

# CHAPITRE II - Organisation du transport de l'énergie électrique

## Introduction

Une ligne aérienne est constituée principalement d'un ensemble de conducteurs assurant avant tout la continuité électrique et réalisant une connexion entre deux nœuds d'un réseau électrique. Les lignes aériennes peuvent être classées suivant les fonctions qu'elles assurent dans le réseau.

- Lignes de grand transport : elles permettent l'évacuation de l'énergie produite par un centre de production vers un centre de consommation ou vers les grands postes d'interconnexion.
- Lignes d'interconnexion : elles assurent la mise en commun des ressources de production de plusieurs régions ou pays et facilitent ainsi le secours mutuel lors de situations particulières affectant la consommation, l'hydraulicité, la disponibilité des équipements, etc. Les lignes d'interconnexion constituent un réseau maillé.
- Lignes de répartition : elles dirigent l'énergie depuis les grands postes d'interconnexion vers les postes alimentant les réseaux de distribution ou ceux des grands clients nationaux.
- Lignes de distribution : elles acheminent l'énergie aux différents consommateurs ; ces lignes se décomposent en lignes d'ossature à forte section de conducteur et en lignes d'écart, essentiellement radiales, généralement plus légères.

Le calcul des lignes fait intervenir différentes notions théoriques, très spécifiques et utilisées presque exclusivement par les constructeurs et exploitants des réseaux électriques.

## 1. Lignes de transport d'énergie électrique

**1.1 Les éléments des lignes électriques:** Une ligne électrique se compose de conducteurs, d'isolateurs et de supports.

### 1.1.1 Les conducteurs

Les conducteurs des lignes aériennes à haute tension sont toujours nus. On emploie presque exclusivement des conducteurs en cuivre et des conducteurs en aluminium avec âme en acier (ACSR «Aluminum cable steel reinforced») figure 1 ; ces derniers sont généralement les plus économiques.



Fig. 1 conducteur en aluminium avec âme en acier (ACSR Aluminum cable steel reinforced)

De nombreux critères interviennent dans le choix des conducteurs d'une ligne aérienne. Les plus importants sont examinés ci-après.

#### a. Échauffement des conducteurs. Intensité de courant admissible

- L'intensité de courant admissible dans les conducteurs est déterminée en évaluant leur température en fonction des conditions climatiques et en respectant une valeur limite à ne pas dépasser.
- Les conducteurs s'échauffent principalement par effet Joule et se refroidissent par convection naturelle en air calme ou convection forcée sous le vent. Leur **température** est fonction de l'intensité du courant circulant dans la ligne, de la température ambiante et des conditions de refroidissement.
- Les conducteurs, par ailleurs, soumis à des températures élevées et à des échauffements répétés doivent conserver approximativement leurs caractéristiques initiales, mécaniques et électriques, pendant la durée de vie de l'ouvrage. Leur température maximale ne doit pas dépasser une **valeur limite**, au-delà de laquelle la tenue des matériaux constituant le câble et les manchons serait compromise.
- Il résulte des considérations précédentes que la **puissance électrique** pouvant être transportée dans une ligne aérienne dépend de la saison et des conditions climatiques des régions traversées. Cette sujétion compliquée, bien évidemment, la tâche des exploitants de réseaux.

**b. Résistance mécanique :** La résistance mécanique des câbles est fonction de leur constitution (câbles bimétalliques alu-acier ou aluminium-acier, câbles homogènes en alu-acier, etc.) et de leur section.

■ Le **choix du câble** devant équiper une ligne aérienne, parmi ceux pouvant transporter la puissance électrique demandée, est fonction de diverses considérations intervenant dans la tension mécanique maximale qu'il devra supporter :

- l'**environnement climatique** : vitesse des vents dominants, surcharge de givre ou de neige ;
- le **profil en long** de la ligne, notamment la nécessité de construire des grandes portées ;
- les **conditions de pose** choisies par le maître d'œuvre, caractérisées par la tension ou le paramètre de réglage à 15 °C sans vent qui déterminent, en fait, l'architecture de la ligne (longueur des portées, hauteur des supports, efforts appliqués aux pylônes d'angle et d'arrêt) ; les lignes établies sur des poteaux en béton ou en bois, sont, dans le cas général, moins tendues que les lignes haute tension équipées de pylônes métalliques.

