

SPECIFICATION TECHNIQUE
Pylônes et armements métalliques
ST C61-L61
Edition Décembre 2012

SOMMAIRE

1 - DOMAINE D'APPLICATION	3
2 - NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE	3
3 - CONDITIONS DE SERVICE	4
4 - CARACTERISTIQUES CONSTRUCTIVES	4
4-1- Préparation des profilés et des tôles	4-5
4-2- Perçage	5-6
4-3- Soudure	6-7
4-4- Boulons et Rondelles	7-8
5 - MARQUAGE	8
5-1- Marquage des cornières et des tôles	8
5-2- Marquage des pièces de boulonnerie	9
6 - PROTECTION CONTRE LA CORROSION	9
6-1- Galvanisation à chaud	9
6-2- Peinture	10
7 - ESSAIS	10
7-1- Essais de réception	10
8 - CONDITIONS MINIMALES EXIGÉES POUR LA FABRICATION DES PYLONES METALLIQUES DESTINES AU RESEAU ONEE	10
ANNEXE I : Tableaux 1 et 2	11
ANNEXE II : - Conditions minimales exigées pour la fabrication des pylônes métalliques destinés au réseau ONEE	12
- Parc machines de base exigé pour la fabrication des pylônes métalliques	13

1 - DOMAINE D'APPLICATION

La présente Spécification Technique s'applique aux pylônes et armements métalliques destinés à équiper les réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique.

Cette spécification technique définit les conditions auxquelles doivent satisfaire les pylônes métalliques en ce qui concerne la fabrication, les caractéristiques constructives, le marquage, la protection contre la corrosion et les essais de réception à réaliser dans le but d'établir leur conformité aux exigences techniques demandées par l'Office National d'Electricité et de l'Eau Potable - Branche Electricité.

2 - NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les pylônes et armements métalliques doivent répondre aux dispositions de la présente Spécification Technique et à toutes les prescriptions qui n'y sont pas contraires, prévues dans les documents référence suivants :

- Plans d'exécution types ONEE
- Normes ci-après :

- * NF A 35-503 : Aciers pour galvanisation par immersion à chaud.
- * NF EN 10025 : Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés - condition technique de livraison.
- * Publication 652 : Essais mécaniques des structures de lignes aériennes.
- * NF EN 10002-1 : Essai de traction.
- * ISO 6502-1 : Essai de dureté BRINELL.
- * ISO 6508-1 : Essai de dureté ROCKWELL.
- * ISO 6507-1 : Essai de dureté VICKERS.
- * NF EN 10045-1 : Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy.
- * ISO 7438 : Essai de pliage.
- * NF EN 10056-1 : Cornières à ailes égales et inégales en acier de construction.
- * NF EN 10029 : Tolérances sur les dimensions des tôles en acier laminées à chaud, d'épaisseur égale ou supérieur à 3 mm.
- * ISO 7452 : Tolérances sur les dimensions et la forme des tôles en acier de construction laminées à chaud.
- * ISO 6947 : Soudures; positions de travail; définitions des angles d'inclinaisons et de rotation.
- * ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux- Spécifications et méthodes d'essai.
- * NF A91-130 : Lignes directrices pour la protection contre la corrosion du fer et acier dans les constructions.
- * UTE C66-400 : Ferrures pour lignes aériennes - Galvanisation à chaud des pièces en métaux ferreux.
- * NF X 06-021 : Principes du contrôle statistique de lots.

Les textes applicables sont ceux des éditions les plus récentes des normes précitées.

Toutes autres normes reconnues comme assurant une qualité au moins équivalente sont acceptées comme normes de référence.

3 - CONDITIONS DE SERVICE

Les pylônes et armements métalliques étant prévus pour être installés à l'extérieur, ils doivent supporter des températures ambiantes comprises entre -5°C et $+55^{\circ}\text{C}$, une humidité de 90% à 20°C et être insensibles aux effets de la condensation, de la pluie, des changements rapides de température et du rayonnement solaire.

