



**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**

**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°: 19      INSTALLATION DE  
SUPPORTS METALLIQUES**

**SECTEUR :      ELECTROTECHNIQUE**

**SPECIALITE :      ELECTRICITE DE  
RESEAUX**

**NIVEAU :      QUALIFICATION**

**Document élaboré par :**

<b>Nom et prénom</b>	<b>EFP</b>	<b>DR</b>
<i>M. CHAMS-EDDINE RAFIK</i>	<i>CQP MAARIF</i>	<i>DRGC</i>
<i>Mme KISSIOVA- TABAKOVA Raynitchka</i>	<i>CDC Génie Electrique</i>	<i>DRIF</i>

**Révision linguistique**

- 
- 
- 

**Validation**

- 
- 
-

## MODULE 19 : INSTALLATION DE SUPPORTS MÉTALLIQUES

Code :

Durée : 75 h

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

#### COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **effectuer des travaux d'installation de supports métalliques** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

#### CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel ou avec l'assistance d'autres personnes.
- À partir d'un plan d'assemblage.
- À l'aide :
  - de l'équipement de protection contre les chutes;
  - de l'équipement de protection individuelle;
  - d'outillage, de l'équipement et de matériel.
- En situation réelle.

#### CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect de carnet de prescription du personnel.
- Respect du plan et des normes d'assemblage et de montage de pylônes.
- Respect des techniques de travail.
- Précision et coordination des manœuvres au sol et sur le support.
- Précision et clarté de la communication verbale et gestuelle.

(à suivre)



OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT(suite)

**PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

- monter les panneaux et les sections d'un pylône;
  
- démonter les sections et les panneaux d'un pylône;
  
- abaisser le mât de levage.

E. Libérer l'aire de travail et ranger le matériel, l'outillage et l'équipement.

**Champ d'application :**

- assemblage d'un support en V haubané.
- assemblage et montage d'un support rigide à double terme d'une hauteur maximale de 30 mètres.

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- Installation appropriée :
  - du câble de levage à la pièce à lever;
  - du câble d'attache à l'ancrage et à la pièce à lever.
  
- Contrôle constant de la charge durant le levage et d'alignement de la pièce.
- Postures de travail appropriées aux manœuvres effectuées.
- Fixation appropriée des parties du support par boulonnage.
- Absence de torsion et de déformations du support.
- Présence de toutes les pièces et composants.
  
- Posture de travail approprié aux manœuvres effectuées.
- Choix judicieux des points d'attache.
- Installation précise des câbles.
- Contrôle constant de la charge durant la descente des pièces.
- Contrôle constant de la tension des haubans.
  
- Enroulement précis des câbles.
- Propreté des palans, des élingues et des câbles.
- Aire de travail dégagé et propre.
- Ordre et propreté :
  - de l'équipement de levage, de l'outillage et du matériel;
  - du lieu d'entreposage.

## OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

### Avant d'apprendre à lire les plans (A) :

1. Distinguer les différents symboles sur le plan d'assemblage.
2. Reconnaître l'orientation des composantes du support.

### Avant d'apprendre à planifier le travail (B)

3. Distinguer différents types de pylônes.
4. Reconnaître la terminologie associée à l'assemblage et au montage de pylônes.
5. Décrire la technique d'assemblage en entier et par section de différents pylônes.
6. Décrire les techniques d'installation d'un mât de levage.
7. Décrire la technique de montage de pylône effectué à l'aide d'un mât de levage.
8. Reconnaître les règles de sécurité relatives à la construction de pylônes aux travaux effectués à proximité de lignes à haute tension.

### Avant d'apprendre à rassembler outillage et équipement (C) :

9. Reconnaître la fonction de l'outillage et de l'équipement propre à l'assemblage et au montage de pylônes.

### Avant d'apprendre à effectuer le travail (D) :

10. Donner la signification des codes d'identifications des composants et des pièces, d'assemblage d'un pylône.
  11. Extraire l'information contenue dans les différentes vues d'un plan d'assemblage et de montage d'un pylône.
- **Appliquer des techniques de secourisme.**

## SOMMAIRE

	<i>Page</i>
<i>Présentation du module</i> .....	<b>7</b>
<i>Résumé théorique</i> .....	<b>8</b>
I. <i>GENERALITES</i> .....	<b>9</b>
1.1. Différents symboles sur un plan d'assemblage .....	<b>10</b>
1.2. Orientation des composantes du support .....	<b>11</b>
II. <i>TYPES DE SUPPORTS METALLIQUES</i> .....	<b>13</b>
2.1. Critères de distinction .....	<b>13</b>
2.2. Types de pylônes .....	<b>18</b>
2.3. Accessoires .....	<b>20</b>
III. <i>TECHNIQUE D'ASSEMBLAGE DE DIFFERENTS PYLONES</i> .....	<b>22</b>
3.1. Construction et choix des supports métalliques .....	<b>22</b>
3.2. Fabrication et réparation des pylônes métalliques .....	<b>28</b>
3.2.1. Fabrication des pylônes .....	<b>28</b>
3.2.2. Fabrication des joints .....	<b>30</b>
3.2.3. Traitements .....	<b>30</b>
3.3. Assemblage des supports .....	<b>32</b>
3.3.1. Assemblage de type contact par boulonnage .....	<b>33</b>
3.3.2. Installation d'un mât de levage .....	<b>36</b>
3.3.3. Technique de montage de pylône à l'aide d'un mât de levage .....	<b>37</b>
3.3.4. Outillage et équipements propres à l'assemblage et au montage de pylônes .....	<b>38</b>
3.4. Identification des composants et des pièces d'assemblage d'un pylône sur un plan de montage .....	<b>39</b>

<i>Guide de travaux pratiques</i> .....	<b>41</b>
TP1 – Assembler les sections d’un pylône au sol .....	<b>42</b>
TP2 – Installer le mât de levage .....	<b>44</b>
TP3 – Monter les panneaux et les sections d’un pylône .....	<b>46</b>
TP4 – Démontez les sections et les panneaux d’un pylône .....	<b>48</b>
TP5 – Abaisser le mât de levage .....	<b>50</b>
 <i>ANNEXE</i> .....	 <b>52</b>
 <i>Evaluation de fin de module</i> .....	 <b>56</b>

## **PRESENTATION DU MODULE**

*Ce module de compétence particulière se dispense dans le deuxième semestre du programme de formation. Il est rattaché au transport de l'énergie électrique.*

*Il requiert comme préalable le module 3 « Déplacement sur des supports » ainsi que le module 4 « Câbles et cordages » et le module 6 « Plans et manuels ».*

*L'objectif de ce module est de faire acquérir les connaissances relatives à la construction de différents types de pylônes, aux normes de construction ainsi qu'aux règles de sécurité qui s'y appliquent. Il vise également de développer des habilités liées à l'assemblage et au montage de pylônes.*

***Module 19:  
INSTALLATION DE SUPPORTS  
METALLIQUES  
RESUME THEORIQUE***

L'apparente simplicité d'une ligne aérienne incite les non spécialistes à sous estimer les difficultés qu'en présentent l'étude et la réalisation. Ils ont tendance à considérer qu'après tout, il s'agit seulement de suspendre des conducteurs de sections confortables à une hauteur suffisante au dessus du sol en les accrochant à des supports en bois, béton armé ou métalliques.

Or l'importance des estimations mis en cause et la sévérité des contraintes de toutes natures électriques, mécaniques, d'origine fonctionnelle et climatique auxquelles sont soumises les lignes aériennes impliquent, pour réussir, une parfaite connaissance des phénomènes physique et la totale maîtrise d'une technologie très élaborée.

## **I. GENERALITES**

Les lignes aériennes de transport d'énergie électrique représente des vastes installations avec un nombre important des éléments. Compte tenu des exigences techniques et climatiques et des dangers d'électrocution qui impliquent comme composant essentiel l'isolation. Donc une partie importante de ces lignes appartient aux supports de différents types.

Le contexte d'enseignement dans ce module consiste à :

- faire réaliser des activités qui sont conformes à la réalité du métier en formant des groupes de travail ;
- organiser l'activité d'assemblage au sol d'un support de type haubané en V ou de complexité équivalente ;
- utiliser la méthode du mât de levage pour ériger un pylône rigide ;
- respecter les normes de santé et de sécurité au travail.

Avant de commencer la partie spécifique du module il faut se rappeler pour appliquer les connaissances acquises dans les modules précédents.

### 1.1. Différents symboles sur un plan d'assemblage

Le travail préliminaire d'assemblage d'un support de n'importe quel type consiste en l'étude approfondie des plans. La lecture permet d'identifier les différentes pièces et la façon d'assurer la liaison entre elles, de planifier les travaux d'assemblage et de pose sur le terrain.

Pour la lecture de plans d'assemblage il faut prendre en considération le suivant :

- types de plan (d'épure et de montage) ;
- codes, symboles et abréviations ;
- vues ;
- emplacement ;
- liste du matériel.

Sur les plans d'assurance à l'aide des symboles on détermine :

- les différentes vues :
  - d'évaluation ;
  - de profil ;
  - de plan ; de coupe ; auxiliaire.
- pour la codification :
  - des pièces telles que des cornières, des goussets, etc.
  - des boulons avec leurs diamètre, longueur et nombre ;
  - les particularités pour les échelons, les rondelles d'espacement sur / sous.
- l'emplacement :
  - des cornières ;
  - des goussets ;
  - des boulons.

Aussi les plans permettent d'étudier au préalable la technique d'assemblage de type contact par boulonnage :

- reconnaître l'assemblage de type contact par boulonnage ;

- effectuer l'étalement au sol des membrures d'une face du pylône ;
- déterminer l'outillage de serrage des boulons ;
- déterminer l'étalement des membrures complétant la section ;
- planifier la mise en place et boulonnage final.

## 1.2. Orientation des composantes du support

Pour reconnaître l'orientation des composantes d'un support il faut tout d'abord se familiariser avec la terminologie employée. Sur la fig. 1-1 on trouve l'architecture d'un pylône :

- *parties communes* :
  - *pied* : partie inférieure d'un pylône ou d'un poteau à treillis comprenant les embases et les fondations ;
  - *fût* : partie verticale d'un pylône ;
  - *tête* : partie supérieure d'un pylône où sont fixés les conducteurs.
- *tronçon de rallonge* : partie d'un pylône ou d'un poteau à treillis délimitée par la longueur des membrures, mesuré entre deux nœuds ou entre deux cadres selon le cas ;
- *poutre* : élément horizontale faisant partie de la tête d'un pylône et destiné à supporter la phase centrale ;
- *console* : élément faisant saillie sur le côté d'un pylône ou d'un poteau à treillis, destiné à supporter un ou plusieurs conducteurs par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension ou d'ancrage ;
- *chevalet de câbles de garde* : élément faisant saillie au sommet d'un pylône ou d'un poteau à treillis, destiné à supporter le câble de garde par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension ou d'ancrage ; etc.

Aussi il faut aussi étudier les notions concernant les pièces comme :

- armement, goussets,
- membrures et cornières ;
- couvre-joint, etc.

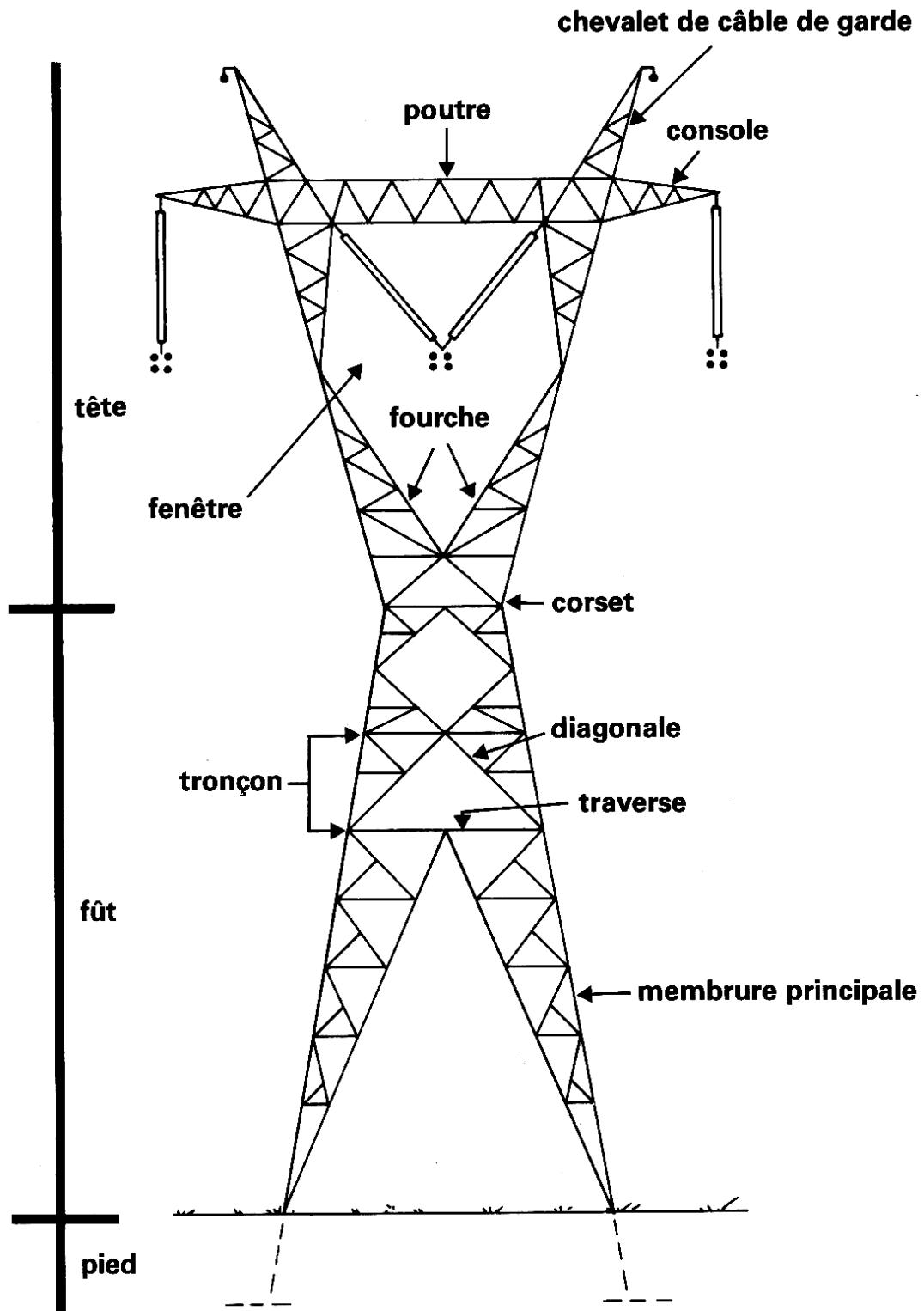


Fig. 1-1

## II. TYPES DE SUPPORTS METALLIQUES

L'acier peut être utilisé de diverses manières pour constituer des supports de lignes électriques. Les profilés simples ou le tube d'acier sont utilisés parfois pour les hauteurs modérées, dans certains cas de lignes BT (éclairage ou distribution de ville).