■ En terrain vallonné, sans difficultés particulières, les **paramètres de réglage**, pour les câbles usuels, sont déduits de l'expérience et conduisent à la fois à utiliser au mieux la résistance mécanique des câbles et à réduire le nombre ou la hauteur des supports. En terrain accidenté ou dans les zones où les surcharges de givre ou de neige sont importantes, le maître d'œuvre doit souvent utiliser des câbles très résistants et les paramètres de réglage doivent être adaptés au profil du terrain.

■ Les **réglementations** nationales fixent généralement les conditions dans lesquelles la résistance mécanique des ouvrages doit être vérifiée par le calcul. Le maître d'œuvre peut, en outre, tenir compte des phénomènes locaux qui peuvent provoquer des contraintes plus sévères que les hypothèses de calcul réglementaires. Les vérifications permettent de justifier le choix d'un câble dans son utilisation particulière ou, plus globalement, de déterminer les limites d'emploi des différents câbles. L'Arrêté technique est révisé tous les 10 ans environ pour tenir compte des évolutions techniques et du retour d'expérience en matière d'accidents.

#### c. Chutes de tension

- Les chutes de tension dans une ligne aérienne sont calculées avec ses **caractéristiques électriques**.
- La **résistance linéique** dépend de la nature et de la section des conducteurs.
- La **réactance linéique** est toujours voisine de :

- 0,4  $\Omega$ /km pour un conducteur par phase ;
- 0,3  $\Omega$ /km pour deux conducteurs par phase, en faisceau ;
- 0,26  $\Omega$ /km pour trois ou quatre conducteurs par phase, en faisceau.

■ Sur les lignes à haute tension HTB, la réactance est prépondérante et le choix du conducteur n'a guère d'influence sur les chutes de tension. Par contre, sur les lignes à haute tension HTA et à basse tension, la section peut avoir une influence notable sur ces chutes, lorsque les lignes sont longues.

#### d. Effet couronne

Sur les lignes à haute tension, le diamètre des conducteurs doit être suffisamment grand pour minimiser les pertes d'énergie active, les troubles radioélectriques et le bruit audible dus à l'effet couronne. En général, le diamètre est artificiellement augmenté par l'utilisation de conducteurs en faisceau.

#### e. Densité de courant économique

Le compromis "coût de la ligne - coût des pertes en ligne" conduit à la règle bien connue de Kelvin et à la notion de densité de courant économique, en régime normal, généralement très inférieure aux densités maximales que peuvent supporter les ouvrages.

■ Le **coût d'une ligne** suit assez bien une loi de la forme :

$$C_t = a + bU + c\mathcal{F}$$

avec  $\mathcal{F}$  section du conducteur,  
 $U$  tension nominale.

#### f. Tenue aux courants de court-circuit

Les conducteurs sont parcourus, en cas de défaut, par des courants de court-circuit et subissent des échauffements brutaux. Ces échauffements, sont fonction du temps d'élimination des défauts.

Les équipements de protection électronique ont notablement diminué ces temps d'élimination et la tenue aux courants de court-circuit intervient peu dans le choix de la section des conducteurs. Cependant, ces courants interviennent de façon importante dans la section des câbles de garde.

#### Critères principaux retenus pour le choix de la section des conducteurs

En reprenant la classification des lignes électriques figurant dans l'introduction, on peut indiquer, en conclusion, les critères les plus couramment retenus pour le choix de la section des conducteurs.

