constitutif des mécanismes (engrenages, carter, arbre, palier, galets, buselures, poulies, rouleaux, appuis, etc.) avec un repérage et une liste des matières ;
- le plan détaillé des différentes charpentes en acier ;
- le programme de soudage tel que prévu au paragraphe 7.2. de la norme NBN EN 1090-2 ;
- les notes de calculs justificatives du système d'entraînement, des dimensions des divers organes des mécanismes et des divers éléments de la charpente y compris les fixations et les ancrages. Les notes de calculs faites par ordinateur sont accompagnées d'une légende pour la compréhension, légende reprenant les données, les symboles, la méthode de calcul et les résultats ;
- le tracé des canalisations hydrauliques avec leurs appareils de robinetterie et de commande ;
- la note de calculs des circuits hydrauliques ;
- le tracé des canalisations oléohydrauliques et un plan détaillé des différents composants oléohydrauliques. Pour ces derniers, les plans des catalogues des fournisseurs sont admis ;
- le schéma oléohydraulique ;
- la note de calculs des circuits oléohydrauliques ;
- le plan des groupes et de la construction du bloc de base ;
- les notices de conduite et d'entretien solidement reliées et comportant un schéma de graissage. Les documents définitifs doivent être introduits lors de la réception provisoire.

Ces plans sont datés et signés, sont dressés à des échelles bien lisibles et soigneusement cotées de sorte telle qu'ils donnent toutes les dimensions nécessaires à l'exécution des différentes parties de la construction.

Ces documents sont fournis par l'adjudicataire au plus tard 2 mois avant la date d'exécution des travaux correspondants, c'est-à-dire le traçage des aciers de construction.

Pour l'établissement des plans d'exécution, l'adjudicataire tient compte des prescriptions ci-après :

1. toutes les pièces sont numérotées et cotées; un même numéro ne peut affecter que des pièces en acier de même nuance et de même qualité et ayant les mêmes dimensions ;
2. les aciers sont définis en nuance et qualité ;
3. les joints sont indiqués clairement et sont parfaitement repérés. Les joints de montage sur site sont nettement définis ;
4. tous les assemblages indistinctement sont définis complètement et cotés :
 - la position, le diamètre des boulons (et rivets) sont indiqués ;
 - les boulons à placer au chantier sont indiqués par des signes distinctifs ;
 - les diamètres des trous sont clairement indiqués ;
 - les soudures sont représentées et cotées en utilisant les signes conventionnels usuels ;

- les différents types de joints à souder font l'objet de dessins à grande échelle, éventuellement en grandeur nature ;
- 5. la contreflèche éventuelle de fabrication est indiquée. Elle est déterminée de manière à obtenir les profils en long et en travers prescrits pour l'ouvrage terminé ; elle tient notamment compte des flèches théoriques définies éventuellement aux plans d'adjudication ;
- 6. toute modification apportée sur un plan est clairement mentionnée, les repérages des modifications successives éventuelles sont maintenus sur la dernière version du plan.

3. Travaux de soudage

3.1. Prescriptions générales

Les travaux de soudage sont exécutés selon les prescriptions du chapitre 7 de la norme NBN EN 1090-2 qui se réfère plus spécifiquement :

- pour les aciers : aux normes NBN EN ISO 3834 1 à 5. Seules les exigences de qualité des parties 2 et 3 sont d'application ;
- pour les aciers ferritiques et inoxydables : aux normes NBN EN 1011 1 à 3.

Les soudures sont exécutées par des soudeurs préalablement agréés par l'Administration selon les clauses du chapitre 7 de la norme NBN EN 1090-2 et conformément à la norme NBN EN ISO 9606-1 complétée par les précisions suivantes :

- article 6.2 Normes, tailles et nombres d'échantillons figure 4 - ajouter :
La longueur de qualification du joint d'une soudure d'angle est d'au moins 300 mm ;
- article 6.4 Méthodes d'essai :
 - la note de pied de page a du tableau 13 est supprimée et remplacée par la suivante : un examen radiographique est toujours à effectuer ;
 - la note de pied de page b du tableau 13 est supprimée et remplacée par le texte suivant :
« L'examen radiographique des soudures bout à bout obtenues par soudage 131, 135 et 136 (uniquement fil métallique fourré à la poudre) est complété par deux essais de flexion supplémentaires, à savoir un essai de flexion normale et un essai de flexion perpendiculaire ».

Il est fait usage, pour la qualification des procédés de soudage, des normes : NBN EN ISO 15607, NBN EN ISO 15609, NBN EN ISO 15614.

Le soudage par faisceau laser est réalisé suivant la norme NBN EN 1011-6.

Le soudage par faisceau d'électrons est réalisé suivant la norme NBN EN 1011-7.

3.2. Contrôle des soudures

Le contrôle des soudures s'opère suivant les prescriptions de l'article 12.4. de la norme NBN EN 1090-2 complété par les prescriptions reprises ci-dessous.

Les contrôles des soudures sont exécutés par des opérateurs préalablement agréés par l'Administration selon les clauses du chapitre 7 de la norme NBN EN 1090-2 et conformément à la norme NBN EN 1418.

Il est prévu, à charge de l'entrepreneur, un contrôle par U.S. sur la totalité des soudures.

4. Traitement thermique

Lors de la réalisation d'un recuit de détente, les paramètres de recuit des aciers utilisés en construction mécanique doivent être agréés par le fabricant des matières.

5. Montage provisoire en usine

En même temps que les plans d'exécution, l'adjudicataire soumet au fonctionnaire dirigeant un programme de montage provisoire en atelier, qui mentionne, suivant un plan chronologique, les modalités d'exécution du montage provisoire à l'atelier. Cette note, qui doit être approuvée par le fonctionnaire dirigeant, doit permettre à celui-ci de vérifier que les dispositions prévues conduisent à satisfaire aux buts du montage provisoire et aux conditions imposées pour sa réalisation.

Le montage provisoire des mécanismes en usine doit permettre le fonctionnement des mécanismes pendant 4 h consécutives.

Les rodages s'effectuent en usine. Pour les réducteurs à roue et vis tangente, le rodage est pratiqué sous un couple égal à la moitié du couple nominal.

Le fonctionnaire dirigeant est convoqué pour que toutes les pièces parachevées puissent être examinées une première fois avant assemblage. Le réceptionnaire dispose de deux semaines à dater de la convocation pour y donner suite.

Après accord du fonctionnaire dirigeant les mécanismes peuvent être démontés et expédiés.

Les surfaces parachevées des organes sujets à la corrosion sont recouvertes d'une couche protectrice de graisse ou de produit équivalent.

6. Lieu d'entreposage

Outre les prescriptions de l'article 6.3. de la NBN EN 1090-2, toutes les pièces métalliques doivent être en tout temps préservées de l'oxydation.

L'entreposage doit être fait à l'abri des intempéries.

Les pièces protégées ne peuvent être exposées aux intempéries pendant un délai supérieur à 15 jours.

h. ELEMENTS DE FIXATION ET DE PROTECTION

1. Fixation mécanique

1.1. Généralités

Les éléments de fixation répondent à la norme NBN EN 1090-2 § 5.2.

Les éléments de fixation répondent aux prescriptions environnementales complétées par les exigences suivantes.

Un mécanisme ou un élément de mécanisme n'est jamais directement fixé sur une structure en béton ou métallique. Il est toujours prévu de placer un châssis en acier ou en fonte entre les deux. Ce châssis reste toujours fixé à la structure en béton ou à la charpente métallique, le mécanisme peut être démonté sans devoir desserrer ou retirer le châssis. Il permet également un positionnement précis des mécanismes.

Tant dans la fixation du châssis que dans la fixation des mécanismes sur le châssis, la reprise des efforts doit être déterminée de manière univoque. La reprise des efforts de traction et des efforts de cisaillement doit être faite par des éléments distincts.

Pour la fixation du châssis, cela signifie :

- les boulons d'ancrage sont uniquement sollicités en traction ;
- les cales métalliques, les plaques d'appuis ou chevilles soudées sur le châssis, reprennent les efforts de cisaillement.

Pour la fixation des mécanismes ou des éléments mécaniques sur le châssis, cela signifie :

- les boulons sont seulement sollicités en traction ;
- les efforts de cisaillement sont absorbés par des butées et des cales sur le châssis métallique.

Si aucune possibilité de réglage n'est nécessaire, les efforts de cisaillement peuvent être repris par des goupilles ou boulons calibrés.

S'il existe, dans la direction longitudinale du châssis, de petits efforts transversaux ils peuvent être repris par des boulons non calibrés, un seul de ces boulons est pris en compte.

Le châssis est conçu de telle sorte que la pénétration d'eau et de saleté soit évitée. Il est également surélevé par rapport aux éléments de construction voisins, de telle sorte que l'eau puisse s'écouler.

Le serrage des boulons se fait en présence du fonctionnaire dirigeant.

1.2. Fondations

L'entreprise comprend la confection des fondations pour les mécanismes et leurs éléments auxiliaires dont le montage est prévu, ainsi que tous travaux tels que terrassements, déblaiements, évacuation des décombres, etc.

Il en va de même pour les moteurs, génératrices, groupes hydrauliques, groupes rotatifs, pompes, turbines et en général pour tout organe dont le montage est prévu dans l'entreprise.

Les fondations sont constituées par un ou plusieurs massifs en béton. Tous les mécanismes faisant partie d'un même treuil sont fixés sur un seul massif. Dans tous les cas, ce massif s'étend, en plan, au moins à 0,30 m au-delà de tout châssis ou organe mécanique, et a une épaisseur d'au moins 0,8 m lorsqu'il repose sur du sol meuble et d'au moins 0,2 m dans les autres cas. Lorsqu'il repose sur sol meuble, il est veillé à ce que la contrainte de compression du sol n'excède pas les limites tolérables par la nature du terrain. Le massif est armé.

L'épaisseur du massif est calculée de telle façon que les réactions transmises au sol ou à la maçonnerie adjacente soient des réactions de compression, c'est à dire que le poids du massif doit être suffisant pour que le sol soit comprimé partout, dans la combinaison de sollicitations la plus défavorable. Si la fondation se compose de plusieurs socles, la même règle s'applique à chaque socle et ceux-ci sont réunis entre eux par des éléments rigides. La fondation en béton assure seule le maintien des alignements et le travail correct des mécanismes.

Les mécanismes ne sont pas directement ancrés dans le béton, mais fixés avec possibilité de réglage en plan et en hauteur sur des châssis en acier moulé ou en charpente métallique ancrés dans le béton.

Les faces supérieures horizontales ou quasi-horizontales des massifs de fondation sont situées à au moins 50 mm au-dessus du niveau définitif du sol. Toutes les surfaces de béton apparentes sont de formes régulières.

Lorsque des machines ou treuils rotatifs (moteurs, pompes...) sont à installer dans un bâtiment, un matériau antivibratoire, destiné à éviter la transmission des vibrations au bâtiment, est soit incorporé dans le massif de fondation, soit intercalé entre le massif et la machine.

Ce matériau résiste à l'action des agents chimiques et au vieillissement. En particulier il est imputrescible et insensible à l'eau. Il résiste à l'essence, au mazout, aux graisses et aux acides. Il ne peut s'effriter.

Sur les surfaces de la fondation en béton, dans lesquelles existe un risque de fuites possibles et de pénétration d'huile, d'essence, de gazole, de graisse et d'acide, un revêtement est appliqué résistant à l'action de ces produits. Ce revêtement ne présente pas de dommages visibles, ni détectables sous l'action des produits chimiques considérés.

Ces produits ne doivent pas conduire à une imprégnation excessive du revêtement. Cela est démontré par l'exécution d'un test selon la norme NBN EN 13529 dans les conditions de test de classe II, plus de 28 jours sans pression. La réduction de la dureté (Shore - conformément à la norme NBN EN ISO 868 ou Buchholz - conformément à la norme NBN EN ISO 2815) est, après une exposition de 24 heures à 21 ° C et 60% d'humidité relative, inférieure à 50% de la dureté initiale.

1. 3. Châssis

Tous les mécanismes d'un même treuil sont fixés sur un châssis métallique unique. Dans le cas où il est impossible de monter les mécanismes sur un châssis unique, le nombre de châssis doit être réduit au minimum.

Le châssis est fortement rigidifié par l'utilisation de croisillons et de raidisseurs.

Les châssis doivent résister par eux-mêmes et sans déformations nuisibles aux réactions dues au fonctionnement.

Les embases sont prévues pour recueillir les huiles et graisses usagées. Pour les machines servant au transport de fluides où pour les ensembles susceptibles de recevoir les eaux pluviales, ces embases sont munies d'un drainage approprié, recueillant le fluide et le canalisant vers des réceptacles.

Les châssis sont usinés en conformité avec les dispositions de l'article b.2.

1.4. Fixation sur des charpentes ou sur des massifs de fondation

Toutes les fixations sur les charpentes ou sur les massifs de fondation se font par l'interposition de semelles ou de pièces d'appui permettant le réglage ainsi que le calage.

Les mécanismes fixés sur des châssis différents sont reliés entre eux par des organes de transmission capables de reprendre toutes les déformations susceptibles de se produire (déplacements linéaires, déviations angulaires, voir paragraphe e.12.).

Toutes les fixations sont complétées par des broches coniques de repère d'un diamètre suffisant. En outre pour les liaisons importantes, il est fait usage de boulons calibrés.

Tous les dispositifs de fixation aux charpentes font partie de l'entreprise.

Le remplissage entre socle en béton et châssis est réalisé au moyen de béton sans retrait.

Les matériaux de scellement sont conformes à la norme NBN EN 1090-2.

1.5. Boulons - Goujons

Les caractéristiques mécaniques des boulons répondent aux clauses du chapitre 5.6 de la norme NBN EN 1090-2. Les goujons répondent aux mêmes prescriptions que les boulons. Toutefois, dans la mesure du possible, la préférence est donnée à l'usage des boulons.

Les caractéristiques mécaniques des vis, goujons et tiges filetées en acier au carbone et en acier allié sont définies dans la norme NBN EN ISO 898 - 1.

Les boulons standardisés en acier inoxydable sont du type A4-70, la qualité A2 n'est pas admise.

Les boulons en acier inoxydable austénitique sont conformes à la norme NBN EN ISO 3506-1 à 3.

Pour la mise en œuvre de boulons A4-70 ou en acier X17CrNi16-2 (AISI 431), afin de se prémunir contre le grippage de l'acier inoxydable, outre les dispositifs prévus à l'article 8.10. de la norme NBN EN 1090-2, les filets sont enduits d'une graisse composée de 50% d'huile de pont (W90) et de 50% de soufre.

1.6. Ancrages

Les ancrages de châssis ou autres éléments supports se font au moyen de doguets s'enfonçant profondément dans les fondations et munis d'un dispositif d'ancrage tel que crochet d'extrémité, tête de marteau, queue d'aronde... Le scellement des doguets est fait au moyen de béton sans retrait.

Les ancrages ne peuvent travailler qu'en traction. Si d'autres sollicitations existent telles que le cisaillement, elles doivent être reprises par un dispositif approprié indépendant des ancrages (par exemple butée, etc....).

Les pièces d'ancrage, à l'exception des châssis noyés dans le béton, ne comportent aucune soudure.

Les boulons d'ancrage répondent à la norme NBN EN ISO 898-1.

Les fixations par boulons expansibles et par ancrages chimiques sont autorisées pour les faibles efforts. Dans ce cas, les prescriptions du fabricant sont scrupuleusement respectées.

Le placement des ancrages lors de la coulée du béton de construction n'est autorisé que s'ils sont positionnés au moyen d'un gabarit.

2. Éléments de protection

2.1. Capots

Lorsque des mécanismes ou éléments de mécanismes sont placés à l'air libre, ils sont recouverts, dans la mesure où cela est compatible avec leur fonction, par des capots amovibles.

Une ventilation efficace des capots doit être prévue. Elle ne peut toutefois permettre les introductions d'eau, de neige, etc.

Les capots doivent être aisément manœuvrables par deux hommes au maximum. Ils peuvent être réalisés en plusieurs parties.

Les capots doivent pouvoir être enlevés sans peine, de façon à permettre le démontage aisé des mécanismes qu'ils protègent.

Ils sont munis de serrures ou de tout autre dispositif fermant à clé. La même clé est employée pour tous les capots, 5 clés sont à fournir.

2.2. Platelages de protection

Lorsque des mécanismes ou des éléments d'équipements électromécaniques doivent être protégés par des couvertures métalliques sur lesquelles la circulation est possible, il est fait usage pour celles-ci de tôles striées ou larmées, raidies et reposant sur une charpente en profilés.

Lorsque ces tôles ferment l'accès normal aux mécanismes elles reposent uniquement par leur poids sur la charpente support. Dans les autres cas, elles y sont fixées par des vis en métal inoxydable. Elles sont munies d'un dispositif permettant leur soulèvement aisé.

Les tôles ne prennent jamais appui directement sur le béton ou sur la maçonnerie mais y reposent par l'interposition d'un cadre en profilés ayant une section au moins équivalente à celle d'une cornière de 50x50x5 mm. Ce cadre est ancré dans la fondation. Les tôles ne font jamais saillies du niveau du sol.

Le type de protection décrit dans le présent paragraphe doit être considéré comme non étanche.

2.3. Couvertures

Tout mécanisme ou élément d'équipement électromécanique non placé dans un local est protégé contre toute infiltration d'eau par une couverture amovible comprenant les évacuations d'eau nécessaires.

2.4. Evacuation des eaux

Lorsqu'une entreprise comporte le montage d'un mécanisme ou d'un élément de mécanisme dans un local non situé dans un bâtiment fermé, cette entreprise comprend également la réalisation d'un dispositif d'évacuation des eaux en dehors du local.