### 2.1. Critères de distinction des supports métalliques

Les critères de distinction de différents types de supports métalliques sont les suivants :

- classement selon la *structure mécanique* :
  - *rigide* (fig. 2-1) : terme générique désignant les pylônes et les portiques autostables ;

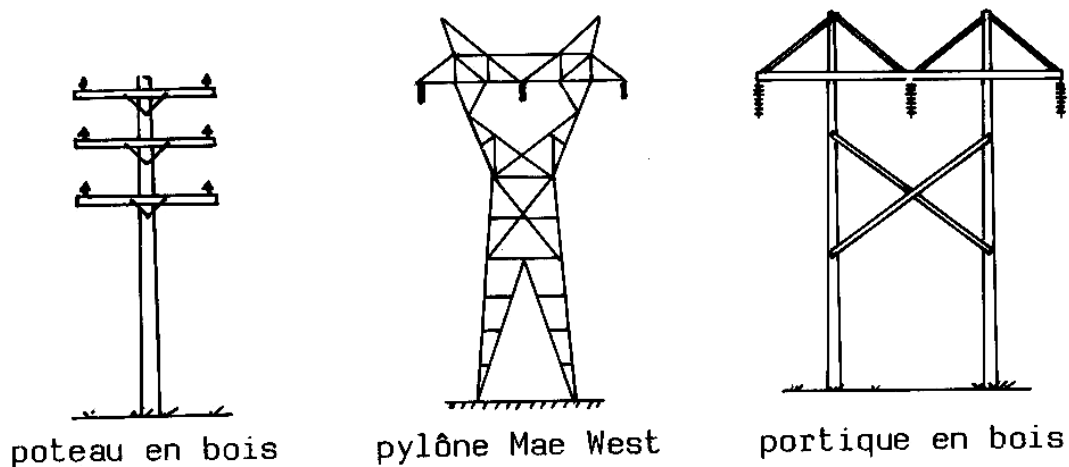


Fig. 2-1

- *haubanés* (fig. 2-2) : terme générique désignant les poteaux, les pylônes et les portiques dont la résistance mécanique ou la stabilité est assurée et augmentée par des haubans.



- *armement en drapeau* (fig. 2-4a) et en *double drapeau* (fig. 2-4b) : type d'armement dans lequel les constructeurs d'un terne sont situés l'un au dessus de l'autre d'un seul côté ou de part et d'autre du support ;

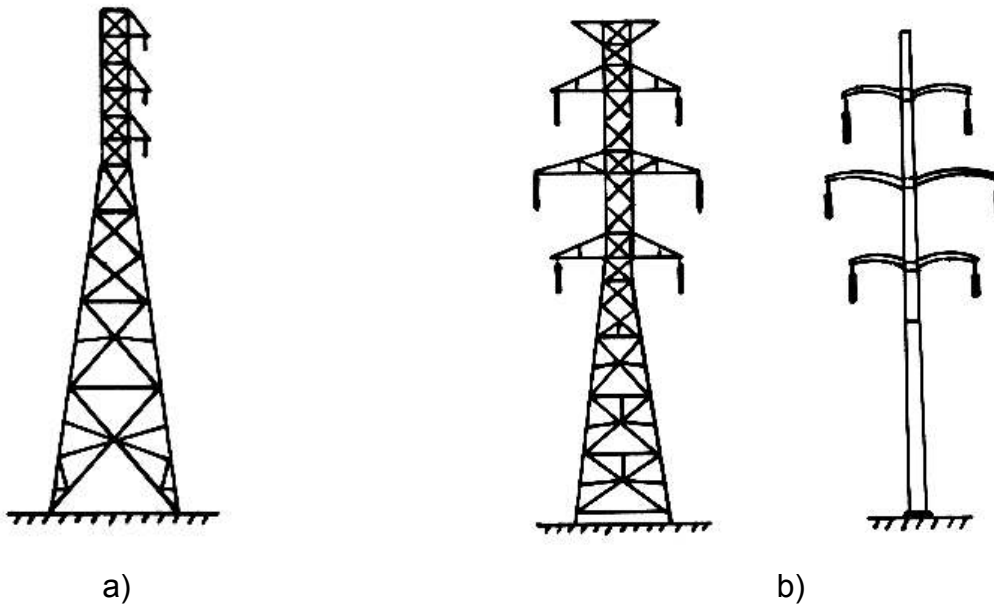


Fig. 2-4

- *armement en nappe* (fig. 2-5) : type d'armement dans lequel les conducteurs d'un terne sont disposés sur un même plan horizontal. Il est très utilisé pour les lignes de transport, que ces lignes soient à un ou à deux ternes.

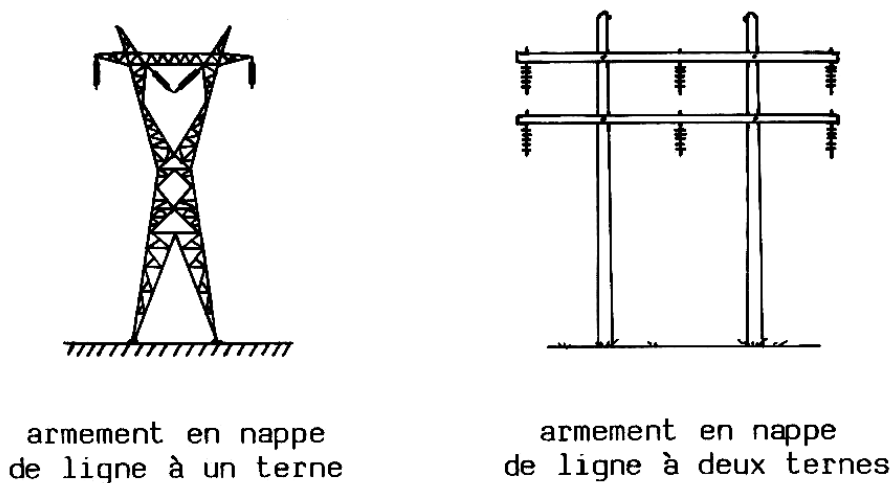


Fig. 2-5

- classement selon la *fonction* du pylône :
  - *support d'alignement* (fig. 2-6) : support conçu pour une portion rectiligne du tracé de la ligne. Les conducteurs du réseau de distribution sont soutenus par des isolateurs rigides. Les conducteurs du réseau de transport sont suspendus à des chaînes d'isolateurs verticales.

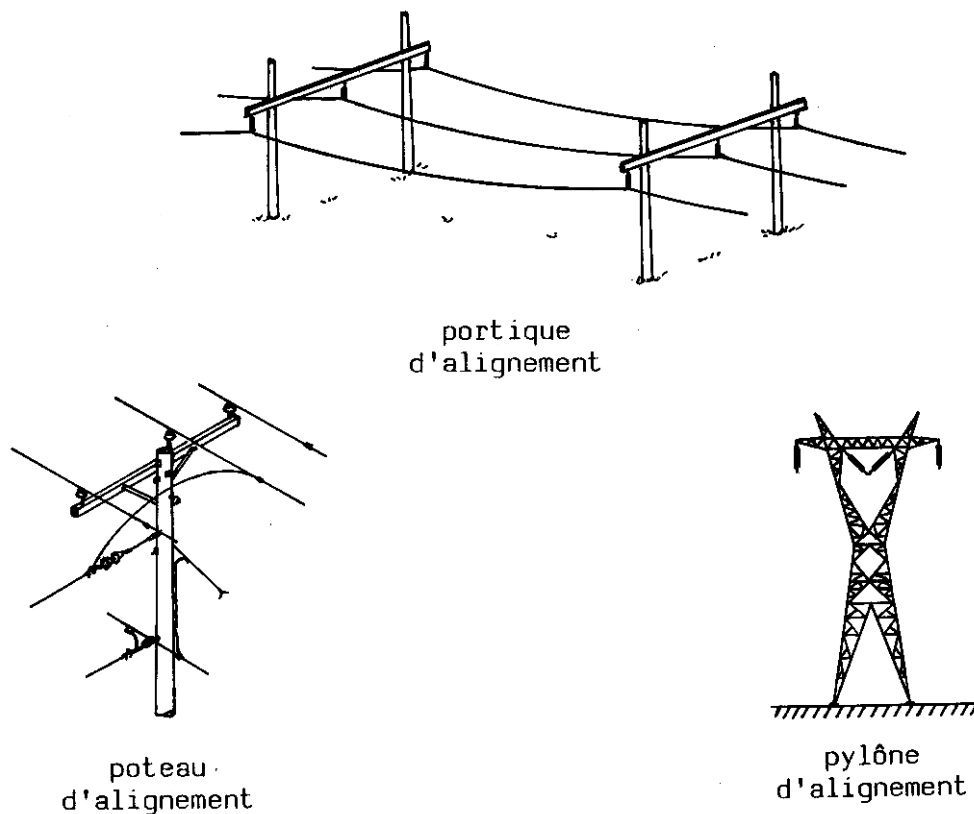


Fig. 2-6

- *support d'angle* (fig. 2-7) : support situé à un point où le tracé de la ligne présente, dans le plan horizontal, un changement de direction. Les conducteurs sont reliés au support par des chaînes d'isolateurs horizontales ou verticales selon le degré de l'angle.

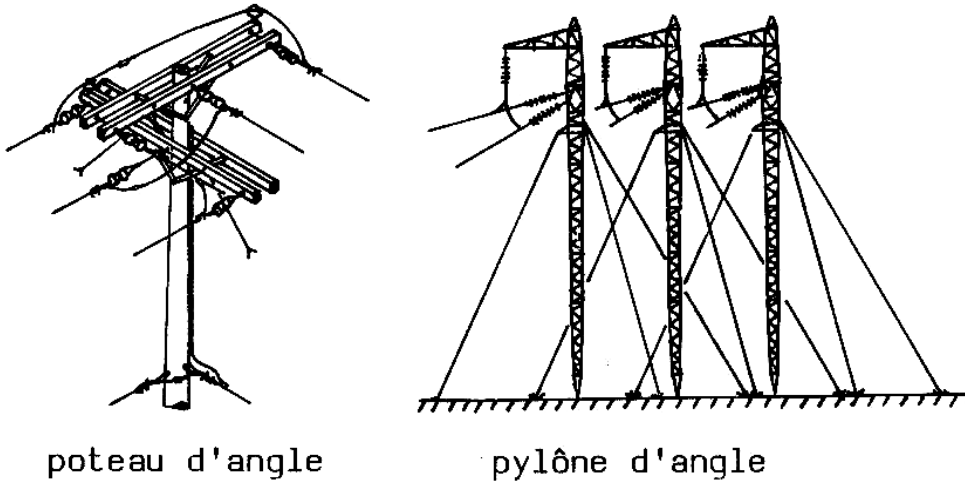
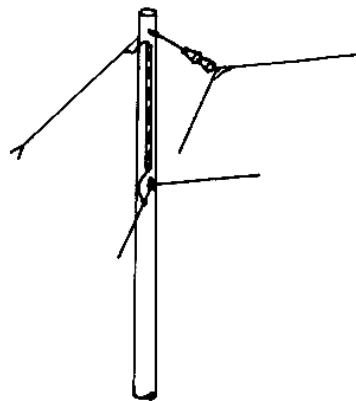


Fig. 2-7

- *support d'angle souple* (fig. 2-8) : support utilisé pour les faibles changements de direction de la ligne. Les conducteurs sont suspendus à des chaînes d'isolateurs verticales.



poteau d'angle souple

Fig. 2-8

- *support d'arrêt* (fig. 2-9) : support d'extrémité de ligne conçu pour que les conducteurs puissent être ancrés d'un seul côté, par des isolateurs composites dans le cas d'une ligne de distribution et par des chaînes d'isolateurs horizontales dans le cas d'une ligne de transport.