4 - CARACTERISTIQUES CONSTRUCTIVES

Les pylônes et armements métalliques doivent être rigoureusement conformes aux plans d'exécution type ONEE, dans la limite des tolérances précisées.

Les aciers destinés à la fabrication des pylônes sont de la nuance E24 et/ou E36 de qualité 2 se présentant sous les formes suivantes :

- cornières à ailes égales, dont l'épaisseur est de 1/10 de la largeur de l'aile;
- cornières à ailes amincies;
- tôles moyennes et fortes.

Les aciers utilisés doivent être de classe 2 au sens de la norme NF EN 10025.

4-1 - Préparation des profilés et des tôles

Les pièces constituant les pylônes doivent être planées et coupées nettement; toutes les bavures de coupe doivent être enlevées. Le dressage et le planage sont faits à la machine, par pression et non par choc.

Les traces de coupe par procédé thermique doivent être éliminées par meulage.

Les tranches des tôles et couvre-joints doivent présenter des lignes régulières, être franches sur toute leur épaisseur et ne présenter ni déchirure, ni manque de matière.

Les extrémités des cornières sont coupées de manière à pouvoir placer les boulons sans difficultés et permettre une bonne application des faces des pièces, tout en respectant la "pince nominale" indiquée sur les plans d'exécution type ONEE.

Les longueurs des barres doivent être celles indiquées sur les plans de détail avec une tolérance de ± 2 mm.

Le rabattage des profilés n'est autorisé dans aucun cas.

La découpe des goussets présentant des angles rentrants doit se faire avec un congé de rayon au moins égal à l'épaisseur de la tôle sans être inférieur à 10 millimètres.

Le pliage des goussets peut être effectué à froid si l'angle de pliage est inférieur à 90 degrés. Sauf indication contraire sur les plans de détails, le rayon intérieur de pliage ne doit pas être inférieur aux valeurs indiquées dans le tableau en annexe.

Les dispositions nécessaires doivent être prises pour éviter un écrouissage du métal dans l'angle du pliage, du fait du couteau de la presse en particulier.

La pièce pliée est rebutée si la fissure est apparente ou située à l'intrados de la pièce. Les tôles pliées à froid, avec un angle inférieur à 90 degrés, ne doivent pas présenter de criques ou fissures.

La tolérance sur les angles de pliage des goussets est de $\pm 0,57^\circ$ par rapport au gabarit (écart de 1 mm pour 100 mm de longueur).

Les tolérance sur les pinces des goussets sont les suivantes :

- * Gousset d'épaisseur inférieur à 16 mm : -0, + 5 mm;
- * Gousset d'épaisseur égale ou supérieure à 16 mm : -0, +1 mm.

En cas de grugeage des goussets, la pince oblique minimale doit être au moins égale à 1,5 fois le diamètre du boulon le plus proche.

Les valeurs des pinces longitudinales et obliques (cas de grugeage) indiquées sur les plans de détail doivent être respectées avec une tolérance de + /- 2 mm.

La découpe des goussets n'est pas cotée sur les plans. Le fabricant doit la définir pour respecter la tolérance ci-dessus et pour permettre le montage des pièces constituant l'assemblage.

La tolérance sur l'écartement des plats supports de chaque tourillon pour les pylônes d'ancrage est de -0, +2 mm.

La rectitude des barres galvanisées doit être telle que la flèche ne soit pas supérieure à :

- 0,4 % de la longueur pour des cornières de largeur d'aile inférieure ou égal à 150 mm;
- 0,25 % de la longueur pour des cornières de largeur d'aile supérieure à 150mm.

4-2 - Perçage

Le perçage des trous doit permettre, sans brochage, un montage précis des pylônes à l'aide de boulons.

Le perçage des couvre-joints intérieurs en cornières doit tenir compte du défaut d'équerrage éventuel des pièces.