Sont considérés entre autres comme locaux répondant à la définition précédente :

- les chambres de mécanismes situées dans les piles ou culées de pont ;
- les chambres de mécanismes situées dans une charpente de pont mobile ;
- les chambres de mécanismes situées dans les bajoyers des écluses ;
- les capots protégeant des mécanismes, éléments de mécanismes et autres organes exposés en plein air.

Lorsque les locaux en question sont situés au-dessus du niveau du sol, les eaux sont récoltées de façon à ne pas ruisseler sur les mécanismes et évacuées en évitant que l'eau ne ruisselle le long des parois, ou tombe sur d'autres mécanismes, capots ou charpentes.

i. EXECUTION DES TRAVAUX SUR SITE

Les travaux de montage répondent au chapitre 9 de la norme NBN EN 1090-2 complétée par les prescriptions ci-dessous.

1. Entreposage

L'entrepreneur doit veiller à ce que le matériel expédié sur place soit, avant montage, entreposé à l'abri des intempéries, dans un endroit sec et si possible chauffé.

Si le volume des pièces à entreposer ne permet pas de respecter cette condition, il est veillé à ce que les parties mécanisées restent en tout temps protégées par une couche de graisse ou de produit équivalent. Les autres surfaces sont protégées suivant les clauses du chapitre j. du présent cahier des charges-type.

L'entrepreneur est entièrement responsable pour toute détérioration survenant à une quelconque partie du matériel à monter, et ce quelles que soient les conditions d'entreposage.

2. Montage des mécanismes

Les mécanismes sont conçus de façon à pouvoir être montés et démontés aussi aisément que possible.

Toutes les concordances d'axes doivent être assurées avec précision par la méthode de repérage des manchons d'accouplement ou toute autre méthode équivalente.

Les axes sont rigoureusement alignés suivant les indications des plans. Le monteur est muni de l'outillage nécessaire pour les vérifications (niveau d'eau, fil à plomb, etc...).

Les centrages sont contrôlés minutieusement.

Le scellement des ancrages ou des fixations n'est autorisé qu'après montage complet et vérification de la bonne marche (à vide ou en charge suivant possibilité). Les broches de repère et les boulons calibrés ne sont placés qu'après cette vérification qui a lieu en présence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

Toutes les transmissions et parties quelconques de mécanismes doivent fonctionner sans aucune vibration anormale.

Les dentures d'engrenage portent sur au moins 70 % de leur largeur.

Il est interdit au monteur de limer, d'adoucir ou de gratter les dentures d'engrenages, les coussinets et toutes autres surfaces en contact quelconques.

Tout travail de rectification ou de correction d'erreurs doit se faire en atelier.

Si pour l'assise ou le réglage de la position d'un mécanisme ou d'un élément d'un mécanisme, plusieurs plaques d'appui ou fourrures superposées sont utilisées, celles-ci doivent être remplacées après réglage définitif par une seule épaisseur rabotée.

Dans le cas où les mécanismes doivent se fixer ou se raccorder à des pièces ou des constructions fixes ou mobiles faisant partie d'autres entreprises, l'entrepreneur est tenu de vérifier préalablement au montage l'assise et la position des axes de rotation ou des surfaces fixes.

Si des réserves sont à formuler au sujet de l'état ou du fonctionnement des organes ou constructions étrangères à l'entreprise, elles doivent l'être avant tout montage.

Tout commencement d'exécution dégage la Région de toute responsabilité à ce sujet.

3. Montage des charpentes

Le montage des charpentes s'effectue en conformité avec la norme NBN EN 1090-2 dont notamment les chapitres 8 et 9.

L'adjudicataire soumet à l'approbation du fonctionnaire dirigeant et en même temps que les plans d'exécution :

- un programme de montage sur site, qui précise, dans un ordre chronologique, les modalités d'exécution du montage au chantier ;
- une note de calcul justifiant les dispositions prévues ;
- tout autre document nécessaire au montage sur chantier.

Le programme de montage contient la description de la méthode de montage avec les plans détaillés, les indications de tout le matériel, tant fixe que flottant ou roulant, nécessaire pour la mise en place de l'ouvrage, son réglage et la réalisation des assemblages.

Les dispositions prévues permettent le réglage des différents éléments de manière à obtenir la réalisation des assemblages sans forçage sur ces éléments, et éviter qu'au cours des opérations, les éléments ne subissent des sollicitations exagérées. En outre, le procédé de montage proposé garantit toute sécurité contre les accidents et est de plus compatible avec les conditions particulières du chantier.

4. Essais

Le but des essais sur site est de déterminer si les performances exigées par le cahier spécial des charges sont atteintes et de vérifier si la construction, dans toutes ses parties, répond aux prescriptions du cahier spécial des charges.

Parmi ces essais, il y a lieu de citer :

- les essais de rendement énergétique ;
- les essais de consommation exacte d'énergie ;
- les essais d'échauffement; les essais de surcharge ;
- les essais d'étanchéité ;
- les mesures des pressions ;
- le relevé des performances :
 - vitesses ;
 - accélérations ;
 - durée de cycle ;
 - efforts de manœuvre ;
 - puissances.

Si les résultats des essais sur site ne répondent pas aux performances du cahier spécial des charges, aux notes de calcul et aux garanties formulées ou si la construction ne répond pas aux prescriptions du cahier spécial des charges, l'entrepreneur est tenu de mettre l'installation en parfait ordre de marche et de remédier aux manquements ou défauts constatés.

Tous les frais d'essais sur site sont à charge de l'entrepreneur à l'exception de la fourniture d'appareils de mesure spéciaux, lorsque cette fourniture n'est pas prévue par le cahier spécial des charges, et de la fourniture de l'énergie électrique nécessaire à l'exécution des dits essais.

La première manœuvre d'un ouvrage d'art ne peut jamais se faire en l'absence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

j. PROTECTION CONTRE LA CORROSION ET L'USURE

1. Objet du chapitre

Exception faite pour les surfaces frottantes ou roulantes ou pour les parties de pièces immergées dans du béton ou de la maçonnerie, toutes les parties de toute pièce, de tout organe, de tout appareil... qui ne sont pas exécutés en une matière incorrodable, doivent être protégées efficacement contre la corrosion.

Certains organes de machines soumis à une usure importante par abrasion, érosion, frottement, cavitation, ou par l'action conjuguée de ces attaques sont protégés par l'application d'un revêtement, synthétique ou métallique, particulièrement adapté pour résister aux causes d'usure envisagées.

Le présent chapitre indique les procédés à mettre en œuvre pour réaliser une protection efficace dans chaque cas. Il doit cependant être entendu que lorsque le cahier spécial des charges, ou d'autres paragraphes ou articles du présent cahier des charges type spécifient, pour des cas particuliers, des procédés s'écartant de ceux indiqués au présent chapitre, ce sont les procédés indiqués au cahier spécial des charges et auxdits paragraphes et articles qui doivent être appliqués à ces cas.

Les matériaux employés sur un même équipement devront être compatibles au point de vue électro-négativité. Il ne peut être fait usage de matériaux susceptibles, dans les conditions normales de service de produire un couple galvanique accélérant la corrosion, sauf si le pouvoir sacrificiel d'un des matériaux est avantageux.

2. Peintures sur métaux ferreux nus ou protégés

2.1. Normes applicables

Les normes de la série NBN EN ISO 12944 "Peinture et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture" sont d'application :

- Partie 1 : Introduction générale
- Partie 2 : Classification des environnements
- Partie 3 : Conception et dispositions constructives
- Partie 4 : Types de surface et de préparation de surfaces
- Partie 5 : Systèmes de peinture
- Partie 6 : Essais de performance en laboratoire
- Partie 7 : Exécution et surveillance des travaux de peinture
- Partie 8 : Développement de spécifications pour les travaux neufs et l'entretien

Le présent document modifie, précise ou complète les prescriptions de ces normes. La numérotation ci-dessous suit, dans la mesure du possible, la numérotation desdites normes.

2.2. NBN EN ISO 12944-1 : Introduction générale

1.3.2. Types de subjectiles et de préparation de surface

Les recouvrements des aciers shérardisés ne sont pas retenus.

4.4. Classe de durabilité

Seule la classe de durabilité haute (> 15 ans) est retenue.

4.6. Garantie

Les travaux de peinture sont garantis pour une durée de cinq ans. Cette garantie comprend l'application immédiate, après préparation d'un nouveau système de peinture sur toutes les parties présentant une surface oxydée ou dépourvue de peinture supérieure à 1 % de la surface environnante. Ceci est valable pour autant que la dégradation ne résulte pas de chocs, de frottements ou de causes mécaniques analogues non occasionnés par l'entrepreneur.

Pour l'application de la condition précédente, il est supposé qu'un carré de 100 mm de côté est appliqué de façon arbitraire sur la surface et éventuellement enroulé sur cette surface si celle-ci est courbe ou autour des tranches et arêtes des fers. Si la surface totale dégradée recouverte par ce carré fictif dans une position quelconque dépasse 100 mm², il est admis que la tolérance sur la surface est dépassée et que la garantie doit jouer. La garantie est également d'application chaque fois qu'une tache de corrosion présente un diamètre supérieur à 5 mm.

Par surface dégradée, il est entendu une surface corrodée ou dépourvue de peinture. La peinture appliquée doit être telle que les retouches effectuées ne rompent pas l'uniformité de teinte de l'ensemble. Au cas où cette condition ne pourrait être réalisée toute la surface visible en même temps que la partie retouchée doit être repeinte.

Les retouches doivent être effectuées dans les huit jours ouvrables à dater du procès-verbal de constatation du défaut.

L'entrepreneur doit fournir au fonctionnaire dirigeant lors de la réception de l'installation un contrat d'assurance, réalisé par une firme ayant son siège en Belgique, couvrant la garantie ci-avant. Tous les frais de la remise en état lors de l'application de la garantie sont couverts par ce contrat d'assurance.

2.3. NBN EN ISO 12944-2 : Classifications des environnements

5.1. Catégories de corrosivité atmosphérique

Sauf indication contraire dans le cahier spécial des charges, la catégorie de corrosivité atmosphérique pour les ouvrages aériens choisie dans le tableau 1 de la norme NBN EN ISO 12944-2 est : C4 - élevée.

5.2. Catégories de corrosivité pour les structures immergées ou enterrées

Sauf indication contraire dans le cahier spécial des charges, la catégorie de corrosivité pour les structures immergées choisie dans le tableau 2 de la norme NBN EN ISO 12944-2 est : Im2 - Eau de mer ou eau saumâtre.

Cette catégorie est d'application même si le milieu est de l'eau douce (catégorie Im1).

Pour les structures en partie immergées, la catégorie Im2 est également appliquée à sa partie non immergée (par exemple pour les portes d'écluses).

Les structures immergées des ouvrages d'art hydrauliques sont en plus exposées à des contraintes mécaniques modérées comme décrite dans la norme NBN EN ISO 12944-2, annexe B, § 2.2.2.b, à cause des matières entraînées par le courant.

La catégorie de corrosivité pour les structures enterrées choisie dans le tableau 2 de la norme NBN EN ISO 12944-2 est : Im3 - Sol

5.3. Catégories de corrosivité pour les cas particuliers

Surfaces à sceller

Les surfaces des pièces destinées à être mises dans le béton, ne doivent pas être traitées (ni métallisation, ni peinture). Ainsi l'adhérence avec le béton (ou le mortier sans retrait) sera meilleure.

Surfaces d'assemblages précontraints

Les surfaces des pièces destinées à être assemblées par des boulons précontraints, travaillant en frottement, ne peuvent pas être peintes. Ces surfaces reçoivent :

- soit une métallisation (pour les pièces métallisées) ;
- soit une couche primaire, riche en zinc (pour les pièces en acier sablées).

L'Adjudicataire doit faire la preuve que ces recouvrements (métallisation ou couche primaire) permettent un coefficient de frottement d'au moins 0,3.

Pièces de réserve

Les pièces de réserve sont traitées comme les pièces qu'elles doivent remplacer. Pour les pièces de réserve à utilisation multiple, le cas le plus sévère est considéré. Par exemple : les pièces de réserve qui pourraient remplacer des pièces immergées ou des pièces aériennes, le traitement pour les pièces immergées est d'application.

2.4. NBN EN ISO 12944-3 : Conception et dispositions constructives

5.4. Préparation et pré-touches des arêtes.

Cas des pièces métallisées ou galvanisées : la préparation des arêtes est obligatoire pour toutes les classes de corrosivité ; la pré-touche de ces arêtes n'est pas obligatoire.

Cas des pièces sans protection de zinc : la préparation des arêtes est obligatoire pour les classes de corrosivité C4, C5 et Im ; la pré-touche des arêtes est obligatoire pour la première couche des ouvrages appartenant aux classes de corrosivité C4, C5 et Im.

Les arêtes préparées présentent un chanfrein ou un arrondi conforme à la figure D5 de la norme. En principe, ce travail est réalisé en atelier.

Annexe A - Accessibilité

Indépendamment des problèmes de propreté, rugosité, condensation, les limites d'utilisation du matériel d'application sont celles qui sont définies dans l'annexe informative A. Des dérogations peuvent être données par le fonctionnaire dirigeant pour des cas particuliers. En ce qui concerne l'angle d'attaque du pistolet de métallisation par rapport à la surface du support, il peut être compris entre 60° et 90°.

Note : Il convient de choisir des formes d'éléments de structure et des méthodes d'assemblage de ces éléments, telles que la fabrication, le montage et tout traitement ultérieur, ne favorisant pas la corrosion. L'Adjudicataire est tenu de soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant, les corrections aux détails sur les plans d'adjudication qu'il estime nécessaires à cet effet.

2.5. NBN EN ISO 12944-4 : Types de surface et de préparation de surfaces

4. Généralités

Sauf stipulation contraire dans le cahier spécial des charges, les pièces à traiter en atelier sont décapées par jet de matières abrasives. Pour les travaux d'entretien ou les réparations nécessitant un décapage localisé, les pièces à traiter sur place peuvent être traitées à la brosse métallique ou décapage à haute pression.

La norme distingue notamment les types de surfaces suivants :

- surfaces non revêtues : "acier nu" ;
- surfaces revêtues par projection à chaud de zinc, d'aluminium ou de leurs alliages : "acier métallisé", selon NBN EN ISO 2063 ;
- surfaces galvanisées à chaud : "acier galvanisé", selon NBN EN ISO 1461 ;
- surfaces revêtues d'un primaire de préfabrication : "acier à primaire", voir NBN EN 10238 ;
- etc...

Note : Certains primaires de préfabrication ne sont pas compatibles avec certains systèmes de peintures. Ces primaires doivent être préalablement enlevés avant l'application du système de peinture. Voir les indications dans la norme NBN ISO EN 12944-5, annexe B.

6.2.2. Nettoyage à la machine

Les préparations manuelles du type ST2 suivant la norme suédoises SIS 05 59 00 (1967) sont aussi autorisées.

6.2.4. Décapage à l'eau sous pression

Le décapage à l'eau ne confère pas de rugosité. L'eau utilisée doit être claire, propre et exempte de tout contaminant. La norme NBN EN ISO 8501-4 est d'application. La préparation est du niveau Wa 2 1/2.

6.3. Nettoyage à la flamme

Le décapage à la flamme n'est pas autorisé.

7. Degrés de préparation de surface.

La norme NBN EN ISO 8501-3 est d'application. Elle concerne les degrés de préparation des soudures, arêtes de coupes et autres zones présentant des imperfections. Le tableau de l'annexe A de cette norme est d'application.

Les surfaces doivent être propres, exemptes de toute contamination.

L'absence de chlorures peut être contrôlée au moyen du kit de chantier basé sur la méthode de Bresle (NBN EN ISO 8502-6).

Pour les ouvrages aériens, la teneur en chlorures ne peut excéder 120 mg/m².

Pour les ouvrages immergés, la teneur en chlorures ne peut excéder 100 mg/m² en eau douce.

8. Profil de surface (rugosité) et classement du profil de surface

Pour les ouvrages entièrement décapés la rugosité à obtenir sur support nu est moyen G sauf prescription particulière formulée sur la fiche technique du fabricant. La détermination est effectuée au moyen des comparateurs visio-tactiles de références selon NBN EN ISO 8503-1 type G (Grit).

12. Préparation des surfaces galvanisées à chaud exposées ou non aux agents atmosphériques.

La perte d'épaisseur de zinc après avivage ne peut dépasser 20% en moyenne de la valeur nominale de la galvanisation avec des valeurs individuelles non supérieures à 30%.

La méthode de décapage est appropriée à cet effet. Le diamètre de la buse, la pression de travail, la distance pièce - pistolet, la granulométrie de l'abrasif sont adaptés à la situation. Il est impératif d'utiliser des grenailles angulaires fines non métalliques.

Une préparation chimique peut être envisagée. Elle est basée sur l'emploi d'acide phosphorique. Les prescriptions de la fiche technique du produit utilisé sont respectées.

13. Préparation des surfaces métalliques (zinc et aluminium) réalisées par projection à chaud.

Avant application des peintures, les revêtements métalliques sont traités conformément au troisième paragraphe de l'article 15.

14. Préparation des surfaces électro zinguées et shérardisées.

- 1° paragraphe : Supprimer la dernière phrase; en effet, les surfaces shérardisées ne sont pas retenues ;
- 2° paragraphe : le remplacer par le troisième paragraphe de l'article 15.

2.6. NBN EN ISO 12944-5 : Systèmes de peinture

4.1. Généralités

Les systèmes de peinture satisfont aux exigences mentionnées dans la norme NBN EN ISO 12944-6. La conformité à ces exigences est prouvée par un rapport d'essai émis par un laboratoire agréé.

