



**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**

**TRANSPORT :  
MODULE N°:21 TRAVAUX D'ENTRETIEN SUR  
UNE LIGNE**

**SECTEUR : ELECTROTECHNIQUE**

**SPECIALITE : ELECTRICITE DE RESEAU**

**NIVEAU : QUALIFICATION**

**Document élaboré par :**

*Mme KISSIOVA-  
TABAKOVA Raynitchka*

*CDC Génie  
Electrique*

*DRIF*

**Révision linguistique**

-  
-  
-

**Validation**

-  
-  
-

**SOMMAIRE**

	<b>Page</b>
<i>Présentation du module</i>	<b>15</b>
<i>Résumé de théorie</i>	<b>16</b>
<b>I. GENERALITES .....</b>	<b>17</b>
1.1. <i>Maintenance et entretien .....</i>	<b>18</b>
1.2. <i>Importance d'entretien des lignes de transport .....</i>	<b>20</b>
<b>II. ENTRETIEN DES LIGNES DE TRANSPORT .....</b>	<b>21</b>
2.1. <i>Définition des différents types de travaux.....</i>	<b>21</b>
2.1.1. <i>Travaux hors tension .....</i>	<b>21</b>
2.1.2. <i>Travaux sous tension .....</i>	<b>21</b>
2.2. <i>Description des différents types de travaux sous tension...</i>	<b>28</b>
2.3. <i>Mise à la terre .....</i>	<b>30</b>
2.4. <i>Importance de l'entretien préventif des lignes de transport .....</i>	<b>31</b>
2.4.1. <i>Définition .....</i>	<b>31</b>
2.4.2. <i>Préparation .....</i>	<b>32</b>
2.4.3. <i>Action .....</i>	<b>32</b>
2.4.4. <i>Caractéristiques des travaux d'entretien préventif .....</i>	<b>34</b>
2.5. <i>Relation existante entre le niveau de tension, de type de support et les distances d'isolement .....</i>	<b>34</b>
2.5.1. <i>Types de supports pour les lignes de transport .....</i>	<b>35</b>
2.5.2. <i>Isolateurs .....</i>	<b>40</b>
2.5.3. <i>Relation entre la tension et les distances d'isolement ..</i>	<b>44</b>
2.6. <i>Localisation des principaux points de vérification de différentes parties des supports d'une ligne de transport d'électricité .....</i>	<b>46</b>
2.7. <i>Numérotation des isolateurs et les conducteurs sur les plans d'implantation .....</i>	<b>51</b>
2.8. <i>Principales altérations subies par les divers matériaux composant une ligne de transport .....</i>	<b>55</b>
2.9. <i>Principaux dangers associés à la présence d'alimentation auxiliaire sur un support .....</i>	<b>56</b>
2.9.1. <i>Induction électrostatique .....</i>	<b>57</b>
2.9.2. <i>Induction électromagnétique .....</i>	<b>58</b>
2.10. <i>Règles de sécurité relatives à la vérification des lignes de transport .....</i>	<b>61</b>
2.10.1. <i>Mesures de sécurité régissant les accidents de travail .....</i>	<b>61</b>
2.10.2. <i>Procédures liées au remplacement d'un élément défectueux .....</i>	<b>65</b>
2.11. <i>Renseignements issus d'un rapport portant sur les défauts des lignes .....</i>	<b>69</b>

III. TRAVAUS D'ENTRETIEN DES LIGNES DE TRANSPORT .....	71
3.1. Equipements reliés aux différents travaux sous tension .....	72
3.1.1. Vérification visuelle des poteaux .....	73
3.1.2. Vérification visuelle des armements .....	74
3.1.3. Vérification visuelle des interrupteurs aériens à commande mécanique (IACM) .....	75
3.2. Techniques de vérification (hors tension et sous tension) des isolateurs.....	76
3.2.1. Vérification sonore pour isolateurs de porcelaine hors tension .....	76
3.2.2. Vérification des isolateurs de porcelaine selon la méthode de bourdonnement sous tension .....	78
3.2.3. Autres types de vérification .....	78
3.2.4. Entretien des isolateurs .....	79
3.3. Explication de l'importance de la précision de l'information issue d'un rapport .....	81
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUE .....	82
TP1 – Vérifier l'emprise d'une section de ligne .....	83
TP2 – Vérifier l'état de supports en bois et de supports métalliques .....	84
TP3 - Vérifier l'état des pièces de quincaillerie .....	86
TP4 - Vérifier l'état des pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs .....	88
TP5 – Compléter le rapport concernant les défauts .....	90
TP6 – Remplacer un élément défectueux .....	93
GUIDE D'EVALUATION .....	95

**MODULE 21: TRANSPORT : TRAVAUX D'ENTRETIEN SUR  
UNE LIGNE**

Code :

Durée : 60 h

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit **effectuer des travaux d'entretien préventif d'une ligne de transport** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

**CONDITIONS D'ÉVALUATION**

- Travail individuel avec l'assistance d'une personne.
- À partir d'un rapport portant sur des défauts.
- À l'aide :
  - de l'équipement de grimpage;
  - de l'équipement de protection contre les chutes;
  - de l'équipement de protection individuelle;
  - de l'outillage et de l'équipement.
- Sur des supports de bois ou de métal.

**CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE**

- Respect du carnet de prescription au personnel.
- Respect des distances d'isolement.
- Respect des techniques de travail.
- Souci du détail.
- Précision et clarté de la communication au sein de l'équipe de travail.

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT(suite)**

**PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- |  |   |
|--|---|
| <p>A. Recevoir les directives.</p> <p>B. Planifier le travail.</p> <p>C. Appliquer la procédure liée au régime de travail.</p> <p>D. Rassembler le matériel, l'outillage et l'équipement.</p> <p>E. Effectuer le travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vérifier l'emprise d'une section de ligne;</li> <br/> <li>• vérifier l'état de supports de bois et de supports métalliques;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Respect des directives reçues.</li> <br/> <li>- Localisation précise de la section de la ligne à vérifier.</li> <li>- Détermination appropriée de l'itinéraire à emprunter.</li> <br/> <li>- Application de la procédure appropriée au remplacement d'éléments défectueux.</li> <br/> <li>- Rassemblement et vérification corrects du matériel, de l'outillage et de l'équipement.</li> <br/> <li>- Vérification précise de l'état général de l'emprise.</li> <li>- Détection appropriée : <ul style="list-style-type: none"> <li>• de l'érosion du terrain;</li> <li>• de la présence d'objets métalliques et d'autres objets ou de rebuts dans l'emprise;</li> <li>• de végétation d'une hauteur excessive.</li> </ul> </li> <br/> <li>- Portiques de bois : <ul style="list-style-type: none"> <li>• vérification précise : <ul style="list-style-type: none"> <li>- du parallélisme et de la verticalité des poteaux;</li> <li>- de l'horizontalité de la traverse;</li> <li>- de l'exactitude de la tension mécanique des haubans;</li> <li>- de l'intégralité des pièces de bois et des éléments d'assemblage.</li> </ul> </li> <li>• détection appropriée : <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la présence de fissures, de trous, de moisissure et d'insectes nuisibles;</li> <li>- d'une déformation ou d'un affaissement du support;</li> <li>- du déplacement du support par rapport à son emplacement original.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
|--|---|

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT(suite)**

**PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

- vérifier l'état des pièces de quincaillerie;
  
- vérifier l'état des pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs;

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- Pylônes :
  - vérification précise :
    - de l'emplacement et de l'alignement des pièces;
    - de l'état des embases et des éléments d'assemblage du support;
    - de l'intégralité du support : présence de toutes les pièces;
  - détection appropriée :
    - de la présence de rouille et de corrosion;
    - d'une déformation ou d'un affaissement du support;
    - des pièces manquantes;
    - d'un serrage insuffisant des éléments d'assemblage du support.
  
- Vérification précise :
  - de la solidité de la fixation des pièces au support;
  - de l'état des pièces.
- Détection appropriée :
  - des pièces brisées, déplacées, détachées et altérées;
  - des pièces manquantes;
  - de l'usure excessive des pièces;
  - d'un serrage insuffisant des éléments d'assemblage du support.
  
- Vérification précise :
  - de la solidité et de l'intégralité des éléments de liaison des conducteurs au support;
  - de l'emplacement et de l'intégralité des conducteurs et des manchons;
  - de la propreté et de l'intégralité des isolateurs.

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT(suite)**

**PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

- compléter le rapport concernant les défauts;
- remplacer un élément défectueux.

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

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- Détection appropriée :
  - de l'usure excessive, des bris, de la déformation et des altérations des conducteurs, des manchons et des isolateurs;
  - du déplacement des conducteurs par rapport à leur déplacement original.
- Précision et clarté des renseignements.
- Présence de l'ensemble des données pertinentes.
- Évaluation de l'urgence de la réparation.
- Clarté et pertinence du croquis.
- Lecture du rapport portant sur les défauts.
- Installation correcte :
  - de l'équipement de protection contre les chutes;
  - des mises à la terre (MALT) temporaires.
- Retrait approprié de l'élément défectueux.
- Mise en place précise de la composante de remplacement.
- Récupération complète du matériel, de l'outillage et de l'équipement.
- Ordre et propreté :
  - du matériel, de l'outillage et de l'équipement;
  - du milieu 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 recevoir les directives (A) :

1. Expliquer l'importance des travaux sous tension
2. Décrire les différents types de travaux sous tension.

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

3. Expliquer l'importance d'une vérification minutieuse et rigoureuse des lignes de transport.
4. Expliquer la relation qui existe entre le niveau de tension, le type de support et les distances d'isolement.
5. Localiser les principaux points de vérification de différentes parties des supports d'une ligne de transport d'électricité.
6. Reconnaître les isolateurs et les conducteurs à partir de leur numérotation.
7. Reconnaître les principales altérations subies par les divers matériaux composant une ligne de transport ainsi que leur causes.
8. Reconnaître les dangers associés à la présence d'alimentation auxiliaire sur un support.
9. Indiquer les règles de sécurité relatives à la vérification de lignes de transport.
10. Reconnaître les renseignements que comporte un rapport portant sur les défauts.

### Avant d'apprendre à rassembler le matériel l'outillage et l'équipement (D) :

11. Décrire l'équipement reliés aux différents travaux sous tension.

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

- vérifier l'emprise d'une section de ligne;
  - vérifier l'état de supports de bois et de supports métalliques;
  - vérifier l'état des pièces de quincaillerie;
  - vérifier l'état des conducteurs, des manchons et des isolateurs,
  - compléter le rapport concernant les défauts;
  - remplacer un élément défectueux;
12. Décrire les techniques de vérification (hors tension et sous tension) des isolateurs.
  13. Lire le tableau des tolérances associées au nombre d'isolateurs défectueux ou court-circuités.
  14. Expliquer l'importance de la précision de l'information inscrite dans le rapport portant sur les défauts.
- Appliquer des techniques de secourisme.

## **PRESENTATION DU MODULE**

*Ce module de compétence particulière se dispense dans le deuxième semestre du programme de formation. Il nécessite en pré requis les modules traitant des lignes de transport d'énergie électrique. Il termine la formation de la section transport.*

*L'objectif de ce module est de faire acquérir les connaissances relatives à la vérification des supports, à l'usure de la quincaillerie et à l'état des conducteurs et des isolateurs. Il permet aussi de compléter les raccords de défectuosités.*

*Il vise à rendre le stagiaire apte à effectuer des travaux d'entretien d'une ligne de transport.*

*Contexte d'enseignement :*

- Effectuer des vérifications sur des lignes utilisant des supports métalliques, de bois ou de béton, à un et quatre conducteurs par phase.*

***Module 21:  
TRANSPORT : TRAVAUX  
D'ENTRETIEN SUR UNE LIGNE  
RESUME THEORIQUE***

## I. GENERALITES

Le développement des applications de l'électricité dans les différentes branches de l'activité du pays a nécessité l'accroissement de la production de l'énergie électrique.

Pour des raisons économiques et techniques les usines productrices doivent être édifiées, de préférence, d'une part à proximité de la source d'énergie adaptée, d'autre part, aux alentours des lieux de consommation pour éviter tout transport coûteux.

Cependant, l'éloignement de certaines sources (par ex., les sources hydrauliques), les contraintes de pollution (par ex., les sources thermiques : charbon et carburant nucléaire) et le besoin d'interconnecter les centrales de production entre elles donnent naissance à la création d'un réseau de transport.

Le réseau de transport comporte :

- des **lignes électriques** : elles sont en général à un terme (3 phases + fil de garde) et dans certains cas à deux termes (à la sortie des postes il y a deux lignes sur le même support);
- des **postes d'interconnexion, de sectionnement et de répartition** : les nœuds dans le réseau qui assurent la concordance des lignes aériennes de transport.

Les normes classifient les lignes selon la valeur de la tension comme suit :

- *Ligne 1<sup>ère</sup> catégorie* : la tension dont la valeur nominale ne dépasse pas 500 V en courant alternatif et 750 V en courant continu;
- *Ligne 2<sup>ème</sup> catégorie* : la tension dont la valeur nominale dépasse les valeurs fixées pour la 1<sup>ère</sup> catégorie sans atteindre 50 kV;
- *Ligne 3<sup>ème</sup> catégorie* : la tension dont la valeur nominale dépasse 50 kV.

Le réseau marocain est formé de trois types de lignes selon la tension utilisée :

- **Réseau 400 kV** : cette tension s'impose pour limiter les pertes que connaît l'énergie durant le transport et pour assurer la conformité du réseau marocain avec les réseaux des pays voisins qui fournissent de l'énergie électrique au Maroc selon les conventions internationales;
- **Réseau 150 kV** : ces lignes étaient en service partout jusqu'au 1970 et maintenant sont en train de disparaître et à être remplacées par les lignes **225 kV**;
- **Réseau 60 kV** : il est très important et a pour but de répartir l'énergie entre les principaux centres de consommation.

### 1.1. Maintenance et entretien

Depuis que l'homme conçoit et fabrique des objets, il s'attache à son aspect de durabilité - plus l'objet est fiable, on le considère meilleur. Ce principe a survécu même dans une société envahie par le jetable. Il a donc toujours fallu faire durer le matériel et pour cela, l'entretenir.

Jusqu'en 1950, la fonction «entretien » était considérée comme un mal nécessaire. Elle ne gérait pas son budget qui était pris en charge par l'exploitant. Ce dernier pouvait ainsi juger de l'efficacité du service entretien des manières suivantes : quand il n'y avait pas de panne, l'entretien ne se justifiait pas, son coût devenait exorbitant. En revanche, les défaillances de l'outil de production étaient perçues comme la résultante de l'incompétence du service d'entretien, voire de la fatalité.

A partir de 1950, la mécanique s'affine. L'électronique fait son apparition suivie de l'informatique. Le mécanicien d'entretien fait place au technicien d'entretien, qui se voit confier une nouvelle mission : il faut augmenter la productivité et pour cela améliorer la fiabilité, même s'il s'agit là d'une gestion à court terme qui ne tient pas compte de la mort prématurée d'un équipement. Cette notion est d'autant plus négligée à cette époque que le phénomène inflationniste effaçait les erreurs d'investissement, notamment celles où la maintenabilité et la fiabilité n'avaient pas été suffisamment prises en compte.

A partir de 1973, la crise du pétrole impose un retour aux économies. Il devient nécessaire d'avoir une exploitation rationnelle. C'est à cette époque qu'apparaissent les premiers chiffrages mettant en valeur les économies réalisables grâce à une maintenance des équipements.

Aujourd'hui, faire de la maintenance semble incontournable et nous avons assisté ces dernières années à une véritable promotion des valeurs de maintenance. C'est la valorisation de l'esprit de maintenance qui domine de nos jours.

Se référant au dictionnaire Larousse, la maintenance est définie en tant que « l'ensemble des opérations permettant de maintenir un système, un matériel, un appareil, etc., dans un état donné ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées », alors que l'entretien d'un matériel correspond à une « action de maintenir une chose en bon état, de fournir ce qui est nécessaire pour y parvenir ».

On note ici la différence essentielle entre les deux définitions : la première (maintenance) apparaît comme plus vaste puisqu'elle vise la reconstitution à la quelle s'ajoute l'amélioration des éléments permettant l'opération d'un procédé alors que la seconde se borne à leur conservation dans un état préalablement défini, « le bon état ».

La norme française X60-010 donne à la maintenance la définition suivante : « La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

La maintenance possède aussi ses sous – fonctions qui peuvent apparaître de manière différente suivant le type du système de production , son importance et son organisation. Parmi ces sous – fonctions on peut citer notamment :

- *Secteur maintenance* : cette sous – fonction doit être toujours satisfaite même si elle n'existe pas comme entité physique. Dans l'entreprise moderne où la meilleure affectation des dépenses est l'affaire de tous, le secteur maintenance reste un facteur potentiel de rapprochement et de coordination entre production et maintenance;

- *Travaux d'entretien* : Cette sous – fonction rassemble dans la majorité des cas tous les moyens d'intervention de la maintenance . Son objectif essentiel résidera donc dans la recherche de la meilleure utilisation des ressources qui lui sont affectées. Elle participe à la préparation des interventions, recherche la meilleure efficacité du personnel d'intervention (par embauche, sous-traitance ou par formation continue), recherche des nouveaux outillages, recherche la rapidité, la simplicité et la sécurité de l'accès aux équipements (par fois par modification justifiée), et veillant sur l'économie des interventions.

## 1.2. Importance de l'entretien des lignes de transport

Le réseau d'alimentation HT fait partie de la chaîne ***production – transport – distribution – utilisation***. Il est constitué d'un ensemble d'éléments dont les fonctions, la mise en œuvre, l'exploitation et la maintenance sont régies par des lois et des règles de l'art qui impliquent pour des intervenants des compétences spécifiques.

Les perturbations plus ou moins importantes des lignes de transport HT affectent la qualité de l'alimentation; mais l'obligation est faite au distributeur d'assurer à la clientèle un service de qualité, il s'agit notamment :

- du maintien de la fréquence à sa valeur nominale ( $50 \text{ Hz} \pm 0,05 \text{ Hz}$ );
- de la tenue et de la tension aux valeurs selon les normes ( $U_n \pm 7\%$ );
- de la continuité et de la qualité de la fourniture.

C'est aussi de la qualité de la HT que dépendra pour une grande part celle de la BT.

## II. ENTRETIEN DES LIGNES DE TRANSPORT

### 2.1. Définition des différents type de travaux

#### 2.1.1. Travail hors tension

Travail exécuté lorsque l'installation ou l'appareil à entretenir n'est raccordé à aucune source d'énergie électrique.

### 2.1.2. Travail sous tension

De nos jours, de nombreux travaux effectués sur les lignes électriques sont exécutés lorsque ces lignes sont sous tension. On peut ainsi réparer et entretenir le matériel sans que le service soit interrompu.

Travail exécuté lorsque l'installation ou l'appareil à entretenir est raccordé à une source d'énergie électrique. Les techniques de travaux sous tension sont les suivantes :

- *Travail à distance* : technique de travail sous tension (fig. 2-1) dans laquelle le monteur est en contact avec la terre, soit directement sur un support, soit par l'entremise d'un dispositif quelconque. Le monteur utilise pour faire les travaux des outils assujettis à l'extrémité de perches isolantes;

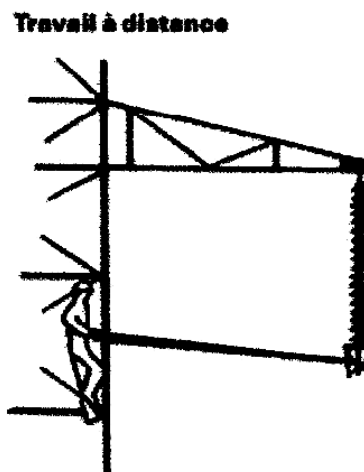


Fig. 2-1

On dit qu'un travail est effectué à distance lorsque le monteur est en contact avec la terre, soit directement sur un support, soit par entremise d'un dispositif quelconque, et qu'il utilise une *perche isolante* pour faire les travaux. Une perche (fig. 2-2) est un long tube en fibre de verre recouvert d'une résine époxy et rempli de mousse de polyuréthane. Il existe de nombreuses sortes de perches. Certaines sont munies d'un

outil à leur extrémité: par exemple, la perche à conducteur qui est utilisée pour positionner ou déplacer un conducteur sous tension.

**Perche à conducteur**



Fig. 2-2

D'autres perches sont conçues de façon que l'on puisse fixer des outils adaptables à leurs extrémités. C'est le cas par exemple de la *perche à embouts universels* (fig. 2-3).