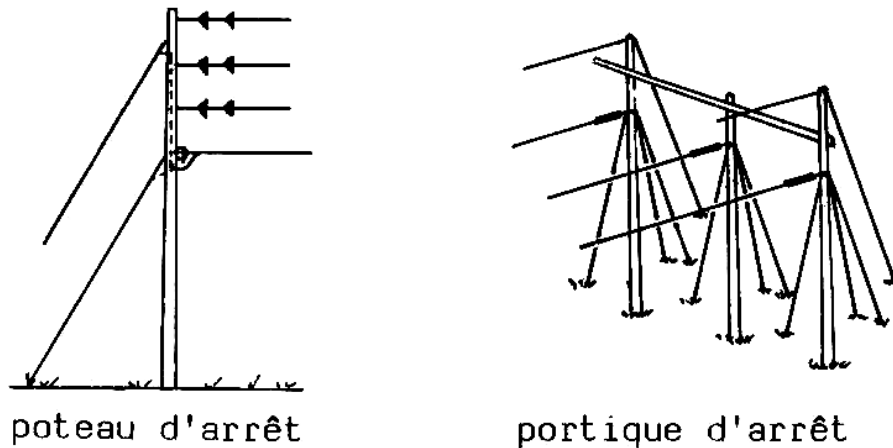


Fig. 2-9

## 2.2. Types de pylônes

On appelle « pylône » le support métallique constitué par un assemblage de membrures formant un treillis et destiné à la plupart des lignes de transport. Il comporte un fût quadrangulaire et des consoles ou des traverses. Les fondations sont généralement à pieds séparés. De plus en plus, on étend la définition de pylône à tout support complexe destinés aux lignes de transport.

Les principaux types de pylônes rigides sont :

- *classique* (fig. 2-10a) : type de pylône rigide, tétrapode, généralement à armement en double drapeau et quelquefois à armement en drapeau, très utilisé pour les ligne de transport ;
- *pylône Mae West* (fig. 2-10b) : type de pylône rigide, tétrapode, à armement en nappe, très utilisé pour les lignes de transport. Le pylône Mae West peut prendre différentes formes : plus ou moins trapu, son empattement peut être plus ou moins grand.
- *pylônes haubanés* (fig. 2-10c) :
  - $\Rightarrow$  en V – type de pylône haubane, articulé à la base, dont le corset est réalisé au niveau du sol, c'est-à-dire que les deux branches de la

fourche se réunissent à leur base pour s'encaster dans la fondation unique ;

- $\Rightarrow$  en Y – type de pylône haubane, articulé à la base, dont le corset est surélevé, la fourche prenant naissance très largement au-dessus du niveau du sol ;

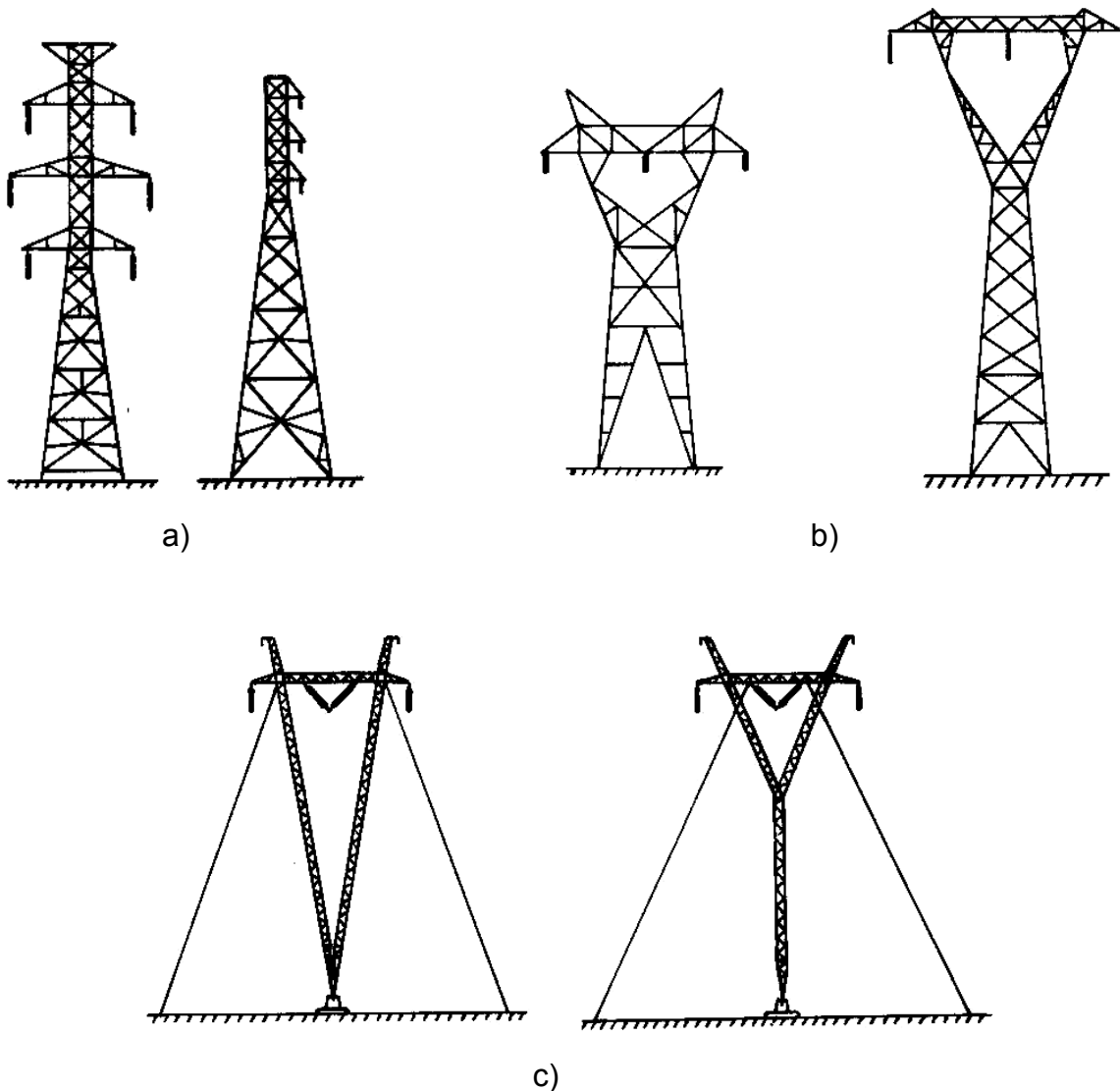


Fig. 2-10

- *poteaux en fer profilé* : ils sont constitués par des fers en U, I, L, assemblés ou non et implantés dans un massif de béton. Certains fers profilés ont été spécialement étudiés comme supports de lignes à BT ;

- *tubulaire* ( fig. 2-11) : pylône monopode composé de deux à quatre éléments tronconiques assemblés par emboîtement forcé. Le pylône tubulaire se caractérise par le fait qu'étant moins massif, il s'intègre plus facilement à l'environnement.

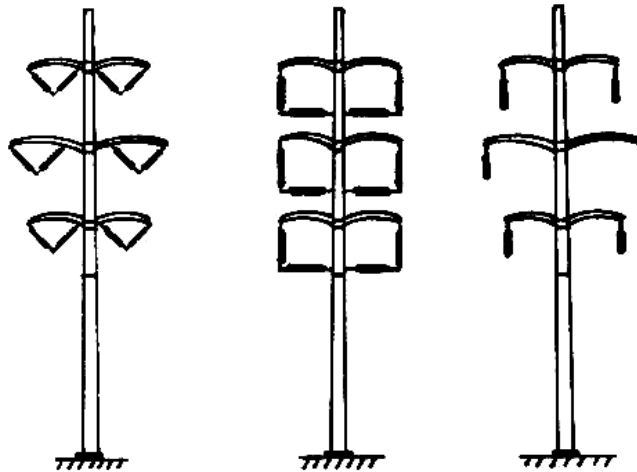


Fig. 2-11

### 2.3. Accessoires

Pour effectuer convenablement les travaux d'assemblage il faut aussi donner les définitions de certaines accessoires indispensables :

- *membrures* : chacune des cornières ou chacun des profilés assemblés en treillis pour former un pylône.
- *cornières* (fig. 2-12) : profilé en léal dont la section affecte la forme d'un L et qui est largement utilisé dans la construction des pylônes à treillis. On trouve :
  - cornières à angles arrondis (fig. 2-12a) : type de cornière dans laquelle l'arête de l'aile est arrondie.
  - cornière à angle vif (fig. 2-12b) : type de cornière dans laquelle l'arête de l'aile est un angle vif.
  - cornière à carre abattue (fig. 2-12c) : type de cornière dans laquelle on fait disparaître la carre par usinage.

- cornière en tôle pliée (fig. 2-12d) : type de cornière dont les ailes sont formées à froid par pliages successifs d'une tôle.

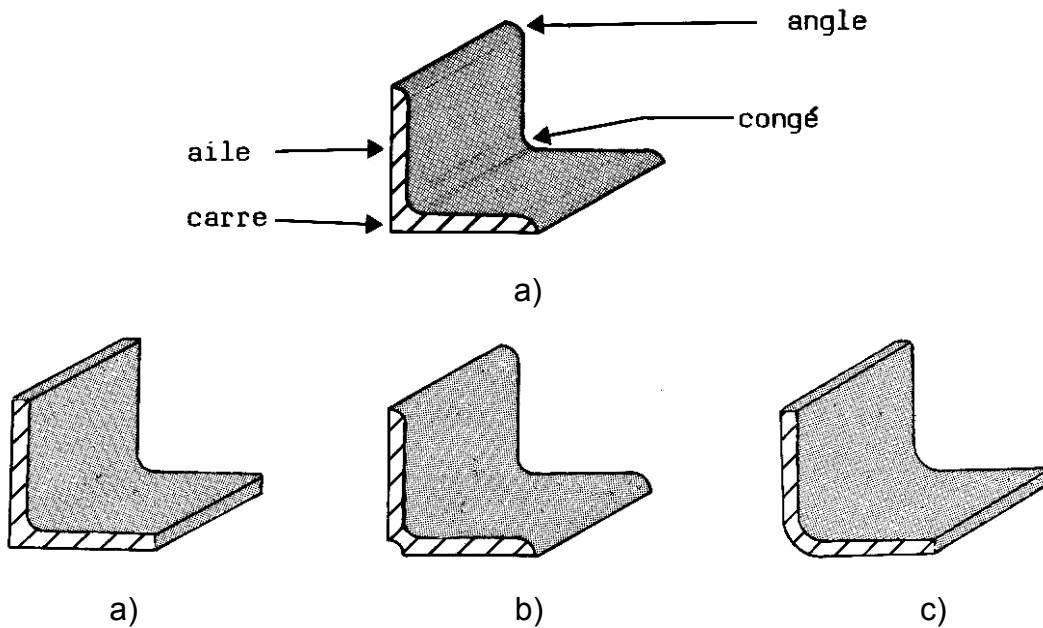


Fig. 2-12

- *couvre - joint* (fig. 2-13) : petite cornière boulonnée recouvrant intérieurement la jointure bout à bout de deux membrures;

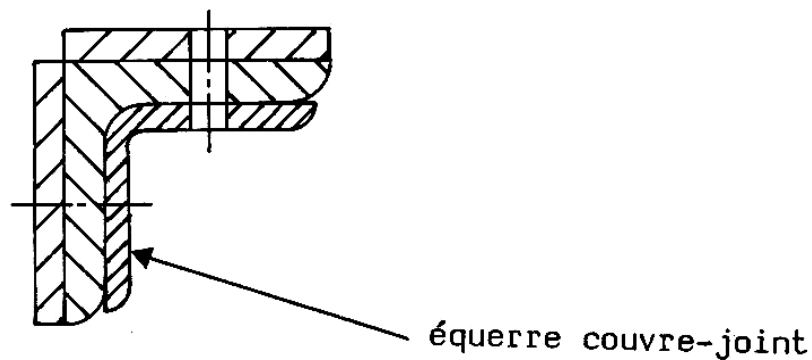


Fig. 2-13

- gousset (fig. 2-14) : plaque de forme variable que l'on emploie pour l'assemblage de plusieurs membrures;

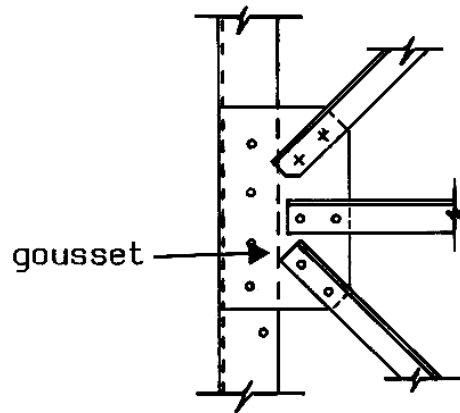


Fig. 2-14

Dans les agglomérations, les lignes de distribution sont souvent supportées par des *potelés* et des *consoles*. Ce procédé a l'avantage de supprimer l'encombrement des supports sur les trottoirs. Ces supports sont constitués soit par des fers profilés assemblés, soit par des tubes galvanisés ronds ou carrés.

Les potelés et les consoles sont fixés sur les façades des maisons au moyen de colliers scellés dans le mur ou de jambes de force. Ils ne peuvent être prévus que sur les parties d'immeuble qui le permettent par leur nature, leur stabilité et leur solidité. Leur emploi n'est autorisé que sur les lignes à BT et seulement lorsqu'il n'est pas possible d'implanter un poteau.