Au besoin, les essais d'identification et de performances anticorrosion mentionnés par ce document sont effectués avant toute mise en œuvre. Les frais de ces essais sont à charge de l'Adjudicataire.

Pour les aciers métallisés, l'épaisseur de la métallisation est de 120 µm.

Dans le cas d'application de peintures dites riches en zinc, la teneur en zinc est au minimum de 80% en poids de l'extrait sec du produit complet appliqué.

Dans le cas d'application de peintures à base de fer micacé, la teneur en fer micacé est au minimum de 42% en poids du produit complet appliqué, lequel doit présenter une masse spécifique comprise entre 1,53 et 1,93 g/ml. Il peut être envisagé, avec l'accord du fonctionnaire dirigeant, que la teneur en fer micacé soit adaptée en fonction du pouvoir couvrant de la teinte de finition choisie.

Dans le cas d'application de peintures époxy dites à haut extrait sec, celui-ci atteint au moins 82% en volume du produit complet.

6. Tableaux des systèmes de peinture protectrice

Parmi les systèmes donnés à titre d'exemple à l'annexe A de la norme NBN EN ISO 12944-5, seuls ceux repris ci-dessous sont acceptés (pour rappel, seule la durabilité haute est retenue).

Dans les tableaux 28 et 29 ci-dessous :

- les épaisseurs totales mentionnées sont des épaisseurs minimales ;
- l'épaisseur de la couche finale polyuréthane atteint au moins 50 µm.

TABLEAU 28

Classe de corrosivité C4		
Acier sablé SA 2.5		
A 4.09	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy	80 µm
intermédiaire (1 ou 2 couches)	époxy fer micacé	200 µm
finition	polyuréthane	
épaisseur totale à obtenir		280 µm
A 4.15	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy zinc	60 µm
intermédiaire (1 ou 2 couches)	époxy fer micacé	180 µm
finition	polyuréthane	
épaisseur totale à obtenir		240 µm
Acier galvanisé		
A 7.11	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy	80 µm
finition	polyuréthane	80 µm
épaisseur totale à obtenir		160 µm
Acier métallisé		
A 8.01	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy sealer	-
intermédiaire (1 ou 2 couches)	époxy fer micacé	160 µm
finition	polyuréthane	
épaisseur totale à obtenir		160 µm

TABLEAU 29

Classe de corrosivité Im 1 à 3		
Acier sablé SA 2.5		
A 6.04	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy renforcé de paillettes de verre	80 µm
intermédiaire	époxy	420 µm
finition	polyuréthane	
épaisseur totale à obtenir		500 µm
Acier métallisé		
A 8.03	Type de peinture	Epaisseur
primer	époxy sealer	-
intermédiaire (2 couches)	époxy*	450 µm
épaisseur totale à obtenir		450 µm

* Si, pour des raisons d'ordre esthétique, une finition brillante est souhaitée, il peut être appliqué une couche supplémentaire à base de polyuréthane, auquel cas les épaisseurs des couches intermédiaires sont revues à la baisse, l'épaisseur totale à obtenir restant toutefois identique à celle mentionnée au tableau.

7. Systèmes de maintenance

Les prescriptions suivantes sont applicables pour des structures dont la peinture existante est en bon état.

7.1. Préparation de surface

Nettoyage à haute pression (> 200 bars) de manière à éliminer dépôt, saleté ou débris divers de la surface à traiter.

Ponçage de l'entièreté de la surface de manière à lui conférer une certaine rugosité et à éliminer toutes les particules de peinture non adhérentes ou farinantes.

Ponçage intensif et/ou décapage mécanique jusqu'à mise à nu du métal de base (degré de propreté ST3) des piqûres, cloques et autres attaques où la rouille est apparente.

7.2. Structures aériennes

Sur les surfaces où l'acier a été mis à nu :

Application d'une couche de 100 µm d'épaisseur de peinture primaire époxy à 2 composants à base d'aluminium.

Sur l'entièreté de la surface :

Application d'un système de maintenance constitué de :

- 1 ou 2 couches de peinture intermédiaire époxy à 2 composants à base de fer micacé pour atteindre une épaisseur de 120 µm ;
- 1 couche de peinture de finition polyuréthane à 2 composants : 60 µm.

La compatibilité des produits appliqués sur les peintures conservées est à vérifier.

Le système total appliqué (c'est à dire y compris le primer à base d'aluminium) est homologué en catégorie C4, durabilité haute sur support sablé SA 2.5.

7.3. Structures immergées

Cas de peintures existantes à base d'époxy-brai :

- a) Sur les zones ayant fait l'objet de mise à nu du métal de base : application d'une couche de 80 µm d'épaisseur de peinture primaire époxy à 2 composants à base d'aluminium ou d'époxy-brai ;
- b) Sur l'entièreté de la surface application d'une couche de 250 µm d'épaisseur de peinture époxy-brai à 2 composants.

L'épaisseur de chaque couche est conforme aux prescriptions de la fiche technique du produit émise par le fabricant.

Cas de peintures existantes sans époxy-brai :

En l'absence de prescriptions particulières aux documents de marché, le système à appliquer fait l'objet d'une proposition détaillée à agréer par le fonctionnaire dirigeant.

2.7. NBN EN ISO 12944-6 : Essais de performance en laboratoire.

Le texte de la norme est d'application.

2.8. NBN EN ISO 12944-7 : Exécution et surveillance des travaux de peinture.

5.1. Exécution des peintures - généralités

Le niveau de dilution des peintures est mentionné dans la spécification des travaux.

Les travaux de protection anticorrosion doivent être effectués entièrement en atelier. Sur site, après montage, seules des retouches aux endroits endommagés sont permises.

Avant l'application de toute couche de peinture, les surfaces à revêtir subiront un dépoussiérage par aspiration et seront nettoyées de manière à éliminer toute trace de poussière, boue, huile, graisse, etc.

L'épaisseur de chaque couche devra respecter les prescriptions de la fiche technique correspondante. Une couche de peinture ne pourra être appliquée qu'après que la couche précédente ait été vérifiée et reconnue satisfaisante.

L'entrepreneur devra prendre toutes les dispositions, tant lors de la mise au point du programme de réalisation que pendant l'exécution des travaux, pour que les délais de recouvrement des couches mises en œuvre soient respectés.

Si l'application des peintures est reconnue défectueuse sur certains éléments ou parties d'ouvrage, ou si des détériorations sont dues au personnel ou au matériel de l'Adjudicataire ou d'un de ses sous-traitants, l'Adjudicataire devra procéder, à ses frais, à la réparation des surfaces correspondantes, laquelle pourra aller jusqu'à un nouveau décapage et à la réfection de la totalité du système. Pour les parties vues, la zone retouchée doit être indiscernable.

Par ailleurs, l'entrepreneur devra prendre les dispositions et précautions utiles pour :

- séparer de manière parfaitement étanche les zones de décapage et les zones d'application de peintures. Si tel n'était pas le cas, le Pouvoir Adjudicateur serait amené à interdire la simultanéité des deux opérations ;
- mettre en œuvre les peintures sans risque pour les surfaces en cours d'application ou en cours de séchage, notamment empêcher l'écoulement d'eau, de peinture ou de toute autre substance étrangère sur les surfaces traitées.

Il sera responsable de l'enlèvement à ses frais des taches qui se produiraient, ainsi que de la réparation des défauts provoqués par ces taches ou coulures, laquelle pourra aller jusqu'à une remise en état complète de la partie concernée.

5.2. Conditions d'application

5.2.1. L'application de revêtements métalliques est réalisée conformément aux prescriptions de la NBN EN ISO 22063 et NBN EN ISO 14713 parties 1 à 3.

5.2.4. Les délais entre couches tiennent compte des températures ambiantes au cours de la phase de durcissement (se référer aux fiches techniques du fabricant).

5.2.5. A défaut de prescriptions particulières, la température du support ne peut être supérieure à 40°C au moment de l'application.

5.2.6. Sur les surfaces décapées, le délai maximum à respecter entre la préparation de la surface et sa mise en peinture est de :

- 6 heures pour une humidité relative < 60 % ;
- 4 heures pour une humidité relative ³ 60 % et < 75 % ;
- 2 heures pour une humidité relative > 75 %.

5.3.4. Autres méthodes d'application

Ces méthodes particulières, y compris le thermo-laquage ne sont pas retenues. Les seuls produits tolérés doivent pouvoir être appliqués par les moyens classiques ordinaires (brosses, rouleaux ou pistolets).

6. Surveillance des travaux

Le fonctionnaire dirigeant doit pouvoir procéder à des contrôles de validité du système d'autocontrôle de l'entreprise de peinture. Les perturbations éventuelles occasionnées par ceux-ci sont une charge de l'entreprise et n'influencent pas les délais d'exécution.

6.2. Instruments de mesurage et d'essai

Point de rosée : Un thermo hygromètre fonctionne en permanence aux abords de la zone traitée en sus du thermomètre de température de support.

6.3. Vérification du revêtement de peinture

Les opérateurs possèdent chacun un peigne humide et en connaissent le maniement et la ou les valeurs limites qu'ils doivent obtenir. En outre, la présence d'un mesureur d'épaisseur sèche est obligatoire sur le chantier. Un agent en connaissant le maniement et capable de l'étalonner doit être présent sur le chantier.

Les parties concernées conviennent d'un plan de mesurage en vue du contrôle de l'épaisseur du feuil. Ce plan indique le nombre de mesurages de l'épaisseur du feuil devant être effectués et les endroits où ils doivent être exécutés. Un tel plan de mesurage est par défaut basé sur les fréquences définies au tableau 30 ci-après.

TABLEAU 30

Nombre minimum de mesures en vue du contrôle de l'épaisseur du feuil appliqué sur des objets	
Surface / longueur de la zone d'inspection ou zone difficile (m ² ou m courant)	Nombre minimum de mesures
Jusqu'à 1	4
De 1 à 3	10
De 3 à 10	15
De 10 à 30	20
De 30 à 100	30
De plus de 100	zones à subdiviser en zones plus petites

Ce nombre est augmenté pour l'inspection de zones de conception compliquée au niveau de l'application de la peinture, du mesurage de l'épaisseur du feuil sec ou de l'accessibilité limitée. Pour chaque zone difficilement accessible, un nombre de mesurages supplémentaires, par rapport aux mesurages effectués au hasard, est effectué en fonction de la zone concernée et conformément au tableau.

Sauf spécification contraire, un mesurage consiste en une simple lecture du résultat affiché par l'appareil de mesure.

En tout point des surfaces revêtues, les différentes épaisseurs mesurées sont incluses dans la fourchette mini-maxi figurant sur les fiches d'homologation du système ou sur les fiches techniques du fabricant.

Pour autant que la moyenne des mesures atteigne la valeur nominale, les tolérances consenties sur les valeurs individuelles sont :

- pour les valeurs minimales :
 - 20 % au plus des lectures inférieures à la valeur nominale, dans la mesure où elles restent supérieures à 80% de celle-ci ;
- pour les valeurs maximales : l'épaisseur maximale du film sec n'excède pas la plus petite des valeurs suivantes :
 - le double de son épaisseur nominale ;
 - l'épaisseur maximale renseignée sur la fiche technique du fabricant ;
 - l'épaisseur maximale renseignée sur la fiche d'homologation du système.

6.4. Prescriptions complémentaires

6.4.1. Contrôle interne

L'entrepreneur exercera de manière continue un contrôle interne qui portera sur :

- la qualité et de finition ;
- la conformité de son matériel ;
- la qualité de l'air utilisé pour les projections, notamment sa propreté et sa siccité ;

- la conformité des produits utilisés ;
- les conditions climatiques, notamment les températures de l'air et du support, l'hygrométrie et le point de rosée ;
- les conditions d'application ;
- les délais de recouvrement des surfaces décapées ou peintes ;
- l'épaisseur des couches ;
- la couleur de la couche générale, tous les facteurs conditionnant la bonne exécution des travaux ;
- l'adhérence des couches classe 1 suivant NBN EN ISO 2409.

6.4.2. Contrôle externe

Le Pouvoir Adjudicateur ou son représentant procédera à des contrôles inopinés ou systématiques qui porteront sur les mêmes conformités que celles décrites ci-dessus et qui font l'objet du contrôle interne.

Le Pouvoir Adjudicateur vérifiera, autant qu'il le jugera nécessaire, la qualité des surfaces réceptionnées par l'entreprise. En cas de non-conformité, la surface en cause sera décapée à nouveau, aux frais de l'entrepreneur. Aucune prolongation de délai ne peut être accordée de ce chef.

Tous ces contrôles effectués par le Pouvoir Adjudicateur ne dégagent en rien la responsabilité de l'Adjudicataire qui reste entière.

La réception par le maître d'ouvrage du film sec des différentes couches porte sur les points suivants :

- l'aspect du revêtement ;
- l'épaisseur des couches ;
- l'adhérence du système ;
- la couleur de la couche de finition ;
- le respect des procédures.

6.4.3. Contrôle des épaisseurs

Durant l'application des peintures, l'entrepreneur vérifiera, autant de fois qu'il est utile, les épaisseurs humides au moyen de jauges Nordson.

6.4.4. Contrôles pour la réception des couches et du système

Les différentes épaisseurs du système de protection seront vérifiées par des procédés magnétiques non destructifs, au moyen d'appareils tels que micro test, elcomètre, etc. En ce qui concerne les couches de peinture, les épaisseurs sèches seront déterminées selon la méthode décrite dans la norme NBN EN ISO 2178 « Mesurage de l'épaisseur du revêtement - méthode magnétique ».

Les contrôles d'épaisseur sont à charge du Pouvoir Adjudicateur. Ils n'atténueront en aucun cas la responsabilité de l'entrepreneur qui doit effectuer et tenir à la disposition du Pouvoir Adjudicateur, dans le cadre de son contrôle interne, un relevé complet des mesures d'épaisseur.

Les contrôles d'épaisseur porteront sur :

- l'épaisseur de chaque couche ;
- l'épaisseur totale du système.

6.4.5. Contrôle de la couleur d'habillage

La réception de la couleur de la couche de finition sera faite par comparaison avec le

nuancier RAL. La teinte retenue pour cette couche de finition sera définie par le fonctionnaire dirigeant.

2.9. NBN EN ISO 12944-8 : Développement de spécifications pour les travaux neufs et l'entretien.

Les prescriptions de la norme NBN ISO EN 12944-8 sont d'application.

3. Travaux de remise en état ou d'entretien

3.1. Préparation

Lorsqu'il s'agit de travaux d'entretien ou de remise en état au cours desquels des constructions existantes doivent être repeintes, les parties rouillées, piquées ou dégradées (absence de peinture sans corrosion) sont traitées d'une des manières suivantes :

3.1.1. Support en acier non protégé

Un décapage jusqu'au degré SA 2 ½ ou SA 3 suivant NBN EN ISO 8501-1 est réalisé. Le choix du degré de décapage (SA 2 ½ ou SA 3) est soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

3.1.2. Support en acier protégé

Si les surfaces métallisées, galvanisées, électrozinguées ou les tôles laminées à froid puis décapées à l'acide et phosphatées au zinc présentent un décollement de peinture sans corrosion, elles sont dégraissées.

Les surfaces n'ayant pas subi un des traitements ci-dessus sont décapées jusqu'au degré SA 2; suivant la norme NBN EN ISO 8501-1. Lorsque la couche primaire est riche en zinc (plus de 92 % de Zn après séchage), le décapage se poursuit jusqu'au degré SA 3.

Si des traces de corrosion existent le traitement à réaliser est le même que pour les cas d'acier non protégé.

3.2. Mise en peinture

Lors de travaux de remise en état suite à l'application de la garantie, le traitement prévu initialement est appliqué. Le fonctionnaire dirigeant est averti des dates d'application des différentes couches.

4. Métallisation

4.1. Généralités

La métallisation est exécutée conformément aux prescriptions de la norme NBN EN ISO 2063 « Projection thermique - Revêtements métalliques et inorganiques - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux ».

Avant métallisation un décapage par jet de matières abrasives est effectué jusqu'au degré SA 3, suivant la norme NBN EN ISO 8501-1 à 4, comme décrit au paragraphe j.2.4. Lorsqu'un autre traitement est envisagé (dépôt d'un adhésif) il doit être soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

La métallisation doit être effectuée au plus tard trois heures après sablage des surfaces à métalliser. Lorsqu'il s'agit d'assemblages, ceux-ci doivent avoir été réalisés provisoirement une première fois et tous les trous alésés. La métallisation se fait alors sur chaque pièce individuellement avant réassemblage définitif. Dans le cas de la protection anticorrosion, aucune retouche ne peut être apportée aux dites pièces après métallisation. La pièce à recouvrir ne peut pas être à une température inférieure à 0°C. Si un préchauffage est nécessaire, il est réalisé avec une flamme oxyacétylénique réductrice.

Lorsque des pièces usées sont soumises à un rechargement, un usinage préalable doit permettre d'obtenir un dépôt d'épaisseur constante sur la partie traitée.

4.2. Mise en oeuvre

4.2.1. Protection contre la corrosion

4.2.1.1. Recouvrement de Zn

Le travail est effectué suivant la NBN 755 si aucune indication n'est reprise dans le cahier spécial des charges ou dans le paragraphe 3 du présent chapitre l'épaisseur minimale du dépôt est de 80 µm.

Le fil est fabriqué à partir de zinc pur qualité Z9, suivant ISO 752.
Les teneurs des différents composants sont :

- Zn : 99,995 % minimum ;
- Pb : 0,003 % maximum ;
- Cd : 0,003 % maximum ;
- Fe : 0,002 % maximum ;
- Cu : 0,001 % maximum ;
- Sn : 0,001 % maximum.