Conformément aux normes en vigueur, le diamètre des trous doit être égal au diamètre nominal des boulons augmenté de :

- 1 mm pour $d < 10$ mm
- 2 mm pour $12 < d < 22$ mm
- 3 mm pour $d > 24$ mm.

Les diamètres des trous des rondelles d'épaisseur suivent les mêmes spécifications que ceux des rondelles de serrage.

La fabrication et tout particulièrement les opérations de poinçonnage, de forage ou d'alésage, doivent être très soignées.

Les trous ne doivent pas être ovalisés, le poinçonnage ne doit pas apporter de déformation par emboutissage et les bavures doivent être enlevées par meulage ou limage.

Le diamètre d'un trou poinçonné doit être sensiblement constant sur toute l'épaisseur de la pièce ainsi usinée. Cette propriété est caractérisée par la dépouille de poinçonnage qui se traduit pratiquement par la différence entre le diamètre de sortie et le diamètre d'entrée du poinçon. Cette différence doit être inférieure au dixième de l'épaisseur poinçonnée avec un maximum de 1,2 mm. Toutefois, pour les épaisseurs inférieures à 5 mm, la différence maximale est fixée à 0,5 mm.

Dans le cas où cette tolérance serait dépassée, les trous doivent être obligatoirement alésés. Pour les pièces en acier E24 d'épaisseur supérieure à 14 mm, les trous de diamètre supérieur à 25 mm ne sont pas poinçonnés, mais forés ou alésés.

Toutefois, ces trous peuvent être obtenus par perçage d'un avant-trou à l'aide d'un poinçon ou d'un forêt dont le diamètre (dépouille comprise) est inférieur d'au moins 4 mm au diamètre du trou prévu.

L'usage du chalumeau est interdit pour les opérations de perçage. Toute pièce présentant une crique de poinçonnage doit être éliminée.

Le rebouchage des trous percés par erreur n'est pas admis.

La tolérance sur la distance entre deux trous adjacents est au maximum de + ou – 1 mm en tenant compte d'une tolérance de + ou – 2 mm sur la distance entre deux trous extrêmes d'une même ligne lorsque la cornière comporte plus de 2 trous sur une même aile.

La tolérance sur la distance entre les centres des trous disposés sur deux lignes de trusquinage placées dans la même aile de cornière est de + ou – 1mm.

La tolérance maximale sur la cote de trusquinage d'une barre est de + ou – 1 mm.

L'excentrement des trous dans les goussets ne doit pas excéder 1 mm par rapport à la position théorique mentionnée sur les plans d'exécution.

La tolérance sur le diamètre des trous est de –0, +1 mm quelque soit le diamètre du trou. Cette tolérance est mesurée par rapport à l'entrée du trou lorsqu'il est poinçonné.

4-3 - Soudage

Dans le cas où les plans d'exécution prévoient un soudage entre des parties du pylône métallique, cette opération doit être exécutée conformément aux dispositions suivantes de la norme de référence, en particulier :

- Il doit être procédé à l'élimination, le cas échéant, du métal brûlé au cours de la coupe ou des bavures de coupe ou d'usinage;
- Les surfaces à souder et leur voisinage doivent être parfaitement propres, exemptes de graisse, peinture, calamine, rouille et scories et parfaitement sèches;

- Les cordons de soudure doivent être de section uniforme sans pliage, ni bourrelet, ni sillon latéral, leur surface doit être régulière et débarrassée des scories et du laitier par piquage au marteau à pointes et nettoyage à la brosse;
- Les soudures doivent être parfaitement étanches.

4-4 - Boulons et Rondelles

Les vis, les écrous et les rondelles doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.

Quel que soit le procédé de fabrication de la vis, le diamètre extérieur de la partie filetée ne doit pas être supérieur au diamètre de la partie lisse.

La longueur des boulons doit être telle qu'après serrage, la vis dépasse l'écrou d'au moins deux filets, compte tenu des sur-épaisseurs. Cette longueur est en principe précisée sur les plans d'exécution type ONEE.