- Les **lignes de grand transport et d'interconnexion** fonctionnent le plus souvent à la tension de 400 kV.
  - La section des **lignes d'évacuation de centrales** est déterminée par l'effet couronne et par la densité de courant économique.
  - La section des **lignes d'interconnexion** est déterminée par l'effet couronne et par l'intensité de courant admissible ; celle-ci n'est atteinte, le plus souvent, qu'en régime de secours (perte d'une ligne ou d'une centrale de production).
- Les **lignes de répartition** fonctionnent le plus souvent à une tension voisine de 100kV (90kV ou 63kV). Leur section est déterminée par l'intensité de courant admissible qui doit être suffisante pour alimenter les points de livraison à haute tension dans les situations les plus défavorables
- La section des **lignes de distribution** (lignes à haute tension HTA et lignes à basse tension) est déterminée par l'intensité de courant admissible, mais, également, par les limites imposées aux chutes de tension ou par la nécessité d'utiliser, pour des raisons mécaniques, une section plus importante que celle nécessaire pour la desserte électrique.

#### 1.1.2 Les isolateurs.

Les isolateurs servent à supporter et à amarrer (fixer, attacher) les conducteurs et à les isoler entre eux et de la terre. Ils sont presque toujours en porcelaine.

Au point de vue électrique, les isolateurs doivent offrir une grande résistance d'isolement afin qu'ils ne soient ni contournés en surface, ni perforés à travers leur masse par les tensions élevées qu'ils ont à supporter normalement. Afin d'augmenter leur distance de contournement, on leur donne une forme de jupe.

Au point de vue mécanique, ils doivent être assez résistants pour supporter les forces énormes dues au poids et à la tension mécanique des conducteurs.

Les isolateurs sont de deux types principaux:

**Rigides** et à **chaîne** (Fig. 2.a et 2.b). La partie supérieure **des isolateurs rigides** sur laquelle est fixé le conducteur est constituée d'une ou de plusieurs jupes en porcelaine. Une tige vissée à l'intérieur des isolateurs permet de les fixer à un support. Pour des tensions supérieures à 70 kV, on emploie toujours des **chaînes d'isolateurs** constituées d'un certain nombre d'éléments en porcelaine réunis par des pièces métalliques. Le nombre d'éléments varie avec la tension: pour une tension de 110 kV, on en admet de 4 à 7, pour une tension de 230 kV, de 13 à 16. La Fig. 46-3c montre les isolateurs composés de quatre chaînes de 35 éléments, utilisés sur une ligne à 735 kV.

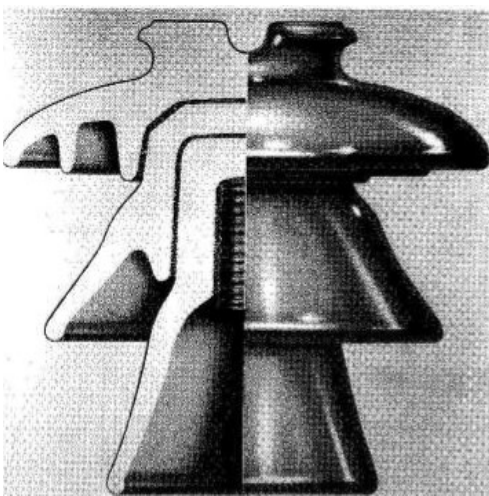


Figure 2.a Vue en coupe d'un isolateur rigide à 69 kV.

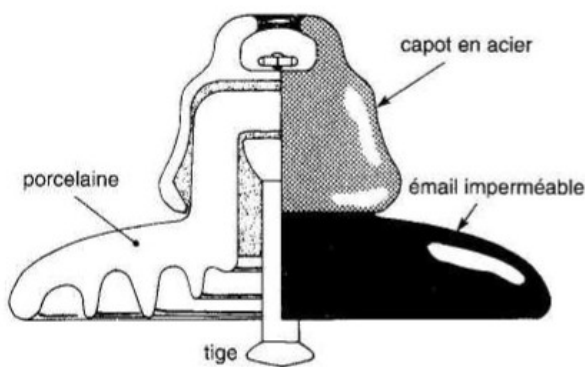


Figure 2.b. Vue en coupe d'un élément d'isolateur à chaîne.