4.2.1.2. Recouvrement d'Al

La rugosité du support est adaptée au recouvrement.

Le métal est projeté sous atmosphère inerte.

L'épaisseur minimale de métal déposé est de 200 µm, réalisée en passes croisées.

L'aluminium utilisé correspond à la classe A7.

4.2.1.3. Recouvrement de zinc/aluminium

L'épaisseur minimale du recouvrement est de 100 µm réalisée en 2 passes croisées.

Le fil est composé d'un alliage comprenant en poids :

- 15 % ± 1 % d'Al ;
- moins de 0,03 % de Fe ;
- le solde en zinc.

Il est fabriqué à partir de zinc de composition reprise paragraphe 4.2.1.1. et d'aluminium de qualité A7 à 99,7 %, avec comme teneurs limites :

- 0,15 % de Si ;
- 0,2 % de Fe ;
- 0,015 % de Cu ;
- 0,04 % de Zn.

4.2.1.4. Protection de la métallisation

La surface métallisée doit être colmatée par une peinture de fluidité élevée. L'épaisseur minimum de ce colmatage après séchage est de 20 µm.
Ce colmatage ne peut être considéré comme une couche primaire.

4.2.2. Protection contre l'usure ou contre l'usure et la corrosion

4.2.2.1. Généralités

Ce mode de protection comprend la projection d'une matière en fusion. La matière d'apport est projetée à la flamme ou sous jet de plasma suivant les prescriptions du fabricant ou du cahier spécial des charges.

4.2.2.2. Projection par plasma

Les prescriptions suivantes sont d'application :

- les poudres sont calibrées pour obtenir un résultat de projection correct et constant ;
- afin de réaliser un dépôt dense il est fait usage de poudres fines (de 10 à 40 µm) ;
- les poudres sont amenées à la torche en suspension dans un gaz de transport ;
- le dosage des poudres doit être régulier et reproductible ;
- la projection est réalisée au moyen d'appareils permettant l'emploi d'argon, d'azote, d'hydrogène, ou de mélanges de ces gaz ;
- l'intensité débitée par le générateur de courant redressé doit pouvoir être réglée en continu ;
- si le cahier spécial des charges ne précise pas le type de poudre, sa granulométrie, son dosage, la nature et la vitesse des gaz de transport et plasmogène, l'intensité nécessaire, le type de torche, de tuyère, de cathode et l'écartement anode-cathode, ces paramètres sont communiqués au fonctionnaire dirigeant après essais.
L'épaisseur normale du recouvrement est de 0,4 mm.

4.2.2.3. Projection à la flamme

Une préparation mécanique, consistant par exemple en un filetage pour les pièces cylindriques, suivi d'un passage au jet d'abrasif est toujours exécutée. Toutes les mesures sont prises pour éviter les décollements.
En cas de nécessité une sous couche d'accrochage déterminée en fonction du support et de la nature de la couche finale, est appliquée.

4.2.2.4. Usinage

Si le revêtement, le mode de projection ou l'emploi prévu le nécessite, un usinage final est réalisé. Dans ce cas l'entrepreneur prévoit une surépaisseur, l'épaisseur indiquée au cahier des charges étant celle obtenue après usinage.

4.2.2.5. Matériaux d'apport

Le cahier spécial des charges précise la nature du revêtement à apporter.
Lorsqu'une pièce est soumise à l'action localisée d'attaques différentes, les matériaux projetés sur une même pièce doivent être prévus dans ce but. La nature du revêtement peut donc être variable suivant les points. L'utilisation de métaux d'apport différents doit être soumise à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

4.3. Prélèvement des échantillons

Lorsque la métallisation se rapporte à un ensemble de plus de 50 pièces identiques d'une masse individuelle inférieure à 10 kg, il est prévu une pièce supplémentaire par groupe de 50 pièces, le nombre de pièces à fournir étant supposé arrondi par excès à un multiple de 50. Une pièce, choisie arbitrairement par le fonctionnaire dirigeant, ou son délégué, dans chaque groupe ainsi constitué est soumis aux essais spécifiés.

Dans les autres cas, il est prévu le cas échéant un échantillon de tôle de 500 x 500 x 2 mm qui est traité exactement de la même façon que les surfaces à métalliser. Le fonctionnaire dirigeant ou son délégué sont prévenus au moins 8 jours à l'avance de la date à laquelle la métallisation est effectuée afin qu'il ait la possibilité de s'assurer que l'échantillon est traité de la même façon que les pièces à métalliser. L'échantillon est alors soumis aux essais.

4.4. Essais

4.4.1. Revêtement de Zn

Voir NBN 755

4.4.2. Autres revêtements

L'administration se réserve le droit d'effectuer les essais suivants :

- mesures de l'épaisseur selon paragraphe j.12. ;
- mesures de l'adhérence ;
- mesure de la force directe requise pour séparer un revêtement de son substrat ou pour provoquer un clivage du matériau d'apport. L'indicateur de force est collé sur le revêtement ;
- l'adhérence doit être au moins égale à celle indiquée dans le cahier spécial des charges ;
- pour le revêtement en zinc-aluminium (suivant 4.2.1.3.) un test d'adhérence tel que celui prescrit par la NBN 755 est réalisé ;
- pour les revêtements anti-corrosion un des essais repris au paragraphe J.12. peut être exécuté ;
- test de résistance à l'usure : le type de test est déterminé en fonction de l'attaque à laquelle est soumis le revêtement ;
- analyse chimique : l'échantillon du matériau d'apport pèse au moins 100 gr. L'analyse est faite par un laboratoire agréé par l'Administration.

5. Galvanisation

5.1. Remarques générales

La galvanisation est exécutée conformément aux prescriptions de la norme NBN EN ISO 1461 « Revêtement par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux - Spécifications et méthodes d'essai ».

L'épaisseur moyenne minimum de la galvanisation est de :

- 20 µm pour les équipements destinés à l'intérieur ;
- 40 µm pour les équipements destinés à l'extérieur.

Le rapport entre l'épaisseur et la masse surfacique du zinc déposé est obtenu par la formule :

$$m = d \times 7$$

avec :

m = masse du revêtement en g/m²

d = épaisseur en microns.

Les épaisseurs indiquées pour la galvanisation sont données à titre indicatif. La mesure de référence est effectuée en prenant la moyenne de la charge en g/m² /2 faces.

La galvanisation est recouverte par des peintures suivant les systèmes décrits au paragraphe j.2.

Lorsque la galvanisation est peinte après un délai excédent une semaine elle est d'abord phosphatée.

Les mesures sont prises afin d'éviter la formation de rouille blanche.

Une micrographie est réalisée aux frais du fournisseur par un laboratoire agréé s'il y a doute sur le procédé (galvanisation en continu ou au trempé après fabrication) appliqué pour galvaniser.

5.2. Galvanisation à chaud après fabrication

Les pièces à galvaniser sont traitées conformément aux normes NBN EN ISO 1460, 1461, 1463 et 14713 1 à 3. Le fonctionnaire dirigeant ou son délégué doit être mis en mesure de prélever, aux fins d'analyses, des échantillons du bain de zinc pendant les opérations sur les pièces à recouvrir.

La galvanisation se fait sur chaque pièce individuellement avant assemblage définitif. Tous les usinages sont réalisés avant passage dans les bains. Seules les opérations de soudure peuvent encore être réalisées. Les cordons de soudure sont reconditionnés par 2 couches de peintures riches en zinc de 40 µm minimum chacune ou par projection de zinc (métallisation). Ces couches de peintures ne constituent qu'un rattrapage des dégâts occasionnés par la soudure. Elles ne peuvent être comptées dans la protection décrite au paragraphe j.2.

Les boulons doivent être centrifugés après galvanisation. Les écrous peuvent être taraudés après galvanisation.

Les contrôles sont effectués suivant les normes NBN EN ISO 1460, 1461 et 1463, moyennant la remarque concernant le rapport poids/épaisseur du paragraphe j.5.1. Les échantillons des pièces sont prélevés dans les mêmes conditions qu'indiquées sous j.4.3.

5.3. Galvanisation en continu à chaud

5.3.1. Définition

La galvanisation en continu à chaud se rapporte à des tôles ou bobines en acier non allié galvanisé par passage continu dans un bain de zinc. Cette galvanisation répond à la norme NBN EN 10346.

5.3.2. Qualités

- Acier de base :

Les propriétés mécaniques des aciers de construction sont mentionnées dans le tableau 7 de la norme.

- Revêtement de zinc :

Les charges minimales de zinc imposées sont de :

- 275 g/m²/2 faces pour usage intérieur ($\pm 20 \mu\text{m}$) ;
- 600 g/m²/2 faces pour usage extérieur ($\pm 40 \mu\text{m}$).

Les charges représentent le minimum de la moyenne de 3 mesures faites sur la largeur de la tôle selon la figure 1 de la norme.

5.3.3. Contrôle de l'adhérence du zinc

L'adhérence du revêtement de zinc sera vérifiée par un essai de pliage réalisé conformément aux indications du tableau 31 ci-dessous et des figures 5 et 6.

Cet essai tient compte des épaisseurs et des qualités du métal de base et du poids du revêtement de zinc.

L'échantillon à une largeur de 50 mm.

Après pliage, l'échantillon ne peut montrer aucun écaillage du revêtement à plus de 6 mm des bords. Des craquelures ou des criques du revêtement ne sont pas des causes de rejet.

Le métal de base ne peut montrer suite à l'essai de pliage ni crique ne gerçure visible à l'oeil nu. Le zinc de l'échantillon est décapé dans un acide inhibé afin de dégager l'acier de base.

TABLEAU 31

Essais de pliage à 180°				
Désignation du revêtement	Diamètre du mandrin			
	e ≤ 3,25 mm		e > 3,25 mm	
	Qualité pliage et profilage	Qualité emboutissage	Qualité pliage et profilage	Qualité emboutissage
Z 600	-	-	-	-
Z 450	-	-	-	-
Z 350	0	-	2e	-
Z 275	0	0	1e	1e

e = épaisseur Pliage avec cale
0 = pliage à plat Pliage sans cale

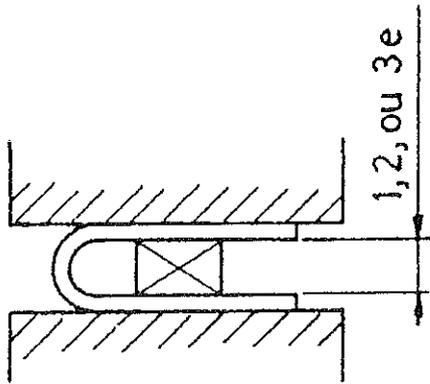


Fig. 5 - Pliage avec cale

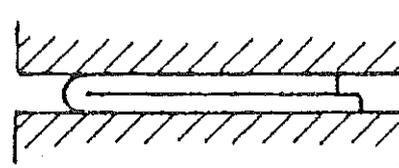


Fig. 6 - Pliage sans cale

5.3.4. Assemblage

Toutes les pièces d'assemblage en contact avec des tôles galvanisées doivent être soit galvanisées soit cadmiées.
Les soudures sont reconditionnées comme précisé en j.5.2.

5.3.6. Protection des découpes

Pour les épaisseurs de tôle supérieures à 2 mm; les tranches, résultant d'une opération de découpe ou de perçage, sont protégées par deux couches de peintures contenant plus de 92 % de Zn après séchage.

L'épaisseur sèche totale est de minimum 40 µm.

6. Nickelage et chromage

Sauf prescriptions contraires au cahier spécial des charges la composition et l'épaisseur du dépôt sont conformes à la NBN 691.

La visserie d'acier nickelée répond à la dénomination Ni 10.

Tout autre matériel en acier nickelé répond à la dénomination Ni 30.

Si un chromage d'une épaisseur comprise entre 0,3 µm et 1 µm est demandé il est désigné conformément à la NBN 691.

7. Cadmiage

Le cadmiage s'effectue conformément à la norme NBN EN ISO 2082.

8. Shéardisation

La shéardisation consiste à réaliser un revêtement métallique de composés de zin-fer par diffusion à chaud à partir de poussière de zinc sur une pièce en acier. Elle répond à la norme NBN EN ISO 14713-3.

Seules les pièces non soumises à une température de plus de 200° C peuvent être shérardisées.

9. Plastification

Le revêtement plastique est obtenu par trempage de la pièce préchauffée dans un bain de poudre plastique fluidisée. Le support est d'abord dégraissé et décapé. Il est ensuite passivé et recouvert d'un vernis d'accrochage.

Propriétés exigées :

Revêtement en PVC :

- épaisseur minimum 350 µm ;
- dureté Shore 80° min ;
- aucun arrachement au papier collant plastique après quadrillage du revêtement en carrés de 2 mm de côté.

Revêtement en polyamide :

- épaisseur minimum 200 µm ;
- dureté Shore 95° min ;
- aucun arrachement au papier collant plastique après quadrillage du revêtement en carrés de 2 mm de côté.

10. Tôles électrozinguées

Elles répondent aux normes NBN EN ISO 2080 et 2081.

11. Protection de l'aluminium

11.1. Métal de base

Pour usages extérieurs les alliages à plus de 0,3 % de cuivre ou à plus de 2 % de zinc combiné avec plus de 1 % de magnésium sont protégés par peinture.

En atmosphère maritime lorsqu'il est fait usage d'aluminium non peint l'alliage utilisé est du type :

- 3,5 à 4 % de Mg ;
- 0,2 à 0,7 % de Mn ;
- 0,1 % de Cu maximum ;
- 0,5 % de Fe maximum ;
- 0,4 % de Si maximum.

11.2. Anodisation

Si une anodisation de l'aluminium est demandée, l'épaisseur imposée est de 20 µm sauf prescription contraire au cahier des charges.

Un colmatage est réalisé, Les essais appliqués pour vérifier la qualité du travail sont effectués suivant :

- NBN EN ISO 2360 pour mesurer l'épaisseur par une méthode non destructive ;
- NBN EN ISO 1463 comme mesure de référence de l'épaisseur.

Dans le cas de soudure, le métal d'apport doit être compatible avec le procédé d'anodisation.

11.3. Peinture de l'aluminium

La mise en peinture est faite suivant les prescriptions des fabricants d'aluminium. Les perçages et usinages sont réalisés avant mise en peinture.

La protection est réalisée par : un dégraissage par produits à base d'acide phosphorique suivi d'un ponçage, de 2 couches primaires au chromate de zinc, de 2 couches de finition (le tout est glycérophthalique ou époxy).

Tout autre mode de protection doit être soumis au fonctionnaire dirigeant pour approbation.

Un quadrillage de 1 mm, et un essai au cellophane sont réalisés pour vérifier l'adhérence de la peinture.

12. Essais

12.1. Remarque générale

Les essais ci-après ne sont normalement pas réalisés.

Lorsqu'ils sont imposés par une prescription du présent cahier des charges ou du cahier spécial des charges ils sont exécutés de la façon décrite ci-dessous. Les résultats souhaités et leur interprétation sont précisés dans chaque cas.

Les essais peuvent être exécutés soit sur des panneaux d'essai, soit sur des spécimens prélevés dans les lots.

12.2. Prélèvement des panneaux d'essai

Un prélèvement est exécuté sur l'appareil à essayer, de préférence dans des surfaces planes ou de faible courbure, et en tous cas en dehors de toute hétérogénéité et/ou assemblage.

Le travail de prélèvement doit n'apporter aucune souillure des échantillons (par exemple : empreintes digitales) et un nettoyage chimique ou abrasif de ceux-ci n'est pas autorisé.

Eventuellement, en accord avec le fonctionnaire dirigeant, des panneaux d'essai de contrôle de fabrication peuvent être présentés.

Les panneaux d'essai doivent être représentatifs de l'accessoire considéré de l'appareil à examiner, tant en ce qui concerne la combinaison du subjectile avec le revêtement que les traitements mécaniques et thermiques subis.

La manipulation des panneaux d'essai doit se faire suivant les mêmes précautions que celles précisées ci-dessus.

L'ensemble du traitement nécessaire pour obtenir la couche de protection doit être identique à celle qui est utilisée pour la fabrication de l'appareil et ce traitement doit, de préférence, avoir lieu en même temps que cette fabrication.

Sauf spécification contraire dans les descriptions particulières des essais, les panneaux d'essai sont rectangulaires et, dans toute la mesure du possible, de dimensions comprises entre 90x140 mm et 70x100 mm.

12.3. Conditionnement préalable des panneaux d'essai

Les panneaux d'essai sont maintenus pendant au moins 16 h dans une ambiance à libre circulation d'air et à l'abri de la lumière solaire, à une température de 23 ± 2 °C sous une humidité relative de 50 ± 10 %.

Les panneaux d'essai dont les bords doivent être protégés avant qu'ils soient soumis à certains essais, doivent être pourvus de cette couche de protection avant le conditionnement.

12.4. Rayure des panneaux d'essai

Dans certains essais de vérification de la résistance à la corrosion, le subjectile doit être mis à nu localement par enlèvement du revêtement, afin de contrôler le comportement d'un subjectile avec revêtement détérioré.

A l'endroit déterminé dans la description de l'essai, le panneau d'essai est rayé à l'aide d'un stylet avec une pointe de métal dur.

La vitesse de rayure est d'environ 100 mm/s et le stylet est tenu incliné sous un angle de 82 à 84° dans le sens du mouvement. La force de rayure doit être telle que le subjectile soit effectivement et régulièrement mis à nu. Les rayures sont à pratiquer immédiatement avant l'essai à effectuer.