Les formes et dimensions de la tête des vis, des écrous et des rondelles moyennes brutes doivent être conformes aux normes en vigueur.

Pour les boulons de la classe 4-6, la tolérance sur la différence entre la longueur totale de la tige et la longueur filetée est de 0, + 1, + 2 pas.

Sauf indications contraires, les vis sont de la classe 6-8 et les écrous de la classe 6. Le serrage des écrous est assuré par l'emploi de rondelles moyennes brutes de la classe 6 conformes à la norme en vigueur.

Il est recommandé que les boulons de diamètre inférieur ou égal à 12 mm soient matricés et usinés à froid.

La longueur de la partie filetée des vis est donnée par la norme en vigueur. La tolérance sur la longueur de la partie filetée est de 1,2 pas en moins de zéro et en plus de telle manière que :

$$- L_{\max} = L - X + 1,2 \text{ pas}$$

$$- L_{\min} = L_{\max} - 4 \text{ pas}$$

* L_{\max} est la longueur maximale de la partie non filetée de la tige – filets incomplets inclus.

* L_{\min} est la longueur minimale de la partie non filetée de la tige

* X longueur de la partie filetée.

Les boulons doivent répondre, tant en ce qui concerne les caractéristiques mécaniques du métal (classe) que des essais à effectuer, aux prescriptions de la norme relative aux articles de boulonnerie d'usage général.

Pour les rondelles d'épaisseur et les rondelles de serrage, le diamètre du cercle extérieur de la rondelle est égal au double du diamètre du trou.

Dans la mesure du possible, les boulons doivent être placés de telle manière que l'écrou soit situé à l'intérieur du pylône. L'écrou des boulons verticaux doit être placé en position supérieure par rapport à la tête du boulon.

Dans le cas où cette disposition est rendue impossible par l'encombrement de la tige du boulon, celui-ci peut exceptionnellement être disposé de telle manière qu'il soit en position inférieure.

Pour permettre le passage de barres ou de boulons, le grugeage de cornières peut être admis. Lorsqu'il s'agit de barre ayant des symétriques (droite ou gauche) le grugeage peut être fait d'un seul côté (où il y a impossibilité de montage).

Lorsqu'il s'agit de barres pouvant se monter dans n'importe quel sens, le grugeage doit être fait des 2 côtés.

Les classes de qualité des écrous en acier sont désignés par un symbole composé d'un nombre, par exemple 6. Ce nombre correspond sensiblement au 1/10 de la contrainte minimale exprimée en daN/mm² sur la vis ou le mandrin lors de l'essai de traction sur l'écrou.

5 - MARQUAGE

5-1 - Marquage des cornières et des tôles

Toutes les barres et pièces séparées doivent porter un marquage d'identification par empreinte à froid, comportant :

- le sigle du fabricant;
- le type du pylône;
- le repère propre de la pièce;
- le numéro de la série.

Le marquage par empreinte à froid est effectué de préférence à la presse, en caractère de taille minimale de 10 mm pour les lettres et les chiffres principaux et de 8 mm pour les indices et astérisques.

L'empreinte est placée sur la face externe de la pièce, à l'une quelconque des extrémités des barres et à une distance de 150 mm du dernier trou vers le centre de la barre.

S'il s'agit d'un gousset ou d'une éclisse, la marque est placée à un endroit tel qu'elle reste visible après montage.

Quelle que soit l'épaisseur des barres, leur déformation consécutive au marquage ne doit pas excéder 2 mm.

L'empreinte est à disposer sur deux lignes parallèles, la distance entre deux caractères superposés ne doit pas être inférieure à 8 mm.

Le repère de la pièce proprement dit, tel qu'il apparaît sur le plan de détail est placé en dessous.

La profondeur moyenne des empreintes ne doit pas être inférieure à 0,5 mm, elle ne doit, en aucun cas, dépasser 1mm.