**Perche à embouts universels**



Fig. 2-3

D'autres sont de conception plus complexe. Elles sont constituées de deux tiges rattachées à un outil spécialisé. On peut citer comme exemple la *perche-cisaille* qui est utilisée pour couper des conducteurs. La perche (fig. 2-4) est employée pour les conducteurs de section moyenne.

**Perche-cisaille**

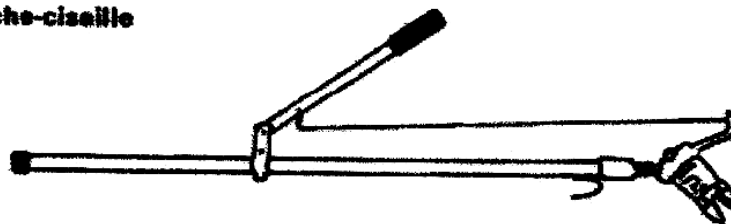


Fig. 2-4

Un autre outil essentiel aux travaux sous tension à distance est le *tirant*. Il est utilisé pour reprendre la tension mécanique des éléments qui doivent être remplacés. Le *tirant à étau* (fig. 2-5), par exemple, est employé pour exercer un effort de traction supérieur à la résistance d'une perche à conducteur.

**Tirant à étau**

Fig. 2-5

Le tirant d'ancrage, ou tirant à broches, sert à retenir un conducteur lorsqu'on exécute un travail sur des chaînes d'isolateurs (fig. 2-6).

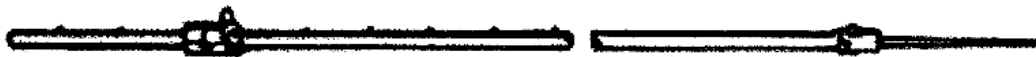
**Tirant d'ancrage ou tirant à broches**

Fig. 2-6

Il existe nombre d'autres outils servant aux travaux sous tension, mais on a cité que les plus employés.

- *Travail au contact* : technique de travail sous tension dans laquelle le monteur porte des gants et des protège-bras isolants et intervient à partie d'un engin élévateur à nacelle ou une plate-forme isolante (fig. 2-7). Il doit de plus habiller les éléments avec lesquels il risque d'entrer en contact;

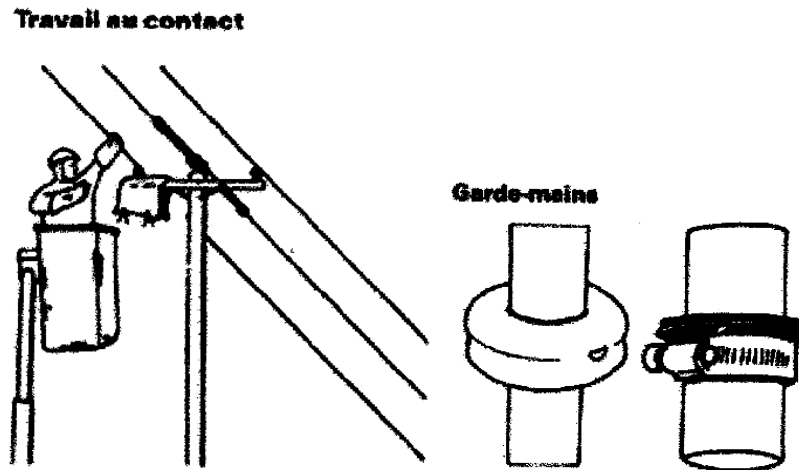


Fig. 2-7

- *Travail au potentiel* : technique de travail sous tension dans laquelle le monteur porte des vêtements conducteurs et est au même potentiel que les pièces sur lesquels il travaille ;

Selon cette méthode, le monteur n'est pas relié à la terre; il est plutôt directement en contact avec les pièces sous tension sur lesquelles il travaille. Il ne court aucun risque puisqu'il est isolé de la masse. En fait, un oiseau perché sur un fil électrique est dans la même situation. Cependant, contrairement à l'oiseau, le monteur n'a pas d'ailes. Comment faire alors pour placer un homme sur une ligne sous tension sans qu'il entre en contact avec la terre ? Il existe deux solutions à ce problème.

La *nacelle suspendue* : Au sol, le monteur monte dans la *nacelle*; cette dernière est alors hissée jusqu'aux conducteurs au moyen de *cordages isolants*. On pose les roues de la nacelle sur les conducteurs, et le monteur peut ainsi se déplacer le long de la portée et accomplir son travail (fig. 2-8).

**Nacelle suspendue motorisée  
(ou automotrice)**

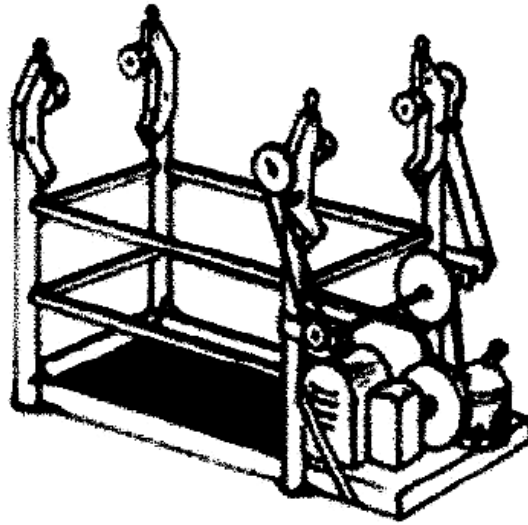


Fig. 2-8

*L'échelle isolante* : Construite en matériau isolant, cette échelle permet au monteur de passer du pylône au conducteur sous tension en toute sécurité (fig. 2-9).

**Échelle isolante**

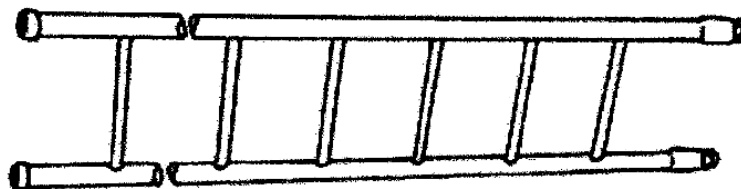


Fig. 2-9

*Vêtement conducteur* : Dans ces deux cas, nacelle suspendue et échelle isolante, le monteur doit porter un vêtement conducteur. Confectionné en fibres naturelles ou synthétiques tramées de fil conducteur, ce vêtement protège le monteur des effets dus aux champs électriques (fig. 2-10).

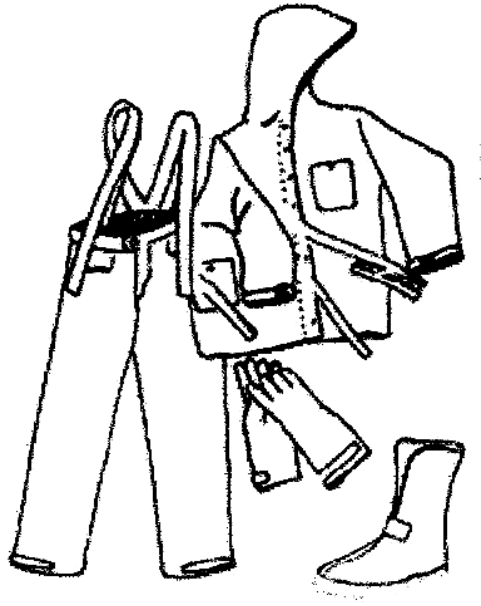
**Vêtement conducteur**

Fig. 2-10

*Perche à crochet de mise au potentiel* : De plus, que ce soit à partir de la nacelle ou de l'échelle, le monteur doit toujours établir le contact avec les pièces sous tension au moyen d'une perche à crochet de mise au potentiel (fig. 2-11). Il utilise cette même perche pour rompre le contact une fois les travaux terminés.

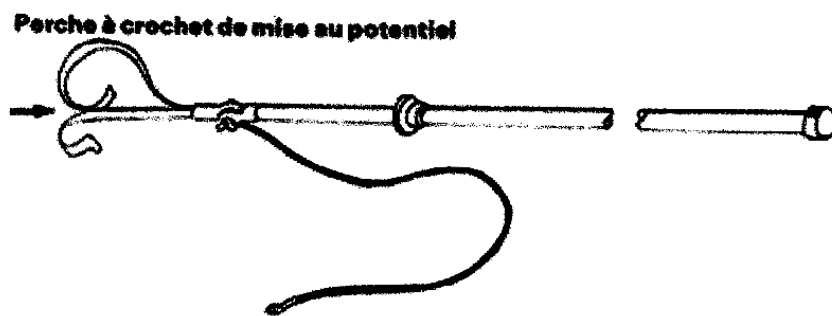


Fig. 2-11

- *Travail au potentiel intermédiaire* : technique de travail sous tension dans laquelle on combine la méthode à distance et la méthode au potentiel - le monteur utilise des mêmes outils isolants, que ceux employés pour les travaux à distance, de longueur réduite mais se place sur une *échelle*

isolante, dans la nacelle d'un *élévateur à nacelles* ou sur une *plate-forme isolante* en fibre de verre (fig. 2-12).

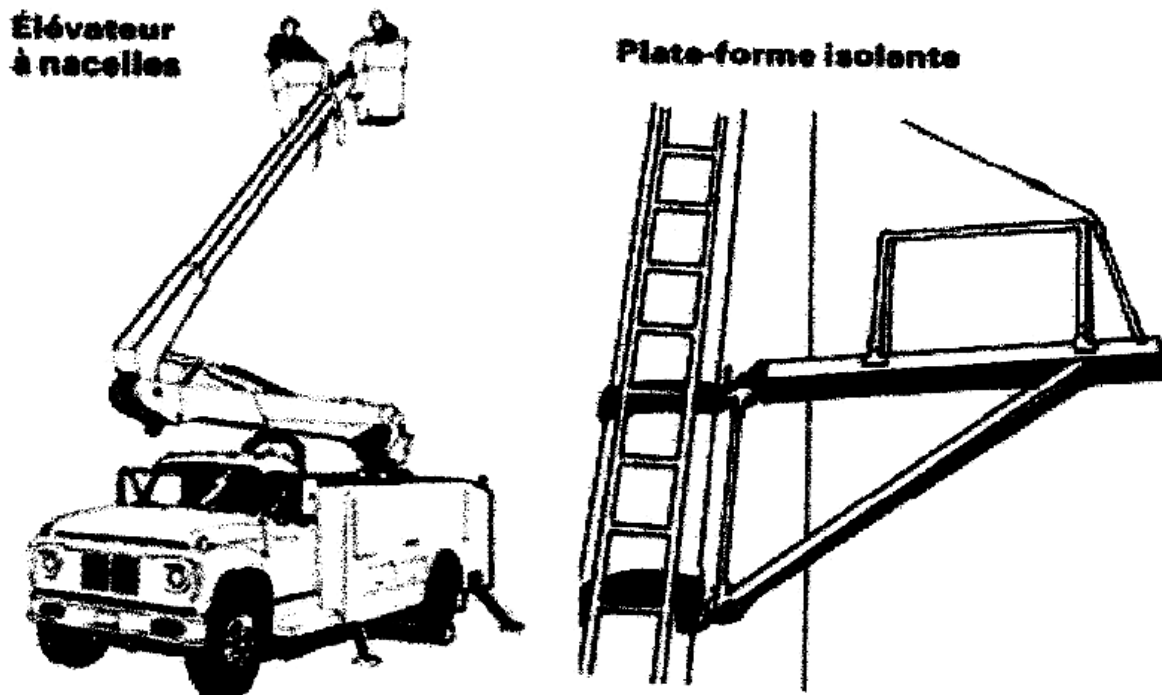


Fig. 2-12

Dans la méthode du travail au potentiel intermédiaire plus que dans les deux autres méthodes, il est extrêmement important que le monteur ne s'approche pas à plus d'une certaine distance des pièces sous tension, Pour se déplacer à proximité d'une pièce sous tension, le monteur ne devrait jamais dépasser une distance minimale appelée limite d'approche (A). Par ailleurs, pour travailler, le monteur doit se placer de façon à respecter une autre distance minimale, plus grande que la précédente, et appelée distance de travail (D). Comme mesure supplémentaire de protection, les perches isolantes sont munies de garde-mains, c'est-à-dire d'un anneau posé sur la perche et qui fixe la limite que les mains du monteur ne doivent pas dépasser (fig. 2-13).

### Limite d'approche et distance de travail

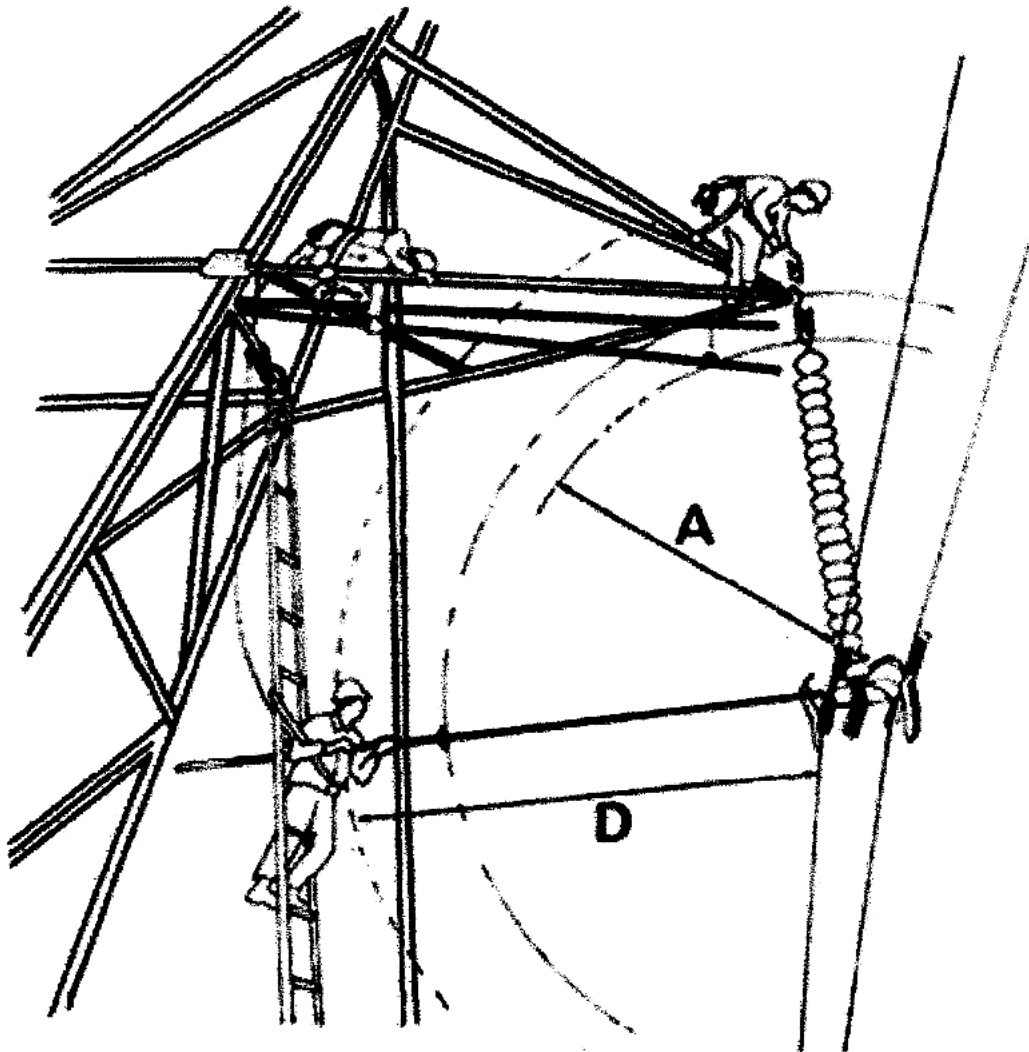


Fig. 2-13

### 2.2. Description des différents types de travaux sous tension :

Travaux sous tension en HT-A (fig. 2-14):

- remplacement de support;
- remplacement d'interrupteur aérien à commande mécanique;
- entretien d'un interrupteur aérien à commande mécanique;
- réalisation d'un double ancrage.

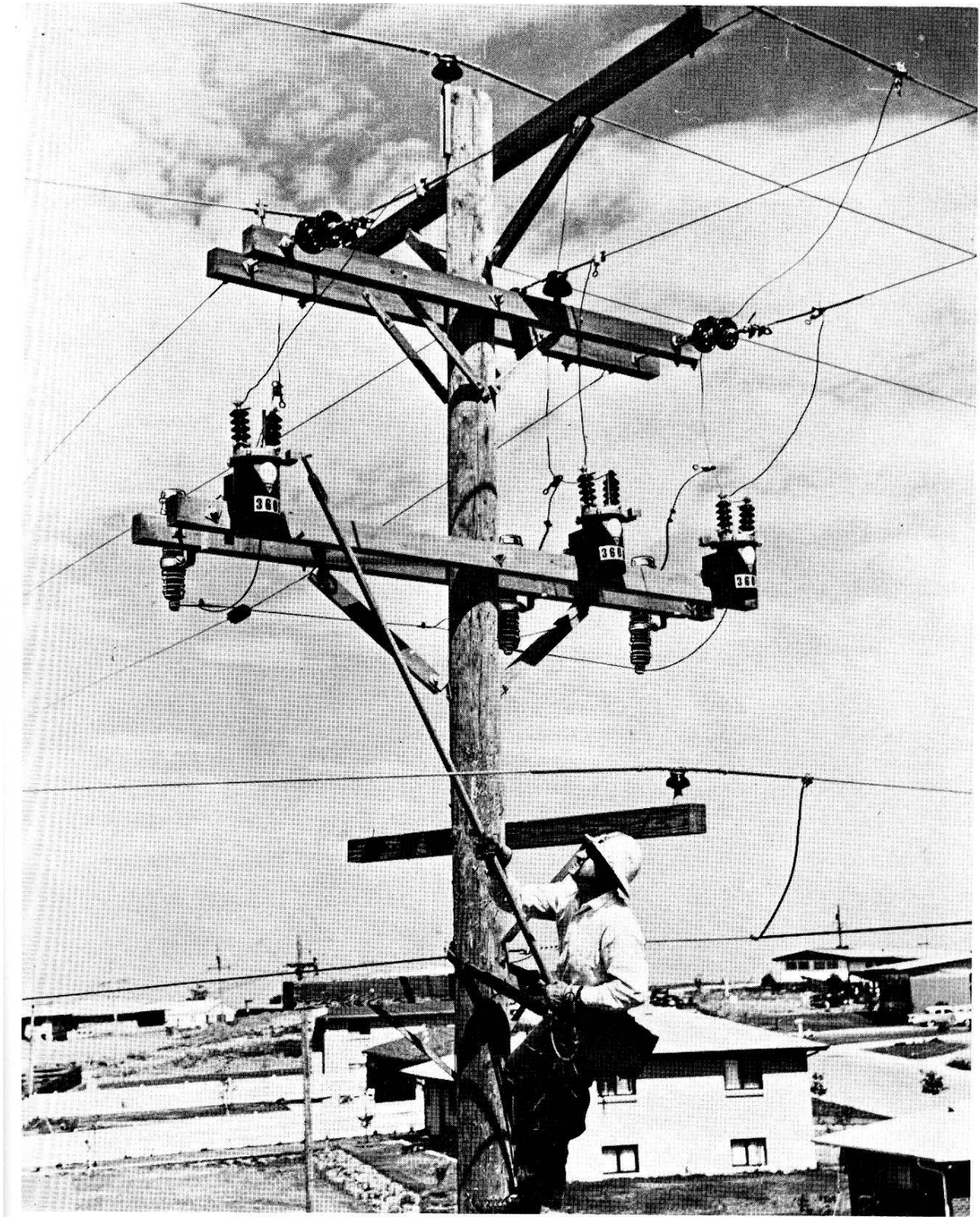


Fig. 2-14

Travaux sous tension

Travaux sous tension en HT-B :

- remplacement d'isolateurs en alignement;

- remplacement d'isolateurs en ancrage

### 2.3. Mise à la terre

Les mises à la terre ont pour but d'éviter des potentiels anormaux sur les conducteurs ou sur les masses afin d'assurer la sécurité des personnes et la conservation ou le bon fonctionnement des appareils.

Les mises à la terre sont effectuées par :

- le neutre des réseaux BT : Les mises à la terre du neutre ont pour but d'assurer la sécurité des usagers en évitant des surtensions dans les installations par contact MT – BT dans les transformateurs ou lors des décharges atmosphériques.
- les masses des supports métalliques de lignes 2<sup>ème</sup> catégorie;
- les fils de gardes éventuels;
- les masses des appareils;
- les bornes de terre des parafoudres et des éclateurs.