**1.1.3 Les supports.** Les supports maintiennent les conducteurs à une hauteur convenable au-dessus du sol par l'intermédiaire de traverses ou bras. Pour les lignes à très haute tension, on emploie toujours des pylônes métalliques. Ils sont constitués de fers corniers boulonnés (Fig. 3.a). La distance entre les fils conducteurs doit être suffisante pour empêcher leur contact, même sous l'action d'un vent violent. L'écartement entre les

fil doit être d'autant plus grand que la distance entre les pylônes est plus grande et que la tension de la ligne est plus élevée. Par exemple, l'écartement entre les phases est habituellement de 12 m sur les lignes à 735 kV.

distingue deux grandes classes des supports, l'une dans laquelle les conducteurs sont disposés en étage pylône triangle, drapeau, double drapeau, double triangle, et l'autre dans lequel les conducteurs sont disposés au même niveau pylône nappe et nappe voûte.

Dans l'établissement d'une ligne aérienne, il faut tenir compte des conditions climatiques. Ces derniers jouent un rôle très important dans le dimensionnement des conducteurs et des supports, ces conditions concernent en particulier :

- les températures ;
- l'action du vent ;
- l'action du givre;



Fig 3.a : des pylônes métalliques

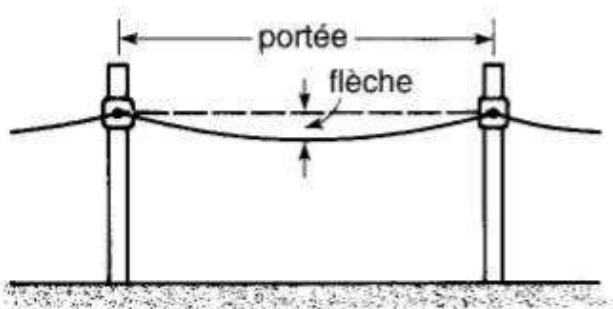
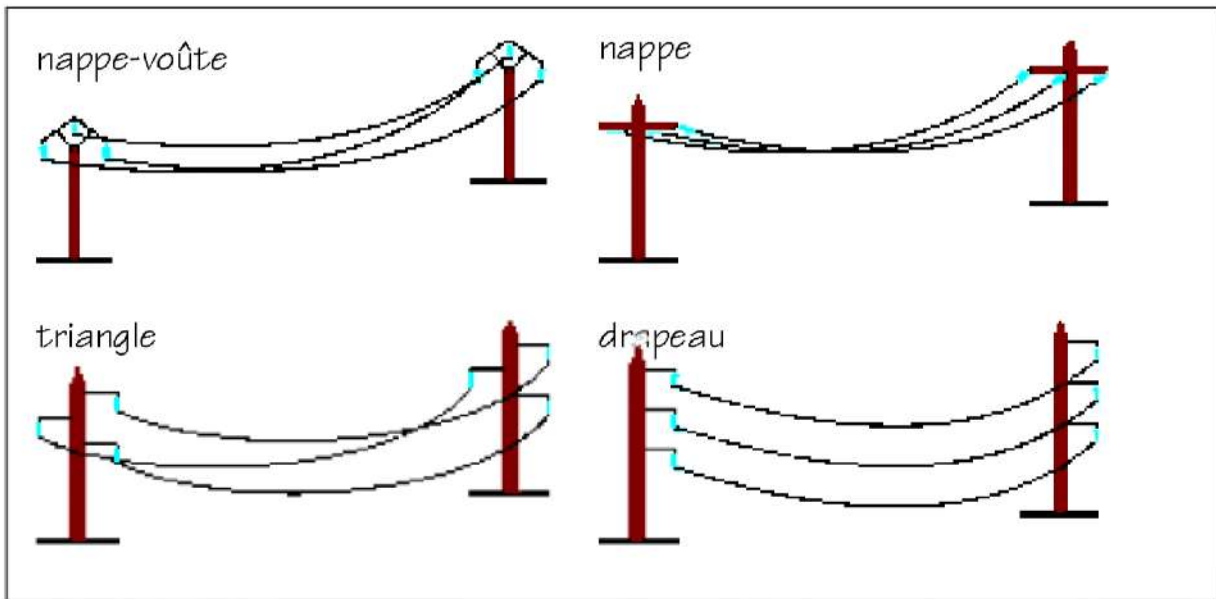