### III. TECHNIQUES D'ASSEMBLAGE DE DIFFERENTS PYLÔNES

#### 3.1. Construction et choix des supports métalliques

Les *poteaux tubulaires* sont fabriqués sans soudure avec de l'acier Martin mi-dur. Ils ont l'avantage d'être légers et résistants.

Les poteaux tubulaires sont construits de deux façons :

- en une seule pièce, avec un ou plusieurs rétreints (fig. 3-1c) ;
- en un certain nombre de tronçons de section décroissante à joints coniques ou cylindriques, s'emmanchant les uns dans les autres (fig. 3-1a et b).

Pour éviter la corrosion de poteau, on goudronne à chaud la face interne et l'on obture la base par une tôle soudée de formé conique. La face externe nécessite une ou plusieurs couches de peinture qu'il faut entretenir fréquemment. Ces poteaux se placent, soit directement dans le sol, avec ou sans béton, soit sur un socle de béton pour éviter la corrosion à la base.

L'implantation se fait à un mètre de profondeur pour un poteau de cinq mètre, et à 1,50 mètre pour les poteaux de 12 mètres de hauteur.

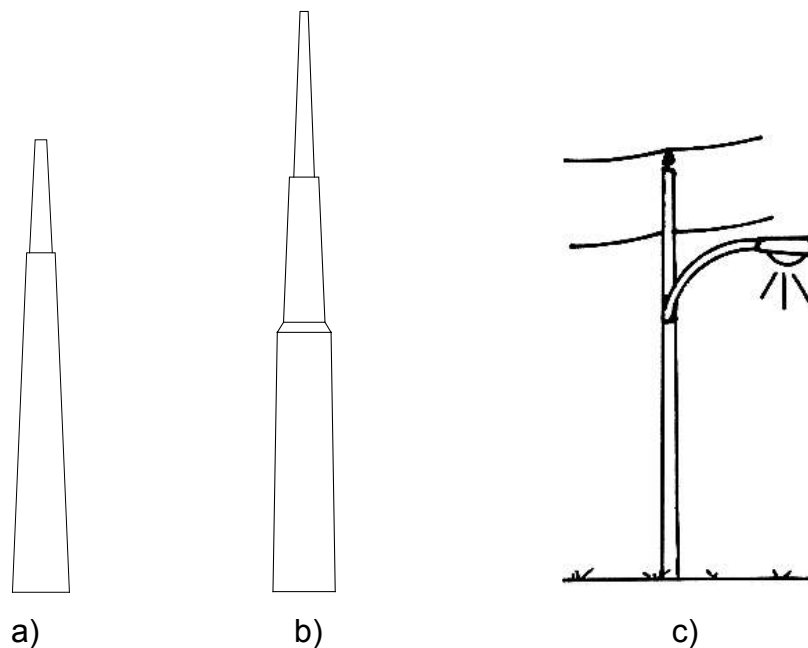


Fig. 3-1

Les pylônes en treillis sont le plus fréquemment employés, surtout pour les tensions élevées (au delà de 60 kV). Ces supports devant avoir des dimensions telles qu'il serait difficile ou économiquement défavorable de les réaliser par d'autres procédés.

En BT et MT on n'utilisera les pylônes en treillis que dans des cas particuliers, tels que :

- Supports d'angle des lignes à forte section ;
- Supports d'étoilement d'où partent plusieurs lignes dans diverses directions ;
- Supports des traversées (route à grande circulation, voies ferrées, fleuves) ;
- Supports de transformateurs pour l'électrification rurale.

Les conditions d'utilisation locales différentes conduisent à adopter des dispositions très variées imposées par des obligations contradictoires. L'emplacement, la forme et la hauteur des supports sont arrêtés en accord avec la municipalité. Ils sont généralement indiqués par les services d'urbanisme ou par les propriétaires intéressés.

Dans les zones industrielles, les dispositions pourront être prises pour permettre l'édification, sous les lignes, des bâtiments d'au moins 10 mètres de hauteur, si aucune servitude de voisinage (aérodrome, poste de télécommunication, etc....) ne s'oppose à la construction de supports surélevés.

Dans les zones boisées et forêts, il est possible d'admettre sous les lignes, des plantations pouvant atteindre 4 mètres de hauteur, mais en bordure de ces lignes des précautions devront être prises afin d'éviter qu'en s'abattant, les arbres n'endommagent la ligne.

La *hauteur* des pylônes dépend évidemment en tout premier lieu de la tension de service de la ligne et de la configuration adoptée. Les règlements techniques fixent pour chaque valeur de la tension de service le minimum de hauteur de la ligne au-dessus du sol, donc la cote du point le plus bas de la chaînette ; le choix de la flèche admise détermine dès lors la cote du point de suspension des conducteurs d'où découle la hauteur du pylônes devront être d'autant plus haut que l'on admet une portée plus grande, toutes autres conditions (section, tension mécanique,...) étant égales.

La hauteur est de l'ordre de 10 à 14 m pour les lignes à 22 kW et atteint de 30 à 40 m pour les lignes à 150 kW et 225 kW.

Le pylône est soumis aux efforts suivants :

- Effort horizontal dû à la traction des conducteurs et des câbles auxiliaires (câbles de terre) ;
- Effort horizontal dû au vent sur les conducteurs et les câbles auxiliaires ;
- Effort horizontal dû au vent sur les isolateurs et armements ;
- Effort horizontal dû au vent sur le pylône lui-même ;
- Effort vertical dû au poids des isolateurs et des câbles auxiliaires ;
- Effort vertical dû au poids des isolateurs et des ferrures ;
- Effort vertical dû à la partie du pylône située au-dessus de la section considérée.

Dans le cas où les supports adjacents seraient à des niveaux différents, on pourrait avoir à envisager un effort vertical supplémentaire de compressions du pylône dû à la dénivellation elle-même.

Le choix du type de pylône à employer se fait suivant l'effort principal qu'ils auront à supporter.

On emploie dans la construction des pylônes principalement des aciers doux à 0,25% de carbone qui présentent une résistance à la rupture de 40 hbar, avec un allongement minimum de 22%. Cet acier sert non seulement à la fabrication des profiles, mais aussi à celle des boulons et écrous. Les rivets sont en acier extra doux. Les fers profilés sont coupés de longueur au moyen d'une machine à cisailer puis percés par poinçonnage si la liaison doit s'effectuer par rivets ou par boulons. Le rivetage se fait toujours à chaud afin d'augmenter le serrage des pièces au moment du refroidissement.

L'assemblage par soudure est le plus employé actuellement. Ce système est plus avantageux que le précédent (économie sur le poids des membrures et des profilés).

Les pylônes sont utilisés la plupart du temps pour toutes les lignes équipées avec des isolateurs suspendus.

Les *pylônes rigides* sont à base carrée ou rectangulaire offrant une résistance sensiblement égale dans tous les sens. Leur emploi est réservé pour les arrêts de ligne ou pour les angles importants. Ils sont construits avec montants et treillis en cornière.

Les *pylônes élastiques* présentent une résistance faible dans le sens parallèle aux conducteurs. Ils sont utilisés pour les alignements et les angles faibles. Ils sont exécutés en montants en U ou en H contreventés par des croisillons en fers plats.

Les *supports articulés* ( DARRIEUS) sont basés sur le principe d'un chevalet et qui se maintiennent vertical en raison de l'équilibre des tractions des conducteurs eux - mêmes. Il est constitué par deux montants en forme de fuseaux, articulés à leurs deux extrémités qui supportent une traverse horizontale portant les conducteurs et deux câbles de terre.

Les montants sont reliés à la traverse par une rotule. Ils reposent sur deux massifs en béton supportant chacun une rotule.

Deux haubans en croix maintiennent le système dans le sens transversal. Ce pylône donne beaucoup de souplesse à la ligne, mais il nécessite tous les 4 km des supports d'ancrage sous forme de pylônes à base carrée.

Lorsque le pylône a une *base étroite*, on dresse le *massifs de fondation* dans le trou creusé à cet effet et le bétonnage est fait ensuite.

Pour les *supports importants*, on noie dans le massif une *embase*. Le pylône n'est dressé que lorsque le massif est dur.

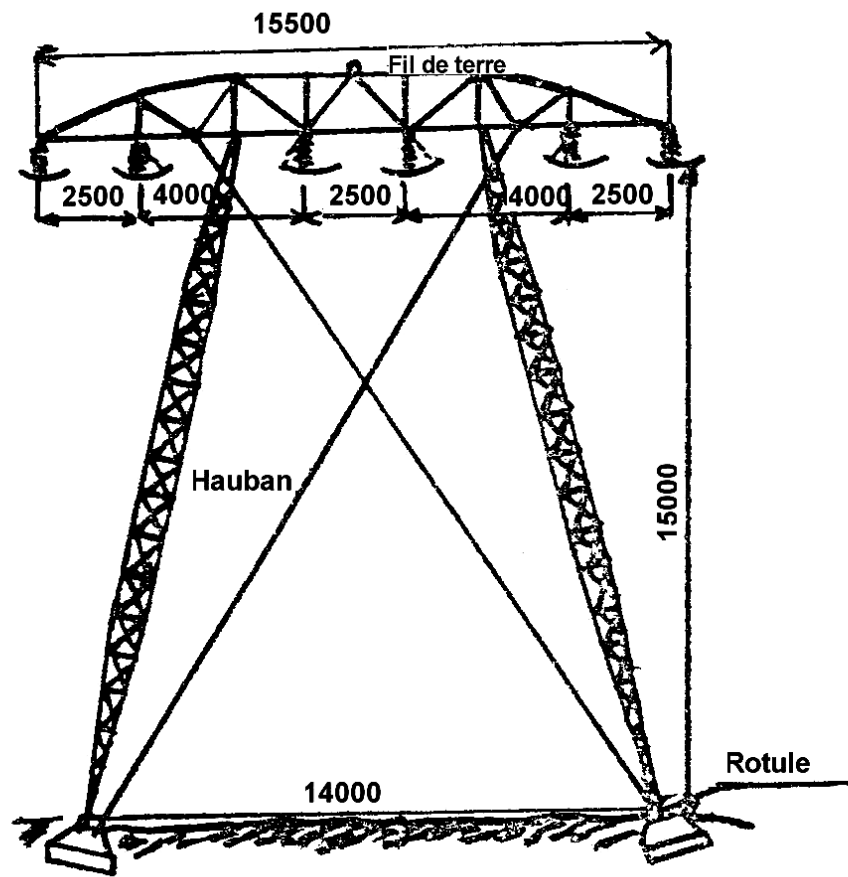


Fig. 3-2

Les pylônes à grand empattement comportent deux ou quatre embases, suivant que les massifs sont à murette ou séparés. Dans ce cas, la fixation du pylône sur le massif peut être assurée par un assemblage de fer profilé ou par une simple cornière niée partiellement dans le béton.

Les embases doivent être scellées dans le massif avec soin, pour que le pylône soit parfaitement vertical et dans l'alignement.

Le réglage des embases est fait à l'aide de gabarits en forme de cadre ayant la dimension de la base du pylône.

Le massif doit être calculé pour éviter le renversement du support sous l'action des forces qui peuvent s'exercer sur lui, telles que l'action d'un vent fort.

### 3.2. Fabrication et réparation des supports métalliques

Dans le cas de création d'un nouvel ouvrage, les données et les plans relatifs à la construction des pylônes sont fournis à l'entreprise chargée de leur fabrication. Ces pylônes sont calculés en fonction des contraintes auxquelles ils devront résister.

Pour les lignes en exploitation, il s'agit dans la majorité des cas de remplacer, en tout ou en partie (en général la tête), un pylône dont les membrures sont attaquées par la corrosion au point d'en affecter la stabilité.

Il est évident que les éléments de remplacement devront avoir au minimum les mêmes caractéristiques que celles qui doivent être remplacées. L'opération de la mesure des cotes dans ce cas précis revêt une grande importance. On s'attachera également à conserver les nouveaux joints de fixation dans les parties saines des membrures non affectées par la réparation.

En fonction de la charpente à exécuter, ensuite sera élaboré un plan d'exécution. Contrairement au cas des lignes neuves, le traçage et la construction « en série » est rarement possible.

#### 3.2.1. Fabrication des pylônes

L'opération du *traçage* est aussi importante que la mesure des cotes. En général, les membrures des montants sont tracées « deux à deux » par accollement, après avoir été fixées au moyen d'étaux à mains. Les croisillons sont tracés quatre par quatre, à l'exception de certains cas très particuliers.

Pour chaque type de cornière le traçage est obtenu en procédant comme suit (procédé mnémotechnique) (fig. 3-3).

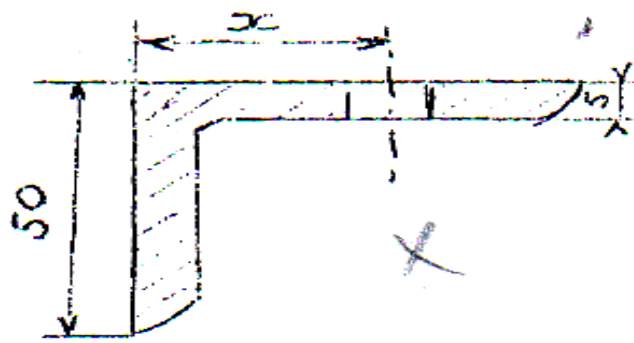


Fig. 3-3

Trusquinage =  $\overline{\text{aile}} + \overline{\text{épaisseur}}$  (arrondir au mm supérieur éventuellement)

*Exemple :* cornière de 50 x 5 mm — —  
trusquinage :  $50/2 + 5/2 = 28 \text{ mm}(x)$

Le centre des trous est indiqué par un coup de pointe. Les membrures sont ensuite débitées et percées au moyen des machines combinées poinçonneuse – cisailles.