Pour fixer le potentiel du conducteur de mise à la terre :

- en ligne normal : le neutre doit être mis à la terre au moins tous les 1000 m de ligne;
- en ligne exposée aux effets de la foudre :
  - le neutre doit être mis à la terre en moyen tous les 300 m de ligne;
  - le neutre doit être mis à la terre à proximité de chaque branchement.

Les valeurs des résistance des prises de terre sont les suivantes :

- lignes :  $R < 20 \Omega$  pour des supports métalliques et cornes;
- postes :  $R < 10 \Omega$  pour la terre de neutre et la terre des masses séparées et  $R < 1 \Omega$  pour la terre de neutre et la terre des masses reliées.

*Remarque* : La mise à la terre des éclateurs et des parafoudres sont considérées comme des terres de masses.

La constitution des prises de terre peut être faite :

- par électrodes : les électrodes peuvent être simples ou multiples. Elles peuvent être constituées par des câbles, des grillages, des piquets, des plaques, des rubans, des tubes ou toutes autres pièces métalliques;
- dans les postes extérieurs le réseau de mise à la terre est constitué par un câble en cuivre reliant entre les pieds des supports métalliques.

La section minimale des conducteurs pour la liaison de la mise à la terre dépend du métal :

- pour le cuivre  $S = 28 \text{ mm}^2$ ;
- pour l'acier  $S = 50 \text{ mm}^2$ .

## **2.4. Importance de l'entretien préventif des lignes de transport**

### **2.4.1. Définition**

En général, la maintenance (ou l'entretien) préventive a pour l'objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu.

*En réseau de distribution l'entretien préventif* comporte les actions accomplies pour déceler, afin de corriger sous ou hors tension, toutes les anomalies dans l'état ou le comportement des composants d'une ligne et ce, avant qu'il ne se produise un bris majeur.

Les activités correspondantes sont déclenchées selon :

- un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage;
- et / ou des critères prédéterminés d'unités d'usage.

L'entretien préventif peut se présenter sous plusieurs formes suivant le paramètre considéré .

- entretien systématique : entretien préventif subordonné au franchissement d'un seuil prédéterminé d'unités d'usage.
- entretien conditionnel : entretien préventif subordonné au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien.

NOTE : Le franchissement du seuil peut être mis en évidence par l'information donnée par un capteur ou par un tout autre moyen.

- entretien prévisionnel : entretien préventif subordonné à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètre significatif de la dégradation du bien permettant de retarder et de planifier les interventions.

Remarque : L'entretien prévisionnel permet l'utilisation des équipements au maximum de leurs possibilités, il assure une meilleure surveillance et améliore la sécurité. En revanche, la mesure d'un paramètre significatif n'est pas toujours possible en marche continue, de plus, le coût des équipements de mesure peut être élevés. Dans ces conditions ce type d'entretien sera réservé aux équipements vitaux et aux équipements dont les défaillances sont répétitives et onéreuses.

### **2.4.2. Préparation**

Pour faire la préparation de l'entretien préventif il faut tout d'abord prendre en considération :

- les types d'installation à observer :
  - branchement aérien;
  - branchement aéro-souterrain;
  - branchement souterrain;
  - colonne montante.
- les types de chantiers à observer :
  - raccordement d'un branchement aérien ou aéro-souterrain;
  - raccordement d'un panneau sur une colonne montante ou petite intervention sur une colonne montante.

### **2.4.3. Action**

*L'entretien préventif* comporte les actions accomplies pour déceler, afin de corriger sous ou hors tension, toutes les anomalies dans l'état ou le comportement des composants d'une ligne et ce, avant qu'il ne se produise un bris majeur.

Les opérations relatives à l'entretien préventif peuvent être regroupées en trois grandes familles :

- les inspections : L'inspection est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie . Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablie.

*Exemples :*

- inspection des matériels de lutte contre incendie.
- inspection des moyens de protection contre les risques d'accidents.
- inspection de l'état des élingues et des cordages utilisés sur un chantier de manutention.

Ces activités d'inspection sont en général exécutées sans outillages spécifiques et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

- visite : C'est une opération d'entretien préventif qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminer de tout ou partie du bien.

*Exemples :*

Visite périodique des ascenseurs dans les immeubles d'une habitation.

Visite périodique des organes moteurs d'un véhicule de transport.

- contrôle : C'est une activité de vérification de conformité par rapport à des données préétablies, suivis d'un jugement.

L'importance de ces opérations est évidente compte tenu de niveau d'utilisation de l'énergie électrique dans l'industrie. Chaque coupure d'alimentation amène des pertes en production et même en équipements, parfois très graves.

Les actions d'entretien préventifs commence par une visite (patrouille en vue) d'un réseau aérien HT-A :

- éléments constitutifs : électriques et mécaniques;
- technologie;
- fonctions.

Après la visite il faut procéder à une inspection détaillée qui va déterminer :

- les travaux hors tension en HT-A :
  - remplacement d'isolateur;
  - remplacement de support;
  - remplacement de conducteurs;
  - déroulage, tirage et réglage de conducteurs.
  - construction ou extension d'une ligne.
- les travaux sous tension.

#### **2.4.4. Caractéristiques des travaux d'entretien préventif**

Les travaux d'entretien périodique représentent des actions périodiques planifiées selon les exigences de chaque équipement. Ils sont effectués par équipes avec plusieurs intervenants.

Pour le bon accomplissement des tâches planifiées il faut :

- déterminer correctement les délais entre l'observation et la correction des éventuelles défaillances;
- assurer l'échange rapide de renseignements entre les membres de l'équipe;
- sensibiliser les intervenants sur l'importance d'information juste.

#### **2.5. Relation existante entre le niveau de tension, le type de support et les distances d'isolement**

Une ligne aérienne est un ensemble de composants (supports, câbles, isolateurs, accessoires) assemblés de façon à permettre la transmission fiable et sûre de l'énergie électriques.

La non fiabilité de n'importe quel composant principal conduit automatiquement à l'indisponibilité de la ligne. Ceci implique que la fiabilité de tous les composants d'une ligne doit être coordonnée afin d'avoir l'ensemble le plus cohérent possible.

### 2.5.1. Types de supports pour les lignes de transport

Les charges affectant une ligne électrique aérienne dépendent de l'environnement dans lequel se situe cette ligne. Sans données climatiques tout concepteur se fie généralement aux charges limites des lignes. La résistance des composants dépend des matériaux utilisés et de leur taux de travail.

Les composants d'une ligne ne sont pas tous utilisés avec les paramètres maximums pour lesquels ils ont été conçus. Ceci conduit à une réserve de résistance qui peut augmenter la fiabilité de la ligne.

En haute tension A on distingue deux types de lignes :

- *ligne rigide* : les conducteurs sont fixés sur des isolateurs au moyen d'attaches définies en fonction de la nature du conducteur. Ils sont placés sur la gorge latérale de l'isolateur, à l'intérieur de la console en alignement et de manière que l'effort dû à la tension de la ligne soit dirigé vers l'isolateur dans les angles;
- *ligne suspendue* : les conducteurs sont fixés aux chaînes des isolateurs au moyen d'un matériel spécial agréé (pincés, bal soket, goupille, oeillet, etc.).

En haute tension B les lignes sont seulement suspendues, mais les chaînes des isolateurs sont plus longues. Le nombre des isolateurs dépend de la valeur de la tension (un isolateur pour 10 kV).

Pour les lignes HT-A on peut utiliser des poteaux en bois ou en béton armé (fig. 2-15). Pour les lignes HT-B sont utilisés surtout des supports métalliques (des pylônes) (fig. 2-16) et rarement des supports en béton armé.

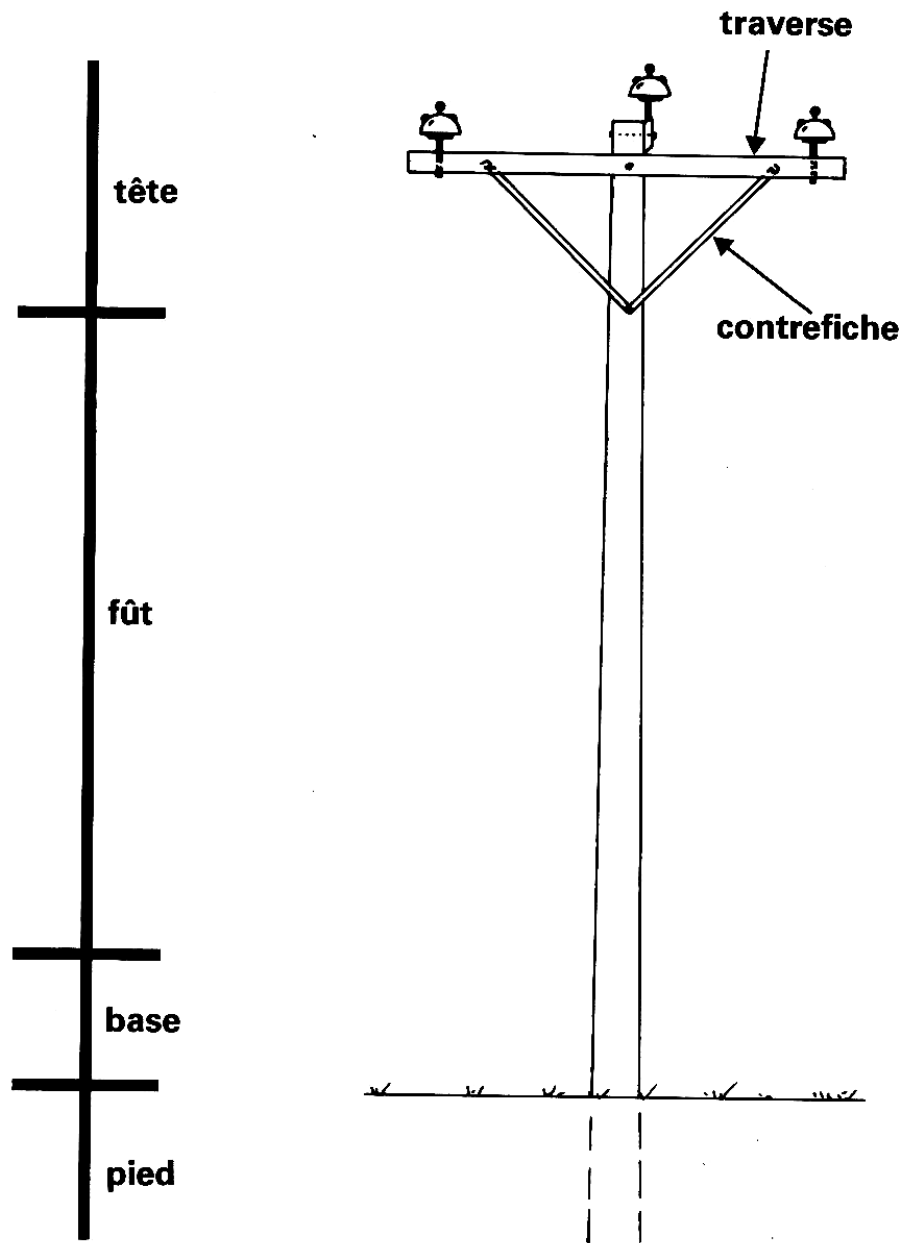


Fig. 2-15

## Constitution d'un poteau

*Tête* - partie du poteau destinée à supporter l'armement et la traverse; *fût* – partie du poteau comprise entre la tête et le pied; *base* – ce terme désigne d'une façon plus générale la partie inférieure d'un poteau; *pied* – partie du poteau destinée à être enterrée; *traverse* – élément transversal assujéti à la partie supérieure du poteau et auquel sont fixés ou suspendus les isolateurs; *contrefiche* – pièce inclinée en bois ou en métal reliant soit le poteau au sol, soit la traverse au poteau et ayant pour fonction d'augmenter la résistance du poteau ou de la traverse

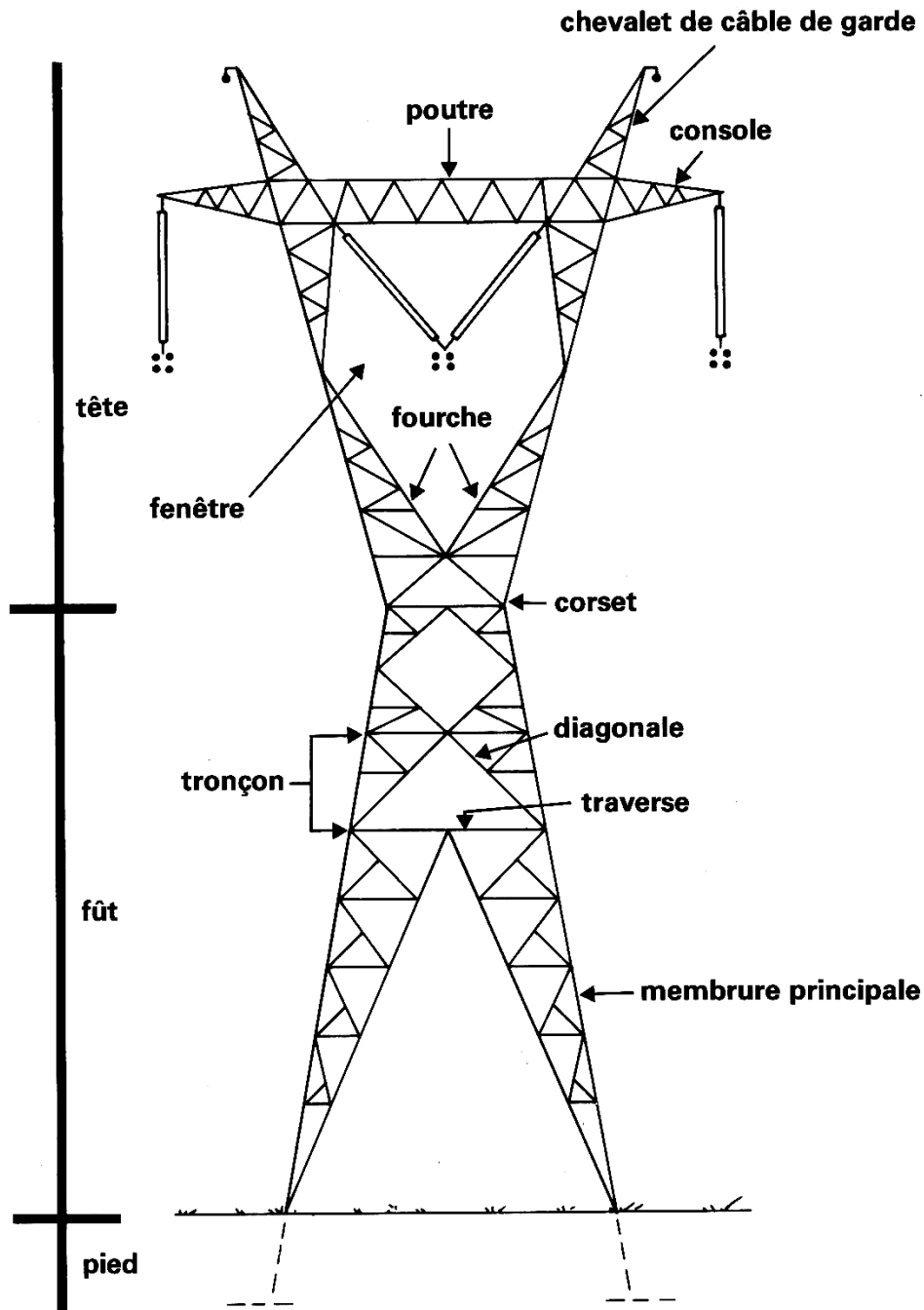


Fig. 2-16

## Constitution d'un pylône

*Membrure principale* – en général, chacune des cornières ou chacun des profilés assemblés en treillis pour former un pylône, plus précisément, la partie disposée aux quatre coins du fût et destinée à absorber les charges verticales et les moments de renversement; *traverse* – membrure secondaire reliant horizontalement les membrures principales; *tronçon* – partie délimitée par la longueur des membrures, mesurée entre deux nœuds ou entre cadres; *diagonale* – membrure secondaire reliant obliquement deux membrures principales; *corset* – partie formée par l'assemblage, au même niveau sur le fût, des deux branches de la fourche;

*fourche* – partie prenant appui sur le corset et formée de deux branches sur les extrémités desquelles repose la poutre; *poutre* – élément horizontal 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, destiné à supporter un ou plusieurs conducteurs par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension ou d'ancrage; *chevalet de câble de garde* – élément faisant saillie au sommet d'un pylône, destiné à supporter le câble de garde par l'intermédiaire d'un dispositif de suspension ou d'ancrage.

En général la disposition et l'écartement des conducteurs sont fixés par deux considérations : électrique et mécanique.

La disposition géométrique des conducteurs par rapport au support et l'ensemble des dispositifs placés au sommet d'un support et servant à soutenir les conducteurs (les isolateurs et les accessoires) sont appelés **l'armement**. Parmi les types d'armements utilisés, on distingue deux grandes classes :

- l'une dans laquelle les conducteurs sont disposés à des niveaux différents, comme l'armement en drapeau et l'armement en triangle;
- l'autre dans laquelle les conducteurs sont disposés au même niveau ou à des niveaux peu différents, comme l'armement en nappe et l'armement canadien.

Note : Dans le cas du réseau de distribution, l'armement peut comprendre à la fois l'ensemble des dispositifs et l'appareillage. Cette extension de sens se justifie du fait que la dispositions de l'appareillage, qui dans le cas du réseau de transport se trouve dans les postes, dépend de la disposition des conducteurs.

L'armement d'un support doit être effectué de façon à empêcher tout contact entre les fils par l'action du vent ou de la température et à respecter la hauteur minimale entre le conducteur le plus bas par rapport au sol (fig. 2-17).

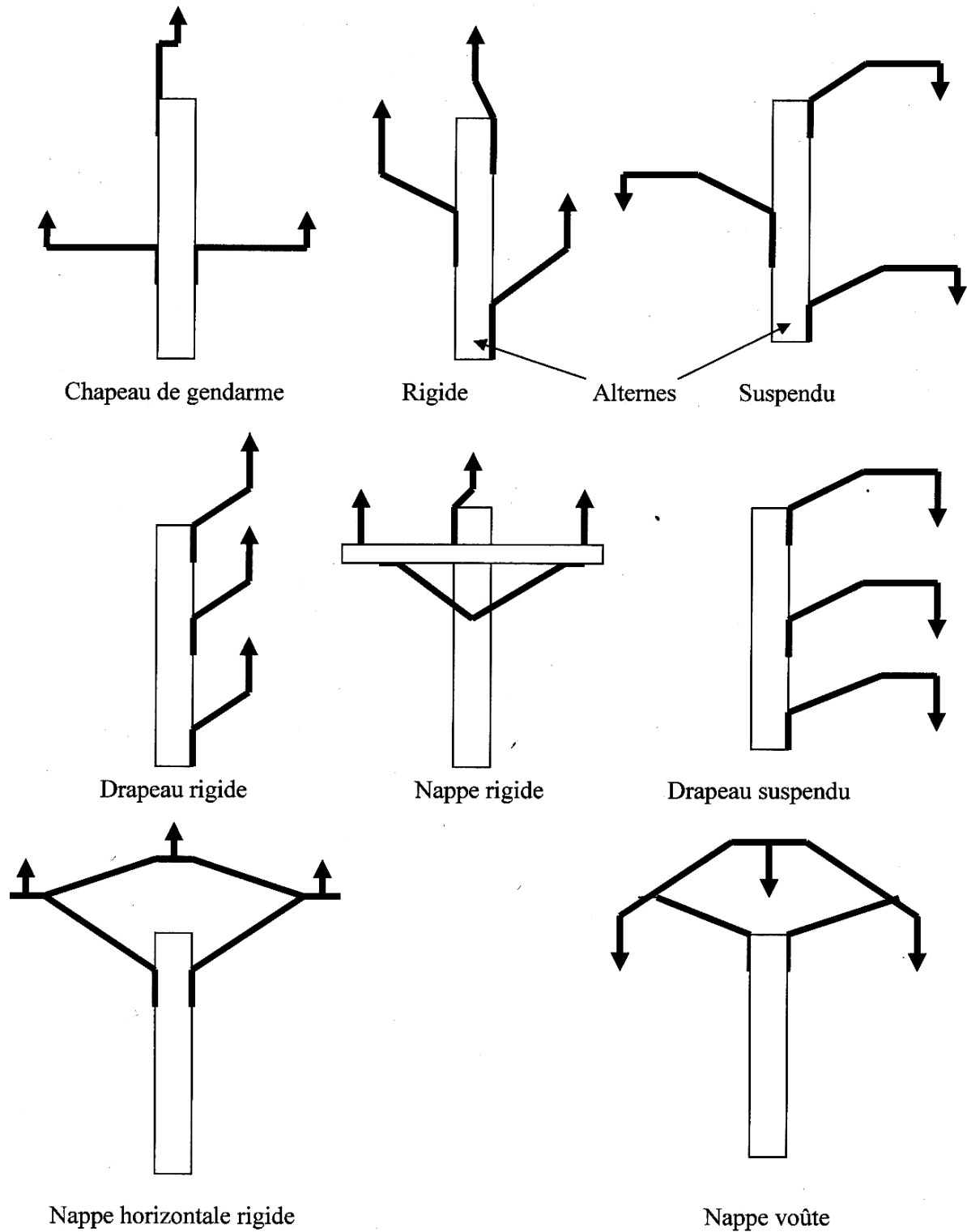


Fig. 2-17

Armement dans un réseau HT-A et HT-B

La configuration des lignes dépend de type d'armement :

- armement horizontal :
  - en drapeau double : type d'armement dans lequel les conducteurs de chaque tene sont disposés en drapeau de part et d'autre du support;
  - en nappe : type d'armement dans lequel les conducteurs d'un tene sont disposés sur un même plan horizontal.
- armement vertical :
  - alterné ou en quinconce : les conducteurs d'un tene sont placés alternativement de part et d'autre du support. L'ensemble forme un triangle généralement isocèle dont la base est vertical;
  - en drapeau simple : les conducteurs d'un tene sont situés l'un au-dessous de l'autre. Il est surtout utilisé pour les lignes de distribution.