Fig. 3.b : Flèche et portée d'une ligne

Il existe quatre modèles de support: nappe, nappe-voûte, triangle et drapeau. Pour chaque modèle de support, il existe trois types de support : suspension (alignement), arrêt (ancrage) et angle.



Les supports de suspension ou d'alignement ont uniquement pour rôle de maintenir les conducteurs à une hauteur suffisante au-dessus du sol et doivent donc supporter les efforts dûs au poids des conducteurs d'une part, et les efforts transversaux du vent sur les conducteurs et le support lui-même d'autre part.

Les supports d'arrêt et d'ancrage ont au départ les mêmes caractéristiques, mais ils doivent en outre être capable de faire face à une défaillance dans le sens longitudinale et éviter la propagation d'un défaut de type mécanique (par exemple rupture des trois phases).

Enfin les supports d'angle sont utilisés lorsque l'on veut ou l'on doit imposer un changement de direction à la ligne.

L'armement d'un support est composé de différents matériels participant à la fixation des conducteurs ou des ferrures sur des supports. Ils ont essentiellement une fonction mécanique. Les accessoires couramment rencontrés sont les suivant (Figure 4) : les pinces de suspension, les pinces d'ancrage, renvoie d'angle, collier....



Figure 4.a: Pince d'ancrage HT



Figure 4.b: Pince d'alignement HT

**2.0. Réseaux de distribution HTA :** Le réseau HTA est constitué par l'ensemble des départs issus des postes-sources. Le nombre de départs par poste-source varie de quelques unités à plusieurs dizaines. Les départs HTA alimentent les postes des clients raccordés en HTA et les postes HTA/BT dits « de distribution publique » servant à l'alimentation des clients basse tension. Le niveau de la tension HTA en Algérie est de 30 et 10 kV.

**2.1 Caractéristiques d'alimentation HTA**

A partir du poste MT (appelé poste source HTA) la distribution d'énergie électrique se fait en général soit en 30 kV soit en 10 KV jusqu'à la sous-station MT (appelée poste HTA), qui peut être un poste HTA/BT du réseau public ou un poste client HTA. Les postes clients HTA sont appelés postes de livraison à comptage BT (fig 1a) ou à comptage HTA (fig 1b). La structure d'un raccordement au réseau HTA dépend :

- des caractéristiques des réseaux aériens ou souterrains voisins,
- du degré de continuité de service recherché par l'utilisateur qui peut demander une deuxième alimentation sur un réseau adjacent ou même sur un poste source voisin.