12.5. Conditions d'exécution des essais mécaniques

Les essais mécaniques sont à effectuer sur des panneaux d'essai ayant subi le conditionnement prévu en 12.3. et dans une ambiance à température de 23 ± 2 °C à 50 ± 10 % d'humidité relative.

12.6. Vérification de l'épaisseur

Toutes les épaisseurs indiquées sont des épaisseurs mesurées sur une face.

Pour les revêtements non magnétiques sur subjectile magnétique, un appareil basé sur la mesure de la force magnétique du support est employé (elcomètre).

L'appareil est pourvu d'un dispositif de remise à zéro ; il est vérifié par l'emploi de cales calibrées d'épaisseurs voisines à celles mesurées.

Pour les autres cas, ou pour des mesures très précises, l'épaisseur est mesurée par coupe et mesure micro graphique suivant la norme NBN EN ISO 1463.

12.7. Vérification de la souplesse du revêtement par l'essai de pliage sur mandrin cylindrique

But

Cet essai a pour but d'évaluer la résistance du revêtement à la fissuration dans des conditions de déformation qui peuvent se produire dans la pratique (par exemple lors du transport ou de l'installation).

Principe de l'essai

L'essai consiste à plier le panneau d'essai sur un mandrin cylindrique de diamètre déterminé, de manière à amener les faces au parallélisme.

Condition à satisfaire

Le revêtement ne doit présenter à ce pliage aucune fissure visible à l'oeil nu.

Appareillage

L'appareil consiste en un porte-mandrin universel et un jeu de mandrins de différents diamètres. Les mandrins sont indéformables et inoxydables.

Mode opératoire

Le panneau d'essai est plié à 180°, sans secousses, autour d'un mandrin d'un diamètre précisé au cahier spécial des charges, en un temps de 1 à 2 s.

12.8. Vérification de l'adhérence du revêtement par l'essai de quadrillage

But

Cet essai a pour but d'évaluer l'adhérence du revêtement au subjectile, afin de vérifier sa résistance à l'écaillage et au décollement sous l'influence de rayures, de chocs, de déformations ou du vieillissement.

Principe de l'essai

L'essai consiste à réaliser, dans le revêtement deux séries d'incisions parallèles, perpendiculaires entre elles, de manière à former un quadrillage, isolant entre elles un certain nombre de petits carrés.

Conditions à satisfaire

Aucun petit carré ne peut être entièrement décollé du subjectile. Seuls de petits éclats peuvent être décollés aux points d'intersection des incisions ; la surface écaillée peut atteindre au maximum 10 % de la surface quadrillée.

Appareillage

- Appareil à griffer

L'appareil à utiliser est du type à un couteau (figure 7).

Notes :

1. l'appareil à griffer ne doit pas nécessairement correspondre à celui décrit à la figure ci-dessous; seules les dimensions sont à respecter.
2. Il est recommandé de réaffûter le couteau si, suite à l'usure, sa largeur dépasse 0,1mm.

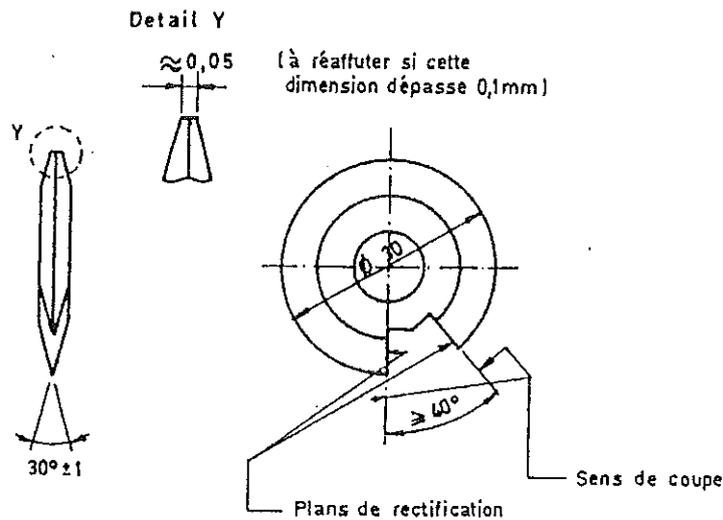


Fig. 7 - Appareil à griffer

- Appareil à mesurer l'épaisseur du feuil.
- Loupe (grossissement 2,5).
- Brosse à main avec fibres en polyamide.
De préférence, la brosse sera constituée de 100 à 150 bottes de 30 à 40 poils chacune, les poils seront en polyamide de 0,4 à 0,5 mm de diamètre et de 12 à 15 mm de longueur.

Mode opératoire

L'essai est à exécuter en au moins deux endroits distants d'au moins 10 mm, à l'aide de l'appareil à griffer.

Une première série de six incisions parallèles est réalisée.

Perpendiculairement à celle-ci, une deuxième série de six incisions est réalisée, de manière à former un quadrillage de 25 carrés. Les incisions sont faites sans secousses à une vitesse de 2 à 5 cm/s et de façon à mettre le subjectile à nu. Si celui-ci ne peut être atteint, par exemple à cause d'une trop grande dureté ou épaisseur du feuil, ce fait sera mentionné dans le rapport d'essai.

La distance entre les incisions est définie dans le tableau 32 ci-dessous en fonction de l'épaisseur du feuil :

TABLEAU 32

Epaisseur du feuil e (μm)	Distance entre les incisions (mm)
$e \leq 60$	1
$60 < e \leq 120$	2
$e > 120$	3

Finalement le quadrillage doit être brossé légèrement cinq fois suivant ses diagonales.

Interprétation de l'essai

Il est vérifié si des carrés sont entièrement décollés.

Si tel n'est pas le cas, le quadrillage est examiné à l'aide de la loupe : les arêtes des carrés sont observées et la surface écaillée est évaluée.

12.9. Vérification de la dureté du revêtement par l'essai de rayure

But

Cet essai a pour but de déterminer la résistance du revêtement aux actions mécaniques de frottement pouvant provoquer des rayures.

Principe de l'essai

L'essai consiste à rayer le revêtement au moyen d'une aiguille chargée d'une masse déterminée.

Condition à satisfaire

Le subjectile doit ne pas être mis à nu, l'aiguille étant chargée d'une masse de $2,5 \pm 0,05$ kg. L'examen se fait à l'oeil nu.

12.10. Vérification de la résistance au brouillard salin

Les essais sont conformes à la norme NBN EN ISO 9227 moyennant les précisions reprises dans les paragraphes ci-après qui reprennent la numérotation de la norme.

3.2. Ajustement du pH

3.2.2. En l'absence de spécifications dans le cahier spécial des charges, le test NSS est utilisé.

11. Interprétation de l'essai lors de l'emploi de panneaux d'essais

(Détermination de l'extension des altérations)

Une altération ordinaire comprend un décollement du feuil le long de la rayure, la formation de filets de rouille partant de la rayure, et la formation d'ampoules le long de la rayure.

Après la durée d'essai spécifiée, déterminer l'extension moyenne m , c'est-à-dire la largeur moyenne, à partir de chaque rayure, de la zone où s'étendent les altérations.

Indiquer, comme résultat, la moyenne, arrondie au demi-millimètre, des quatre résultats obtenus.

Remarques

Pour une rayure qui est uniformément bordée d'altérations réparties sur une zone d'environ la même largeur, l'extension moyenne est déterminée directement par une ligne tracée parallèlement à la rayure et passant autant que possible par les extrémités de la zone altérée.

L'extension moyenne pour ce côté de la rayure est alors la distance entre cette ligne et la rayure.

Si, toutefois, les zones d'altérations sont de largeurs très différentes, ou si la rayure n'est que partiellement bordée de zones d'altérations, l'extension moyenne ne peut être déterminée directement.

Dans de tels cas, il est préférable de mesurer d'abord l'extension de parties de la rayure, et de calculer une moyenne pour toute la rayure à l'aide des résultats partiels obtenus.

Exemples

Une rayure est bordée d'une zone d'altérations d'une largeur de 6 mm sur un tiers de la longueur, et ne présente pas d'altérations sur le reste de sa longueur. L'extension moyenne est alors égale à :

$$1/3 \times 6 + 2/3 \times 0 = 2 \text{ mm.}$$

Une rayure est bordée d'une zone d'altérations de 4 mm de largeur sur un quart de sa longueur et de 2 mm sur deux quarts de sa longueur, le reste de celle-ci ne présentant pas d'altérations. L'extension moyenne est alors égale à $1/4 \times 4 + 2/4 \times 2 + 1/4 \times 0 = 2 \text{ mm.}$

12.11. Vérification du comportement en cas d'immersion dans l'eau

Les essais sont conformes à la norme NBN EN ISO 2812-2.

12.12. Test pour la détermination approximative de la composition d'un alliage d'aluminium

Lorsque la détermination approximative de la composition d'un alliage d'aluminium est nécessaire le test suivant est réalisé :

- nettoyer et dégraisser l'échantillon ;
- déposer 1 à 2 gouttes de solution de NaOH à 20 %, rincer après 5 min.
Suivant la couleur de la tache on en déduit les éléments d'alliage :
 - noire : alliage avec Cu, Ni, Zn ;
 - gris brun : 2 % si ;
 - blanc : Al pur ou pas de Cu, Ni, Zn ;
 - pas de tache : Mg ;
- dans le cas où la tache est noire ou brune, on la sèche au papier filtre et on y dépose du HNO₃ concentré.
Si la tache :
 - disparaît immédiatement : alliage avec Cu, Ni, Zn ;
 - reste : contient Si ;
 - réagit fortement : Mg ;
- si la tache a disparu avec HNO₃ :
 - une partie de la solution ayant réagi est versée sur un papier filtre rendu basique par du NH₄OH et imprégné de diméthylglycine. La coloration rouge prouve la présence de Ni ;
- la partie restante de la place traitée au HNO₃ est recouverte d'une solution de NH₄OH saturée.
Si la solution :
 - est bleue : présence de Cu importante ;
 - est incolore : en prélever quelques gouttes et les déposer sur un papier filtre imprégné de K₄Fe (CN)₆ ;

- Si coloration rouge : $\pm 0,10$ % de Cu ;
 - Si incolore : pas de Cu ;
 - un autre endroit de l'échantillon est recouvert d'une solution à 20 % de NaOH acidifiée avec du HNO₃ concentré, jusqu'à ce que la plus grande partie soit dissoute. Si la solution vire au rouge après quelques minutes, il y a présence de Manganèse ;
 - un autre endroit de l'échantillon est imprégné d'une solution de 5 % de CdSO₄, 5 % de HCl et 3 % de NaCl.
- Si une tache grise noire apparaît, l'alliage est du groupe AlZn, AlZnMg, AlZnCu, AlMg ou alliage de magnésium :
- si seule une faible réaction apparaît, l'alliage est du groupe AlMgMn, AlMgSi, AlMn, AlSi, Al ;
 - si il y a absence de réaction l'alliage est du groupe AlCu, AlCuMg, AlCuNi.

k. LUBRIFICATION

1. Domaine d'application

Toutes les pièces soumises à un frottement de glissement (engrenages, paliers lisses et à roulements, articulations, chaînes, câbles, glissières) sont pourvues d'un système de lubrification approprié. La lubrification éventuelle des éléments autolubrifiants tels que buselures, rotules, butées,... doit respecter les directives du fabricant.

2. Dispositifs de lubrification

2.1. Lubrification par barbotage ou bain d'huile

Le niveau d'huile dans le carter ne peut dépasser le niveau inférieur de l'axe situé le plus bas dans le réducteur. Si une telle configuration n'est pas réalisable, une lubrification par circulation d'huile doit être adoptée.

Des dispositifs adéquats assurent la lubrification des paliers et butées au moyen de l'huile du carter.

Un graissage des paliers et butées à la graisse ne peut se faire que moyennant l'accord du fonctionnaire dirigeant. Les excédents de graisse ne peuvent en aucun cas polluer l'huile du carter.

2.2. Lubrification par circulation d'huile

2.2.1. Principes

Les dentures et les paliers des engrenages lubrifiés par un système à circulation d'huile, sont alimentés en huile sous pression, à l'aide d'une pompe auto-amorçante et via un distributeur progressif. L'huile est soit reprise du carter, soit provient d'un réservoir extérieur au réducteur.

2.2.2. Prescriptions générales

Les pompes, entraînées par moteur électrique, sont commandées de façon à assurer la lubrification des mécanismes avant leur démarrage, cette lubrification est maintenue jusqu'à l'arrêt complet des mécanismes.

Chaque circuit de pompe comporte un manomètre à deux contacts réglables permettant la détection à distance d'une pression inférieure à une pression minimale (colmatage de filtre, manque d'huile) ou d'une surpression (obstruction du circuit).

2.2.3. Installations avec réservoir d'huile

Le réservoir d'huile du circuit de circulation a un volume dont la valeur, exprimée en m^3 , est supérieure ou égale à 1200 fois la valeur, exprimée en m^3/s , du débit d'huile dans le circuit de circulation. Le réservoir est muni de plaques de décantation, d'une embouchure de remplissage avec filtre à mailles. Le réservoir des installations importantes est muni d'un trou d'homme.

Si les mécanismes sont placés à un endroit où peuvent régner des températures inférieures à $5^\circ C$, risquant de compromettre le bon fonctionnement de l'installation de lubrification, un réchauffeur d'huile est prévu pour maintenir l'huile à une température d'au moins $5^\circ C$. Un témoin lumineux signale sur le pupitre de commande si l'huile n'a pas atteint cette

température minimale. La puissance de chauffe est limitée à 1 Watt par cm² de surface de chauffe. Les surfaces de chauffe sont réalisées en acier. Si des résistances électriques sont utilisées, elles sont placées dans un fourreau rempli d'huile, muni d'un bouchon de vidange et d'un reniflard.

Dans le cas où la température de l'huile du circuit de retour dépasserait 60° C, un échangeur de chaleur est ajouté au réservoir afin d'assurer que cette température limite ne soit pas dépassée.

Si un séparateur d'huile par centrifugation est accouplé au réservoir pour éliminer les impuretés et l'eau présente dans l'huile, la capacité du séparateur ne peut être inférieure au vingtième du volume du réservoir d'huile.

Si le cahier spécial des charges spécifie que l'installation comporte, en plus de la pompe de service, une pompe de réserve entrant automatiquement en service en cas d'avarie de la première, la commutation d'une pompe à l'autre est aussi possible manuellement. Les pompes sont munies d'un limiteur de pression ajusté sur une pression maximale de 8 bars, avec retour d'huile au réservoir aisément démontable pour vérification.

La tuyauterie de refoulement comporte un filtre, avec by-pass incorporé, dont les mailles ont des dimensions inférieures ou égales à 25 µm. La détection de colmatage du filtre s'opère par contrôle de la pression différentielle au niveau du filtre. Lorsque cette dernière atteint 0,05 MPa (0,5 bar), un système d'alarme avertit de la nécessité de nettoyer le filtre. Pour les installations fonctionnant en service continu, un filtre de réserve, branché en parallèle sur le filtre de service, et des vannes de commutation sont prévus.

Le cahier spécial des charges indique les points de lubrification importants, qui sont munis d'un contrôleur réglable de débit, avec contact pour la signalisation à distance d'une insuffisance de débit.

2.3. Graissage manuel point par point

Les différents points à lubrifier sont aisément accessibles.

Les graisseurs sont placés directement sur leurs paliers respectifs.

Les graisseurs sont en acier inoxydable et du type à agraffer avec bille anti-retour, et ont un filet de diamètre minimum de 3/8" gaz conforme à la norme NBN EN ISO 228.

Dans une même installation, tous les graisseurs sont identiques.

2.4. Graissage avec pompe manuelle et distributeur progressifs

Les distributeurs progressifs sont équipés d'un manomètre. La pompe manuelle est équipée, du côté de son refoulement, d'un filtre dont la maille ne dépasse pas 125 µm et d'une soupape de dégagement.

Le garde N.L.G.I. de la consistance de la graisse n'est pas supérieur à 2. En outre, le lubrifiant ne contient pas plus de 5% de graphite colloïdal ou de bisulfure de molybdène avec une granularité de 5 µm.

2.5. Graissage centralisé sur rampe de graisseurs

Dans le cas où les points à lubrifier sont difficilement accessibles, les graisseurs sont groupés par zones sur un tableau en tôle ou rampe de graisseurs. Le tableau, équipé des

graisseurs aux caractéristiques mentionnées au paragraphe 2.3, est fixé à une distance ne dépassant pas 3 m des points à lubrifier, sauf accord du fonctionnaire dirigeant. Le diamètre intérieur des tuyauteries est supérieur ou égal à 6 mm.

La rigidité du tableau permet l'agrafage aux graisseurs d'une pompe à main. Les graisseurs y sont repérés au moyen d'étiquettes gravées. Un système de marquage permet l'identification des produits utilisés, et indique la fréquence des appoints de lubrifiant, ainsi que la quantité de lubrifiant à utiliser.

2.6. Graissage centralisé avec pompe à commande manuelle et distributeurs progressifs

Les distributeurs progressifs répondent à l'article 2.11 du présent paragraphe.

Lorsqu'il est fait usage de pompes à commande manuelle, le grade N.L.G.I. de consistance de la graisse ne dépasse pas 1. La graisse ne contient pas plus de 5 % de graphite colloïdal ou de bisulfure de molybdène, avec une granulation de 5 microns maximum.

Si la consistance de la graisse est plus élevée, le graissage se fait point par point, ou avec des pompes entraînées par moteur.

Chaque distributeur possède une tige indicatrice permettant de contrôler que tous les points de graissage raccordés à ce distributeur ont été alimentés. L'adaptation sur le distributeur d'un interrupteur fin de course destiné à un télécontrôle doit être possible.