Pour les séries, des dispositifs réglables permettent de *tronçonner* à grande cadence sans dérégler les machines. Chacun des éléments portera ensuite un repère (en général frappé à froid avant traitement de protection. Ce numéro est ensuite reporté à la peinture au retour de la galvanisation).

Le *perçage* est également effectué en série, et le diamètre des trous devra correspondre à la boulonnerie utilisée.

Les montants ainsi percés subissent une certaine déformation due à l'étirement produit par la débouchure des trous par les poinçons. Ce type de perçage présente aussi l'inconvénient de laisser souvent une collerette de décollement.

Chacune des membrures sera donc reprise une par une, redressée, et la collerette aplatie au marteau s'il y a lieu.

### 3.2.2. Fabrication des joints

Les joints sont de différents types :

- Par emboîtement ;
- Par éclusage.

Les trous des joints présentent d'une face à l'autre une dissymétrie permettant un montage convenable.

Pour un joint par emboîtement, en ce qui concerne la membrure intérieure, il sera nécessaire d'abattre son arête afin d'obtenir un plaquage sans défaut sur la membrure mère.

Pour les joints par éclusage de cornières de modules différents des cames de rattrapage doivent être utilisées pour compenser la différence d'épaisseur.

### 3.2.3. Traitements

Avant l'expédition sur le chantier, sur les *membrures* sera appliquée une couche de peinture antirouille (peinture bitumineuse ou minime de plomb) et une couche de peinture bitumineuse, si le pylône n'a pas été galvanisé.

Si au contraire, le pylône a reçu l'un des traitements ci-dessus, il sera appliqué une couche de peinture bitumineuse, à l'exclusion de tout autre produit.

Au montage, étant entendu que toutes les parties jointives ne seront plus peintes, on appliquera sur chaque trou, et en débordant largement, une couche de peinture qui assurera une protection convenable.

Cette opération doit être effectuée de préférence à la meule. L'arête abattue sera arasée convenablement. En aucun cas, cette opération ne devra être affectée après un traitement par galvanisation ou « à boire l'eau » métallisation.

Au montage, les boulons seront bloqués, et matés au pointeau. Les croisillons sont en général, pour ceux qui sont en position obliques, dans une position permettant le ruissellement des eaux de pluie. La position dite « à boire l'eau » n'est généralement pas admise.

Hormis les peintures, dans les parties supérieures des pylônes, et sur toute leur longueur, si l'ouvrage est considéré dans la zone bord de mer, divers procédés de protection sont utilisés :

- galvanisation ;
- métallisation.

### Galvanisation

*Boulons* : La galvanisation ne doit pas être utilisée pour des boulons de diamètre inférieur à 14 mm (revêtements par électrolyse dans ce cas ).

Au Maroc, SOMAGAL et SMOA mettent en œuvre une galvanisation dite à blanc. Il faut noter qu'en Europe on préfère le plus souvent la galvanisation par voie sèche, nécessitant un traitement par fluage que peut être considéré comme une opération de préparation de surface et comme une phase du processus de galvanisation. Il intervient après l'opération de décapage.

Le bain de fluage le plus courant est constitué par un seul double de chlorure de zinc et de chlorure d'ammonium.

### Galvanisation à blanc

Déroulement des opérations :

- nettoyage et dégraissage des pièces ;
- décapage chimique ;
- préchauffage ;
- immersion ;

- éersion.

### Bain de galvanisation

Le bain doit contenir 98,5 % de zinc pur et pas inférieure à 98,3 % Zn. La température doit être de 450 °C avec une tolérance de  $\pm 5$  °C. Le temps d'immersion est déterminé en fonction de l'épaisseur de la couche de zinc désirée. Au Maroc les épaisseurs de zinc sont de l'ordre de 50 microns. (Mesure au microtest).

### Peinture :

Les peintures usitées à l'O.N.E., à base de résines bitumineuses sont parmi celles qui sont recommandées par les normes, sans application de couches primaire.

### Métallisations

Procédé peu utilisé. Nécessaire toutefois en présence de membrures de grandes longueurs.

### Application du zinc à chaud, au pistolet après préparation des surfaces pour sablage.

Nécessite un matériel important.

## **3.3. Assemblage des supports métalliques**

On appelle *l'assemblage* l'opération consistant à lier entre elles les différentes pièces destinées à former un ensemble.

Avant l'opération il faut préparer *l'aire d'assemblage* au sol (fig. 3-4): l'étendue de terrain réservée à l'assemblage d'un support ou des éléments d'un support destinés à être mis en place par levage.

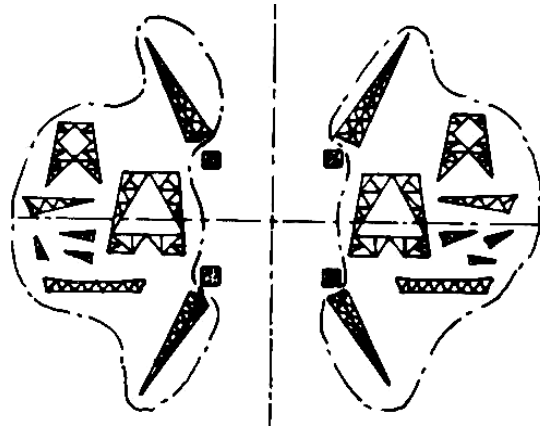


Fig. 3-4

### 3.3.1. Assemblage de type contact par boulonnage

On appelle *boulonnage*, l'opération consistant à assembler les éléments d'un support métallique au moyen de boulons.

Les éléments sont assemblés au sol et puis montés à l'aide d'un *câble de levage*, câble par lequel s'exerce la traction nécessaire pour mettre en place un support entier ou un élément de support (fig. 3-5), et d'une *corde de guidage*, cordage servant à retenir et à positionner un support ou un élément de support en cours de levage ou d'assemblage (fig. 3-6).

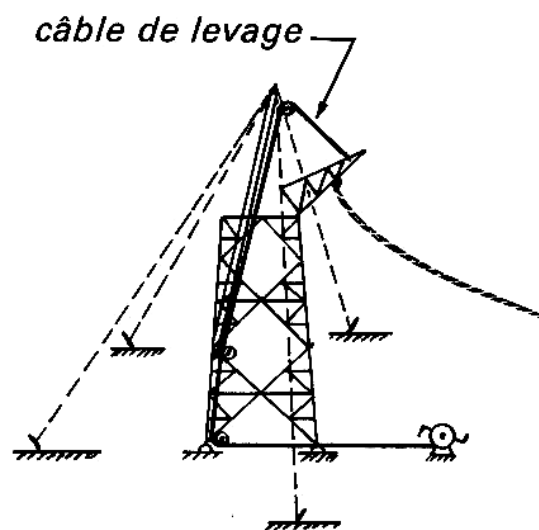


Fig. 3-5

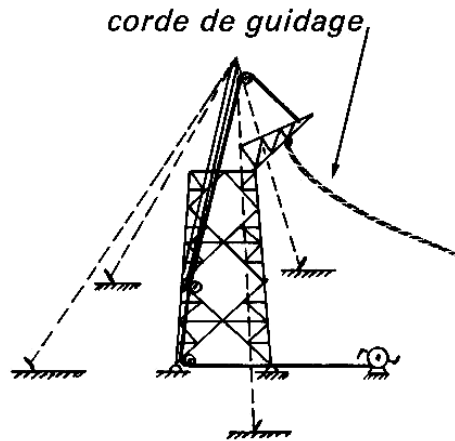


Fig. 3-6

Après le montage de tous les éléments des membrures complétant la section, il faut bien serrer les boulons à l'aide d'un dynamomètre pour assurer les efforts prescrits sur les plans.

Il existe plusieurs types de levage :

- *levage à la grue* (fig. 3-7) : méthode de levage consistant à mettre un support en place en le soulevant tout entier ou par ensembles successifs à l'aide d'une grue ;

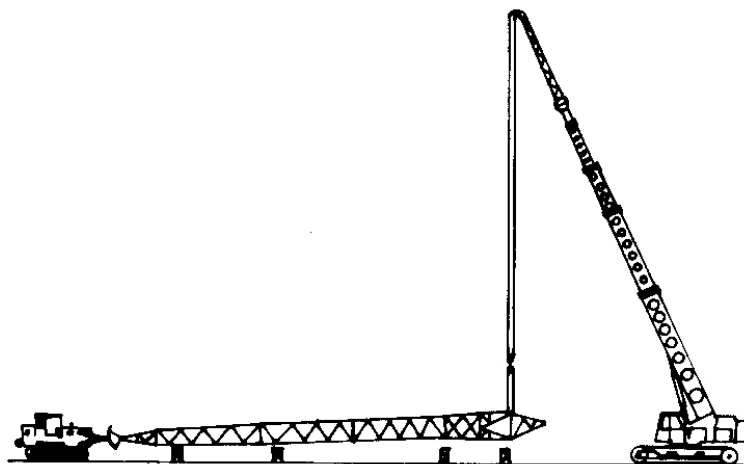


Fig. 3-7

- *levage à la perche* (fig. 3-8) : méthode de levage manuel utilisée pour la mise en place des poteaux en bois ou tubulaires et nécessitant l'emploi de plusieurs outils, principalement de perches.

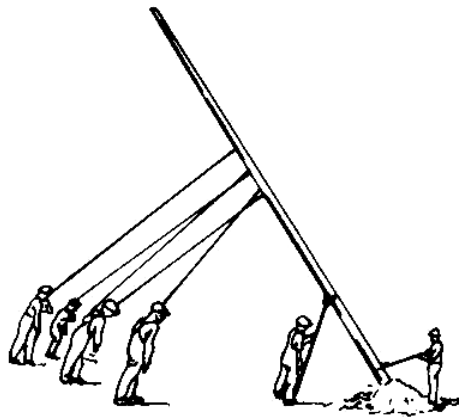


Fig. 3-8

- *levage à l'hélicoptère* (fig. 3-9) : méthode de levage consistant à mettre un support en place en le soulevant tout entier ou par ensembles successifs à l'aide d'un hélicoptère ;

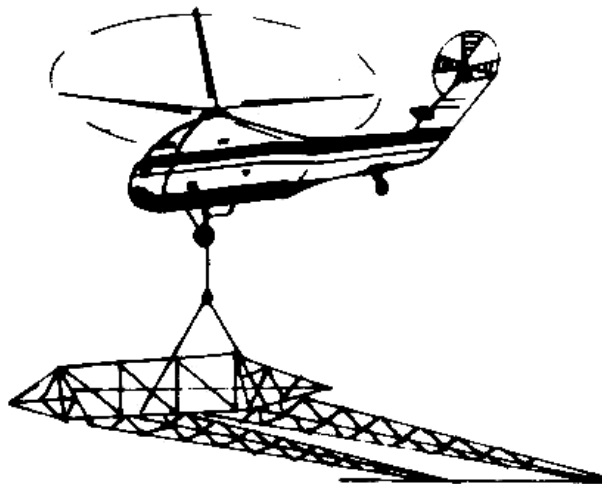


Fig. 3-9

- *levage à l'avancement* : méthode de levage consistant à mettre un support en place progressivement en fixant chaque élément sur le dernier élément mis en place. Le levage à l'avancement se fait de nos jours par ensembles préalablement assemblés des pièces élémentaires, à l'aide d'un mât de levage ou une grue. On l'appelle aussi *levage par ensembles* quand il s'agit

d'un support à treillis. Un tronçon, un panneau, une console, etc. peuvent constituer un ensemble.

- *levage au mât* : méthode la plus utilisée au Maroc, elle sera décrite en détails.

### 3.3.2. Installation d'un mât de levage

Le *mât de levage* (fig. 3-10) représente une colonne formée de tubes d'aluminium soudés, appuyée à la base et maintenue au sommet par quatre haubans, servant à la mise en place d'un support.

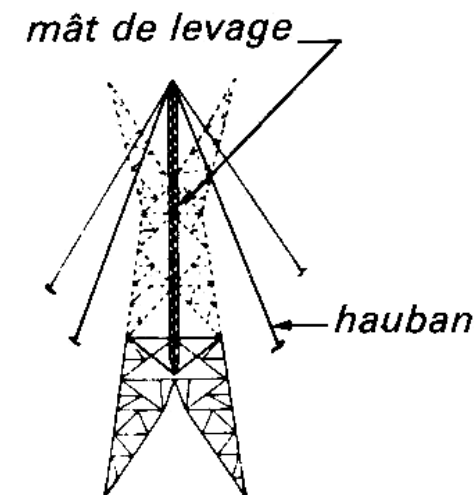


Fig. 3-10

La méthode de *levage au mât* consiste à mettre un pylône en place à l'aide d'un mât de levage, soit en entier en fixant le mât au sol, soit progressivement en fixant le mât au sol puis à diverses hauteurs dans le pylône même, à mesure que progresse l'assemblage (fig. 3-11).