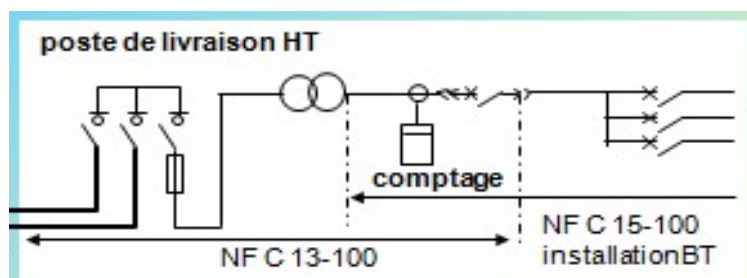


Fig. 1a : Poste de livraison à comptage BT

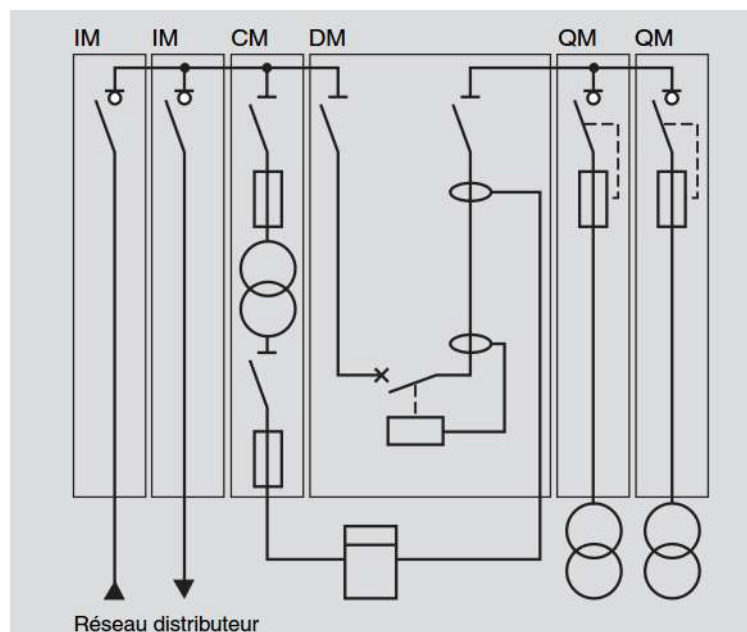


Fig. 1b : Poste de livraison à comptage HTA

**Tension nominale :** Le niveau d'isolement de l'appareillage HTA est choisi en fonction de la tension nominale du réseau d'alimentation (fig.2).

tension nominale du réseau d'alimentation (kV)	$U \leq 6,6$	$6,6 < U \leq 22$	$22 < U \leq 33$
tension la plus élevée assignée pour le matériel HTA (kV)	7,2	24	36

Fig. 2 : Tension assignée en fonction de la tension nominale du réseau d'alimentation.

## 2.2 Différents types d'alimentation HTA

En fonction de la structure du réseau moyenne tension, les schémas d'alimentation peuvent être des types suivants.

### 2.2.1 Raccordement sur un réseau radial HTA : simple dérivation

Le poste est alimenté par une dérivation du réseau radial (aérien ou câble), aussi appelé réseau en antenne, de distribution moyenne tension. Ce type de réseau permet une alimentation unique pour les récepteurs (Fig. B3). Le poste comporte, en règle générale, une cellule arrivée et protection générale par interrupteur-sectionneur et fusibles avec des sectionneurs de mise à la terre, comme indiqué en Figure B3. Dans certains pays un transformateur monté sur poteau, sans interrupteur-sectionneur ou fusibles (installés sur le poteau), constitue le «poste». Ce type de distribution est très courant dans les zones rurales. Les dispositifs de protection et de manœuvre sont éloignés du transformateur et commandent généralement une ligne aérienne principale sur laquelle sont connectées des lignes aériennes secondaires. Le poste haut de poteau ne comporte pas d'appareillage à moyenne tension et la puissance de son transformateur est limitée à 160 kVA.

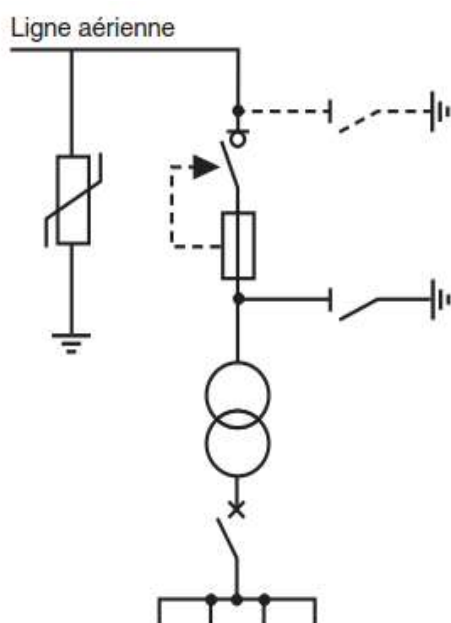


Fig. B3 : Schéma en simple dérivation (une alimentation)