Dans le cas où le repère de la barre grugée est affecté à d'autres éléments du pylône, la barre grugée changera de repère. Pour éviter la reprise du repérage du tronçon, le repère de la barre grugée sera pris à la suite du dernier repère existant.

5-2 - Marquage des pièces de boulonnerie

Les différents symboles de marquage des vis et des écrous correspondent aux symboles de désignation des classes de qualité et la marque du fabricant.

Le marquage des classes de qualité qui est généralement numérique est obligatoire.

Pour les vis, le marquage sera effectué de préférence en relief sur la partie supérieure de la tête.

Pour les écrous, le marquage s'il est demandé sera effectué en creux sur une des faces latérales ou l'une des faces d'appui.

Les classes de qualité des vis en acier sont désignées par un symbole composé de deux nombres séparés par un point, par exemple 6.8.

Le premier nombre correspond sensiblement au 1/10 de la résistance minimale à la traction exprimée en daN/mm², la deuxième indique sensiblement 10 fois la valeur du rapport entre la limite minimale d'élasticité et la résistance minimale à la traction.

La multiplication des deux nombres donne sensiblement en daN, la limite minimale d'élasticité (Classe 6.8 correspond à 48 daN/mm²).

La marque du fabricant du pylône devra figurer sur toutes les pièces constituant le pylône à l'exception des éléments de fixation (écrous, rondelles, vis et boulons).

6 - PROTECTION CONTRE LA CORROSION

6-1 - Galvanisation à chaud

La protection contre la corrosion est assurée par galvanisation à chaud, de tous les éléments constitutifs des pylônes et armements (barres, goussets, boulonnerie...) en particulier :

- les embases doivent être galvanisées sur toute leur longueur.
- les vis doivent être galvanisées après exécution du filetage.
- les écrous doivent être taraudés après galvanisation.
- les masses et l'épaisseur de la couche de zinc doivent être conformes aux valeurs indiquées dans le tableau 2 en annexe.

Les caractéristiques mécaniques de toutes les pièces constituant le pylône (dans le cas des pylônes galvanisés) doivent être garanties après galvanisation à chaud.

6-2 - Peinture

Les conditions de fourniture et d'application des systèmes de peinture ainsi que les essais correspondants sont fixés par le CPCT ONEE y afférent.

7 - ESSAIS

7-1 - Essais de réception

L'ONEE se réserve le droit de procéder à la vérification de la conformité des pylônes par des essais de réception qui peuvent être réalisés par un laboratoire accrédité ou dans le laboratoire du fabricant en présence du ou des représentants de l'ONEE.

N°	Essai	Référence
1	Essais de traction	Article 7.5.1 de la norme NFA 35-501
2	Essais mécaniques des pylônes	Publication CEI 652
3	Analyse de la coulée	Article 5.1.1 de la norme NFA 35-501
4	Essai de pliage de tôles	Article 7.5.2 de la norme NFA 35-501
5	Essai de résilience.	Article 7.5.3 de la norme NFA 35-501
6	Essai de fermeture d'ailes	NFA 03-157
7	Essai d'ouverture d'ailes	NFA 03-157
8	Essai de la galvanisation	NFA 35-503
9	Essai d'allongement	NFA 35-501

Les modes opératoires et les sanctions des essais sont définis dans les normes de référence.

Lesdits essais doivent être sanctionnés par un ou des rapports d'essais donnant les modalités et sanctions des essais accompagnés éventuellement, d'un certificat de conformité si tous les essais sont concluants.

8- CONDITIONS MINIMALES EXIGEES POUR LA FABRICATION DES PYLONES MT, HT et THT, SONT PRECISES EN ANNEXE II.