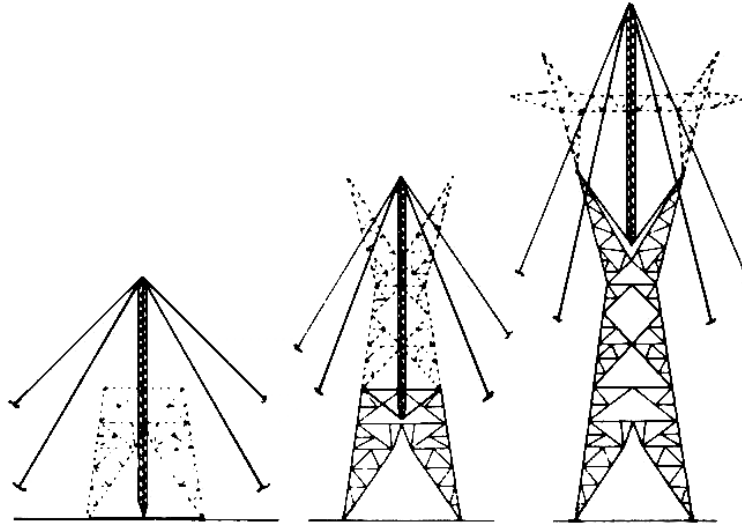


Fig. 3-11

Le procédé de préparation du mât de levage contient :

- assemblage du mât au sol ;
- fixation au sol du pied du mât ;
- gréage (câble du treuil, câble d'assurance et haubans) ;
- fixation des haubans et des palans à l'ancrage ;
- mise en place du mât auxiliaire (chèvre).

Pour les travaux de manutention on utilise souvent les palans. Dans le module 4 « Câbles et cordages » ont été étudiées les opérations de préparation et de manipulation des charges : démêlage, ouverture et fermeture, position du garant, contrôle de la charge, ainsi que les précautions à prendre au moment du levage de charges :

- tension mécanique des haubans ;
- rôle des membres de l'équipe ;
- coordination des manœuvres.

### **3.3.3. Technique de montage de pylône à l'aide d'un mât de levage**

La technique du montage d'un pylône comporte les opérations suivantes :

- Fixation du câble du treuil aux sections à lever ;
- Fabrication d'un câble de retenue (attache) ;

- Pose des câbles de secours sur la section ;
- Contrôle de la charge à l'aide du câble de retenue ;
- Mise en place de la section :
  - position ;
  - réception ;
  - fixation ; signalisation des manœuvres ;
  - palans solidement attachés ;
  - mât contré par rapport aux charges à lever ;
  - retenue du câble du treuil parallèle au mât de levage.
- Normes de sécurité pour les travaux en hauteur :
  - protection individuelle (chapeau, gants, vêtement, lunettes) ;
  - protections contre les chutes ;
  - travaux près d'une ligne électrique.
- Signalisation des manœuvres ;
- Utilisation d'un câble d'assurance pour des déplacements à la verticale et à l'horizontale ;
- Travaux près des lignes électriques :
  - phénomènes d'électrisation : induction, contact, distances d'approche, mise à la terre temporaire.<sup>3</sup>
- Planification du travail en référence :
  - au plan d'assemblage et de montage ;
  - aux normes prescrites ;
  - aux règles de sécurité applicables ;
  - aux techniques de travail.

### **3.3.4. Outillage et équipements propres à l'assemblage et au montage de pylônes**

Pour la pose des pylônes on utilise, à part l'outillage de gros œuvres classique, aussi l'outillage spécifique pour la pose de boulons et d'écrous :

- *Clé structural* : outil servant à aligner les trous et à serrer les écrous et les boulons ;

- *Clé dynamométrique* : outil servant à serrer les écrous à couple de serrage déterminé ;
- *Emporte-pièce* : outil servant à perforer un trou dans une pièce de métal ;
- *Mandrin d'assemblage* : outil de forme cylindrique servant à égaliser un trou.

Pour les travaux de gréage et de manutention on utilise différents types de câbles et cordages pour le contrôle de la charge :

- *Câble d'attache* : câble servant à contrôler une charge au moment du levage ;
- *Câbles de rappel* : câble servant à ramener le câble du treuil au sol suite au levage d'une charge.

L'assemblage de l'outillage et de l'équipement doit se faire en référence au plan de montage. Il faut prendre en considération le type de boulons à assembler, de bien choisir les palans et les câbles et d'effectuer la vérification visuelle de l'état des éléments.

#### **3.4. Identification des composants et des pièces d'assemblage d'un pylône sur un plan de montage**

L'assemblage d'un pylône est réalisé conformément aux plans de montage présentés par les constructeurs.

Sur chaque dessin existent les codes d'identification des composants et des éléments, qui permettent de simplifier les informations à exprimer, comme suit :

- codes des pièces : cornières, goussets, etc. ;
- codes des boulons : longueur et diamètre ;
- codes des rondelles d'espacement : diamètre, épaisseur d'espacement.

Pour l'identification des composants et des éléments ainsi que des points d'attache on utilise la numérotation, les chiffres étant les symboles les plus universels. Sur la fig. 3-12 est représenté un exemple de codes d'identification pour l'assemblage d'un poteau métallique, à côté de chaque numéro d'élément existe un code d'identification.

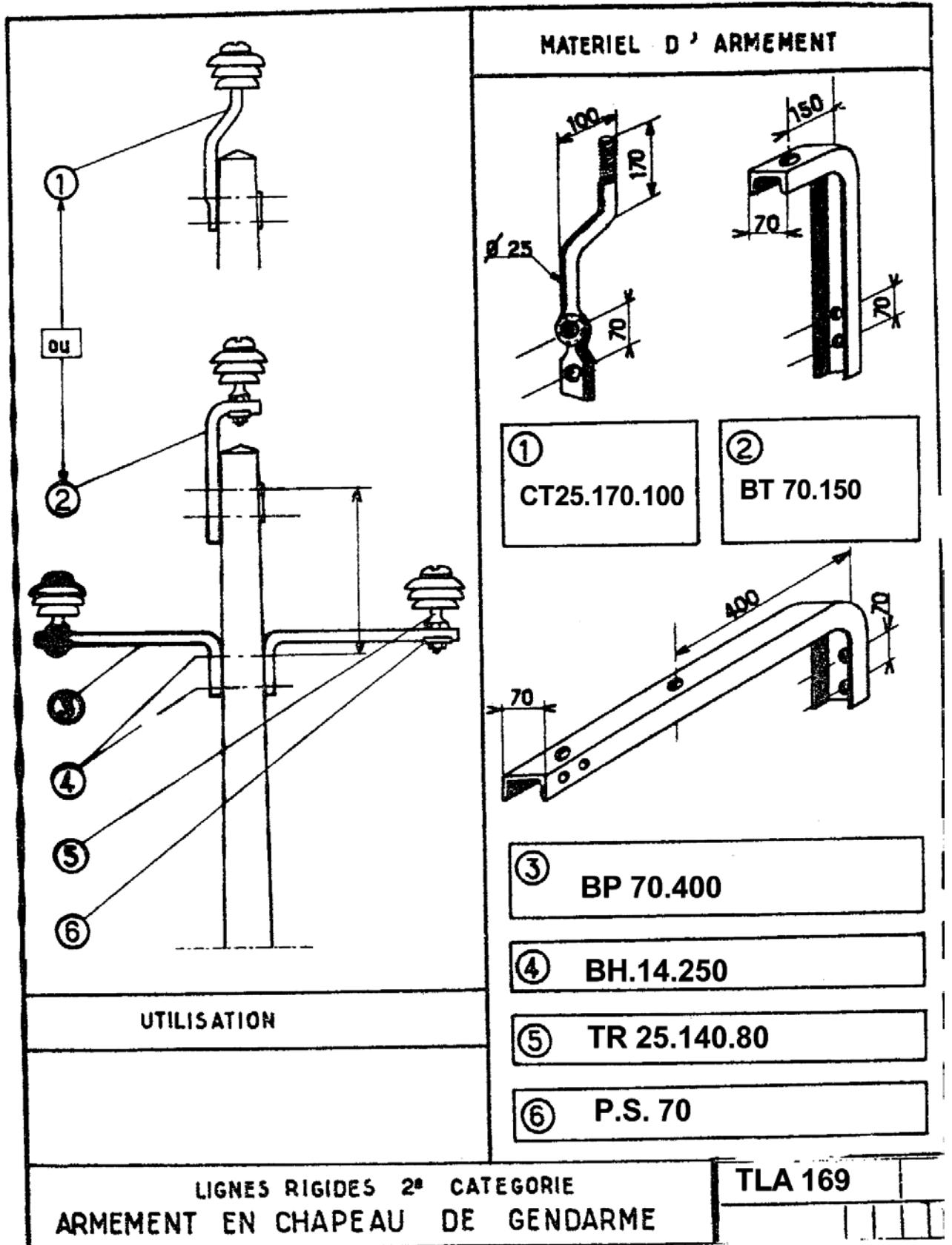


Fig. 3-12

***Module 19:  
INSTALLATION DE SUPPORTS  
METALLIQUES  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES***

## **TP1 – Assembler les sections d’un pylône au sol**

### ***1.1. Objectifs visés***

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec l’assemblage des différentes sections d’un pylône au sol.

### ***1.2. Durée du TP***

Durée : 5 heures

### ***1.3. Matériels (Equipements et matière d’œuvre) par équipe***

- Plans d’assemblage;
- Pièces des sections différentes;
- Éléments d’assemblage : boulons, rondelles, etc.
- Outillage nécessaire.

### ***1.4. Description du TP***

Le TP doit être effectué en groupe de trois ou quatre stagiaires. En référence aux différents plans d’assemblage pour chaque groupe :

- Préparer la suite des opérations;
- Préparer la liste des pièces et des éléments nécessaires;
- Préparer l’outillage;
- Ranger le poste de travail au sol;
- Effectuer l’assemblage selon les règles.

### ***1.5. Déroulement du TP***

Les stagiaires doivent étudier les plans d'assemblage présentés par le formateur – différents pour chaque groupe.

Pour effectuer les travaux il faut suivre le plan des opération :

- répartition au sol des composants et des pièces;
- position des cales de bois ;
- orientation des boulons;
- position des pièces;
- détermination des couples de serrage des boulons;
- colinéarité des montants, etc.
- nettoyage, vérification et détection des bris ;
- enroulement des câbles et des cordages ;
- ordre et propreté.

## TP2 – Installer le mât de levage

### **II.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec l'installation du mât de levage des sections.

### **II.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

### **II.3. Matériels (Equipements et matière d'œuvre) par équipe**

- Pièces du mât;
- Cordages;
- Outillage nécessaire.

### **II.4. Description du TP**

A la base des Réglementations en vigueur effectuer les travaux suivants :

- Évaluation des dangers potentiels pour les éviter;
- Positionnement et gréage du mât;
- Utilisation des palans;
- Contrôle de la charge;
- Coordination des manœuvres.

### **II.5. Déroulement du TP**

Le TP doit être effectué par groupe de cinq stagiaires compte tenu des charges à manipuler. Le plan de déroulement doit contenir :

- préparation du mât de levage :

- assemblage du mât au sol ;
  - fixation au sol du pied du mât ;
  - gréage (manipulation de câble de treuil, de câble d'assurance et des haubans) ;
  - fixation des haubans et des palans à l'ancrage ;
  - mise en place du mât auxiliaire (chèvre).
- utilisation du palan :
    - démêlage ;
    - ouverture et fermeture ;
    - position du garant ;
    - contrôle de la charge.
  - précautions à prendre au moment du levage des charges :
    - tension mécanique des haubans ;
    - rôle des membres de l'équipe ;
    - coordination des manœuvres.
  - vérification avant le levage des charges (soulèvement du mât et installation sur la structure) :
    - gréage des palans ;
    - installation des poulies de renvoi ;
    - fixation du garant des palans au véhicule sur chenilles ;
    - contrôle de la tension des haubans au moment du levage du mât ;
    - mise en place de deux haubans afin de diminuer la charge appliquée sur le mât de levage .
  - nettoyage, vérification et détection des bris ;
  - enroulement des câbles et des cordages ;
  - enroulement des haubans ;
  - ordre et propreté.

## TP3 – Monter les panneaux et les sections d'un pylône

### **III.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les opération de montage des panneaux et des sections d'un pylône.

### **III.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

### **III.3. Matériels (Equipements et matière d'œuvre) par équipe**

- Plans des pylônes pour le placement des panneaux et des sections;
- Réglementations en vigueur;
- Outillage nécessaire.

### **III.4. Description du TP**

A la base des Réglementations en vigueur utiliser les plans des pylônes (différent pour chaque groupe de stagiaire) pour élaborer le planning et effectuer les opérations de montage des panneaux et des sections d'un pylône donné.

### **III.5. Déroulement du TP**

Le TP doit être effectué par groupe de cinq stagiaires compte tenu des charges à manipuler. Le plan de déroulement doit contenir :

- évaluation des dangers potentiels ;
- installation:
  - du câble de levage à la pièce à lever ;
  - du câble d'attache à l'ouvrage et à la pièce.

- contrôle et répartition de la charge ;
- communication au sein de l'équipe de travail.
- respect de la posture de travail adaptée aux manœuvres à effectuer:
- réception, alignement et fixation des pièces ;
- boulonnage des pièces, etc.
- inspection et remplacement d'éléments défectueux ;
- nettoyage, vérification et détection des bris ;
- enroulement des câbles et des cordages ;
- enroulement des haubans ;
- ordre et propreté.

## TP4 – Démonteur les sections et les panneaux d'un pylône

### IV.1. Objectifs visés

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les opérations du démontage des panneaux et des sections d'un pylône.

### IV.2. Durée du TP

Durée : 5 heures

### IV.3. Matériels (Equipements et matière d'œuvre) par équipe

- Plans des pylônes pour le placement des panneaux et des sections;
- Réglementations en vigueur;
- Outillage nécessaire.