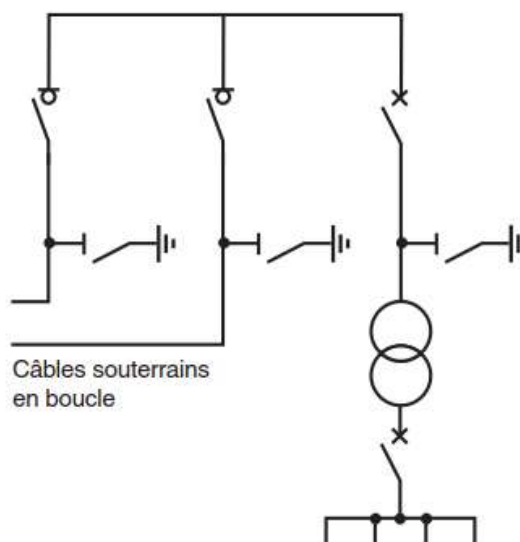


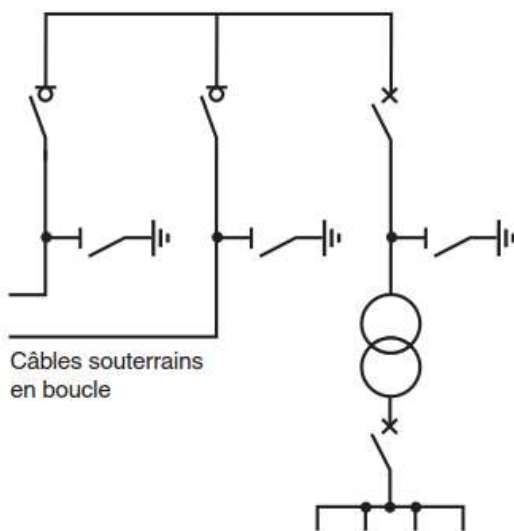
Fig. B4 : Schéma en coupure d'artère (deux alimentations). La protection du transformateur est assurée, selon les normes en vigueur, par disjoncteur ou interrupteur-fusible comme en figure B3

### 2.2.2 Raccordement sur une boucle HTA : coupure d'artère

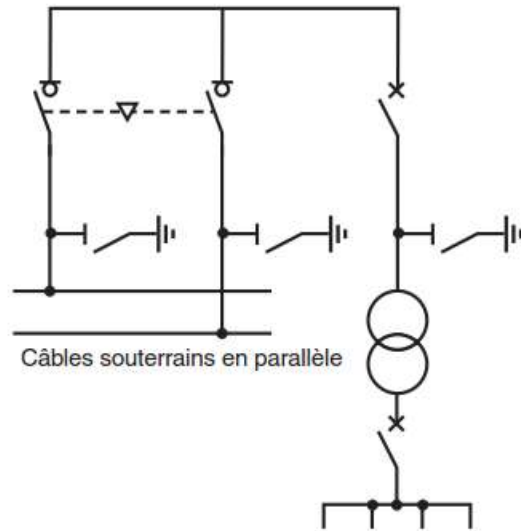
L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau de distribution HTA en boucle, et permet le passage du courant de la ligne via un jeu de barres. Ce type de raccordement permet deux alimentations possibles pour les récepteurs (Fig. B4). Le poste comporte trois cellules moyennes tension ou une unité intégrée type «Ring Main Unit» réalisant les fonctions suivantes :

- 2 arrivées avec interrupteur-sectionneur, insérées sur la boucle et connectées à un jeu de barres
- 1 départ transformateur, raccordé au jeu de barres, comportant une protection générale par interrupteur-fusibles, par combiné interrupteur-fusibles ou par disjoncteur.