### **2.5.2. Isolateurs**

L'isolateur sert à retenir mécaniquement les conducteurs aux supports et à assurer l'isolement électrique entre ces deux éléments. Il est constitué de deux parties: une partie isolante et des pièces métalliques scellées sur cette partie isolante. Le scellement, généralement du mortier de ciment, assure la liaison mécanique des parties isolantes entre elles ou aux pièces métalliques.

On distingue deux principaux types d'isolateurs. les isolateurs rigides et les éléments de chaîne (fig. 2-18).

*L'isolateur rigide* est relié au support par une ferrure qui, très souvent, est une tige. Le conducteur est fixé directement à l'isolateur à l'aide d'un fil d'attache. Les isolateurs rigides à tige comportent une ou plusieurs cloches assemblées de façon permanente. Il existe également des isolateurs rigides à socle constitués d'une ou de plusieurs pièces en céramique ou en matériau synthétique, assemblées de façon permanente sur un socle métallique. Les isolateurs à tige sont utilisés, en position

verticale, horizontale ou oblique, pour les lignes de distribution, de même que pour les lignes télégraphiques et téléphoniques. Ainsi, les poulies (que l'on nomme à tort isolateurs-bobines) sont généralement montées en position horizontale.

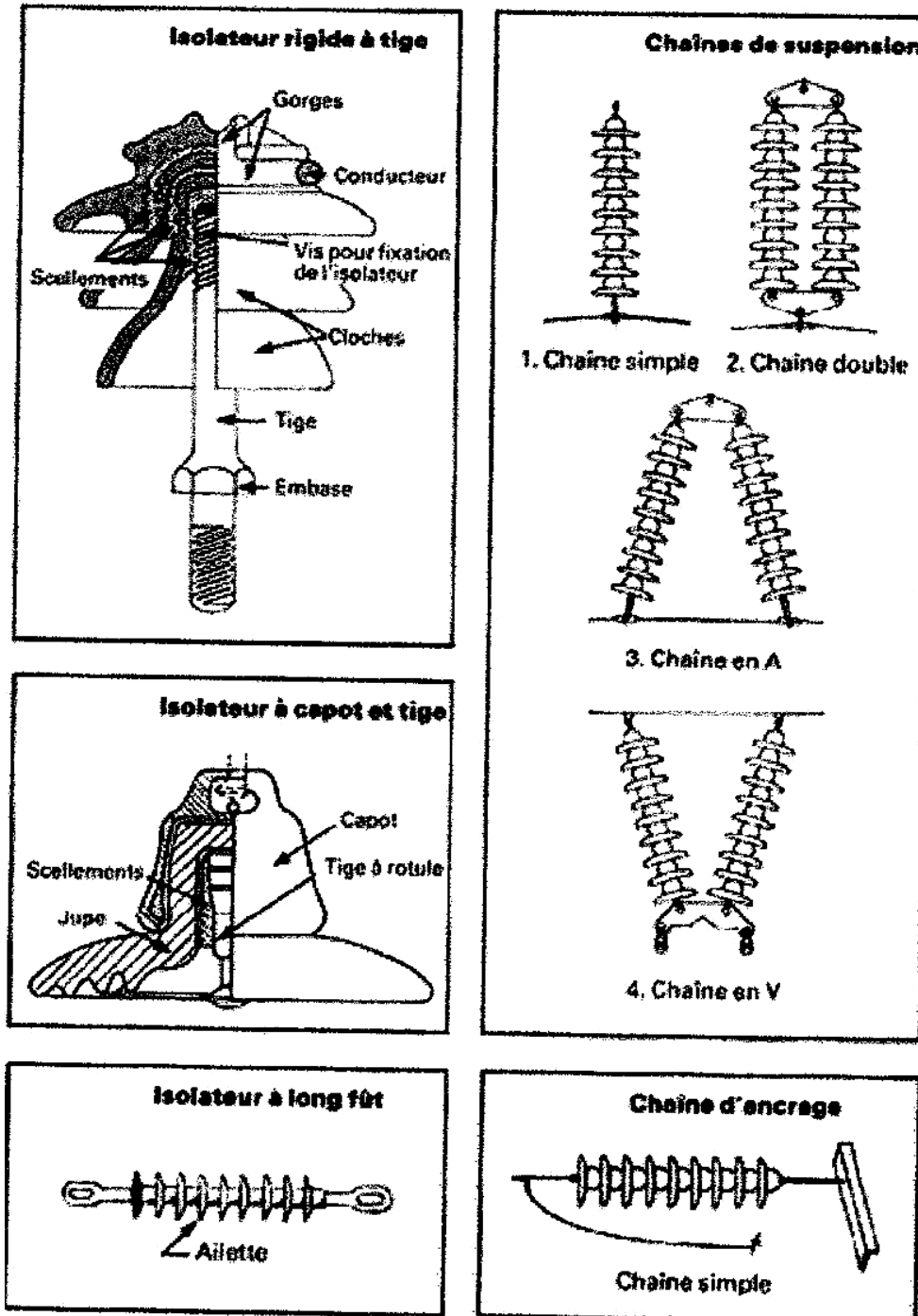


Fig. 2-18

L'élément de chaîne est relié à d'autres éléments, à la pince de suspension du conducteur ou au support de façon flexible, par un assemblage à rotule et logement de rotule (bail and socket) ou à chape et tenon. Il existe deux types principaux d'isolateurs suspendus: les isolateurs à *capot et tige* et les isolateurs à *long fût*. Dans le cas des isolateurs à capot et tige, chaque élément est constitué d'un capot, d'une partie isolante en forme de jupe et d'une tige. L'isolateur à long fût est constitué d'un bâton cylindrique en céramique, muni d'ailettes, à chaque extrémité duquel est fixée une pièce métallique de liaison. Les isolateurs suspendus sont utilisés pour les lignes de transport.

Un ensemble de plusieurs éléments de chaîne forme une chaîne d'isolateurs. Les chaînes verticales ou obliques suspendent les conducteurs aux pylônes d'alignement; on les appelle *chaînes de suspension* ou *chaînes d'alignement*. Une chaîne de suspension peut être *simple*, *double*, *en A* ou *en V*. Les chaînes horizontales relient les conducteurs aux pylônes d'ancrage; on les appelle *chaînes d'ancrage*. Une chaîne d'ancrage peut être *simple* ou *double*.

Les isolateurs sont munis de différents accessoires tels que les dispositifs de fixation des isolateurs aux pylônes, les pinces, les pièces de garde et contrepoids.

Si on examine l'agencement d'une chaîne de suspension simple constituée d'isolateurs à capot et tige (fig. 2-19). On trouve d'abord les organes de liaison entre les isolateurs et la charpente du pylône. Ils comprennent deux éléments: *l'étrier de fixation* (voir la figure ci-dessous), qui peut être remplacé par une *chape*, et la *rotule à œil* qui, elle, fait la liaison entre l'étrier et le premier isolateur. A la suite du dernier isolateur, on trouve la *pince de suspension* ou *pince d'alignement*. Cette pièce, destinée à supporter un conducteur, comporte essentiellement une gouttière métallique plus ou moins évasée et s'accroche au moyen d'accessoires de fixation sous la chaîne d'isolateurs. On trouve enfin les pièces de garde qui ont pour rôle principal d'éloigner l'arc de contournement de la chaîne. Ces pièces de garde comprennent les *cornes de garde* et les *anneaux de garde* ou *anneaux pare-effluve(s)*, dont l'usage est plutôt limité aux lignes à très haute tension.

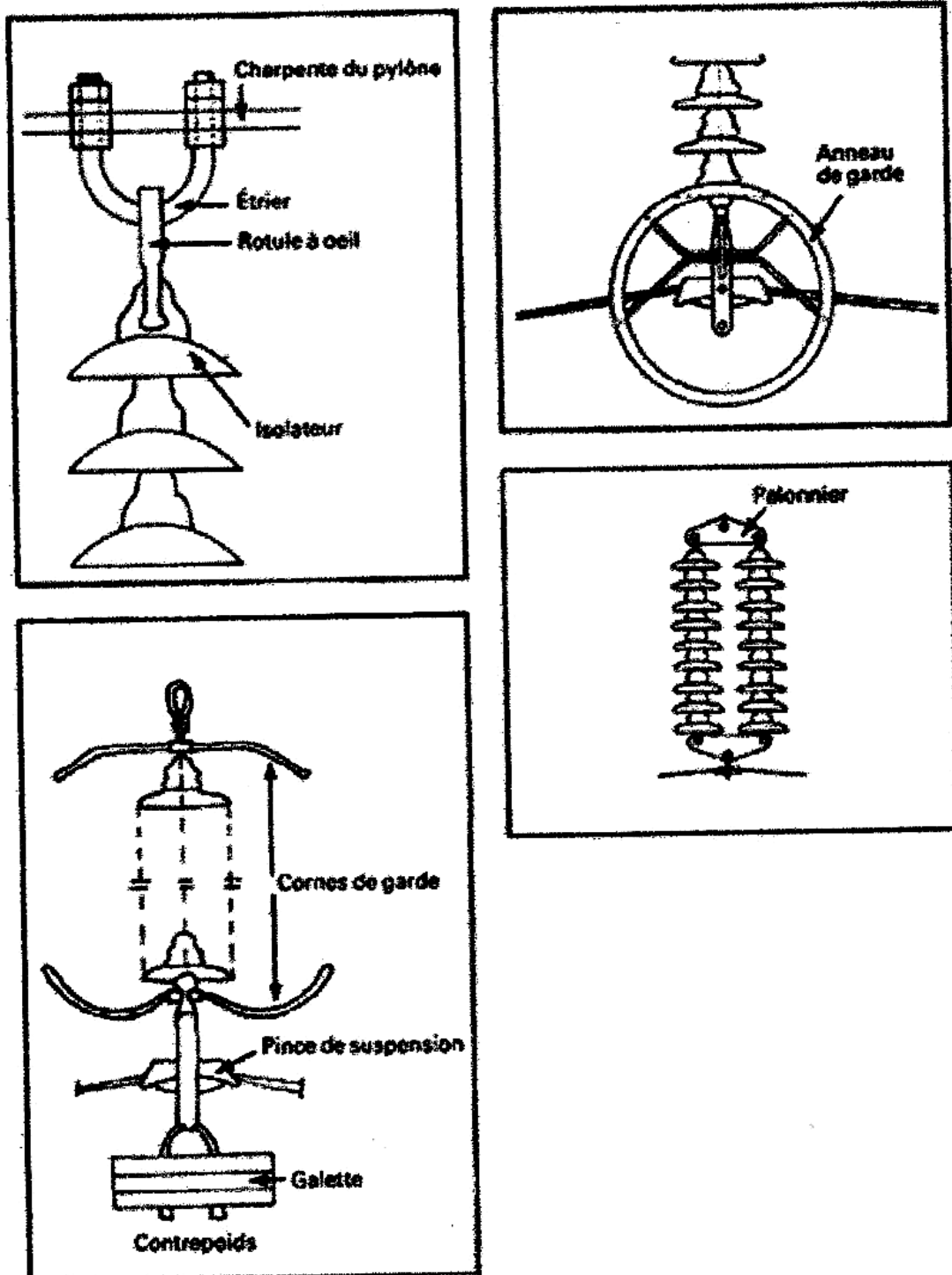


Fig. 2-19

Dans le cas des chaînes doubles, on place un *palonnier* entre les pylônes et les files d'isolateurs ou entre les files d'isolateurs et les conducteurs. Le palonnier est une pièce métallique, généralement de forme triangulaire, permettant d'attacher plusieurs

files d'isolateurs ou plusieurs conducteurs en un seul point de fixation. La disposition des pièces de garde est la même que sur les chaînes simples.

Dans le cas des chaînes d'ancrage (simple ou double), on utilise une pince d'ancrage pour supporter le conducteur. Il s'agit d'un dispositif destiné à soutenir la tension mécanique du conducteur.

Un autre accessoire, le *contrepoids*, est une masse constituée d'un ou de plusieurs éléments ayant la forme de *galettes* et servant à diminuer le soulèvement de la chaîne de suspension et par conséquent à limiter l'amplitude du balancement.

Le nombre d'isolateurs dans une chaîne dépend de la tension nominale de la ligne. Généralement on compte un isolateur pour chaque 10 kV.

### **2.5.3. Relation entre la tension et les distances d'isolement**

Les lignes de transport de force à grande distance sont aériennes. Les conditions administratives concernant les lignes électriques sont indiquées dans la norme C 11-000 de U.T.E. Elles comprennent le *classement des ouvrages* et les *prescriptions générales* relatives à l'établissement de ces lignes.

Le classement des ouvrages est fait selon la plus grande des tensions existant en régime normal entre deux conducteurs quelconques.

- *Première catégorie* : ouvrages pour lesquels la plus grande de ces tensions ne dépasse pas 750 V en courant continu et 500 V en courant alternatif.
- *Deuxième catégorie* : ouvrages pour lesquels la plus grande de ces tensions dépasse les limites ci-dessus sans atteindre 50 kV.
- *Troisième catégorie* : ouvrages pour lesquels la plus grande de ces tensions est égale ou dépasse 50 kV.

La distance d'armement doit tenir compte dans une large mesure des conditions locales : vent, neige, givre, etc.

La fixation de l'écartement entre les conducteurs pourra donc être basée en tenant compte des phénomènes d'oscillations en cas de décharge brusque du conducteur d'un manteau de verglas ou d'un dépôt de givre et de la déviation latérale en raison de leur poids et de leur surface offerte au vent.

Les prescriptions générales communes aux trois catégories de canalisations aériennes selon la norme C 11-100 sont les suivantes :

- Supports :

- Les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité et du sol. Lorsqu'un poteau en bois est consolidé par un poteau jumeau, ce dernier doit avoir la même longueur que le poteau jumelé.
- Dans le cas où les supports non métalliques sont munis d'un conducteur de mise à la terre, ce conducteur est pourvu, sur une hauteur minimale de 2,50 m à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors l'atteinte du public et à 0,50 m au-dessous du sol. La protection mécanique peut être supprimée, lorsque le conducteur de terre est un feuillard galvanisé, fixé sur le poteau en bois.
- En dehors des agglomérations, le long des routes dont le trafic journalier moyen est supérieur à 2000 véhicules par jour, les supports doivent être implantés au-delà des fossés, parapets ou glissières de sécurité.

- Conducteurs :

- La distance minimale  $D$  à respecter entre les conducteurs d'un ouvrage de tension nominale  $U$  et le sol ou une installation quelconque est la somme de deux distances appelées : distance de base  $b$ , distance de tension  $t$  (distance minimale  $D = b + t$ );
- La distance de base  $b$  au-dessus du sol est, à défaut d'indications contraires, égale à  $b = 4$  m, pour les conducteurs isolés, en dehors des parties utilisées pour la circulation des véhicules, et  $b = 6$  m, pour les conducteurs nus ainsi que pour les conducteurs isolés, dans les traversées ou surplomb;

- A la traversée ou au surplomb des itinéraires routiers désignés pour être adaptés aux transports de grande hauteur, la distance de base **b** est égale à la hauteur maximale **h** du chargement maximal admise, augmentée de 1 m, soit  $b = h + 1$  m.
- La distance de tension **t** est fonction de la tension nominale **U** des ouvrages. Elle représente la marge de sécurité à ajouter pour éviter tout amorçage entre les personnes ou les véhicules aux abords des lignes.

Dans le cas de conducteurs nus :

$t_1 = 0,0025 U$ , si la probabilité de voisinage est faible;

$t_2 = 0,0050 U$ , si la probabilité de voisinage est moyenne;

$t_3 = 0,0075 U$ , si la probabilité de voisinage est forte.

Pour des lignes installées en HT-A et HT-B, en conditions normales, on peut utiliser le tableau ci-dessous ou pour des calculs la formule suivante :

$$\text{Ecartement} = 0,75 \cdot \sqrt{f} + U_n / 150$$

Où :  $f$  = la flèche à 40°C sans vent pour les portes considérées

$U_n$  = la tension entre phase, en kV.

U	1 <sup>ère</sup> catégorie	20 kV	63 kV	90 kV	150 kV	225 kV	400 kV	730 kV
$t_1$	0	0	0,2	0,2	0,4	0,6	1,0	1,8
$t_2$	0	0	0,3	0,5	0,8	1,1	2,0	3,7
$t_3$	0	0,2	0,5	0,7	1,1	1,7	3,0	5,5

## 2.6. Localisation des principaux points de vérification de différentes parties des supports d'une ligne de transport d'électricité

Les termes de panne et de dépannage, pris dans leur sens strict assez restrictifs, étaient réservés autre fois à des cas d'arrêt total d'un système et à sa remise en

marche plus ou moins parfaite. Actuellement, on utilise plutôt le mot défaillance qui désigne tout ce qui paraît anormal, tout écart de la norme de bon fonctionnement.

La définition normalisée d'une défaillance c'est la cessation (défaillance complète) ou altération (défaillance partielle) d'un bien à accomplir la fonction requise (AFNOR X60-010).

La maintenance corrective ne doit pas se contenter de dépanner ou réparer un système défaillant. Elle doit de plus chercher à éviter le renouvellement de la défaillance. Il faut pour cela recueillir toutes les indications nécessaires et une véritable expertise.

Les causes de défaillance sont très variées et elles dépendent de la spécificité du système. Les lignes aériennes de transport d'énergie électrique sont exposées à des influences différentes qui peuvent causer les défaillances dues à : défaut d'origine, matière inadaptée, défaut de conception, conditions de fonctionnement (conditions mécaniques : chocs , surcharges, vibrations, fatigue mécanique ou thermique, usure, abrasion, érosion, corrosion ; conditions électriques : rupture de liaison, collage ou rupture des contacts, claquage). Ce qui détermine la variété des points de vérification.

La qualité de l'alimentation est affectée par des coupures longues, brèves et des perturbations électriques. Lorsque les défauts d'éteignent d'eux-mêmes ils sont dits *auto-extincteurs*. Le nombre de défauts *permanents* nécessitant une intervention du personnel est très limité.

Les coupures longues, celles dont il est difficile à se protéger sont dues à la *production* et aux *réseaux de transport*. Toutefois le choix du type d'alimentation est un moyen d'en limiter les conséquences.

Les *coupures longues* pour extensions d'ouvrages, raccordements de clients, etc. sont réduites par la généralisation des travaux sous tension.

Lorsqu'elles sont dues aux incidents sur le réseau, elles sont d'origine diverses :

- les fausses manœuvres du personnel;
- la défaillance du matériel (transformateurs, isolateurs, appareillages, etc.);
- les dégradations par tiers;
- les perturbations atmosphériques graves avec dégradation du matériel et qui affectent essentiellement les réseaux aériens.

Les *coupures brèves* (ou *micro-coupures*), elles sont dues essentiellement au réenclenchement des disjoncteurs après un défaut fugitif.

Les perturbations atmosphériques graves provoquent le fonctionnement :

- soit d'éclateurs à cornes.

L'amorçage de l'arc entraîne un courant de suite à 50 Hz sur le réseau et provoque l'ouverture du disjoncteur HT dont le réenclenchement est assuré par un automate selon une procédure préétablie (fig. 2-20) qui tient compte de l'importance du défaut.