### IV.4. Description du TP

A la base des Réglementations en vigueur utiliser les plans des pylônes (différent pour chaque groupe de stagiaire) pour élaborer le planning et effectuer les opérations de démontage des panneaux et des sections d'un pylône donné.

### IV.5. Déroulement du TP

Le TP doit être effectué par groupe de cinq stagiaires compte tenu des charges à manipuler. Le plan de déroulement doit contenir :

- évaluation des dangers potentiels ;
- installation:
  - du câble de levage à la pièce à démonter ;
  - du câble d'attache à l'ouvrage et à la pièce.

- choix des points d'attache des pièces
- contrôle et répartition de la charge ;
- déboulonnage des pièces, etc.
- communication au sein de l'équipe de travail.
- respect de la posture de travail adaptée aux manœuvres à effectuer:
- réception et rangement des pièces ;
- nettoyage, vérification et détection des bris ;
- enroulement des câbles et des cordages ;
- enroulement des haubans ;
- ordre et propreté.

## **TP5 – Abaisser le mât de levage**

### **V.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les opérations du démontage d'un mât de levage des panneaux et des sections d'un pylône.

### **V.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

### **V.3. Matériels (Equipements et matière d'œuvre) par équipe**

- Pièces du mât;
- Cordages;
- Outillage nécessaire.

### **V.4. Description du TP**

A la base des Réglementations en vigueur utiliser les plans des mâts pour élaborer le planning et effectuer les opérations de démontage d'un mât de levage des panneaux et des sections d'un pylône.

### **V.5. Déroulement du TP**

Le TP doit être effectué par groupe de cinq stagiaires compte tenu des charges à manipuler. Le plan de déroulement doit contenir :

- évaluation des dangers potentiels ;
- respect de la signalisation des manœuvres ;
- contrôle mécanique des haubans ;

- installation d'un mât auxiliaire (chèvre) ;
- coordination des manœuvres ;
- communication au sein de l'équipe de travail.
- respect de la posture de travail adaptée aux manœuvres à effectuer:
- réception et rangement des pièces ;
- nettoyage, vérification et détection des bris ;
- enroulement des câbles et des cordages ;
- enroulement des haubans ;
- ordre et propreté.

**ANNEXE**

Les dessin présentés ci-dessous peuvent être utiliser pour les travaux pratiques ou pour les évaluations.