2.7. Graissage centralisé automatique

2.7.1. Graissage centralisé par pompes à départs multiples

Le lubrifiant est délivré par une pompe à plusieurs sorties doseuses, une conduite directe raccorde chaque sortie à un point de graissage.

La pompe possède au maximum 20 sorties de lubrifiant. Le débit des sorties est réglable individuellement pour les pompes possédant au plus 6 départs, individuellement ou par paires pour les pompes de plus de 6 départs.

La pompe est entraînée, selon les cas, par un moteur électrique ou par les mécanismes à lubrifier. Elle est équipée d'un limiteur de pression taré pour une pression égale à 60 % de la pression maximale d'utilisation de la pompe.

Le réservoir comporte un couvercle monté sur charnière.

Si le lubrifiant est de l'huile, le réservoir est pourvu d'un indicateur de niveau.

Si le lubrifiant est de la graisse, le réservoir est pourvu d'un dispositif évitant la formation d'un cône d'aspiration au fur et à mesure que le volume de graisse diminue.

Chaque départ est muni d'un indicateur de surpression éventuelle.

2.7.2. Graissage centralisé avec distributeurs progressifs

Les prescriptions du paragraphe 2.11. sont d'application, excepté les remarques suivantes qui les modifient ou les complètent.

La pompe est entraînée par moteur électrique. Elle est équipée d'un limiteur de pression taré pour une pression égale à 60 % de la pression maximale d'utilisation de la pompe.

Le réservoir comporte un couvercle d'inspection monté sur charnière et est pourvu d'une ouverture de remplissage avec filtre.

La consistance de la graisse ne dépasse pas le grade N.L.G.I. 2. La graisse ne contient pas plus de 5 % de graphite colloïdal ou de bisulfure de molybdène, avec une granulation de 5 microns maximum.

Si le lubrifiant est de la graisse, le réservoir est pourvu d'un dispositif évitant la formation d'un cône d'aspiration au fur et à mesure que le volume de graisse diminue.

Ce système de graissage n'est utilisé que si les points à lubrifier les plus éloignés de la pompe ne sont pas distants de cette dernière de plus de 30 m.

Si la distance entre un point de graissage et son distributeur dépasse 3 m, ou si le point de graissage est raccordé au distributeur via un flexible, la sortie correspondante du distributeur est munie d'un clapet anti-retour.

Les sorties des éventuels distributeurs principaux sont toujours munies d'un clapet anti-retour.

2.7.3. Graissage centralisé simple ligne

Dans les installations de graissage centralisé à simple ligne, une conduite principale conduit le lubrifiant de la pompe jusqu'à proximité des points de graissage. Des distributeurs sont disposés dans la conduite principale ou ses embranchements, et sont reliés par de courtes tuyauteries aux points de lubrification. Ils distribuent à ceux-ci une quantité de lubrifiant dosée lors de chaque manœuvre de graissage composée successivement d'une séquence de pression et d'une séquence de décharge.

Chaque distributeur offre la possibilité d'un contrôle optique de son fonctionnement. Tous les distributeurs sont placés de telle manière qu'ils peuvent être remplacés individuellement. Un point de départ d'un distributeur n'alimente qu'un point de lubrification.

Le diamètre et la longueur de la ligne principale sont donc déterminés de telle sorte qu'une pression de 4 MPa (40 bars) ne soit pas dépassée. La longueur des tuyauteries ne dépasse pas 30 m.

La pompe, qui est à entraînement électrique, est protégée par un limiteur de pression réglé à 60% de la pression maximale de la pompe. Un manomètre est placé directement en aval de la pompe.

Pour le système à simple ligne, un manomètre est installé en bout de ligne. Un interrupteur de fin de course à double contact électrique, contrôlant la pression de décharge et la pression maximale, est prévu.

2.7.4. Graissage centralisé double ligne

Les installations de graissage centralisé à double ligne comportent deux conduites principales qui vont de la pompe jusqu'à proximité des points de graissage. Des distributeurs sont montés sur les conduites principales ou leurs embranchements, et sont reliés par de courtes tuyauteries (1 m maximum) aux points de lubrification.

La commande d'une vanne d'inversion permet de mettre chacune des lignes alternativement sous pression. Chaque manœuvre de graissage comprend deux séquences de graissage, la première alimentant une moitié des points à lubrifier, la seconde alimentant l'autre moitié.

La pompe, à entraînement électrique, est protégée par un limiteur de pression réglé à 60% de la pression maximale de la pompe. La tuyauterie de refoulement entre la pompe et le commutateur est munie d'un filtre, d'un manomètre et d'une soupape de sécurité.

La pompe est pourvue d'une ouverture de remplissage avec filtre.

Le réservoir comporte un couvercle d'inspection monté sur charnière et est pourvu d'un orifice de remplissage et de vidange.

Si le lubrifiant est de la graisse, le réservoir est pourvu d'un dispositif évitant la formation d'un cône d'aspiration au fur et à mesure que le volume de graisse diminue dans les deux lignes.

Les points de graissage les plus éloignés de la pompe ne sont pas distants de cette dernière de plus de 80 m.

La commande de l'inversion de séquence de graissage garantit de façon certaine que l'alimentation de la première moitié des points de graissage est réalisée quand on commence l'alimentation des autres points. La commande et le contrôle de chaque séquence tiennent compte de la pression atteinte en bout de la plus longue ligne. La pression pour laquelle se fait l'inversion est réglable et atteint au minimum 10 MPa (100 bar).

Un manomètre est installé en bout de chacune des deux lignes.

Les distributeurs comportent des tiges indicatrices solidaires des pistons graisseurs, permettant de vérifier leur fonctionnement sans démontage. La quantité dosée par chaque sortie est réglable, avec une précision supérieure ou égale à 0,1 cm³. Il doit être possible de placer des interrupteurs de fin de course pour le contrôle des sorties.

Le réservoir de la pompe est équipé d'un contact de fin de course pour le contrôle à distance d'un niveau minimum, correspondant au moins à ¼ de la capacité du réservoir. Si le lubrifiant vient à manquer au réservoir, l'installation à lubrifier est arrêtée automatiquement et ne peut redémarrer qu'après remplissage du réservoir. Un système de contrôle signale toute défaillance du système de lubrification (niveau insuffisant de lubrifiant dans le réservoir, non fonctionnement de la pompe, sous-pression ou surpression).

Un tableau électrique de commande et de contrôle comporte l'équipement nécessaire pour le fonctionnement automatique du groupe de graissage, selon des séquences à temps pré-réglé et ajustable. La commande électrique permet de contrôler, à l'aide de voyants lumineux, le niveau de lubrifiant dans le réservoir de la pompe, le fonctionnement de la pompe et de l'inverseur, l'étanchéité des conduites principales, et de détecter les surpressions.

2.8. Lubrification à la graisse par pulvérisation

Des gicleurs alimentés en graisse et en air comprimé pulvérisent le lubrifiant sous la forme d'un macro-brouillard plus lourd que l'air.

Le dosage de la quantité de lubrifiant avec distributeurs progressifs répond aux prescriptions du § 2.6. Un contrôle électrique du cycle est prévu.

Le circuit d'air comprimé comprend autant de détendeurs que cela est nécessaire pour un réglage indépendant du débit d'air vers chaque point de graissage.

2.9. Lubrification à la brosse

Lorsque le cahier spécial des charges l'autorise, le lubrifiant est appliqué à la brosse sur les surfaces à traiter. Cela peut être le cas pour des engrenages nus, des couronnes, des pignons, des verrous, des glissières et des chaînes.

Les graisses employées ont les propriétés suivantes :

- adhésivité optimale ;
- formation d'un film lubrifiant adhérent et durable, résistant à son expulsion hors des zones de pression ;
- résistance au délavage par l'eau ;
- protection contre la corrosion ;
- aux basses températures, les lubrifiants ne deviennent pas durs et cassants, et ne s'écaillent pas ;
- pas de formation de bourrelets durs sur les dentures.

2.10. Tuyauteries

Les canalisations de graissage et les raccords sont réalisées en acier inoxydable X2CrNiMo17-12-2 (AISI 316L) et résistent à une pression égale à trois fois la pression maximale rencontrée dans l'installation. Les tuyauteries et les raccords sont dans tout les cas prévus pour une pression minimale de 20 MPa (200 bar).

Les tuyaux sont fournis avec bouts lisses, rincés, huilés, et munis aux deux extrémités de bouchons en plastique.

Si le lubrifiant est de l'huile, les tuyauteries sont rincées à l'huile après montage et avant remplissage.

Si le lubrifiant est de la graisse, les tuyauteries sont remplies de graisse avant montage.

Les tubes assemblés avec des raccords soudés ou à brides sont rincés et huilés avant le démarrage de l'installation.

Les tubes sont fixés au moyen de supports démontables, composés de demi-colliers et accessoires en matériau incorrodable compatible avec celui des tubes.

Les tuyauteries devant fonctionner sous eau sont fournies avec l'épaisseur maximale existant pour le diamètre choisi.

2.11. Distributeurs progressifs

Les distributeurs progressifs répartissent de manière progressive, en petites quantités dosées et dans un ordre déterminé le lubrifiant qui leur est amené, aux points de graissage. Ils sont du type modulaire.

Chaque distributeur comprend un certain nombre de pistons pourvus de deux rainures qui, actionnés en cascade par la pression de la pompe, assurent successivement l'admission, puis le refoulement du lubrifiant vers les points à graisser. Les clapets anti-retour sont intégrés aux distributeurs progressifs.

Il n'y a qu'un seul point de graissage par piston du distributeur.

Afin de vérifier l'alimentation de tous les points de lubrification raccordés au distributeur :

- chaque distributeur progressif est équipé d'un indicateur visuel de cycle local en acier inoxydable dont la classe de protection IP est au minimum de 66 ;
- chaque système de distribution progressif équipé d'un détecteur de proximité pour le contrôle à distance ;
- le détecteur de proximité est fabriqué en acier inoxydable et présente les caractéristiques suivantes :
 - libre de potentiel ;
 - résistant aux vibrations.

Les distributeurs sont conçus de telle sorte que, lorsqu'ils sont prescrits dans les conditions particulières, ils peuvent être facilement équipé d'indicateurs de pression.

Entre la pompe et le système de distribution progressif sont installés un manomètre et un fin filtre de 25 μm dans le cas d'une lubrification à l'huile et de 125 μm dans le cas d'une lubrification à la graisse.

2.12. Prescriptions diverses

Pour les mécanismes qui ne sont pas sous carter et qui présentent des pertes de lubrifiant inévitables, des récipients en tôles galvanisées récoltent les coulées d'huile ou de graisse. Dans le cas d'une lubrification à l'huile, le bac de récolte est équipé d'une vanne de vidange.

Dans les cas où les mécanismes fonctionnent par intermittence, et spécialement lorsque les mouvements sont lents ou oscillants, il doit être possible d'effectuer un graissage préalable à la mise en mouvement des mécanismes. La pompe de graissage est entraînée par un moteur indépendant du mécanisme. Des manocontacts sont prévus en fin de ligne de graissage pour permettre, à partir du pupitre de commande des mécanismes, le contrôle du bon fonctionnement de l'installation de graissage.

Toute installation de lubrification fait l'objet d'un plan détaillé d'implantation, avec liste complète du matériel utilisé et ses caractéristiques.

L'entrepreneur spécifie les fréquences de graissage, les quantités de lubrifiant à utiliser, et les périodicités de vidange des bains d'huile.

Les pertes de charge dans les conduites doivent être calculées.

3. Lubrification par l'entrepreneur

3.1. Lubrification des mécanismes

L'entrepreneur effectue la première lubrification des mécanismes.

La lubrification ne se fait qu'après nettoyage préalable des surfaces à lubrifier, nettoyage et rinçage des dispositifs de lubrification.

Les buselures en bronze autolubrifiant sont graissées avant le premier montage, avec du bisulfure de molybdène.

Les rotules autolubrifiantes avec une couche de glissement en PTFE qui comportent des additifs et sont renforcées de fibres de verre, sont enduites, lors du premier montage, d'un lubrifiant qui répond aux exigences du fabricant de roulement.

La lubrification des paliers à roulement se fait suivant les recommandations du constructeur des roulements.

Il utilise des produits dont la nature et la qualité sont soumises à l'approbation préalable du fonctionnaire dirigeant et qui répondent aux prescriptions du fabricant des mécanismes à lubrifier.

Dans certains cas, il est permis d'employer des roulements étanches qui sont graissés à vie par le constructeur. Il convient que le lubrifiant employé conserve ses propriétés pendant toute la durée de vie présumée du mécanisme qui contient ces roulements.

Si un roulement est pourvu d'étanchéités à double effet, une soupape de décharge pour la graisse usagée est prévue. Cette soupape possède une ouverture en étoile et un ressort protégé contre la corrosion.

Dans les installations de graissage centralisé, la consistance de la graisse est adaptée aux plus basses températures de service de l'installation. En outre, le savon ne se sépare pas de l'huile sous la pression de refoulement. Si, en cours de vie de l'installation, on change de type de graisse, la nouvelle graisse utilisée doit être parfaitement compatible avec l'ancienne.

Pour la lubrification des réducteurs, l'entrepreneur fournit pendant la période de garantie les quantités d'huile qui s'avèreraient nécessaires pour maintenir le niveau d'huile dans le carter ou le réservoir extérieur dans les limites de niveau prévues par le constructeur du réducteur.

Les deuxièmes bains d'huile des carters à engrenage lubrifiés par barbotage sont fournis par l'entrepreneur à ses frais au cours de la période de garantie.

Les huiles usagées récupérables restent la propriété de l'Etat, les huiles usagées non récupérables sont enlevées par l'entrepreneur.

Les huiles compatibles avec l'environnement doivent être labellisées.

Lors de la fourniture d'huiles de lubrification, l'entrepreneur communique les caractéristiques suivantes des huiles :

- la marque et le type d'huile ;
- le grade ISO de viscosité ;
- l'indice de viscosité ;
- la densité à 15° C ;
- le point d'éclair ;
- le point de congélation ;
- les additifs éventuels ;
- les propriétés anti-corrosion, anti-usure, extrême pression, de stabilité à l'oxydation, anti-mousse, ainsi que la procédure des essais permettant de déterminer ces propriétés ;
- l'indice d'acidité.

Les huiles sont exemptes d'eau, d'impuretés abrasives, corrosives ou polluantes.

De même, l'entrepreneur communique les caractéristiques suivantes des graisses fournies :

- la marque et le type de graisse ;
- la nature du savon ;
- le grade ISO et l'indice de viscosité de l'huile de base ;
- le grade N.L.G.I. de consistance ;
- le point de goutte ;
- les additifs ;
- les propriétés anti-corrosion, anti-usure, extrême pression, de stabilité à l'oxydation, ainsi que la procédure des essais permettant de déterminer ces propriétés ;
- la présence éventuelle de charges.

Les graisses sont exemptes d'acides forts, d'impuretés abrasives ou corrosives. Elles sont homogènes. Il n'y a pas de séparation entre les constituants, ni suintement anormal de liquide ni présence de particules granuleuses dures ou cristallisées.

3.2. Lubrification des câbles

La lubrification des câbles est conforme aux prescriptions de l'article 5 de la norme NBN I 04-001.

La lubrification du câble en service est conforme à la norme NBN EN 12385-3.

La lubrification des câbles ne peut être effectuée, à l'extérieur, que par temps sec et sous une température extérieure minimale de 5 °C.

La structure du lubrifiant est stable et la teneur en cendres est inférieure à 0,1 %.

Le lubrifiant est conforme aux exigences de base de la norme ISO 4346.

Le graissage externe du câble tient compte de l'utilisation ultérieure du câble. L'emploi de fils zingués pour les câbles placés en atmosphère saline est complété par un enrobage de lubrifiant anticorrosif.

Lorsque l'entreprise comprend la mise en œuvre de câbles, ceux-ci sont lubrifiés une nouvelle fois par les soins de l'entrepreneur immédiatement avant leur mise en service. Cette lubrification est réalisée avec des produits compatibles avec ceux utilisés par le fabricant de câbles.

3.3. Unité de remplissage de réservoirs à graisse

Si le cahier spécial des charges le prescrit, une unité de remplissage de réservoirs à graisse est fournie. Cet équipement permet de pomper la graisse à partir d'un fût standard de 200 l, au travers d'un filtre, vers des réservoirs isolés.

Le transvasement est réalisé au moyen d'air comprimé si ce dernier est disponible à proximité des réservoirs, ou au moyen d'un groupe moto-pompe entraîné électriquement.

L'ensemble du tonneau standard amovible, du groupe moto-pompe, du filtre et des connexions est monté sur un chariot.

L'entrepreneur préconise 3 marques et types de lubrifiants compatibles.

I. OUTILLAGE - MATERIEL DE RESERVE

En plus de l'outillage et du matériel de réserve spécifiés au cahier spécial des charges, il y a lieu de prévoir pour chaque nouvel équipement, la fourniture sur place de :

- 1 pompe de graissage à haute pression correspondant au système de graissage employé ;
- 1 jeu de l'outillage spécifique à l'ouvrage ;
- 1 jeu complet des pièces terminales correspondant à tous les câbles mis en service dans l'équipement.

Est également fournie une armoire en tôle compartimentée, largement dimensionnée, munie d'une serrure de sûreté. Elle est installée dans un local désigné lors de l'exécution de l'entreprise et elle permet l'entreposage du petit outillage et du matériel de réserve peu volumineux.