- soit de parafoudre à résistance variable (varistances à l'oxyde de zinc enfermée dans une enveloppe isolante en porcelaine ou synthétique).

Ce parafoudre écoule à la terre en quelques microsecondes la surtension véhiculée par la ligne et il reprend automatiquement son état de veille.

Ces coupures brèves sont dues également aux creux de tension de grandes amplitudes et de très courtes durées.

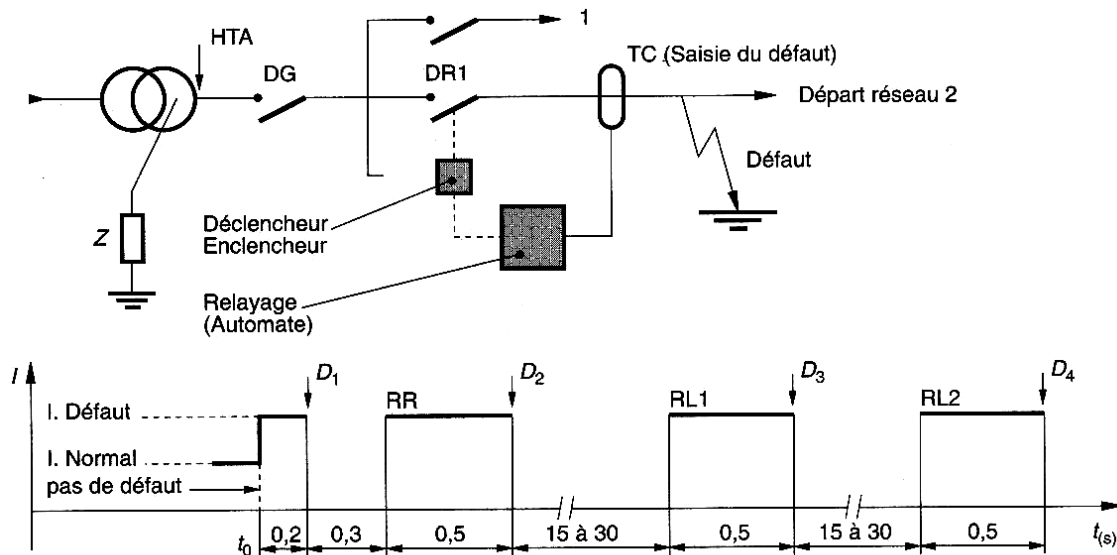
Les perturbations électriques, elles sont une gêne pour les utilisateurs sans qu'il y ait de véritable coupure du réseau.

- Creux de tension

Il s'agit d'une baisse momentanée de la tension de 10 % à 100 % dont l'origine est souvent un court-circuit, une surcharge, un courant d'appel important ( $t < 10$  ms).

- Fluctuations rapides de la tension

Elles affectent la luminosité des lampes (flicker).



Coupage par le disjoncteur DR1 :  
 - RR : premier réenclenchement rapide,  
 - RL1 : premier réenclenchement lent,  
 - RL2 : deuxième réenclenchement lent, ensuite le départ reste ouvert si le défaut est permanent,  
 -  $D_1, D_2, D_3, D_4$  : déclenchement.

Fig. 2-20

- Distorsions harmoniques (fig. 2-21)

Les interfaces de puissance électronique en sont les causes principales. Il s'agit de la déformation de l'onde de tension, due le plus souvent à l'absorption de courants non sinusoïdaux.

- Déséquilibre de tension

Ils sont provoqués par une dissymétrie excessive des charges sur les réseaux triphasés. Il est nécessaire de répartir au mieux les branchements.

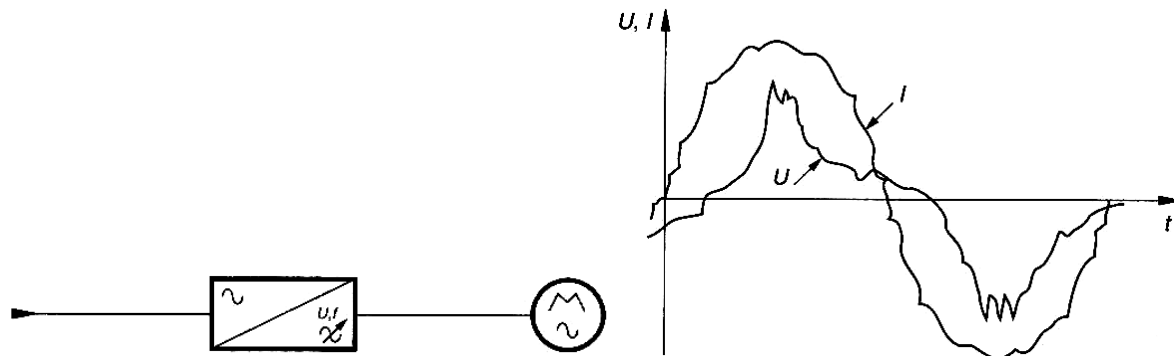


Fig. 2-21

Points de vérification pour les parties d'une ligne de transport tels que :

- emprise :
  - - pollution ;
  - - érosion ;
  - - repousse ;
  - - empiétement ;
  - - croisement ;
- supports (problèmes communs) :
  - - erreur de conception ;
  - - bris, anomalie ;
  - - surcharge mécanique ;
  - - pancarte manquante ;
  - - boulonnage ;
  - - alignement, verticalité ;
  - - enfoncement, arrachement ;
  - - détérioration du béton ;
- supports en bois :
  - - pourriture ;
  - - cassure ;
  - - dommages dus aux insectes et aux animaux ;
- supports métalliques :
  - - rouille, oxydation ;
  - - corrosion galvanique ;
- haubanage :
  - - arrachement des ancrages ;
  - - rouille ;
  - - torons cassés ou coupés ;
  - - hauban détendu ;
  - - soulèvement par le gel ;
  - - élément manquant ;
- conducteur :
  - - corps étranger ;

- - points de résistance;
  - effet des conditions climatiques;
  - dégagement;
  - serrage des pinces.
- isolation :
- défauts mécaniques;
  - défauts diélectriques;
  - polluants;
  - contournement.
- câble de garde :
- corps étrangers;
  - desserrement des éléments;
  - dégagement;
  - effet des conditions climatiques.

## **2.7. Numérotation des isolateurs et les conducteurs sur les plans d'implantation**

Les plans cadastraux d'implantation d'un réseau à HT comportent des indications codifiées, tout un système de symboles permettant d'interpréter et de transmettre un message, de représenter une information et des données.

La codification est un système conventionnel, rigoureusement structuré, de symboles ou de signes et de règles combinatoires intégrés dans le processus de la communication qui simplifie les inscriptions et facilite le travail d'enregistrement des données pendant les visite d'entretien.

Sur les plans cadastraux on peut reconnaître les informations concernant :

- les types d'isolateurs :
  - isolateurs de chaîne : simple, double, multiple;
  - isolateurs rigides.
- les types de circuits :
  - simple terne: 1 conducteur / phase, 2 conducteurs / phase ;

- double terre: 1 conducteur / phase, 2 conducteurs / phase ;
- l'orientation de l'observateur :
  - dos au support ayant le numéro le plus petit ;
  - dos à la source.
- l'identification de la position des phases :
  - armement horizontal : gauche, centre, droite ;
  - armement vertical : haut, centre, bas.
- la numération des conducteurs dans une phase de gauche vers la droite pour les configurations :
  - 2 conducteurs / phase.
- La numérotation des isolateurs sur un support :
  - de suspension ayant des chaînes : simple, double, en V;
  - d'angle ayant des chaînes : d'ancrage et pour les bretelles.

Sur la fig. 2-22 est présenté un exemple du plan d'implantation d'un réseau HT avec la codification des poteaux et les indications des éléments du terrain selon les exigences des années 60 pour avoir la vue au cas où il faut faire entretien d'une ligne plus ancienne.

Sur la fig. 2-23 est présenté un extrait du plan d'implantation. Sur la carte topographique est indiqué le tracé de la ligne aérienne sur le relief (fig. 2-23a). Ce tracé est déplié sur une ligne droite avec les indications des altitudes du terrain, les distances entre stations, les distances entre supports et les numéro des supports. Pour chaque support est donnée l'indication codifiée du type de poteau, de son armement et de type de conducteur (fig. 2-23b), ainsi que la légende avec les caractéristiques de la ligne (fig. 2-23c). Sur le tracé déplié sont indiquées aussi les pistes à abattre et tous les obstacles à franchir.

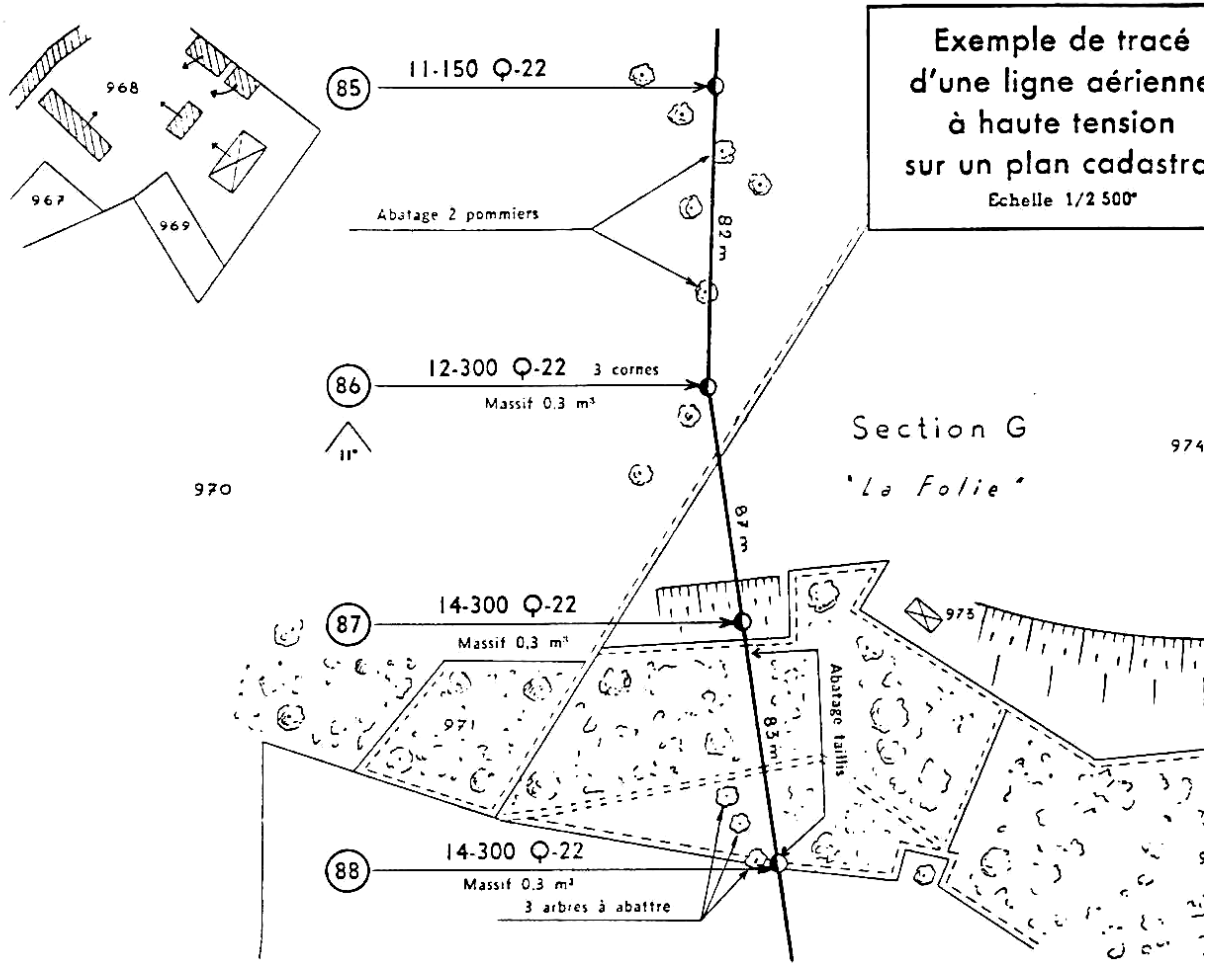


Fig. 2-22

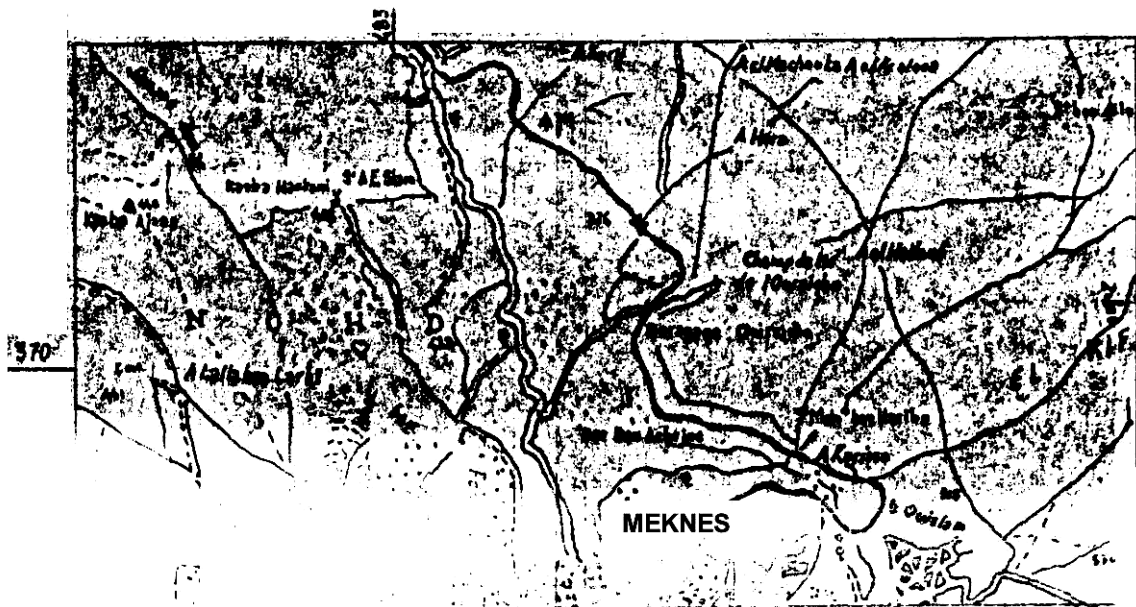


Fig. 2-23a)



CARACTERISTIQUES DE LA LIGNE

<u>L</u> ONGUEUR :	1 km 344 m 27
<u>C</u> ONDUCTEUR :	Almeleo section 34.4 mm <sup>2</sup> Parametre 700 à 55 °C sans vent
<u>A</u> RMEMENTS :	{ Alignement (S) chaînes EIV 2F4R + pince d'alignement Ancre (H) chaînes EIV 3F4R + Pince d'ancrage
<u>S</u> UPPORTS :	{ Alignement : Poteaux béton (BA) avec nappe voûte Angle et Ancre : Poteaux béton avec Armement Ancre : Horizontale, Hersé d'ancrage ou Armement Dr1.30

Fig. 2-23c)

### 2.8. Principales altérations subies par les divers matériaux composant une ligne de transport

Ayant en vue un exemple du tracé il est évident que les lignes HT subissent les influences de plusieurs facteurs : atmosphérique, mécanique, électrique. Tous ces facteurs agressent les divers matériaux composant la ligne.

Le changement de la température des conducteurs dû, d'un côté, à l'échauffement par effet Joule, et d'autre côté, par la suite des saisons, les fait vieillir plus rapidement. Encore la combinaison avec le changement de l'humidité fait rouiller les parties en acier et abîme le bois des supports.

Les pieds des supports enfouis dans la terre, même bien traités, sont exposés aux attaques des vers, des fourmis et des champignons.

Compte tenu du dit ci-dessus on peut déterminer quelques altérations les plus fréquentes ainsi que leurs causes :

- pourriture :
  - cime des poteaux ;
  - à l'encastrement ;
  - sur les traverses ;
  - sur les croisillons ;
- cassures des pièces ;
- foudre :
  - brûlures ;
  - éclatement du bois ;
  - fendage des poteaux ;
  - fendillement des traverses ;
- fourmis, pic-bois :
  - fourmilières ;
  - trous de pics ;
- rouille, oxydation du fer ;
- effritement du béton ;
- usure ;
- surcharge mécanique ;
- déformation ;
- polluants ;
- défauts diélectriques :
  - porcelaine ;
  - verre.
- desserrage des raccords.

### **2.9. Principaux dangers associés à la présence d'alimentation auxiliaire sur un support**

Une ligne aériennes représente sur une ligne placée à son voisinage immédiat un danger dû aux tensions induites. Elle peut agir de deux façons bien différentes:

- par induction électrostatique;
- par induction électromagnétique.

Ces deux inductions sont d' autant plus fortes que les lignes sont plus rapprochées et qu'elles demeurent parallèle sur une plus grande longueur.

### **2.9.1. Induction électrostatique**

L'induction électrostatique d'une ligne sur une autre est une simple connaissance du phénomène bien connue, d'électrisation par influence qui se manifeste lors qu'un corps élevé à un certain potentiel se trouve placé à côté d'un autre.

Elle ne dépend que de la tension de la ligne inductrice et nullement de l'intensité du courant que celle-ci peut transiter (elle est donc aussi forte lorsque la ligne est simplement sous tension à vide que lorsqu'elle transporte sa puissance maximale).

On conçoit que des risque peuvent exister lorsque les agents sont appelés à intervenir sur une ligne consignée située au voisinage d'une ligne HT parallèle qui se trouve sous tension.

Chaque conducteur de la ligne consignée d'une part et le sol d'autre constituent, en somme, les deux armatures d'un condensateur.

La proximité d'une ligne HT, que celle-ci soit sous tension à vide ou bien qu'elle transite du courant, fait que ce condensateur se charge et qu'une tension apparaît entre chaque conducteur et le sol.

Pour faire disparaître cette tension, il faut de la même façon que l'on veut décharger un condensateur, court-circuiter les deux armatures. Cela consiste dans le cas de la ligne HT, à mettre chaque conducteur à la terre (fig. 2-24).

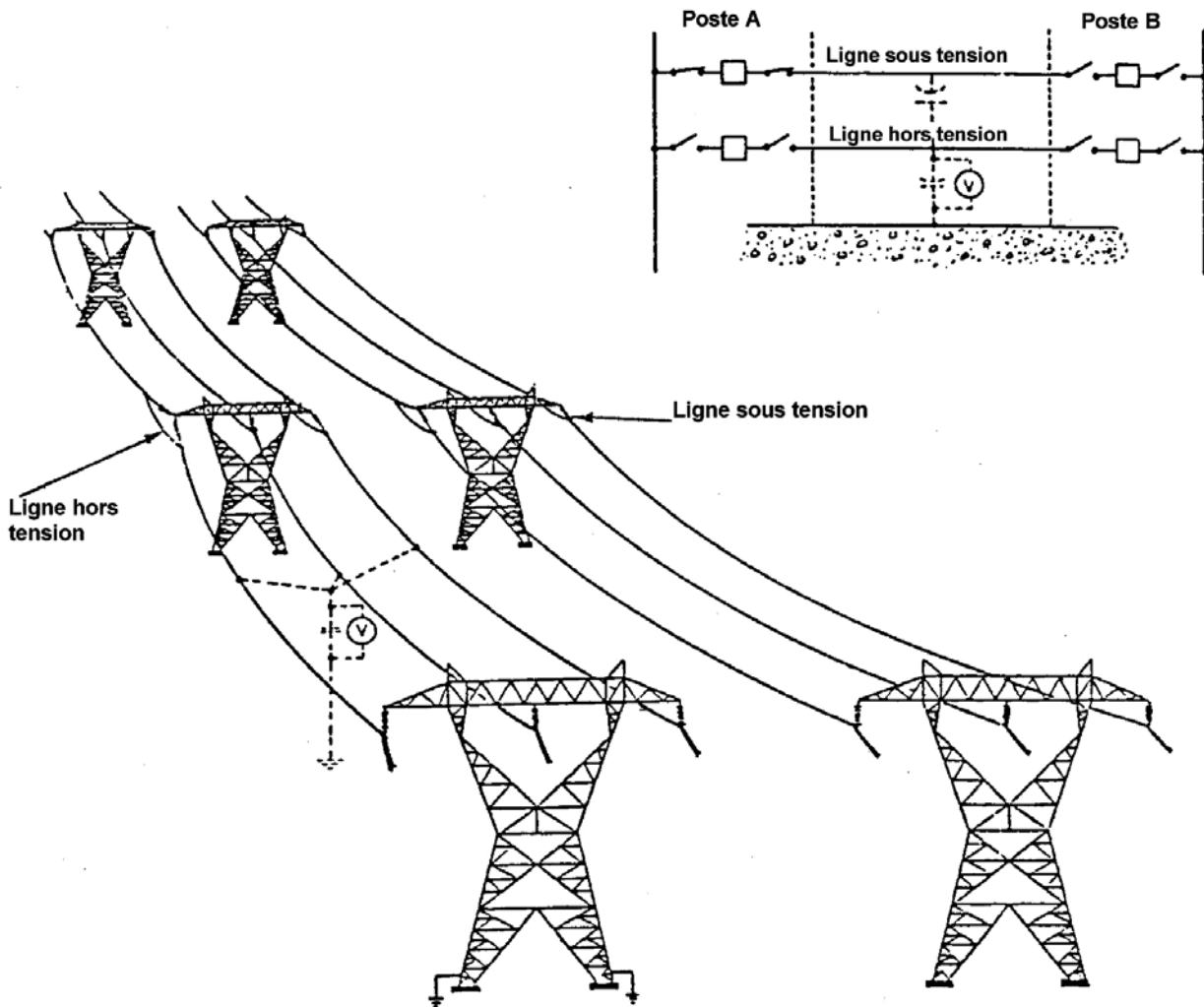


Fig. 2-24

### 2.9.2. Induction électromagnétique

L'induction électromagnétique provient des variations de flux magnétique que le courant, circulant dans la ligne inductrice crée autour d'elle :

- Courant de transit;
- Courant de court-circuit ;
- Courant de décharge atmosphérique .