ANNEXE I

Tableau 1 : Valeurs du rayon intérieur de pliage

Epaisseur (mm)	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	25	30
Rayon (mm)	8	10	14	18	22	26	28	32	38	42	50	60

Tableau 2 : Masses et épaisseurs de la couche de zinc

	Masse minimale		Epaisseur minimale	
Type de mesure	Globale par pièce prélevée		Relevés ponctuels sur pièces prélevées	
Type de pièces	Boulonnerie	Profilés et tôles	Boulonnerie	Profilés et tôles
Valeur minimale de la mesure par pièce prélevée	375 gr/m ²	500 gr/m ²	50 microns	70 microns

ANNEXE II

Conditions minimales à exiger pour la fabrication de pylônes et armements métalliques

Capacité de production

- 400/225 kV : 300 tonnes / mois;
- 60 kV : 200 tonnes / mois;
- 22 kV : 100 tonnes / mois.

Aire de stockage

Superficie permettant le stockage de :

- Matière première : d'un mois de production;
- Production : d'un mois de production;
- Boulonnerie – visserie : un mois de consommation.

Ateliers

Le parc machines doit comprendre les équipements de base indiqués sur l'état ci-joint.

Maintenance

Doté des moyens nécessaires, pour la maintenance et l'entretien des machines.

Bureau de méthode

Doté de matériel de dessin complet et éventuellement de moyen informatique et logiciel.

Qualification du personnel responsable

	22kV	60kV	225/400kV
Directeur technique	un ingénieur ou un technicien supérieur	un ingénieur ou un technicien supérieur	un ingénieur
Responsable bureau de méthode	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur
Responsable production	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur
Responsable qualité	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur ou un technicien	un technicien supérieur

Dans le cas de fabricants de pylônes pour lignes électriques MT, les fonctions directeur technique et responsable de bureau d'étude, sont cumulables.

Parc machines de base exigé pour la fabrication des pylônes et armements métalliques

Désignation opération	400/225kV	60kV	22kV
	Nbre/Désignations et caractéristiques des machines	Nbre/Désignations et caractéristiques des machines	Nbre/Désignations et caractéristiques des machines
coupe, poinçonnage, marquage et egrugeage	-1 machine à commande numérique ou automatique programmable 150x150x18/Ø25mm/2 têtes de poinçonnage par aile de cornière. - 1 machine à commande numérique ou automatique programmable 120x120x12/Ø25mm/2 têtes de poinçonnage par aile de cornière..	-1 machine à commande numérique ou automatique programmable 120x120x12/Ø25mm/2 têtes de poinçonnage par aile de cornière. -1 machine universelles 150x150x18 Ø25mm adaptées pour la fabrication des pylônes.	-soit 1 machine à commande numérique ou automatique programmable 150x150x15/Ø25mm/2 têtes de poinçonnage par aile de cornière. -soit 3 machines universelles 150x150x15 Ø25mm adaptées pour la fabrication des pylônes. -soit 1 machine à commande numérique ou automatique programmable 120x120x12/Ø25mm/2 têtes de poinçonnage par aile de cornière et 1 machine universelle 150x150x15 Ø25mm adaptées pour la fabrication des pylônes.
coupe mécanique simple des cornières	1 scie mécanique alternative ou rotative	1 scie mécanique alternative ou rotative	1 scie mécanique alternative ou rotative
Chanfreinage et ébavurage	2 meules portatives	2 meules portatives	2 meules portatives
cisaillage des goussets	1 guillotine épaisseur 16mm/largeur 3 m	1 guillotine épaisseur 16mm/largeur 3 m	1 guillotine
coupe thermique des tôles de grandes épaisseurs	1 poste d'oxycoupage à guidage automatique ou semi automatique		
Poinçonnage des goussets	1 poinçonneuse pantographe Ø25mm à têtes multiples	1 poinçonneuse pantographe Ø25mm à têtes multiples	1 poinçonneuse de goussets
pliage et formage	1 presse plieuse	1 presse plieuse	1 presse plieuse
Perçage	1 perçage à colonne radial Ø30mm	1 perçage à colonne radial Ø30mm	1 perçage à colonne radial Ø30mm
Soudage	2 postes de soudure électrique de 250 A	2 postes de soudure électrique de 250 A	
Manutention	1 pont roulant	1 élévateur	1 élévateur
	1 élévateur		