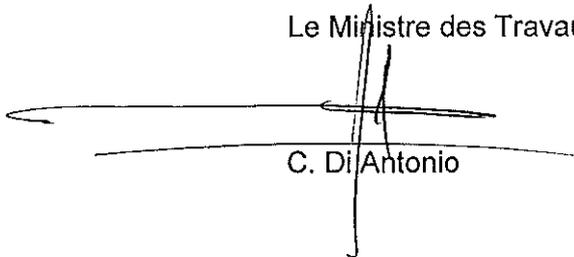
En ce qui concerne les roulements, butées et buselures les directives ci-après sont appliquées :

1. aucune réserve, sauf prescriptions autres du cahier des charges, n'est à prévoir si l'entrepreneur produit une attestation du fournisseur certifiant que ce matériel est disponible de stock ou livré sur site dans un délai maximum de 8 jours à dater de la commande ;
2. un élément de réserve est à fournir pour chaque type de roulement, butée ou buselure pour lequel l'attestation indiquée en (1) n'est pas produite ;
3. les roulements et butées fournis sont munis d'un emballage de protection contre la corrosion, les chocs et contre l'humidité. Sur l'emballage figurent le nom du fabricant et le numéro de l'élément et la date de l'emballage.

Approuvé,

Namur, le **15 MAI 2014**

Le Ministre des Travaux publics,



C. Di Antonio

A. Liste des normes 400.A.02		
Norme	Date	Intitulé
NBN 691	1966	Dépôts électrolytiques de nickel et de chrome
NBN 696	1968	Engrenages - Terminologie et symboles (avec annexe A - Répertoire alphabétique)
NBN 755	1968	Métallisation au zinc des métaux ferreux au moyen du pistolet
NBN 756	1968	Mesure de l'épaisseur des dents des engrenages cylindriques à développante – Mesure sur plusieurs dents (Mesure de Wildhaber)
NBN A 21-201	1976	Produits sidérurgiques – Acier au carbone d'usage courant pour la construction mécanique – Nuances et qualités
NBN A 43-301	1972	Larges plats - Tolérances
NBN A 44-201	1975	Produits sidérurgiques - Barres rondes carrées, plates et hexagonales, laminées à chaud - Tolérances de laminage
NBN E 23-005	1973	Engrenage cylindrique à développante – Déport des dentures des engrenages extérieurs droits et hélicoïdaux
NBN E 23-301	1974	Roues à vis et vis cylindriques de mécanique générale - Trace de référence
NBN E 23-302	1974	Roues à vis et vis cylindriques de mécanique générale - Modules et quotients diamétraux
NBN E 24-001	1981	Éléments de transmission - Transmission par courroies trapézoïdales - Terminologie et définitions
NBN E 24-002	1980	Éléments de transmission - Courroies trapézoïdales sans fin anti-électrostatiques - Conductibilité électrique
NBN E 24-003	1975	Éléments de transmission – Courroies trapézoïdales classiques sans fin et poulies à gorges pour transmissions industrielles (remplace NBN 367, 598, 613)
NBN E 24-005	1976	Éléments de transmission - Courroies trapézoïdales larges sans fin et poulies à gorges pour variateurs de vitesse industriels
NBN E 24-007	1975	Éléments de transmission – Courroies de transmission plates sans fin et poulies correspondantes
NBN E 52-001	1974	Engins de levage – Dispositions générales
NBN E 52-002	1980	Engins de levage – Sollicitations et combinaisons de sollicitations
NBN E 52-003	1981	Engins de levage - Charpentes
NBN E 52-004	1980	Engins de levage – Equipement mécanique
NBN E 52-004/A1	1985	Engins de levage – Equipement mécanique
NBN E 52-004/A2	1999	Engins de levage – Equipement mécanique
NBN E 52-005 4° éd.	1995	Engins de levage – Equipements électriques
NBN E 52-006	1977	Engins de levage – Stabilité (Sécurité contre le versement)
NBN E 52-006/A1	1985	Engins de levage – Stabilité (Sécurité contre le versement) - Addendum 1
NBN E 52-006/A2	1987	Engins de levage – Stabilité (Sécurité contre le versement) – Addendum 2
NBN E 52-007 4° éd.	1991	Engins de levage – Exigences constructives en rapport avec la sécurité
NBN E 52-008	1974	Engins de levage – Documents, mise en service, exploitation et entretien

NBN E 52-010 1° éd.	1989	Engins de levage – Appareillages de limitation automatique
NBN EN 1011-1	1998	Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux – Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc
NBN EN 1011-1/A1	2002	Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux – Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc
NBN EN 1011-1/A2	2004	Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux – Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc
NBN EN 1011-2	2001	Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux – Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc des aciers ferritiques
NBN EN 1011-2/A1	2004	Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux – Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc des aciers ferritiques
NBN EN 1011-6	2006	Soudage - Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques - Partie 6 : Soudage par faisceau laser.
NBN EN 1011-7	2004	Soudage - Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques - Partie 7 : Soudage par faisceau d'électrons.
NBN EN 1090-1+A1	2012	Exécution des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 1: Exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux
NBN EN 1090-2	2009	Exécution des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2: Exigences techniques pour les structures en acier
NBN EN 1559-1	2011	Fonderie - Conditions techniques de fourniture - Partie 1 : Généralités.
NBN EN 1559-2	2011	Fonderie - Conditions techniques de fourniture - Partie 1 : Spécifications complémentaires pour les pièces moulées en acier.
NBN EN 1561	1997	Fonderie - Fonte à graphite lamellaire.
NBN EN 1563	1997	Fonderie – Fonte à graphite sphéroïdal
NBN EN 1563/A1	2002	Fonderie - Fonte à graphite sphéroïdal. Addendum 1 à la NBN EN 1563
NBN EN 1563/A2	2005	Fonderie – Fonte à graphite sphéroïdal
NBN EN 1706	2010	Aluminium et alliages d'aluminium - Pièces moulées - Composition chimique et caractéristiques mécaniques
NBN EN 1982	2008	Cuivre et alliages de cuivre - Lingots et pièces moulées.
NBN EN 1990	2002	Eurocodes structuraux: Bases de calcul des structures
NBN EN 1991-1-4	2005	Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent.
NBN EN 1991-1-4ANB	2010	Eurocode 3: Calcul des structures - Partie 1-9 : Fatigue - Annexe nationale.
NBN EN 1991-2	2010	Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 2: Actions sur les ponts, dues au trafic.
NBN EN 1991-2-4AC	2010	Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 2: Actions sur les ponts, dues au trafic - Corrigendum.
NBN EN 1991-2-4ANB	2010	Eurocode 1 : Actions sur les structures - Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic - Annexe nationale.
NBN EN 1993-1-9	2010	Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent.
NBN EN 10024	1995	Poutrelles en I à ailes inclinées laminées à chaud - Tolérances de forme et de dimensions.

NBN EN 10025	1990	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 1: Conditions générales techniques de livraison
NBN EN 10025-1	2005	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 1: Conditions générales techniques de livraison
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
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
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 10025-5	2004	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 5: Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion.
NBN EN 10025-6+A1	2009	Produits laminés à chaud en aciers de construction - Partie 6 : Conditions techniques de livraison pour produits plats des aciers à haute limite d'élasticité à l'état trempé et revenu.
NBN EN 10029	2011	Tôles en acier laminées à chaud, d'épaisseur égale ou supérieure à 3 mm - Tolérances sur les dimensions et la forme
NBN EN 10034	1994	Poutrelles I et H en acier de construction - Tolérances de formes et de dimension.
NBN EN 10055	1996	Fers T en acier à ailes égales et à coins arrondis en acier laminés à chaud - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.
NBN E 23-301	1974	Roues à vis et vis cylindriques de mécanique générale - Trace de référence
NBN E 23-302	1974	Roues à vis et vis cylindriques de mécanique générale - Modules et quotients diamétraux
NBN E 24-001	1981	Eléments de transmission - Transmission par courroies trapézoïdales - Terminologie et définitions
NBN E 24-002	1980	Eléments de transmission - Courroies trapézoïdales sans fin anti-électrostatiques - Conductibilité électrique
NBN E 24-003	1975	Eléments de transmission – Courroies trapézoïdales classiques sans fin et poulies à gorges pour transmissions industrielles (remplace NBN 367, 598, 613)
NBN E 24-005	1976	Eléments de transmission - Courroies trapézoïdales larges sans fin et poulies à gorges pour variateurs de vitesse industriels
NBN EN 1369	1997	Fonderie - Contrôle par magnétoscopie.
NBN EN 1371-1	2011	Fonderie - Contrôle par ressuage - Partie 1: Pièces moulées en sable, en coquille, par gravité et basse pression
NBN EN 10056	1998	Cornières à ailes égales et inégales en acier de construction - Partie 1 : Dimensions.
NBN EN 10079	2007	Définition des produits en acier.
NBN EN 10083-1	2007	Acier pour trempe et revenu – Partie 1: Conditions techniques générales de livraison.
NBN EN 10083-2	2006	Acier pour trempe et revenu – Partie 2 : Conditions techniques de livraison des aciers de qualité non alliés
NBN EN 10083-3	2007	Aciers pour trempe et revenu - Partie 3: Conditions techniques de livraison des aciers alliés.
NBN EN 10084	2008	Aciers pour cémentation - Conditions techniques de livraison.

NBN EN 10088-1	2005	Aciers inoxydables - Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.
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.
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.
NBN EN 10089	2002	Aciers laminés à chaud pour ressort trempés et revenus - Conditions de livraison.
NBN EN 10132-4	2000	Feuillards laminés à froid pour traitement thermique - Conditions techniques de livraison - Partie 4 : Aciers à ressorts et autres applications.
NBN EN 10164	2005	Aciers de construction à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit - Conditions techniques de livraison.
NBN EN 10204	2005	Produits métalliques : Type de documents de contrôle
NBN EN 10210-1	2006	Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins - Partie 1 : Conditions techniques de livraison.
NBN EN 10210-2	2006	Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins - Partie 1 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profil.
NBN EN 10219-1	2006	Profils creux pour la construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins - Partie 1 : Conditions techniques de livraison.
NBN EN 10219-2	1997	Profils creux pour la construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins - Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profil
NBN EN 10238	1997	Produits en aciers de construction grenailés et prépeints par traitement automatique.
NBN EN 10250-1	1999	Pièces forgées en acier pour usage général - Partie 1 : Exigences générales.
NBN EN 10250-2	1999	Pièces forgées en acier pour usage général - Partie 2 : Aciers de qualité non alliés et aciers spéciaux.
NBN EN 10250-3	1999	Pièces forgées en acier pour usage général - Partie 3 : Aciers spéciaux alliés
NBN EN 10250-4	1999	Pièces forgées en acier pour usage général - Partie 4 : Aciers inoxydables
NBN EN 10264-3	2002	Fils et produits tréfilés en acier – Fils pour câbles – Partie 3 : Fils ronds et profilés, en acier non allié, pour fortes sollicitations
NBN EN 10264-4	2003	Fils et produits tréfilés en acier – Fils pour câbles – Partie 4 : Fils tréfilés en acier inoxydable
NBN EN 10279	2000	Profilés en U en acier laminés à chaud - Tolérances sur la forme, les dimensions et la masse.
NBN EN 10283	1998	Aciers moulés résistant à la corrosion.
NBN EN 10293	2005	Aciers moulés d'usage général.
NBN EN 10340	2008	Aciers moulés pour construction.
NBN EN 10346	2009	Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud - Conditions technique de livraison
NBN EN 12385-1	2002	Câbles en acier – Sécurité – Partie 1 : Prescriptions générales
NBN EN 12385-1+A1	2008	Câbles en acier – Sécurité – Partie 1 : Prescriptions générales
NBN EN	2008	Câbles en acier – Sécurité – Partie 2 : Définitions, désignation et

12385-2+A1		classification
NBN EN 12385-3+A1	2008	Câbles en acier – Sécurité – Partie 3 : Informations pour l'utilisation et la maintenance.
NBN EN 12385-4+A1	2008	Câbles en acier – Sécurité – Partie 4 : Câbles à torons pour applications de levage générales
NBN EN 12385-5	2002	Câbles en acier – Sécurité – Partie 5 : Câbles à torons pour ascenseurs
NBN EN 12385-6	2004	Câbles en acier – Sécurité – Partie 6 : Câbles d'extraction à torons pour puits de mines
NBN EN 12385-7	2002	Câbles en acier – Sécurité – Partie 7 : Câbles clos d'extraction pour puits de mines
NBN EN 12385-8	2002	Câbles en acier – Sécurité – Partie 8 : Câbles tracteurs et porteurs-tracteurs à torons pour les installations destinées au transport de personnes
NBN EN 12385-9	2002	Câbles en acier – Sécurité – Partie 9 : Câbles porteurs clos pour les installations destinées au transport de personnes
NBN EN 12454	1998	Fonderie - Examen visuel des discontinuités de surface - Pièces en acier moulées en sable.
NBN EN 12680-1	2003	Fonderie - Contrôle par ultrasons - Partie 1 : Pièces moulées en acier pour usages généraux.
NBN EN 12681	2003	Fonderie - Contrôle par radiographie.
NBN EN 13411-1+A1	2011	Terminaisons pour câbles en acier – Sécurité – Partie 1 : Cosses pour élingues en câbles d'acier.
NBN EN 13411-4	2011	Terminaisons pour câbles en acier – Sécurité – Partie 4 : Manchonnage à l'aide de métal et de résine.
NBN EN 13411-5	2003	Terminaisons pour câbles en acier - Sécurité - Partie 5 : Serre-câbles pour terminaisons à oeil de câbles en acier.
NBN EN 13529	2003	Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Résistance aux fortes attaques chimiques
NBN EN 14399-1	2005	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 1 : Exigences générales
NBN EN 14399-4	2005	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 4 : Système HV - Boulons à tête hexagonale (vis+écrou)
NBN EN 14399-8	2008	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 8 : Système HV - Boulons ajustés à tête hexagonale (vis+écrou)
NBN EN 14399-10	2009	Boulonnerie de construction métallique à haute résistance apte à la précontrainte - Partie 10 : Système HRC -Boulons (vis+écrou+rondelle) à précontrainte calibrée.
NBN EN 15048-1	2007	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte - Partie 1 : Exigences générales
NBN EN 20286-2	1993	Système ISO de tolérances et d'ajustements - Partie 2 : Tables des degrés de tolérance normalisés et des écarts limites des alésages et des arbres.
NBN EN ISO 148-1	2010	Matériaux métalliques - Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy - Partie 1 - Méthode d'essai
NBN EN ISO 148-3	2009	Matériaux métalliques - Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy - Partie 3: Préparation et caractérisation des éprouvettes Charpy à entaille en V pour la vérification indirecte des machines d'essai mouton-pendule
NBN EN ISO	2003	Filetage de tuyauterie pour raccordement sans étanchéité dans le filet - Partie

228-1		1 : Dimensions, tolérances et désignation.
NBN EN ISO 643	2003	Aciers - Détermination micrographique de la grosseur de grain apparente.
NBN EN ISO 868	2003	Plastiques et ébonite - Détermination de la dureté par pénétration au moyen d'un duromètre.
NBN EN ISO 898-1	2009	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié - Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées - Filetages à pas gros et filetages à pas fin.
NBN EN ISO 1127	1996	Tube en acier inoxydable - Dimensions, tolérances et masses linéiques conventionnelles.
NBN EN ISO 1302	2002	Spécification géométrique des produits (GPS) – Indication des états de surface dans la documentation technique de produits
NBN EN ISO 1460	1995	Revêtements métalliques – Revêtements de galvanisation à chaud sur métaux ferreux – Détermination gravimétrique de la masse par unité de surface (ISO 1460 : 1992)
NBN EN ISO 1461	2009	Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai.
NBN EN ISO 1463	2004	Revêtements métalliques et couches d'oxyde - Mesurage de l'épaisseur de revêtement - Méthode par coupe micrographique (ISO 1463:2003)
NBN EN ISO 2063	2005	Projection thermique - Revêtements métalliques et inorganiques - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux.
NBN EN ISO 2080	2009	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Traitement de surface, revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Vocabulaire
NBN EN ISO 2081	2009	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Dépôts électrolytiques de zinc avec traitements supplémentaires sur fer ou acier
NBN EN ISO 2082	2009	Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques - Dépôts électrolytiques de cadmium avec traitements supplémentaires sur fer ou acier
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 2360	2003	Revêtements non conducteurs sur matériaux de base non magnétiques conducteurs de l'électricité - Mesurage de l'épaisseur de revêtement - Méthode par courants de Foucault sensible aux variations d'amplitude.
NBN EN ISO 2409	2007	Peintures et vernis - Essai de quadrillage.
NBN EN ISO 2812-2	2007	Peintures et vernis - Détermination de la résistance aux liquides - Partie 2: Méthode par immersion dans l'eau.
NBN EN ISO 2815	2003	Peintures et vernis - Essais d'indentation buchholz.
NBN EN ISO 3506-1 à 3	2010	Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion : Vis et goujons (ISO 3506:1997)
NBN EN ISO 3834-1	2006	Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques - Partie 1: Critères pour la sélection du niveau approprié d'exigences de qualité.
NBN EN ISO 3834-2	2006	Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques - Partie 2 : Exigences de qualité complète.
NBN EN ISO 3834-3	2006	Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques - Partie 3: Exigences de qualité normale.
NBN EN ISO	2006	Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques - Partie

3834-4		4 : Exigences de qualité élémentaire.
NBN EN ISO 3834-5	2006	Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques - Partie 5: Documents auxquels il est nécessaire de se conformer pour déclarer la conformité aux exigences de qualité de l'ISO 3834-2, l'ISO 3834-3 ou l'ISO 3834-4.
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 6892-1	2009	Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1 - Méthode d'essai à température ambiante
NBN EN ISO 8501-1	2007	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Evaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 1: Degrés de rouille et degrés de préparation des subjectiles d'acier non recouverts et des subjectiles d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents
NBN EN ISO 8501-3	2007	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Evaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 3: Degrés de préparation des soudures, arêtes et autres zones présentant des imperfections.
NBN EN ISO 8501-4	2007	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Evaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 4: Etats de surface initiaux, degrés de préparation et degrés de fleurette de rouille après décapage à l'eau sous haute pression
NBN EN ISO 8502-6	1999	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et produits assimilés - Essais pour apprécier la propreté d'une surface - Partie 6 : Extraction des contaminants solubles en vue de l'analyse - Méthode de Bresle.
NBN EN ISO 8503-1	2012	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés - Partie 1: Spécifications et définitions des comparateurs viso-tactiles ISO pour caractériser les surfaces décapées par projection d'abrasif
NBN EN ISO 9000-3	1998	Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité - Partie 3 : Lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001 (1994) au développement, à la mise à la disposition, à l'installation et à la maintenance de logiciel (Version anglaise).
NBN EN ISO 9227	2012	Essais de corrosion en atmosphères artificielles - Essais aux brouillards salins
NBN EN ISO 9606-1	2013	Épreuve de qualification des soudeurs - Soudage par fusion - Partie 1: Aciers
NBN EN ISO 12944-1	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 1: Introduction générale.
NBN EN ISO 12944-2	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 2: Classification des environnements.
NBN EN ISO 12944-3	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 3: Conception et dispositions constructives.
NBN EN ISO 12944-4	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 4: Types de surfaces et de préparation de surfaces.
NBN EN ISO 12944-5	2007	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture - Partie 5: Systèmes de peinture.
NBN EN ISO 12944-6	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 6: Essais de performance en laboratoire.