Elle ne dépend que de l'intensité du courant et reste la même quelle que soit la tension de fonctionnement de la ligne.

Des risques peuvent également exister pour les agents intervenant sur une ligne

consignée dans les mêmes conditions que celles fixées précédemment.

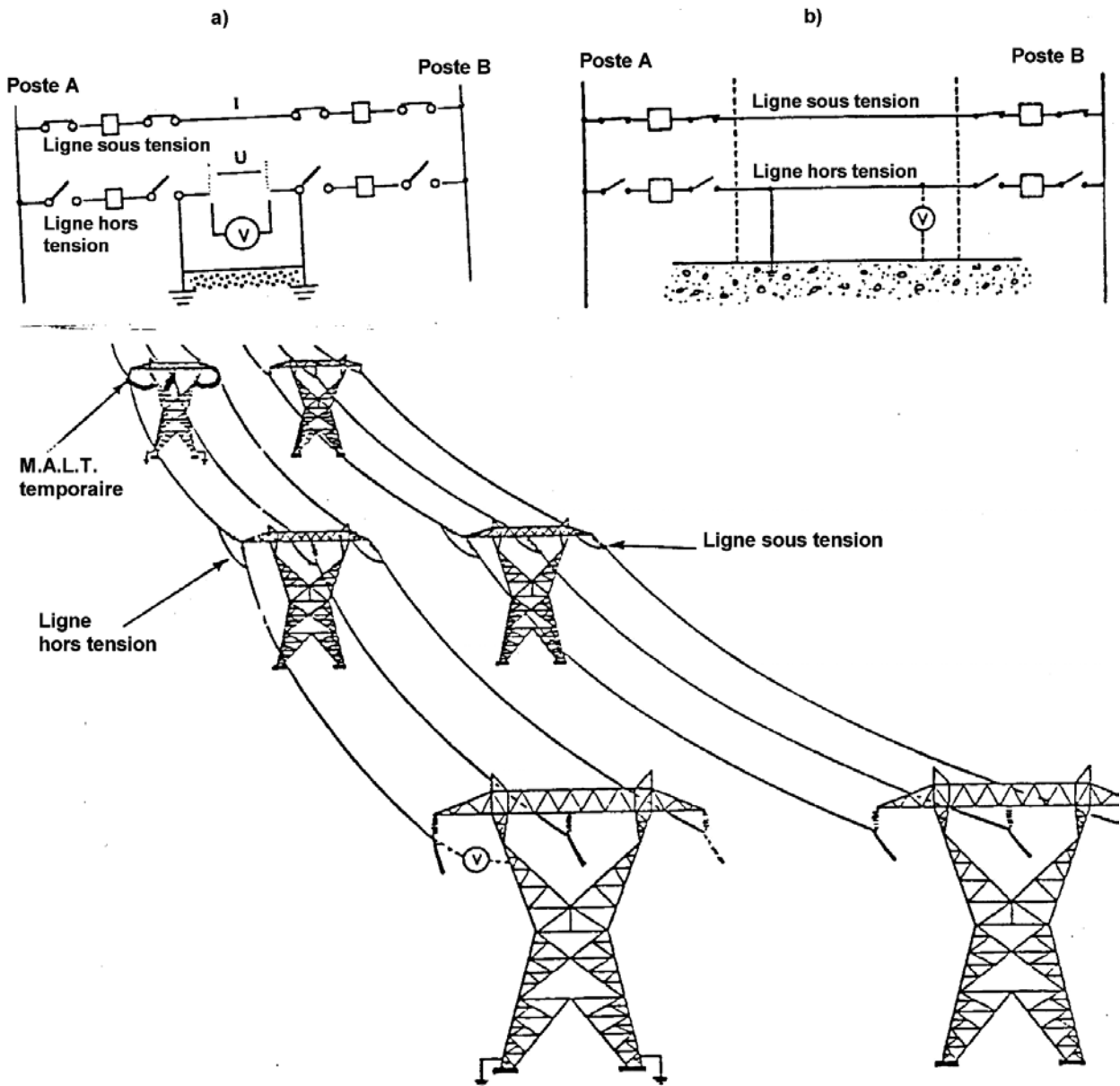


Fig. 2-25

Le courant dans une ligne HT en service fait apparaître sur une ligne consignée qui lui est parallèle, en même temps, une tension induite entre les extrémités de toute boucle constituée par des conducteurs proches de la ligne en service. Cette boucle peut être consignée :

- Par la coupure d'un conducteur alors que les deux extrémités de la ligne sont reliées à la terre (bretelle ouverte, interrupteur ou sectionneur ouvert) (fig.

2-25a);

- Par un seul conducteur de la ligne consignée mis à la terre à extrémité, et la terre elle-même considérée comme conducteur (fig. 2-25b).

Pour se protéger de ces phénomènes il est donc nécessaire d'effectuer les opérations de *mise à la terre et en court-circuit* :

- Au voisinage des points de coupure encadrant l'installation consignée;
- A proximité de part et d'autre du lieu de travail (chantier).

En outre, si l'on est amené, pour l'exécution des travaux à une coupure des conducteurs HT, il est nécessaire au préalable de shunter les points de coupure à l'aide de connexions appropriées.

### **2.9.3. Alimentation par câble de garde isolé**

On appelle *câble de garde* un conducteur généralement mis à la terre et disposé normalement au-dessus des conducteurs de phase pour les protéger contre les coups de foudre. La section du câble de garde est fréquemment de 22 mm<sup>2</sup> et ne dépasse pas 28 mm<sup>2</sup>.

Au cas où un câble de garde soit brisé par le vent ou d'autres contraintes climatiques ou mécaniques, il peut tomber sur les câbles de phase et de mettre sous tension accidentellement les poteaux avec lesquels il est lié ou de provoquer un court-circuit entre phases.

Les dangers de l'alimentation par câble de garde sont les suivants:

- électrisation ;;
- électrocution.

## **2.10. Règles de sécurité relatives à la vérification de lignes de transport**

### **2.10.1. Mesures de sécurité régissant les accidents de travail**

L'accident de travail est un événement rare. L'étude et le suivi d'un accident de travail, au même titre qu'un événement scientifique, nécessite des mesures (fig. 2-26).

### Répartition Statistique des Lésions sur le Corps Humain

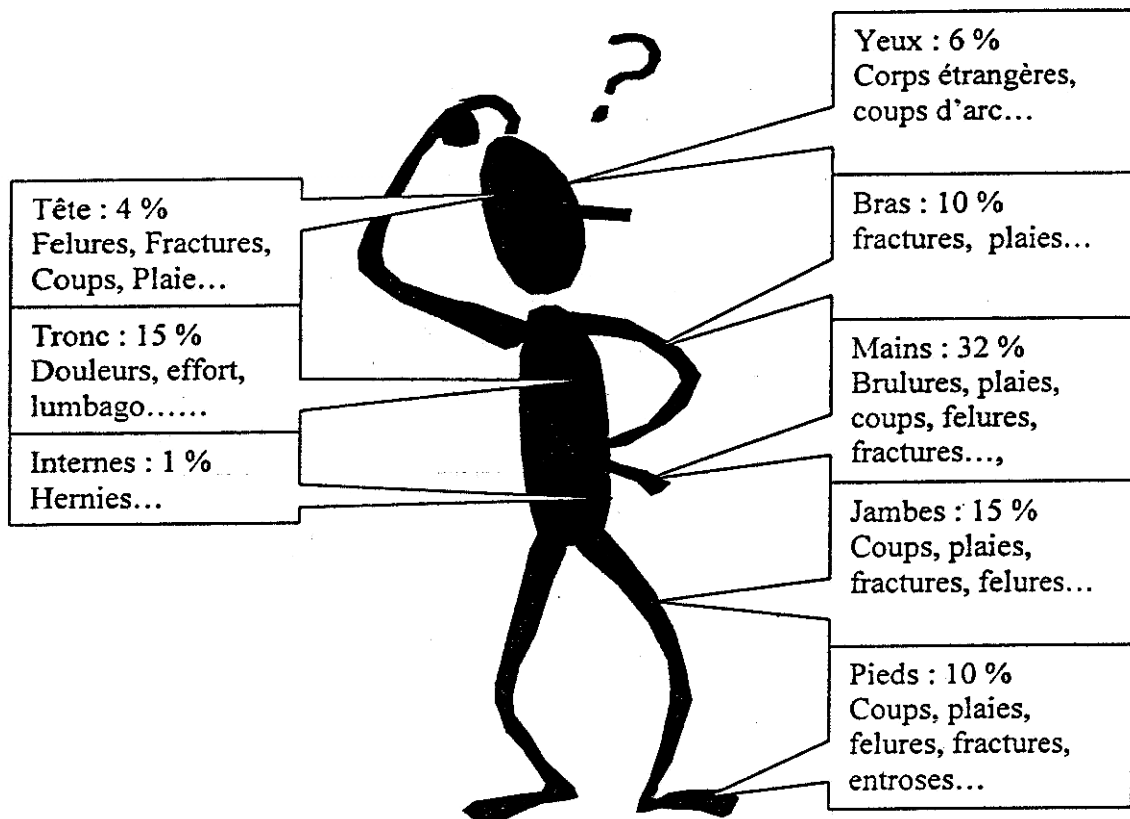


Fig. 2-26

On définit ainsi 2 coefficients :

$$T_F = N_1 \times 10^6 / H \quad \text{et} \quad T_G = N_2 \times 10^3 / H$$

$T_F$  = taux de fréquence

$T_G$  = taux de gravité

$N_1$  = nombre d'accidents enregistrés .

$N_2$  = nombre de jours conventionnels d'arrêt de travail. Ce nombre de jours est obtenu en affectant :

- Le coefficient 1 au nombre de journées réelles d'arrêt de travail;
- Le coefficient 60 aux taux des invalidités partielles permanentes;
- Le coefficient 6000 au nombre d'accidents mortels.

H = Nombre d'heures de risque.

Une ou plusieurs causes peuvent concourir à provoquer un accident. A titre d'exemple on peut citer les plus courantes :

- Travail ou manipulation sans autorisation;
- Utilisation d'un matériel inadéquat;
- Mauvaise position lors d'une manutention de charge;
- Mélange de produits dangereux.

Une action dangereuse provient du fait que l'agent :

- Ne sait pas;
- Ne peut pas;
- Ne veut pas.

De très nombreux rapports ont été étudiés pour déterminer les principales causes d'accidents, et rechercher les moyens de les prévenir. Il ressort des études que tout accident a une ou plusieurs causes.

Parmi les *causes originelles* des accidents de travail, on peut citer :

- le facteur humain;
- les causes techniques.

On estime que la majorité des accidents de travail ont pour origine le facteur humaine. Une visite médicale sérieuse à l'embauche permettrait de réduire considérablement ce pourcentage.

Il est à noter que selon *l'âge*, le pourcentage des accidents varie. Il est plus important pour les nouvellement embauchés et pour les personnes âgées.

Une longue pratique du métier, en augmentant *l'expérience* et faisant connaître à l'ouvrier les risques de profession et en assurant ses gestes professionnels fait de lui un compagnon moins prédisposé aux accidents. L'expérience montre que le taux des accidents de travail est inversement proportionnel à la durée d'embauche.

Les *causes physiologiques* sont liés à la façon plus ou moins correcte dont le moteur humain fonctionne. Ainsi, la fatigue représente la cause physiologique par excellence et., on estime, que celle-ci est la cause directe de 20 à 25% des accidents. Ceci est prouvé par le nombre des accidents de travail qui augmente une heure ou deux avant la cessation du travail.

Parmi les *causes psychologiques*, on cite les *facteurs intellectuels*, les *facteurs affectifs* et le *caractère*.

Beaucoup de professions présentent des dangers réels comme :

- Le manque de bon sens : l'ouvrier qui travaille sous une grue en fonctionnement;
- Le manque d'attention : l'ouvrier est distrait;
- Le manque de mémoire : l'ouvrier qui oublie certaines mesures de sécurité;
- Le manque d'initiative : l'usage d'un outil en mauvais état et dont l'usure devrait être signalées.

Dans la mesure où l'homme est doué de sentiments, l'ouvrier qui est préoccupé par ses ennuis risque de commettre un acte dangereux.

Comme victimes des accidents de travail peuvent être désignés le téméraire qui n'a peur de rien, et l'indolent qui néglige les précautions élémentaires de sécurité.

Les causes techniques dans certains métiers augmentent les risques des accidents de travail .Le plus souvent ceux-ci ont pour origine :

- Les matières ou produits utilisés (explosifs, acides> etc. ..);

- L'outillage et les machines;
- Les conditions de travail (manutention nombreuse, déplacement etc. ...).

Il importe donc que chaque ouvrier connaisse parfaitement les dangers des matériaux avec lesquels il travaille et des machines qu'il utilise. De plus il s'ensuit que les responsables doivent vérifier que chaque machine soit pourvue de dispositif de sécurité obligatoire.

Quand certaines conditions sont réunies à savoir les causes originelles, une simple défaillance ou une petite négligence ou une erreur peuvent provoquer un accident de travail. Comme causes immédiates des accidents de travail peuvent être citées :

- L'insuffisance de la protection contre les chutes;
- La mise hors d'usage des dispositifs de sécurité;
- L'usure non constaté du matériel;
- Défaut de réglage rendant la protection illusoire;
- Défectuosité de la matière travaillée;
- Conditions de protection mal étudiées : insuffisances des instructions données par les cadres;
- Rythme de production trop élevé ou travail monotone;
- Surveillance insuffisante;
- Mauvaise organisation des gestes professionnels : non respect des distances d'approche :
- Mauvaises conditions de travail : état du sol, encombrement des voies d'accès, ventilation insuffisante, température anormale;
- Négligence individuelles : tenue non adaptée au travail, ivresse, dispute, manque d'ordre, abandon provisoire du poste de travail.

Il est considéré comme accident de travail quelque en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail, à toute personne salariée. Il est également considéré comme accident de travail, l'accident survenu pendant le trajet de la résidence au lieu de travail et vice versa, dans la mesure où le parcours n'a pas été interrompu ou détourné pour un motif dicté par l'intérêt personnel.

il apparaît donc que le problème des accidents de travail pris dans son ensemble est très graves. Il ne l'est pas moins si l'on examine les conséquences de l'accident pour la victime.

Ainsi, l'accident cause des souffrances physiques, morales et des pertes matérielles. C'est un fléau de tous les temps, mais que la vie moderne a aggravé de part, et d'autre part, la vitesse des engins, l'inadaptation à des nouvelles technologies et le manque de formation approfondissent les risques.

il est donc souhaitable de l'éviter. En effet l'accident est presque toujours le résultat de plusieurs causes. Si on supprime une ou plusieurs causes, l'accident n'aura pas lieu.

### **2.10.2. Procédures liées au remplacement d'un élément défectueux**

Pour le travail sous tension sur des lignes aériennes HT (2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> catégories) il est important d'assurer leurs mise à la terre et en court-circuit avant le manipulation.

Les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit sont composé généralement :

- d'étau de (mise à la) terre : raccord formé de deux mâchoires dont on règle l'ouverture à l'aide d'une vis en T de façon à bien serrer une membrure de pylône ou toute autre pièce plate. Il est utilisé pour relier la pièce à un conducteur de terre (fig. 2-27).

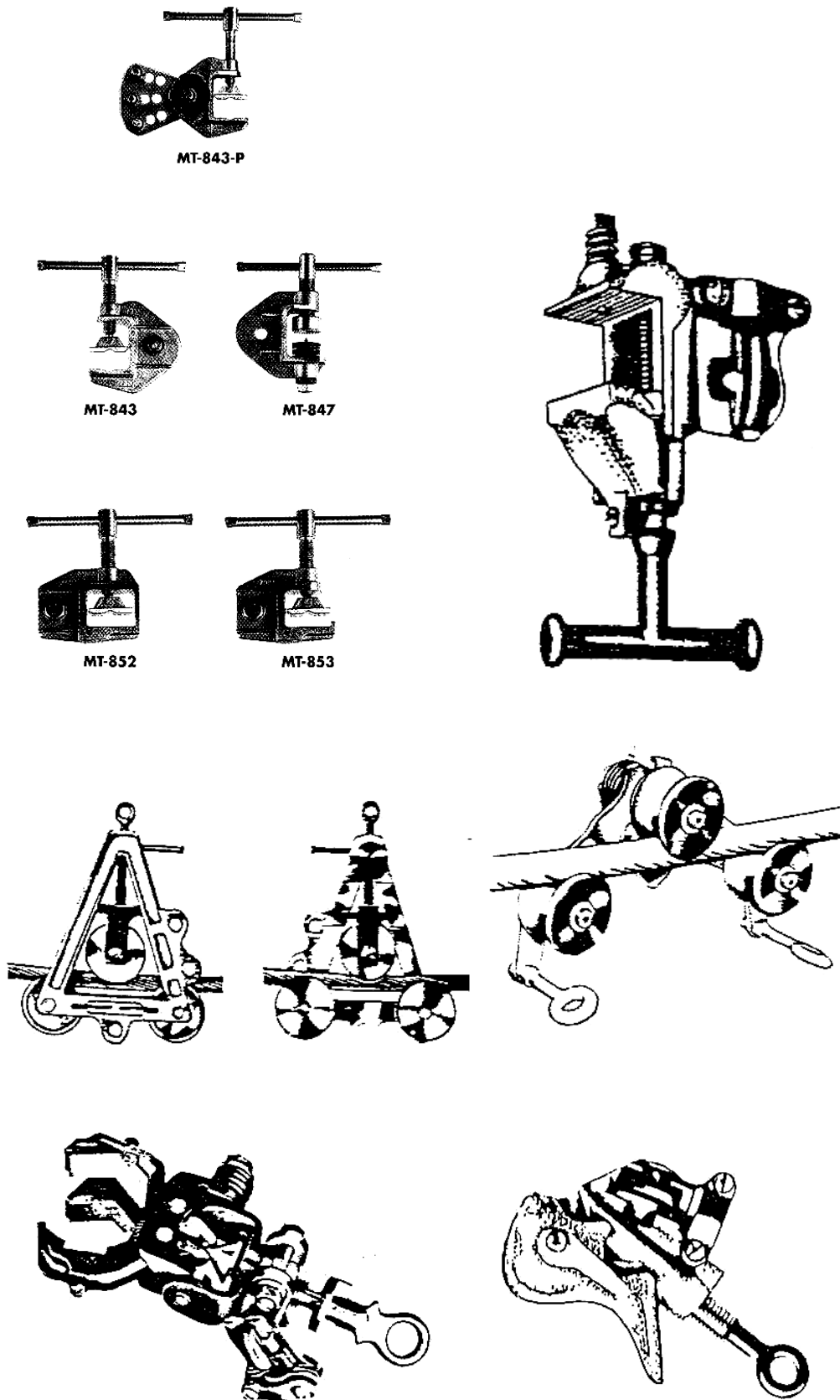


Fig. 2-27

- d'un piquet de terre: En acier-cuivre (coperweld) sa longueur est de 1 mètre et son diamètre en forme hexagonal est de 18 mm;
- d'un touret enrouleur de câble (fig. 2-28): Permet l'enroulage de 16 mètres de câble souple pour mise à la terre de 16mm<sup>2</sup> de section;

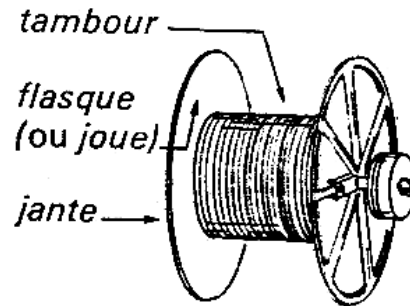
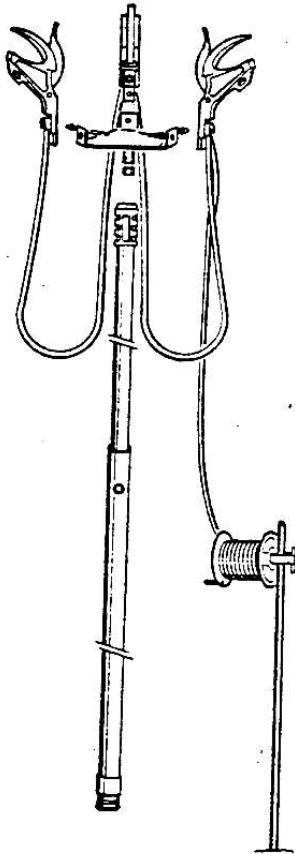


Fig. 2-28

- d'un plateau porte pinces (fig. 2-29): Permet de porter les 3 pinces de contact, il possède à sa partie inférieures :
  - soutien embout hexagonal de 12 mm de diamètre;
  - soit une tige filetée.
- 3 pinces de contact: il y a deux types de pinces :
  - pinces à armement préalable ou à encliquetage automatique
  - pinces posées en poussant, elles s'adaptent au plateau porte pinces, un raccord incorporé à la pince permet le raccordement de câble de terre .
- Une tresse, descente de terre, en cuivre gainée de 16 mm<sup>2</sup> de section et de 16 mètres de longueur;
- 2 tresses cuivre gainées de 35 mm<sup>2</sup> de section;
- Une perche télescopique isolante de 2 mètres de longueur.