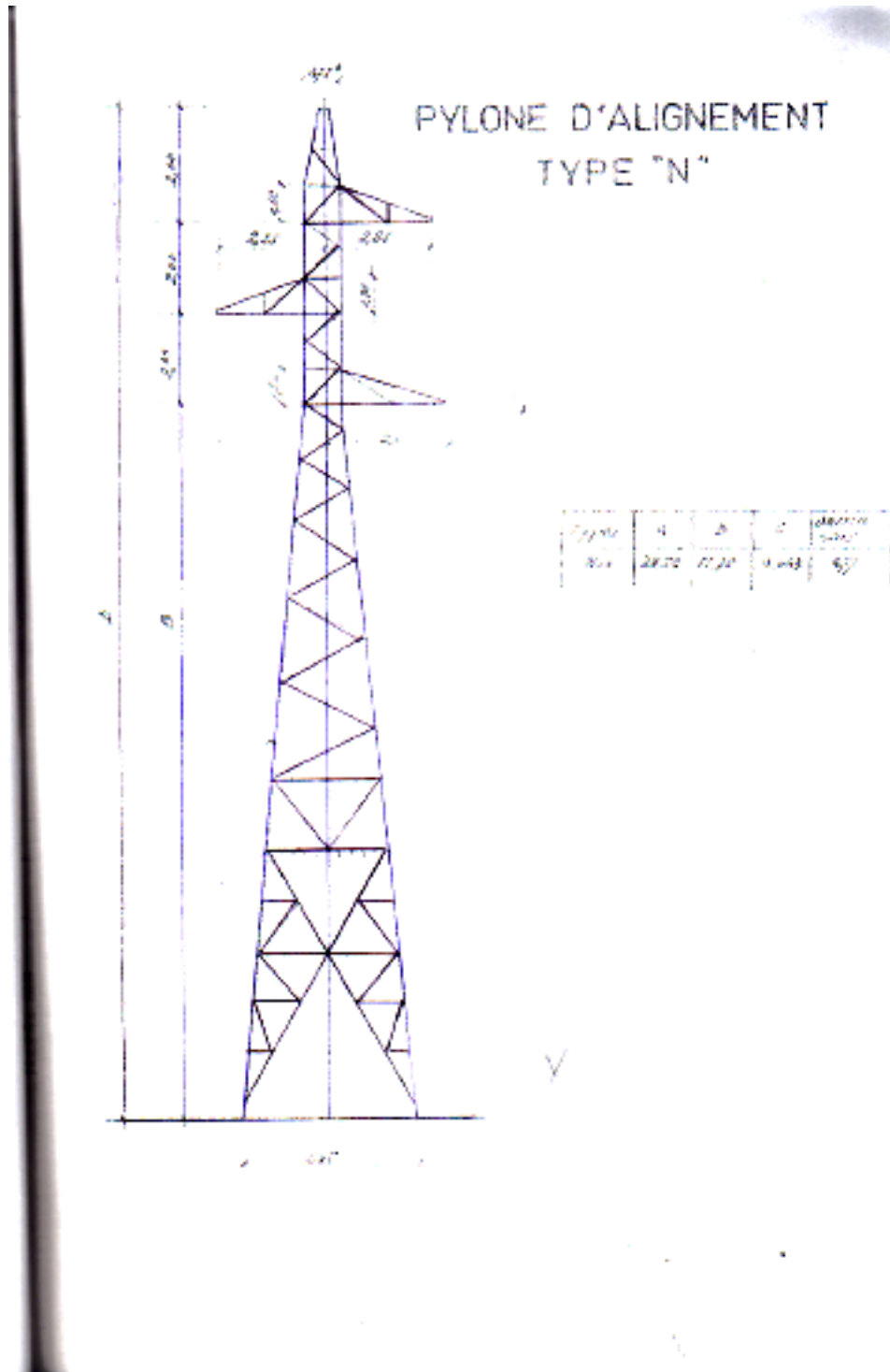


Fig. A1

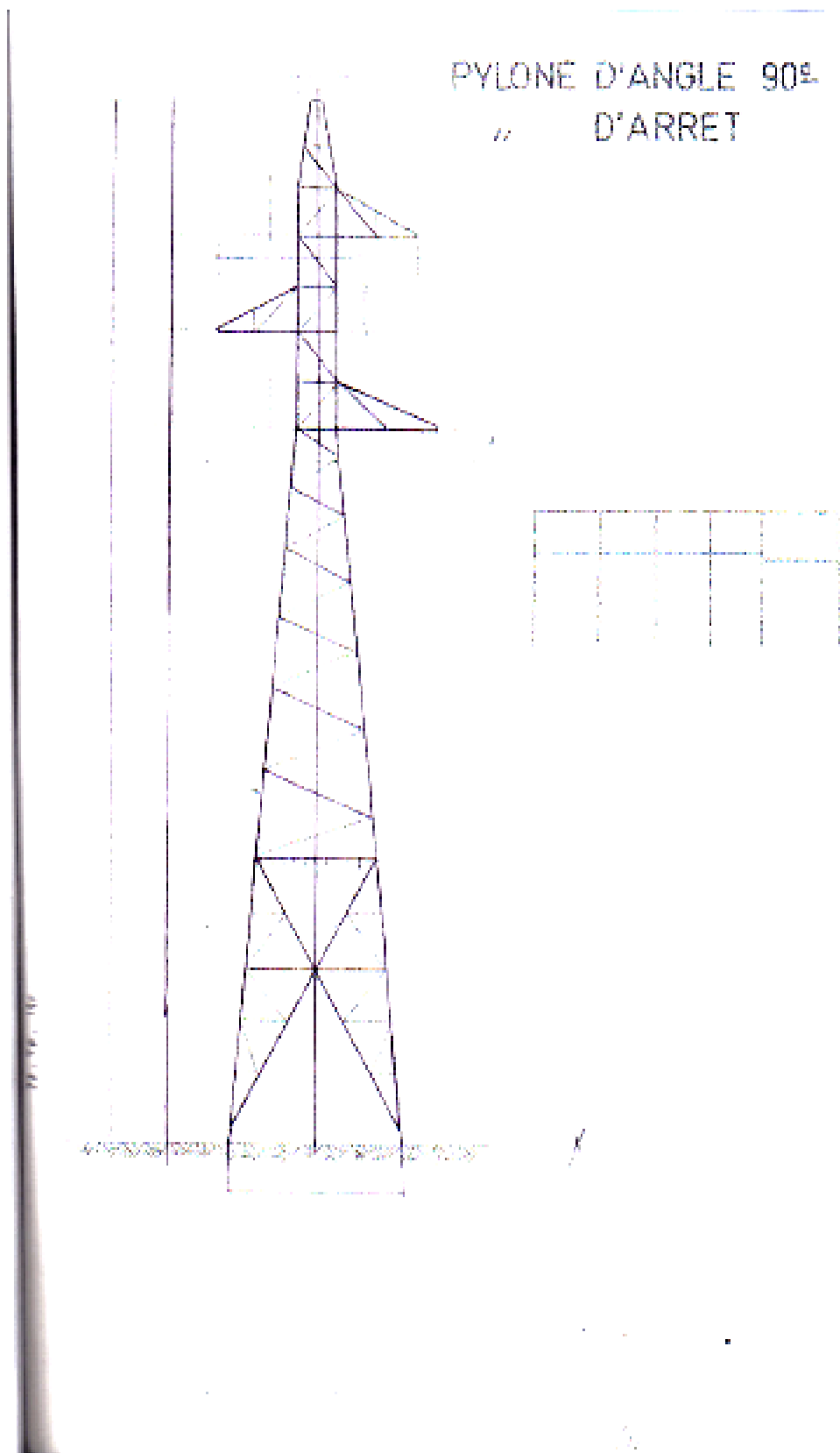


Fig. A2

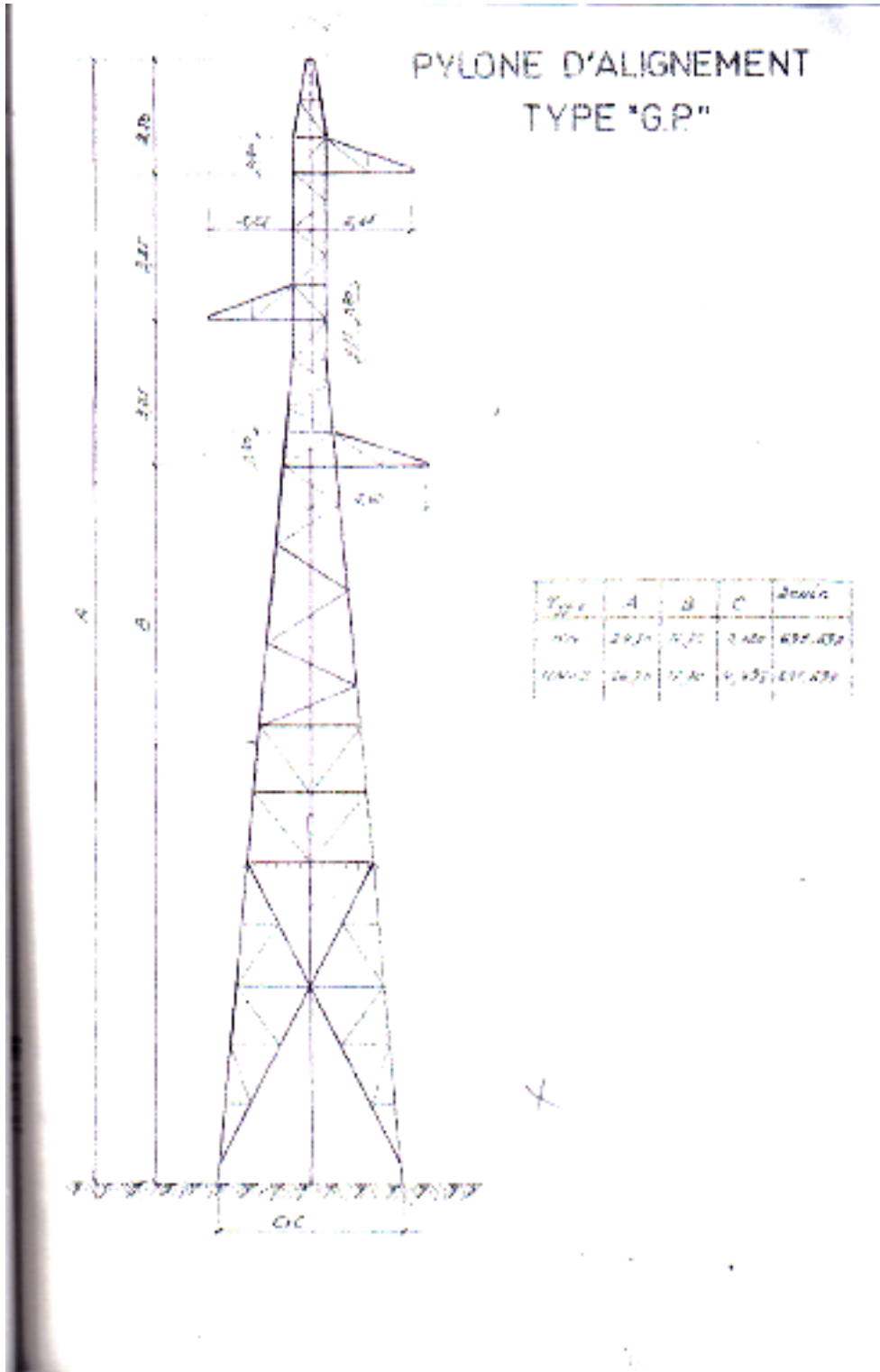


Fig. A3

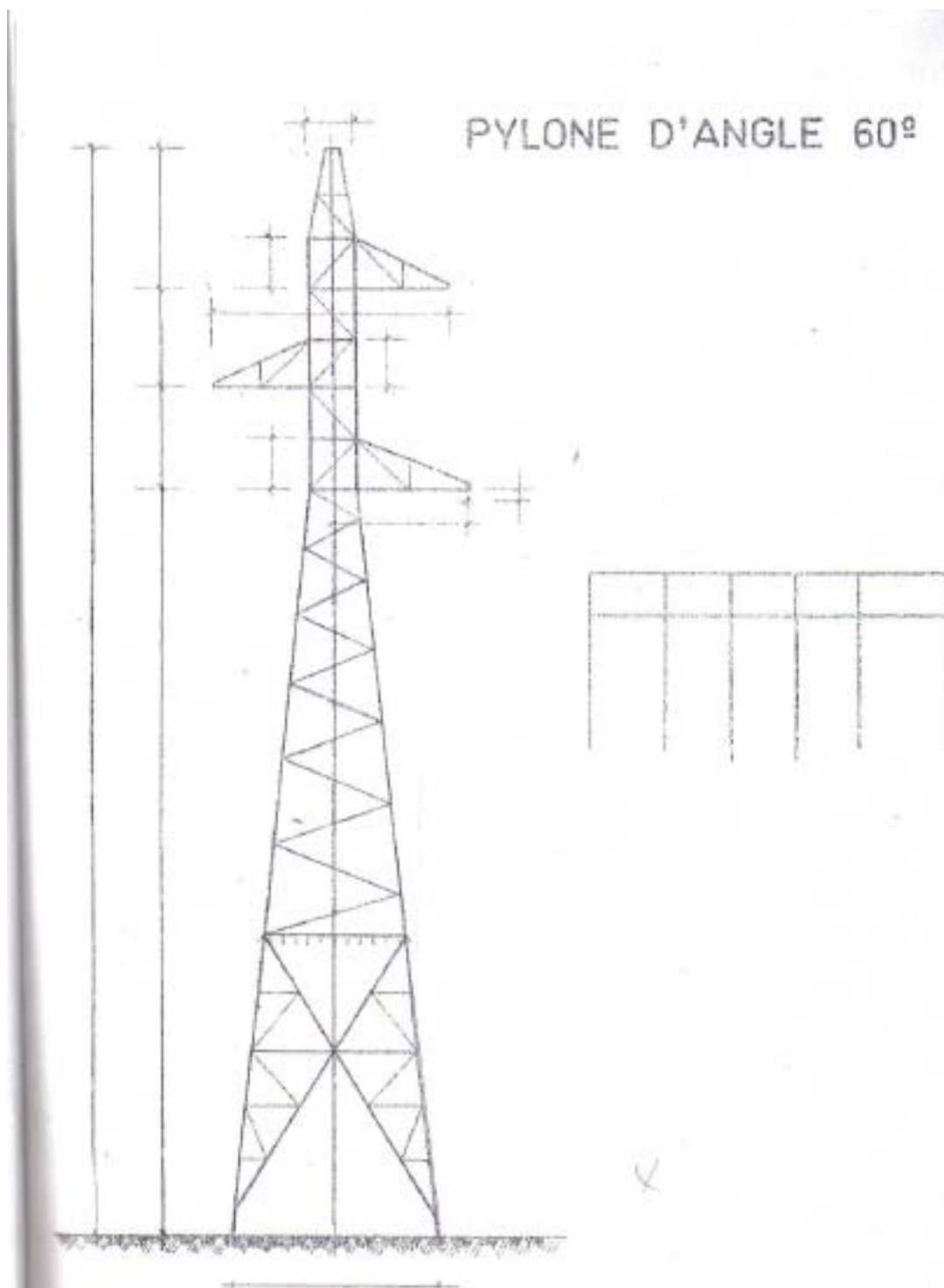


Fig. A4

***Module 19:  
INSTALLATION DE SUPPORTS  
METALLIQUES  
EVALUATION DE FIN DE MODULE***

O.F.P.P.T.  
EFP

MODULE 19 :      **INSTALLATION DE SUPPORT METALLIQUE**

---

### **FICHE DE TRAVAIL**

Stagiaire : \_\_\_\_\_ Code : \_\_\_\_\_  
Formateur : \_\_\_\_\_

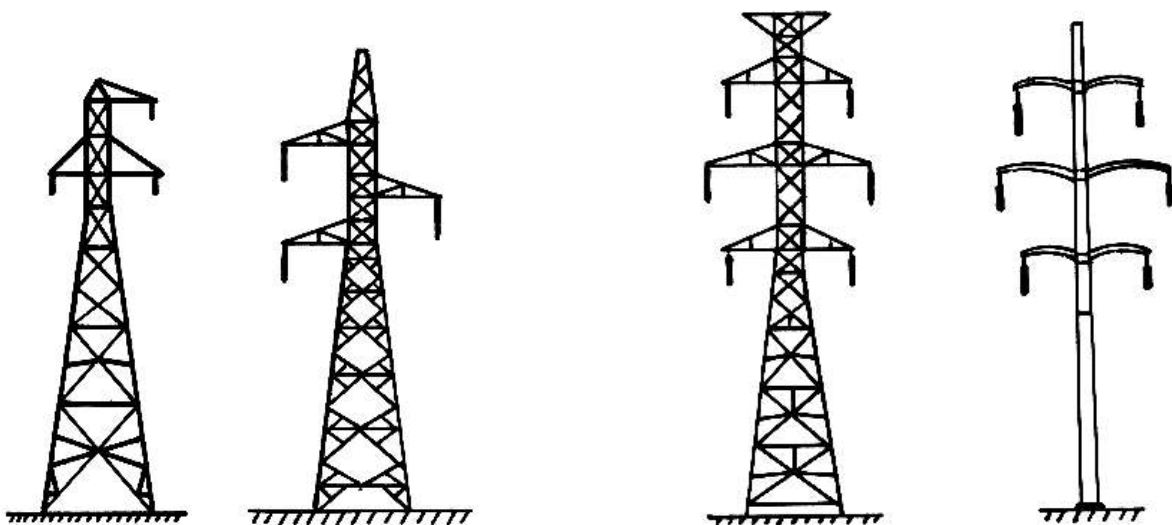
---

Durée : 8 heures

---

**(Exemple)**

1. Nommer les différents types de supports présentés sur la figure ci-dessous :



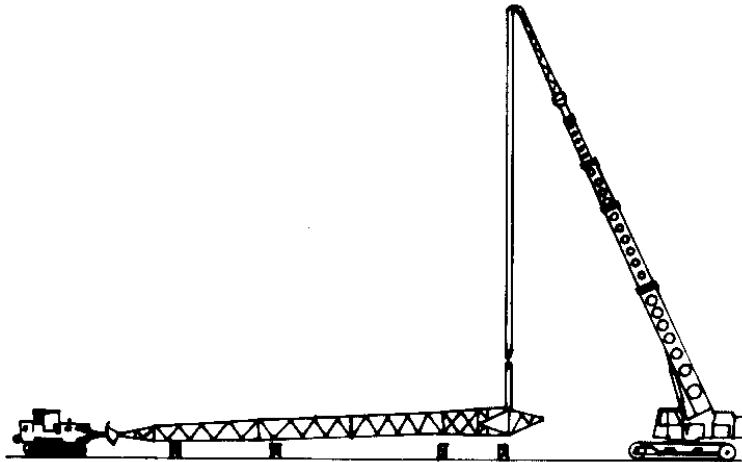
a)

b)

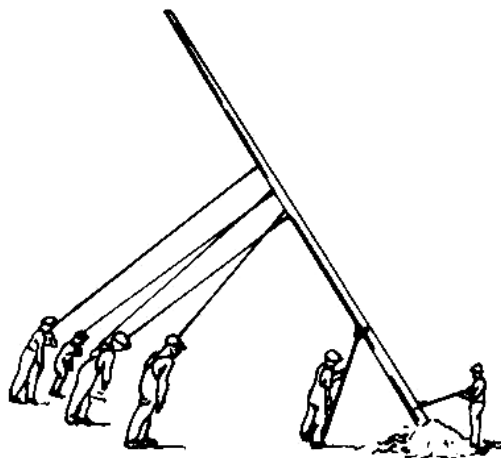
c)

d)

2. Identifier le type de levage des supports présentés sur la figure ci-dessous :



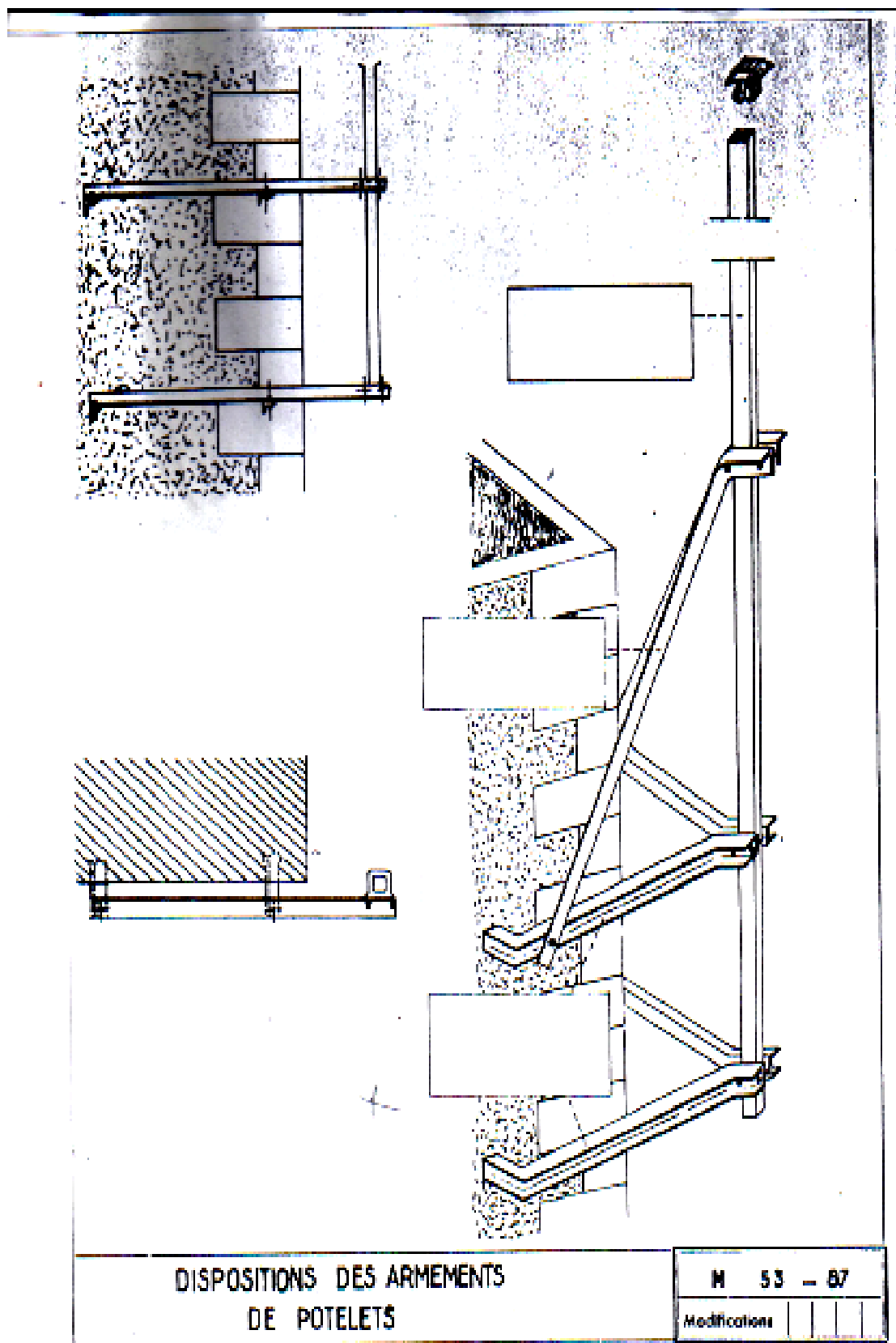
a)



b)

3. Pour l'armement de potelets donnée en annexe :

- reconnaître les indications de tous les éléments ;
- élaborer un plan de montage théorique avec l'équipement nécessaire ;
- effectuer les travaux de montage avec des pièces disponible en équipe de trois stagiaires ;



O.F.P.P.T.  
E.F.P.

Filière : Electricité de réseau

Niveau : Qualification

Epreuve de fin de module

### FICHE D'EVALUATION

Stagiaire : .....

Code :

<u>N°</u>	<b>Description</b>	<b>Barème</b>	<b>Note</b>
1	Indication des types de supports	12	
2	Identification des types de levage	8	
3	Identification des éléments sur le dessin	8	
4	Plan de travaux à effectuer	10	
5	Travaux de montage effectués sur un potelet désigné par le formateur	14	
4	Respect des règles de santé et de sécurité au travail	8	
	<b>TOTAL</b>	60	