NBN EN ISO 12944-7	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 7 : Exécution et surveillance des travaux de peinture.
NBN EN ISO 12944-8	1998	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par système de peinture - Partie 8: Développement de spécifications pour les travaux neufs et l'entretien.
NBN EN ISO 14713	1999	Protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Revêtement de zinc et d'aluminium - Lignes directrices.
NBN EN ISO 14713-1	2010	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 1: Principes généraux de conception et résistance à la corrosion
NBN EN ISO 14713-2	2010	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 2: Galvanisation à chaud
NBN EN ISO 14713-3	2010	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 3: Shérardisation
NBN EN ISO 14713-3/AC	2010	Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 3: Shérardisation - Corrigendum
NBN EN ISO 15607	2004	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Règles générales.
NBN EN ISO 15609-1	2004	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Descriptif d'un mode opératoire de soudage - Partie 1 : Soudage à l'arc.
NBN EN ISO 15614-1	2004	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Epreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage - Partie 1 : Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc des nickels et alliages de nickel (ISO 15614-1:2004).
NBN EN ISO 15614-1/A1	2008	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage - Partie 1: Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc des nickels et alliages de nickel - Amendement 1.
NBN EN ISO 15614-2	2005	Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Epreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage - Partie 2 : Soudage à l'arc de l'aluminium et de ses alliages.
NBN I 04-001 3° éd. ad. 1	1988 1990	Fils et câbles en acier – Spécifications et conditions de réception
NBN ISO 34-1 (ISO 34 1994)	2003	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la résistance au déchirement - Partie 1 : Eprouvtes pantalon, angulaire et croissant.
NBN ISO 34-2 (ISO 34 1996)	2003	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la résistance au déchirement - Partie 2 : Petites éprouvettes (épreuves de Delft).
NBN ISO 37 (ISO 1994)	2003	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction.
NBN ISO 48 (ISO 48 1994)	2003	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC).
NBN ISO 188 (ISO 1998)	2003	Caoutchouc vulcanisé - Essais de résistance au vieillissement accéléré et à la chaleur.
NBN ISO 813 (ISO 1997)	2003	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de l'adhérence à un substrat rigide - Méthode par pelage à angle droit.

NBN ISO 815	1994	Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique - Détermination de la déformation rémanente après compression aux températures ambiantes, élevées ou basses.
NBN P 21-001	1985	Aluminiums et alliages d'aluminium d'usage courant pour produits corroyés.
DIN 7540	1980	Ösenhaken, Güteklasse 5
DIN 8150	1984	Gallketten
DIN 15400	1990	Lasthaken für Hebezeuge; Mechanische Eigenschaften, Werkstoffe, Tragfähigkeiten und vorhandene Spannungen
DIN 15 403	1969	Filetage rond pour crochet de levage
DIN 15 404	1989	Crochets de levage forgés et estampés - Conditions techniques
DIN 17 100	1980	Aciers de construction d'usage général
DIN 21 258		Agents de conservation pour les câbles d'extraction par poulie Koepe dans les mines - Prescriptions de sécurité et essais
DIN 22 405	1990	Blocs d'adhérence pour treuil et machine d'extraction dans les mines
DIN 50.049	1972	Certificats des essais des matériaux
DIN 82101	2005	Einzelteile zum Heben, Schleppen, Zurren - Schäkel, gerade - Unlegierter Qualitätsstahl
ISO 15	1998	Roulements -- Roulements radiaux -- Dimensions d'encombrement, plan général
ISO 54	1996	Engrenages cylindriques de mécanique générale et de grosse mécanique -- Modules
ISO 197-1	1983	Cuivre et alliages de cuivre -- Termes et définitions -- Partie 1: Matériaux
ISO 197-2	1983	Cuivre et alliages de cuivre -- Termes et définitions -- Partie 2: Formes brutes (d'affinage)
ISO 197-3	1983	Cuivre et alliages de cuivre -- Termes et définitions -- Partie 3: Produits corroyés
ISO 197-4	1983	Cuivre et alliages de cuivre -- Termes et définitions -- Partie 4: Produits moulés
ISO 197-5	1980	Cuivres et alliages de cuivre -- Termes de référence et définitions -- Partie 5: Méthodes d'élaboration et de traitement
ISO 199	2005	Roulements -- Butées -- Tolérances
ISO 254	2011	Transmissions par courroies -- Poulies -- Qualité, état de surface et équilibrage
ISO 255	1990	Transmissions par courroies -- Poulies à gorges pour courroies trapézoïdales (système basé sur la largeur de référence) -- Contrôle géométrique des gorges
ISO 355	2007	Roulements -- Roulements à rouleaux coniques -- Dimensions d'encombrement et désignation des séries
ISO 427	1983	Alliages cuivre-étain corroyés -- Composition chimique et formes des produits corroyés
ISO 492	2002	Roulements -- Roulements radiaux -- Tolérances
ISO 582	1995	Roulements -- Dimensions des arrondis -- Valeurs maximales
ISO 606	2004	Chaînes de transmission de précision à rouleaux et à douilles, plaques-attaches et roues dentées correspondantes
ISO 701	1998	Notation internationale des engrenages -- Symboles géométriques
ISO 1081	2013	Transmissions par courroies -- Courroies trapézoïdales et striées, et poulies à gorges -- Vocabulaire
ISO 1122-1	1998	Vocabulaire des engrenages -- Partie 1: Définitions géométriques
ISO 1132	2001	Roulements -- Tolérances -- Partie 2: Principes et méthodes de mesurage et de vérification par calibre
ISO 1187	1983	Alliages de cuivre spéciaux corroyés -- Composition chimique et formes des

		produits corroyés
ISO 1328-1	1995	Engrenages cylindriques -- Système ISO de précision -- Partie 1: Définitions et valeurs admissibles des écarts pour les flancs homologues de la denture
ISO 1463	2003	Revêtements métalliques et couches d'oxyde -- Mesurage de l'épaisseur de revêtement -- Méthode par coupe micrographique
ISO 1518	1992	Peintures et vernis -- Essai de rayure
ISO 1521	1973	Peintures et vernis -- Détermination de la résistance à l'eau -- Méthode par immersion dans l'eau
ISO 1554	1976	Alliages de cuivre corroyés et moulés -- Dosage du cuivre -- Méthode électrolytique
ISO 1554	1976	Alliages de cuivre corroyés et moulés -- Dosage du cuivre -- Méthode électrolytique
ISO 1604	1989	Transmissions par courroies -- Courroies trapézoïdales larges sans fin pour variateurs de vitesse industriels et profils de gorge des poulies correspondantes
ISO 1640	1974	Alliages de cuivre corroyés -- Pièces forgées -- Caractéristiques mécaniques
ISO 1811-2	1988	Cuivre et alliages de cuivre -- Sélection et préparation des échantillons pour l'analyse chimique -- Partie 2: Échantillonnage des produits corroyés et des produits moulés
ISO 1813	2014	Transmissions par courroies -- Courroies striées, courroies trapézoïdales simples et jumelées y compris celles à section large et hexagonales -- Conductibilité électrique des courroies anti-électrostatiques: Spécifications et méthodes d'essai
ISO 1834	1999	Chaînes de levage à maillons courts -- Conditions générales de réception
ISO 1835	1980	Chaînes de levage à maillons courts, classe M (4), non calibrées, pour élingues à chaînes, etc.
ISO 1836	1980	Chaînes de levage à maillons courts, classe M (4), calibrées, pour palans à chaînes et autres appareils de levage
ISO 1874	1992	Plastiques -- Matériaux polyamides (PA) pour moulage et extrusion -- Partie 1: Désignation
ISO 1940	2003	Vibrations mécaniques - Exigences en matière de qualité dans l'équilibrage pour les rotors en état rigide (constant) - Partie 1 : Spécifications vérification des tolérances d'équilibrage
ISO 3031	2000	Roulements -- Cages à aiguilles axiales et rondelles de butée -- Dimensions d'encombrement et tolérances
ISO 3075	1980	Chaînes de levage à maillons courts -- Classe S (6), non calibrées, pour élingues à chaînes, etc.
ISO 3076	1984	Chaînes de levage à maillons courts, classe T (8), non calibrées, pour élingues à chaînes, etc
ISO 3077	2001	Chaînes de levage à maillons courts -- Chaînes de tolérance serrée pour palans, classe T (types T, DAT et DT)
ISO 3096	1996	Roulements -- Aiguilles -- Dimensions et tolérances
ISO 3108	1974	Câbles en acier pour usage courant -- Détermination de la charge de rupture effective
ISO 3112	1975	Cuivre et alliages de cuivre -- Dosage du plomb -- Méthode de titrage par extraction
ISO 3651-2	1998	Détermination de la résistance à la corrosion intergranulaire des aciers inoxydables -- Partie 1: Aciers inoxydables austénitiques et austéno-ferritiques (duplex) -- Essai de corrosion en milieu acide nitrique par

		mesurage de la perte de masse (essai de Huey)
ISO 4183	1995	Transmissions par courroies -- Courroies trapézoïdales classiques et étroites - - Poulies à gorges (système basé sur la largeur de référence)
ISO 4309	2004	Appareils de levage à charge suspendue – Câbles – Entretien, maintenance, installation, examen et dépose
ISO 4345	1977	Câbles en acier – Ames centrales en textile – Spécifications
ISO 4345	1985	Câbles en acier – Ames centrales en textile – Spécifications
ISO 4346	1977	Câbles en acier d'usage courant – Lubrifiants – Exigences de base
ISO 4379	1993	Paliers lisses -- Bagues en alliages de cuivre
ISO 4382-1	1991	Paliers lisses -- Alliages de cuivre -- Partie 1: Alliages de cuivre moulés pour paliers lisses à paroi épaisse, massifs et multicouches
ISO 4382-2	1991	Paliers lisses -- Alliages de cuivre -- Partie 2: Alliages de cuivre corroyés pour paliers lisses massifs
ISO 4749	1984	Alliages de cuivre -- Dosage du plomb -- Méthode par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme
ISO 4751	1984	Cuivre et alliages de cuivre -- Dosage de l'étain -- Méthode spectrométrique
ISO 4968	2010	Examen macrographique par empreinte au soufre (méthode Baumann).
ISO 6336-1	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 1 : Principe de base, introduction et facteurs généraux d'influence (DIS 2003)
ISO 6336-1/A1	1998	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 1 : Principe de base, introduction et facteurs généraux d'influence
ISO 6336-1/A2	1999	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 1 : Principe de base, introduction et facteurs généraux d'influence
ISO 6336-2	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage) (DIS 2003)
ISO 6336-2.2	2003	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage)
ISO 6336-2/COR.1	1998	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage) (DIS 2003)
ISO 6336-2/A1	1999	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage) (DIS 2003)
ISO 6336-2/A2	1999	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (piquage) (DIS 2003)
ISO 6336-3	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 3 : Calcul de la résistance à la flexion des dents (DIS 2003)
ISO 6336-3.2	2003	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 3 : Calcul de la résistance à la flexion des dents
ISO 6336-3/A1	1999	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 3 : Calcul de la résistance à la flexion des dents
ISO 6336-5-	2011	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite

2 ^o éd.		et hélicoïdale – Partie 5 : Résistance et qualité des matériaux
ISO 6336-6	2002	Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à denture droite et hélicoïdale – Partie 6 : Calcul de la durée de vie en service sous charge variable
ISO/TR 13593	1999	Transmissions de puissance par engrenages sous carter pour usage industriel – Rapport technique
ISO 8370-1	1993	Transmissions par courroies -- Méthode d'essai dynamique de détermination de l'emplacement de la zone primitive d'une courroie -- Partie 1: Courroies trapézoïdales
ISO 8370-2	1993	Transmission par courroies -- Méthode d'essai dynamique de détermination de l'emplacement de la zone primitive d'une courroie -- Partie 2: Courroies striées
ISO 8501-01	2007	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile - Partie 1: Degrés de rouille et degrés de préparation des subjectiles d'acier non recouverts et des subjectiles d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents
ISO 8501-02	1988	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés - Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés - Partie 2: Méthode pour caractériser un profil de surface en acier décapé par projection d'abrasif - Utilisation d'échantillons de comparaison viso-tactile ISO
ISO 8501-3	2006	Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés -- Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile -- Partie 3: Degrés de préparation des soudures, arêtes et autres zones présentant des imperfections
ISO 8579-2	1993	Acceptance code for gears – Part 2 – Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing
ISO 8792	1986	Élingues de câbles – Critères de sécurité et procédure de contrôle d'utilisation
ISO 8793	1986	Câbles en acier – Terminaisons manchonnées
ISO 8794	1986	Câbles en acier – Oeils épissés pour élingues
ISO 9001	2008	Systèmes de management de la qualité -- Exigences
ISO 9227	2006	Essais de corrosion en atmosphères artificielles - Essais aux brouillards salins
ISO 9982	1998	Transmissions par courroies -- Poulies et courroies striées pour des applications industrielles -- Dimensions -- Profils PH, PJ, PK, PL et PM
ISO 10300 1.2	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages coniques – Partie 1 : Introduction et facteurs généraux d'influence
ISO 10300 2.2	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages coniques – Partie 2 : Calcul de la résistance à la pression superficielle (formation de piqûres)
ISO 10300 3.2	1996	Calcul de la capacité de charge des engrenages coniques – Partie 3 : Calcul de la résistance au pied de dent
ISO 10823	2004	Méthode de sélection des transmissions par chaîne à rouleaux
ISO/TR 14521	2010	Calcul de la capacité de charge des engrenages à vis

B. Correspondance des aciers					
Elément	N°	Ancien type	Type	Norme	Date
Réservoir	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Cylindre	1.0576		S355J2H	NBN 10210-1	1994-1997
Fond	1.0570	AE 355	S355J2+N	NBN 10025-2	2005
Tête	1.0570	AE 355	S355J2+N	NBN 10025-2	2005
Tourillon	1.0570	AE 355	S355J2+N	NBN 10025-2	2005
Boulon			8.8	NBN EN ISO 898-1	1999
Boulon inox.	1.4057	AISI 431	A4-70	NBN EN ISO 3506-1 à 3	1998
Racleur-bague	1.4404	AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Tige	1.1191		C45E	NBN 10083-2	2007
Tige inox.	1.4057	AISI 431	X17CrNi16-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Piston	1.1191		C45E	NBN 10083-2	2007
Œillet-Fourche	1.0570		S355J2+N	NBN 10025-2	2005
Cosse	1.0050	A 490-2	A 490-2	NBN A 21-201	1976
Cosse	1.0060	A 590-2	A 590-2	NBN A 21-201	1976
	1.4301	AISI 304	X5CrNi18-10	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Câbles inox	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Galet	1.7225	42 Cr Mo 4	42 Cr Mo 4	NBN EN 10083-3	2007
Raccord	1.4571	AISI 316TI	X6CrNiMoTi 17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Canalisation	1.4404	AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Élément de fixation	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Canalisation souple-Embout	1.4401	AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Embout	1.4571	AISI 316TI	X6CrNiMoTi 17-12-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Axe pour autolubrifiant	1.4057	AISI 431	X17CrNi16-2	NBN EN 10088-1 à 3	2005
Construction métallique	1.0117	AE 235	S235J2	NBN EN 10025-2	2005
	1.0577	AE 355	S355J2		
Fonte lamellaire			EN-GJL-250	NBN EN 1561	1997
Font nodulaire			EN-GJS-350-22-RT	NBN EN 1563	2005
Paliers-Supports	1.0449	AMGS 20-40	GS200	NBN EN 10293	2005
Galet	1.0455	AMGS 23-45	GS240	NBN EN 10293	2005
Rail	1.0558	AMGS 30-60	GE300	NBN EN 10293	2005
Accouplement		FNG 38-17	EN-GJS-350-22-RT	NBN EN 1563	2005

Remarque :

- JR : Essai de résilience à +20°C
- J0 : Essai de résilience à 0°C
- J2 : Essai de résilience à -20°C