Lors de la mise en œuvre, l'opérateur muni des protections individuelles adaptées' doit, après avoir réalisé la vérification de l'absence de tension, effectuer les opérations suivantes:

- Connecter le câble de terre au piquet métallique enfoncé dans le sol;



- Dérouler complètement le conducteur du dispositif pour éviter les effets électromagnétiques dus à un court-circuit éventuel;
- Rebloquer le touret;
- Mettre en place les pinces sur chacun des conducteurs en utilisant la perche isolante en commençant par le conducteur le plus rapproché;
- Pour la mise en place des pinces, se tenir écarté des tresses de liaison et de mise à la terre ainsi que de tout autre conducteur.
- Pour l'enlèvement du dispositif, opérer dans l'ordre inverse.

Fig. 2-29

Avant et après utilisation, il faut contrôler le bon état du matériel. Vérifier, en particulier, le bon état :

- des mâchoires et des pinces;
- du plateau porte pinces;
- de la perche isolante;
- des câbles de mise à la terre et de l'étau de terre.

L'entretien doit être fait méticuleusement :

- Essuyer la perche avec un chiffon propre et sec;
- Si un dispositif subit un court-circuit accidentel, il doit être mis du rebut.

## 2.11. Renseignements issus d'un rapport portant sur les défauts des lignes

Dans la gestion des interventions la planification et l'édition des *bons de travaux* ou des *ordres de travaux* occupent une place très importante.

Un *bon de travail* est le document édité pour chaque intervention après la réception d'une *demande d'intervention* dans le cas d'une maintenance corrective ou après l'écoulement d'une échéance dans le cas d'une maintenance préventive. Il doit contenir toutes les informations nécessaires à la réalisation de l'intervention par exemple :

- la date et l'heure de l'intervention ;
- la précision de l'intervenant et sa qualification ;
- l'équipement sujet de l'intervention;
- les pièces et la fourniture nécessaires et leurs quantités;
- les mesures de sécurité à entreprendre ;
- et autres.....

Une fois l'intervention est réalisée un *compte rendu* (un *rapport*) est établi dans lequel les renseignements suivants doivent figurer :

- la date et la durée de réalisation;
- le nom de l'intervenant;
- le numéro de bon de travail;
- le statut du travail : réalisé , en cours , à suivre;
- les quantités des pièces de rechange de la fourniture utilisées.

Quand le compte rendu est visé par le responsable maintenance le bon de travail est alors validé et classé dans le dossier de l'équipement, les coûts de l'intervention peuvent être traités soit par le service maintenance, soit par le service de comptabilité, suivant l'organisation de l'entreprise ou déduits automatiquement si la gestion est informatisée.

Dans le service maintenance on produit des *rapports* qui enregistrent toute information pouvant servir comme justificatif de toute intervention réalisée et comme base

pour le calcul des arrêts et des frais de maintenance, donc pour constituer un dossier technique.

Suivant la norme NF X60-200 le *dossier technique* d'un équipement se compose de trois dossiers :

- *Dossier constructeur* : ce sont les documents établis par le constructeur lors de l'étude et de la réalisation des matériels;
- *Dossier utilisateur* : ce sont les documents qui permettent l'utilisation du matériel : mode de marche , réglage , maintenance de 1er niveau;
- *Dossier maintenance* : ce sont les documents qui permettent de maintenir, réparer, démonter, remonter tout ou partie du système.

Pour assurer un suivi du matériel (installation, fonctionnement, maintenance) le service maintenance doit disposer de l'ensemble de ce trois dossiers qui doivent être classés et répertoriés d'une manière identique à la codification du matériel.

Le *dossier historique* permet de renseigner le service maintenance sur :

- les défaillances du système et leurs origines;
- le choix des indicateurs de maintenance préventive;
- le coût des interventions;
- les données nécessaires pour la définition de la politique de maintenance;
- les opérations et le planning des interventions de maintenance préventive.

Il est constitué des documents suivants :

- planning des visites préventives;
- comptes rendus des visites préventives;
- rapport des interventions correctives;
- fiches de sortie des pièces de rechange;
- fiche de modification de matériel;
- rapports officiels d'expertises et de visites légales obligatoires,;
- fiches d'inspection des matériels;
- fiche historique : document de synthèse regroupe les informations relatives aux travaux de maintenance préventive et corrective.

Donc, dans le cas d'entretien d'une lignes de transport, d'un rapport portant sur les défauts on peut toujours déterminer les informations suivantes :

- l'identification de numéro de circuit, numéro de support, numéro du travail;
- les composants : supports, conducteurs, isolateurs, câble de garde, haubanage, emprise;
- genre de travail : inspection, modifications, traitement;
- code de défauts : absence, brûlure, etc.

### **III. TRAVAUX D'ENTRETIEN DES LIGNES DE TRANSPORT**

Pour planifier les travaux d'entretien il faut commencer par *l'ordonnancement* : déterminer quels sont les travaux importants, par le nombre et la durée des opérations qui les composent , mis en œuvre par le service de la maintenance.

*L'ordonnancement* est la fonction qui, responsable de la fixation des délais, prévoit les moyens de réalisation, les affecte en temps opportun et veille en œuvre.

Pour mener à bien des activité d'ordonnancement on fait la référence aux :

- plans des réseaux;
- normes prescrites;
- règles de sécurité;
- techniques de travail.

On exploite :

- les documents du service des méthodes de la maintenance, tels que : dossier matériel , gammes de démontage , instructions de maintenance;
- ainsi que toutes les informations recueillies auprès du personnel de conduite.

L'ordonnancement doit établir le programme des travaux et il doit les planifier. Les travaux peuvent être classés en deux grandes familles :

- les *travaux prévisibles* et qui sont en rapport avec la maintenance préventive;
- les *travaux imprévisibles*, en rapport avec la maintenance corrective.

La planification de ces travaux se fait en fonction de l'ordre d'urgence qui leur est attribué :

- Travaux d'urgence 1 : à effectuer immédiatement, en général des travaux de dépannage exécutés par un personnel qualifié et polyvalent.
- Travaux d'urgence 2 : à effectuer avant ou en cours d' une date limite prédéterminer.
- Travaux d'urgence 3 : dont le délai d'exécution est dans une large mesure.

La planification est un ensemble de tâches, chaque tâche étant une phase. On cherche toujours le chemin critique (l'ensemble des tâches qui conditionnent la durée totale des opérations), l'optimisation des charges en jouant sur les marges, le jalonnement (l'ensemble des dates situant sur un planning les tâches et leurs marges) et la programmation (l'action d'intégrer une tâche sur un planning, donc de lui choisir des dates de début et fin).

### 3.1. Équipements reliés aux différents travaux sous tension

Le lancement c'est une sous-fonction de l'ordonnancement ayant pour mission de rassembler tous les moyens pour assurer leur disponibilité au moment choisi.

Pour définir le type et la quantité des équipements nécessaires pour les différents travaux il faut étudier les remarques concernant l'emplacement de ces travaux :

- la localisation :
  - haut, centre, bas;
  - gauche, centre, droite;
  - numéro d'isolateurs.
- la date et les délais;
- les croquis et les commentaires.

Aussi il faut se référer aux :

- types de vérifications à exécuter (visuelles, mesures, etc.);
- méthodes de travail utilisées;
- moyens de transport utilisé.

Les visites au sol se font périodiques et programmées pour l'examen de l'ensemble des éléments constitutifs de la ligne. Au cours d'une visite au sol: le visiteur doit faire le tour de chaque support et l'examiner sur toute sa hauteur, y compris les bras et les isolateurs. Il pourra relever les anomalies ci-dessous.

### **3.1.1. Vérification visuelle des poteaux**

Les pieds des poteaux en bois, traités avec des produits antiseptiques et enfouis sous la terre, sont néanmoins soumis à des détériorations dues à l'humidité et aux bestioles qui s'y trouvent ( vers, insectes, etc.).

L'état de ce support ne peut être vérifié par un simple examen extérieur, car il peut être défaillant au niveau de la base. Après percussion du support à l'aide d'un marteau pour le but d'entendre un son musical qui indique le bon état du poteau, il est parfois nécessaire de sonner la partie enterrée sur 0,30 m

Pour les vérifier visuellement on fait une fouille autour du pied du poteau à une profondeur de 0,30 m et on inspecte l'état du bois – cavités, fissures, pourritures.

Contrairement aux poteaux en bois, les poteaux en béton armé présentent une très grande longévité, une rigidité faible, une gamme d'effort en tête assez large et leurs frais d'entretien sont extrêmement faibles. Cependant, leur poids présente une difficulté – si le sol n'est pas assez dur et rigide, les poteaux peuvent s'incliner à côté.

Pendant la visite pour une anomalie suivante l'agent doit faire les remarques:

- Armature apparente (situer l'endroit);
- Fêlures longitudinales ou horizontales (situer le niveau ).

Les poteaux métalliques, même bien traités chimiquement, subissent les détériorations dues à l'humidité dans le sol et aux influences atmosphériques (vent,

pluie, grêle, glace, etc.). Ils peuvent rouiller dans la partie métallique ou les pieds en béton peuvent se fissurer.

Il est à indiquer pour les pylônes métalliques :

- la mauvais état de la peinture;
- l'oxydation des membrures et croisillons (degré d'usure à préciser);
- les croisillons ou plaque numéro ou danger de mort manquant;
- le massif en béton fissuré;
- l'angle du massif en béton cassé;
- le massif recouvert de terre ou au niveau du sol.

### **3.1.2. Vérification visuelle des armements**

On désigne par armement d'une ligne la disposition des conducteurs par rapport au support et, par extension, les pièces servant à fixer les isolateurs sur les supports.

Pour la vérification visuelle il faut inspecter :

- du point de vue électrique, les conducteurs doivent être assez écartés pour les pertes par effluve qui produisent en HT et qui peuvent éventuellement occasionner un amorçage entre deux conducteurs ou entre conducteur et câble de terre ou entre conducteur et support.
- du point de vue mécanique, les conducteurs sont soumis à l'influence des surcharges brusques (givre, neige, verglas) et à des balancements dus au vent qui pourrait les amener en contact si l'on ne prévoyait pas des écartements suffisants.

Pour les isolateurs indiquer :

- S'il s'agit d'un isolateur cassé préciser s'il est sans danger ou à remplacer;
- S'il s'agit d'un isolateur contourné (trace d'un coup de feu sur l'extérieur de l'isolateur);
- S'il s'agit d'une chaîne inclinée.

Pour les isolateurs en verre on effectue une vérification visuelle.

### **3.1.3. Vérification visuelle des interrupteurs aériens à commande mécanique ( IACM)**

Il est nécessaire d'effectuer un entretien périodique des IACM et de vérifier :

- Les frottements dans la transmission mécanique;
- La pression et la pénétration des contacts;
- La révision des pièces de contacts après une fermeture en court-circuit;
- Le réglage de la course des isolateurs mobiles.

Travaux d'entretien sur les IACM :

- Serrage des colliers : interposition d'un joint élastique entre le collier et le verre pour éviter d'écailler le verre. Le serrage doit être bien concentrique sinon il y a création d'efforts latéraux locaux d'où le dérèglement de l'IACM; faire attention au montage des ferrures sur le châssis (goupille anti-rotation);
- Nettoyage des contacts : brossage avec une corde à lime pour enlever les oxydes (prendre la précaution de ne pas enlever le revêtement de protection), graissage: graisse neutre, mettre un très léger film de graisse. Ces opérations doivent être très rapprochées (4 à 6 mois) dans les zones à atmosphère humide ou corrosive.
- Autres points à huiler : articulation des couteaux; articulation du collier mobile à galets; articulation de l'arbre et articulation de la commande;
- Essais de l'IACM avant de partir :
  - Vérifier le synchronisme à l'ouverture et à la fermeture;
  - Vérifier que le couteau ne rebondit pas à la fermeture;
- Vérifier qu'à l'ouverture, le fouet se libère brusquement avant la fin de la course;
- Vérifier l'effort de manœuvre de la commande; celle-ci ne doit pas flamber à la fermeture;
- Vérifier que lors de la fermeture de l'IACM, l'enclenchement du fouet ne s'effectue que lorsque le couteau a pratiquement terminé sa course de pénétration dans le contact fixe.

Lors de tous ces travaux d'entretien, l'attention est attiré sur le fait que les superstructures des IACM sont faites en matériau peu malléable et que leur déformation peut provoquer des microfissures qui se traduiront par des cassures lors d'un choc.

### **3.2. Techniques de vérification (hors tension ou sous tension) des isolateurs**

#### **3.2.1. Vérification sonore pour isolateurs de porcelaine hors tension :**

Pour effectuer les travaux de vérification sonore des isolateurs hors tension il faut procéder de manière suivante :

- mettre le circuit hors tension et effectuer la vérification à l'aide d'un détecteur de tension : instrument de forme variable utilisé pour indiquer, par un signal optique ou acoustique, la présence ou l'absence de tension (fig. 3-1) ;
  
- mettre l'isolateur à vérifier en court-circuit à l'aide des fourchons de l'appareil : instrument comportant deux branches en fil métallique, que l'on peut fixer à une perche à embout(s) universel(s) par l'intermédiaire d'un œillet (fig. 3-2). Il est utilisé sur les isolateurs comme détecteur de tension et permet également la mise en court-circuit de chaque élément de chaîne d'isolateurs.

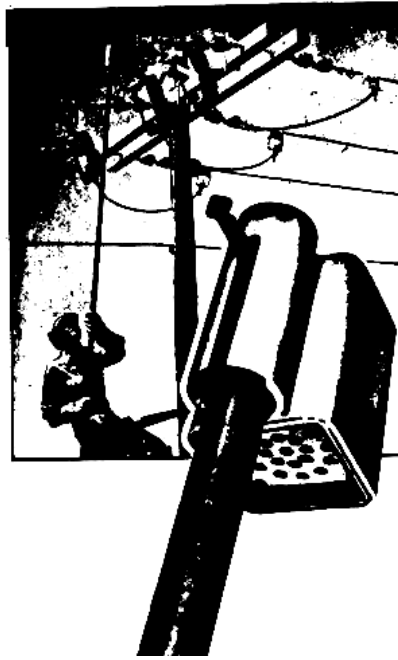


Fig. 3-1

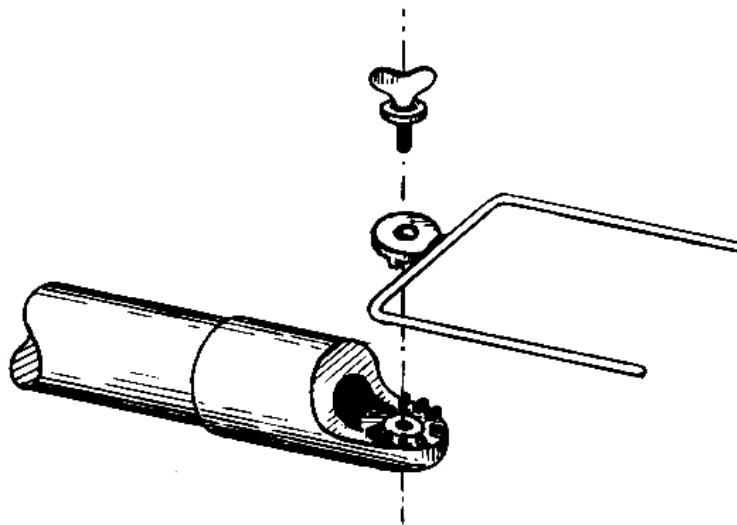


Fig. 3-2

- utiliser un vérificateur à signal acoustique (buzzer) (fig. 3-3) : instrument constitué d'un boîtier et de deux branche en fil métallique, et qui, selon qu'il est fixé ou non à une perche à embout(s) universel(s), permet de vérifier la qualité isolante des isolateurs de porcelaine hors tension ou la conductivité

des points de raccord de chaque partie d'un vêtement conducteur; selon l'état de l'isolateur il y a ou non une émission d'un son.

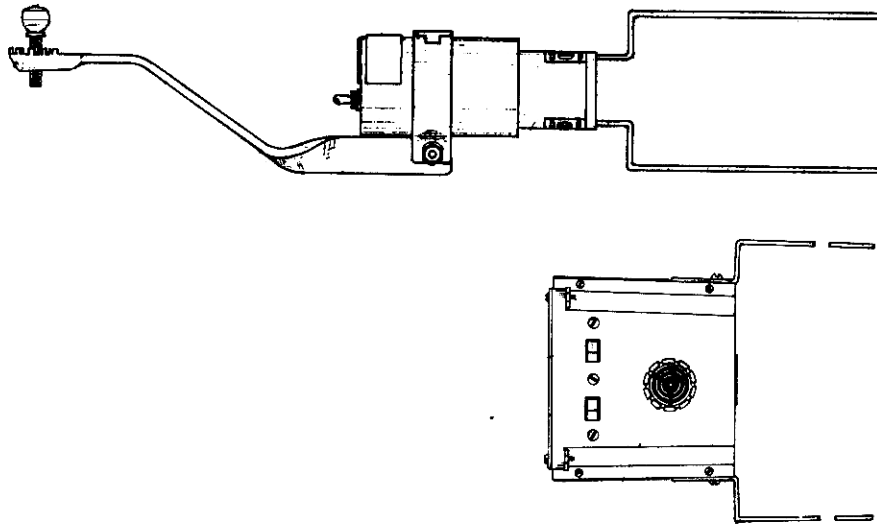


Fig. 3-3

### **3.2.2. Vérification des isolateurs de porcelaine selon la méthode de bourdonnement sous tension**

Pour effectuer les travaux de vérification sonore des isolateurs sous tension il faut procéder de manière suivante :

- avec des fourchons, effectuer la détection de tension ;
- mise en court-circuit de l'isolateur à vérifier ;
- émission d'un son ou non.

### **3.2.3. Autres types de vérification**

A part les vérifications classiques présentées, il existe aussi des moyens de vérification plus modernes, tels que vérification à l'aide du DIP (détecteur d'isolateur perforé) ou du VIC (vérificateur d'isolateur composite) sous tension.

Après les vérifications des isolateurs il est très important de savoir appliquer les conditions de la charte de tolérance, c'est-à-dire de lire le tableau des tolérances associées au nombre d'isolateurs défectueux ou court-circuités. :

- tension (kV) ;
- nombre d'isolateurs dans la file ;
- nombre d'isolateurs défectueux ;
- nombre d'essais de détection ;
- critères particuliers ;
- interprétation des résultats de la consultation de la charte.

### **3.2.4. Entretien des isolateurs**

Les isolateurs de ligne exposés à la pollution industrielle, se recouvrent de poussières, plus au moins conducteurs, retenant l'humidité. Dans la plupart des cas, les poussières déposées sur les isolateurs sont entraînées par la pluie et ce lavage naturel suffit généralement à redonner à l'isolateur ses qualités primitives.

Mais, dans une atmosphère très polluée, l'agglomération de ces poussières peut atteindre une épaisseur importante, sous forme d'une couche noirâtre: adhérente, après, notamment, une certaine période de sécheresse. Lorsque cette couche de poussière se charge d'humidité (par exemple, à la première apparition de brouillard ou de pluie fine) elle se comporte, en quelque sorte comme un buvard et absorbe l'eau, rendant la surface de l'isolateur conductrice: Un amorçage est alors susceptible de se produire par le développement d'un arc électrique court-circuitant tout l'isolateur: C'est le *contournement*.

Les contournements d'isolateurs pollués sont à l'origine d'incidents d'exploitation qui ont entraîné, sur les réseaux de transport et de distribution d'énergie, de multiples avaries d'isolateurs.

Parmi les effets de la pollution atmosphérique sur les chaînes d'isolateurs de ligne aériennes on remarque en général l'éclatement des jupes et parfois la rupture par fusion du téton de l'isolateur qui provoquera la chute du câble.

Les mesures prises pour éviter les amorçages dus à la pollution comportent les moyens d'amélioration de la tenue des isolateurs. Cette amélioration peut se situer dans :

- D'abord le *surisolement* (qui procure un allongement de la ligne de fuite) Ce *surisolement* peut être obtenu en augmentant le nombre d'éléments des chaînes d'isolateurs.
- Ensuite, sur le *choix judicieux de dispositions constructives*. il s'est révélé, en effet, que le comportement des chaînes horizontales présentait sous pollution des performances supérieures à celles des chaînes verticales correspondantes. il y a là une explication logique: dans la position horizontale, la pluie facilite le lavage de la surface de l'isolateur. En conséquence, il convient d'accorder la préférence, dans les zones pollués à des installations comportant des chaînes horizontales ou inclinées.
- *Nettoyage* des isolateurs. On a vu, dans ce qui précède, que de bonnes propriétés d'autolavage peuvent redonner aux isolateurs leur primitive d'isolement, lorsqu'une pluie naturelle succède à une période de pollution de courte durée. Ces propriétés ont conduit à pratiquer le lavage périodique des isolateurs au jet (exemple, station de lavage mise au point par le bureau d'études" lignes ) ou leur nettoyage à la brosse (c'est d'ailleurs ce qui se pratiquait fréquemment). Mais de telles dispositions nécessitaient, en région très polluée des interventions fréquentes dans la période août - septembre qui apportent ainsi une sujétion sérieuse aux exploitations.

*Nota* : La protection des isolateurs par graissage (compound silicone) n'est pas retenue au sein des Services d'exploitation des lignes. Après une période donnée, la couche de graisse étalée sur la surface de l'isolateur accumulera les particules de poussières, qui sous l'effet de l'humidité, deviennent une source de problèmes pour l'isolateur. De même il faut noter les risques de glissade et de chute provoqués par les dépôts de graisse sur les échelles, lors de l'application du produit à la main.

### **3.3. Explication de l'importance de la précision de l'information issue d'un rapport**

Comme il était déjà indiqué, après chaque intervention d'entretien préventif les agents de la maintenance rédigent un rapport qui présente le compte-rendu des travaux effectués. Ce rapport a une très grande importance pour les raisons suivantes :

- les visites sont planifiées et périodiques;
- la vérification est faite par plusieurs intervenants qui donnent leurs points de vue et multiplient les jugements de défauts, ainsi que la précision des croquis;
- à la base des échanges d'information juste on peut prévoir plus précisément les travaux d'entretien curatif;
- le rapport donne la possibilité d'évaluer exactement les coûts des opérations.

**Module 21:**  
**TRANSPORT : TRAVAUX**  
**D'ENTRETIEN SUR UNE LIGNE**  
**GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**TP1 – Vérifier l'emprise d'une section de ligne**

### ***1.1. Objectifs visés***

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec la définition des points de vérification des lignes aériennes HT.

### ***1.2. Durée du TP***

Durée : 3 heures

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

- Plans des lignes aériennes HT;
- Réglementations en vigueur.

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

A la base des Réglementations en vigueur utiliser les plans des lignes pour élaborer le planning des points de vérification suivants :

- polluants;
- érosion;
- repousse;
- croisement des conducteurs;
- objets métalliques.

### ***1.5. Déroulement du TP***

Le formateur prépare pour chaque groupe de 3 stagiaires les plans d'implantation des lignes aériennes HT sur lesquels les stagiaires doivent indiquer les points de vérification avec l'indication des types d'emprises.

### **TP2 – Vérifier l'état de supports en bois et de supports métalliques**

## **II.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les vérifications des différents types de supports des lignes aériennes HT.

## **II.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

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

- Supports en bois;
- Supports métalliques;
- Outils de gros œuvres (pelles, pelle-bêche, pelle-pioche, pioche, etc.);
- Jumelles.

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

Elaborer un planning pour les travaux sur les points de vérification suivants :

- problèmes communs :
  - erreur de conception ;
  - bris, anomalies ;
  - surcharge mécanique ;
  - boulonnage ;
  - alignement, verticalité, etc.;
- support de bois :
  - pourriture ;
  - cassure ;
  - dommages dus aux insectes et aux animaux, etc.;
- supports métalliques :
  - rouille ;
  - oxydation ;

- corrosion galvanique, etc.

## **II.5. Déroulement du TP**

Chaque groupe de 3 stagiaires doit effectuer les travaux de vérification des supports en bois et des supports métalliques, de préparer à la fin un rapport avec les résultats selon les exigences et de le présenter au formateur.

Le formateur doit préparer pour chaque groupe de stagiaires un exemple de défaut pour les deux types de support et les stagiaires doivent proposer un plan d'entretien curatif.

A la fin des travaux ranger et nettoyer le matériel et l'outillage, instaurer la propreté et l'ordre dans l'aire de travail.

## **TP3 – Vérifier l'état des pièces de quincaillerie**

### **III.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les vérifications d'état des différents types de pièces de quincaillerie des lignes aériennes HT.

### **III.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

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

- Supports en bois avec l'armement et haubanage;
- Supports métalliques avec l'armement (de préférence différent de ce sur les supports en bois);
- Outils de gros œuvres (pelles, pelle-bêche, pelle-pioche, pioche, etc.);
- Jumelles

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

Elaborer un planning pour les travaux sur les points de vérification suivants :

- haubanage :
  - câble détendu ;
  - attache brisée ;
  - protège-hauban cassé ;
  - effet du gel, etc.
- conducteur de terre :
  - solidité des raccords ;
  - usure.
- autres pièces selon le type de support.

### **III.5. Déroulement du TP**

Chaque groupe de 3 stagiaires doit effectuer les travaux de vérification des différents types des pièces de quincaillerie, de préparer à la fin un rapport avec les résultats selon les exigences et de le présenter au formateur.

Le formateur doit préparer pour chaque groupe de stagiaires un exemple de défaut pour au moins deux types de pièces de quincaillerie et les stagiaires doivent proposer un plan d'entretien curatif.

#### **TP4 – Vérifier l'état des pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs**

#### **IV.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les vérifications d'état des différents types de pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs des lignes aériennes HT.

#### **IV.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

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

- Supports en bois avec l'armement complété des isolateurs, des conducteurs et des manchons;
- Supports métalliques avec l'armement complété des isolateurs, des conducteurs et des manchons (de préférence différent de ceux sur les supports en bois);
- Outils de vérification appropriés;
- Jumelles

#### **IV.4. Description du TP**

Elaborer un planning pour les travaux sur les points de vérification suivants :

- conducteurs:
  - corps étrangers ;
  - points de résistance ;
  - effet des conditions climatiques ;
  - cassures de torons ;
  - dégagement ;
  - état des pinces ;
  - état des amortisseurs.
- isolation :

- défauts mécaniques ;
  - défauts diélectriques ;
  - polluants ;
  - fissures, etc.
- câble de garde :
- corps étrangers;
  - desserrement des éléments ;
  - dégagement ;
  - état des câbles isolés, etc.

#### **IV.5. Déroulement du TP**

Chaque groupe de 3 stagiaires doit effectuer les travaux de vérification des différents types des pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs des lignes aériennes HT, de préparer à la fin un rapport avec les résultats selon les exigences et de le présenter au formateur.

Le formateur doit préparer pour chaque groupe de stagiaires un exemple de défaut pour au moins deux types de pièces des conducteurs, des manchons et des isolateurs et les stagiaires doivent proposer un plan d'entretien curatif.

#### **TP5 – Compléter le rapport concernant les défauts**

### **V.1. Objectifs visés**

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec l'élaboration d'un rapport complet (un compte-rendu) des défauts à partir d'un plan cadastral de ligne aérienne HT.

### **V.2. Durée du TP**

Durée : 5 heures

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

- Plan cadastral (voir l'exemple en annexe);
- Règlement de l'ONE en vigueur

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

En utilisant le plan cadastral élaborer un compte-rendu pour les travaux effectués sur un exemple de points de vérification présentés par le formateurs à chaque groupe :

- supports en bois;
- supports métalliques;
- haubanages;
- conducteur de terre;
- conducteurs;
- isolateurs;
- câble de garde;
- autres.

### **V.5. Déroulement du TP**

Chaque groupe de 3 stagiaires doit élaborer un rapport complet (un compte-rendu) de vérification des différents types de parties des lignes aériennes HT et de le présenter au formateur.

Le rapport doit contenir les informations suivantes :

- la date et l'heure de l'intervention ;
- la précision de l'intervenant et sa qualification ;
- l'équipement sujet de l'intervention;
- les pièces et la fourniture nécessaires et leurs quantité;
- les mesure de sécurité à entreprendre ;
- le numéro de bon de travail (élaborer un bon de travail exemplaire) ;
- le statut du travail : réalisé , en cours , à pour suivre;
- les quantités des pièces de rechange de la fourniture utilisées;
- et autres.....

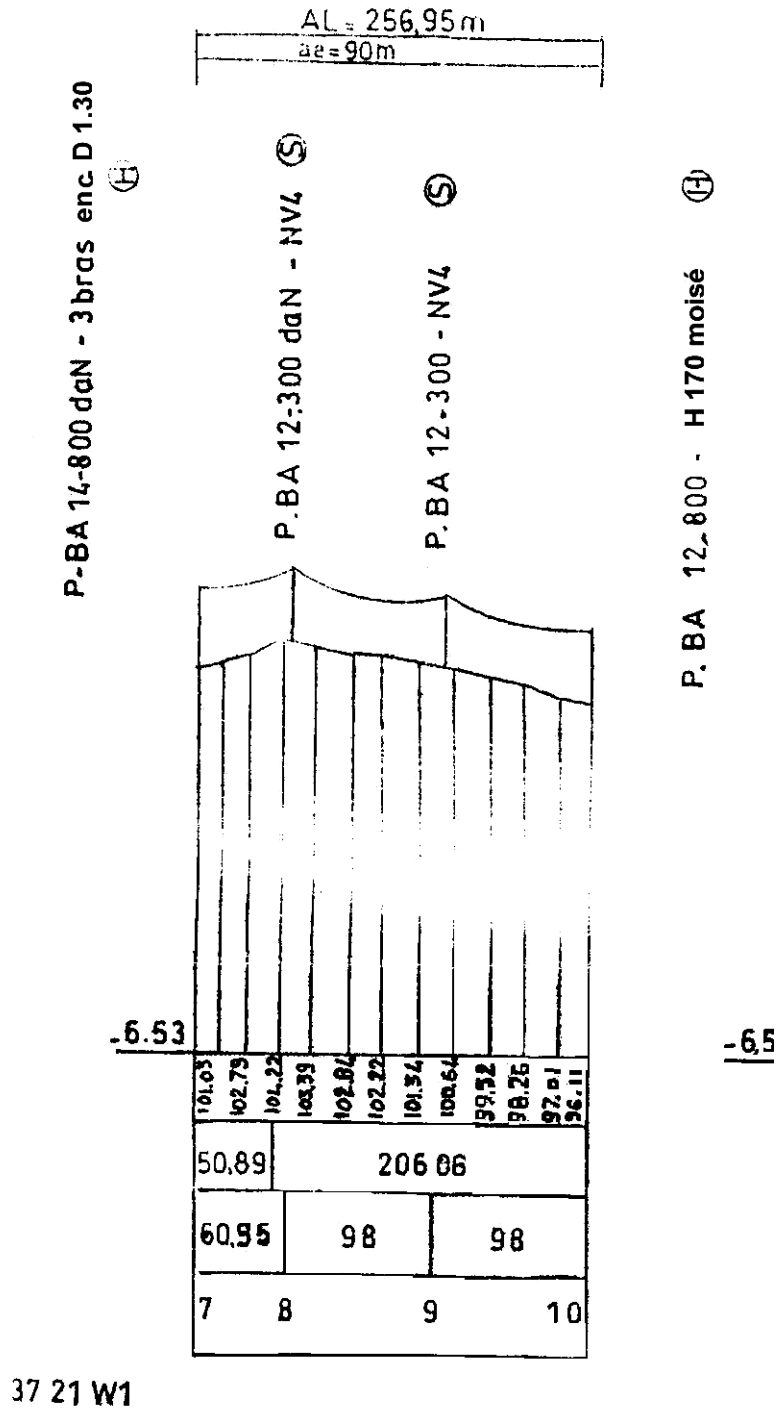
## ANNEXE

Exemple d'un plan d'implantation de ligne HT avec les indications des cotes, des types de supports, des dimensions.

Note : Les indications des armements sur la carte doivent être lues comme suit :

Alignement (S) chaînes EIV 2F4R + Pince d'alignement

Ancrage (H) chaînes EIV 3F4R + Pince d'ancrage



## TP6 – Remplacer un élément défectueux

### VI.1. Objectifs visés

Permettre aux stagiaires de se familiariser avec les règles à respecter et les procédures à appliquer pour des opérations de vérification d'état des différents types de pièces des lignes aériennes HT et de remplacement des défectueuses.

### VI.2. Durée du TP

Durée : 5 heures

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

- Supports en bois avec l'armement complété des isolateurs, des conducteurs et des manchons;
- Supports métalliques avec l'armement complété des isolateurs, des conducteurs et des manchons (de préférence différent de ceux sur les supports en bois);
- Outils de vérification appropriés;
- Jumelles;
- Outils d'électricien de réseau.

### IV.4. Description du TP

Éléments à remplacer :

- une chaîne d'isolateurs d'une ligne
  - sur portique en bois (120 kV);
  - sur portique métallique (120 kV);
- une cornière défectueuse d'un support métallique;
- une traverse d'un support sur portique en bois, etc.

### VI.5. Déroulement du TP

- Elaborer une séquence de travail :
  - sécurité : santé et sécurité au travail, travaux près des lignes sous tension, moyens de protection contre les chutes ;
  - application du régime de travail : retenue, autorisation de travail ;
  - procédure : méthodes utilisées, équipement requis, rôle des membres de l'équipe, contraintes, etc.
- Exécuter les travaux prévus ;
- Faire vérifier le travail par le formateur ;
- Ranger le matériel, enrrouler les câbles te les cordages, nettoyer l'aire de travail.

***Module 21:  
TRANSPORT : TRAVAUX  
D'ENTRETIEN SUR UNE LIGNE  
EVALUATION DE FIN DE MODULE***

***O.F.P.P.T.  
EFP***

MODULE 21 :        **TRANSPORT : TRAVAUX D'ENTRETIEN SUR UNE LIGNE**

---

**FICHE DE TRAVAIL**

Stagiaire : \_\_\_\_\_

Code :

Formateur : \_\_\_\_\_

---

Durée : 8 heures

---

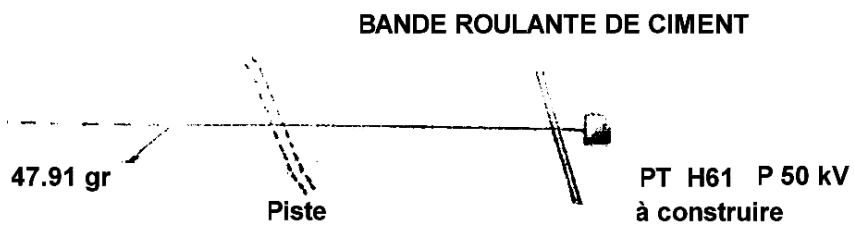
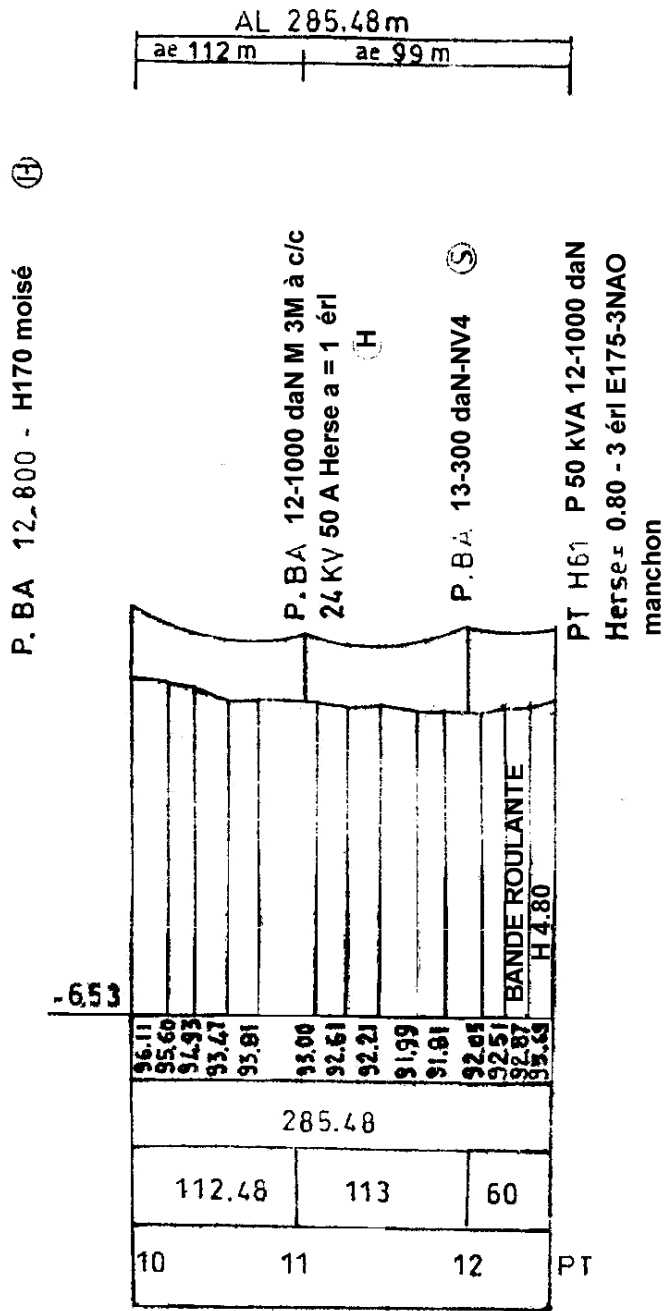
**(Exemple)**

Pour la tranche de la ligne aérienne donnée en annexe :

- reconnaître les indications de tous les éléments sur le plan cadastral ;
- élaborer un plan de visite théorique avec l'équipement nécessaire selon le type et l'emplacement des poteaux sur le terrain ;
- effectuer les travaux de visite sur un poteau semblable à un poteau sur le plan cadastral, choisi par le formateur sur le cite des travaux pratique ;
- effectuer les travaux de remplacement d'au moins deux éléments désignés par le formateur sur le même ou d'autre poteau semblable à un poteau sur le plan cadastral ;
- préparer un rapport des travaux effectués.

Note : Selon le niveau de difficultés, le travail pratique peut être effectuer par groupe de deux ou plus de stagiaires suivant l'appréciation du formateur.

ANNEXE



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

**Filière : Electricité de réseau**

**Niveau : Qualification**

**Epreuve de fin de module**

### **FICHE D'EVALUATION**

Stagiaire : .....

Code :

<b>N°</b>	<b>Description</b>	<b>Barème</b>	<b>Note</b>
1	Indication des éléments sur le plan cadastral	12	
2	Elaboration de plan de visite théorique	8	
3	Travaux de visite effectués sur un poteau désigné par le formateur	14	
4	Travaux de remplacement des éléments défectueux	18	
5	Préparation du rapport des travaux effectués	8	
	<b>TOTAL</b>	60	