Tous ces appareillages sont équipés de sectionneurs de mise à la terre. Tous les interrupteurs et les sectionneurs de mise à la terre ont un pouvoir assigné de fermeture permettant leur fermeture sur le courant de court-circuit du réseau. Ce schéma permet à l'utilisateur de bénéficier d'une alimentation fiable à partir de deux départs HTA, ce qui limite les temps d'interruption en cas de défaut ou de travaux sur le réseau du distributeur(1). Les domaines d'utilisation de ce schéma sont les réseaux souterrains de distribution publique HTA, en zone urbaine.



Câbles souterrains en boucle



Câbles souterrains en parallèle

**Fig. B4 :** Schéma en coupure d'artère (deux alimentations). La protection du transformateur est assurée, selon les normes en vigueur, par disjoncteur ou interrupteur-fusible comme en figure B3

**Fig. B5 :** Schéma en double dérivation (deux alimentations). La protection du transformateur est assurée selon les normes locales par disjoncteur ou interrupteur-fusible comme en figure B3

### 2.2.3 Raccordement sur deux câbles HTA en parallèle : double dérivation

Lorsqu'il est possible de disposer de deux câbles souterrains en parallèle pour alimenter un poste, on utilise un tableau HTA similaire à celui du poste en coupure d'artère (Fig. B5). La principale différence avec le poste en coupure d'artère est que les deux interrupteurs-sectionneurs sont interverrouillés de façon à ce qu'un seul d'entre eux puisse être fermé à la fois, sa fermeture interdisant celle de l'autre interrupteur. En cas de perte de l'alimentation, l'interrupteur d'arrivée correspondant doit être ouvert et l'interverrouillage doit permettre de fermer l'interrupteur qui était ouvert. Cette séquence peut être réalisée de façon manuelle ou automatique. Les

domaines d'utilisation de ce schéma sont les réseaux de certaines villes à forte densité ou en extension alimentés par câbles souterrains. Dans quelques pays ce type d'alimentation, avec automatisme de permutation est utilisé, voire exigé, pour certaines installations à activité critique comportant une nécessité de double alimentation (ex : hôpitaux).

## 2.3 Quelques aspects pratiques des réseaux de distribution HTA

**2.3.1. Réseaux aériens :** Sous l'action du vent, du gel..., les conducteurs peuvent entrer en contact et entraîner un court-circuit momentané (non permanent). L'expérience montre que, dans la grande majorité des cas, le remplacement des fusibles ou la refermeture du disjoncteur restaure l'alimentation. Pour cette raison, il est possible d'améliorer considérablement la continuité de service des réseaux aériens en utilisant des disjoncteurs équipés d'automatismes de ré-enclenchement sur les départs concernés. Ces automatismes permettent un certain nombre de manœuvres de refermeture si un premier essai ne réussit pas, avec des temporisations réglables entre essais successifs (de façon à permettre la dé-ionisation de l'air au niveau du défaut) avant que la fermeture finale du disjoncteur n'intervienne après tous (en général trois) les essais infructueux. D'autres améliorations de la continuité de service sont aussi possibles par l'utilisation d'interrupteurs télécommandés sur des tronçons de réseaux et par des interrupteurs-sectionneurs d'isolement de sections fonctionnant en coordination avec un disjoncteur réenclencheur.

Sur les réseaux HTA la plus par des disjoncteurs de chaque départ de poste source est équipé d'un automatisme de ré-enclenchement qui assure des cycles d'ouverture-fermeture (Fig. B6). La continuité de service est encore améliorée par des interrupteurs télécommandés (IAT) et des automatismes en réseau (IACT : interrupteur aérien à coupure dans le creux de tension).

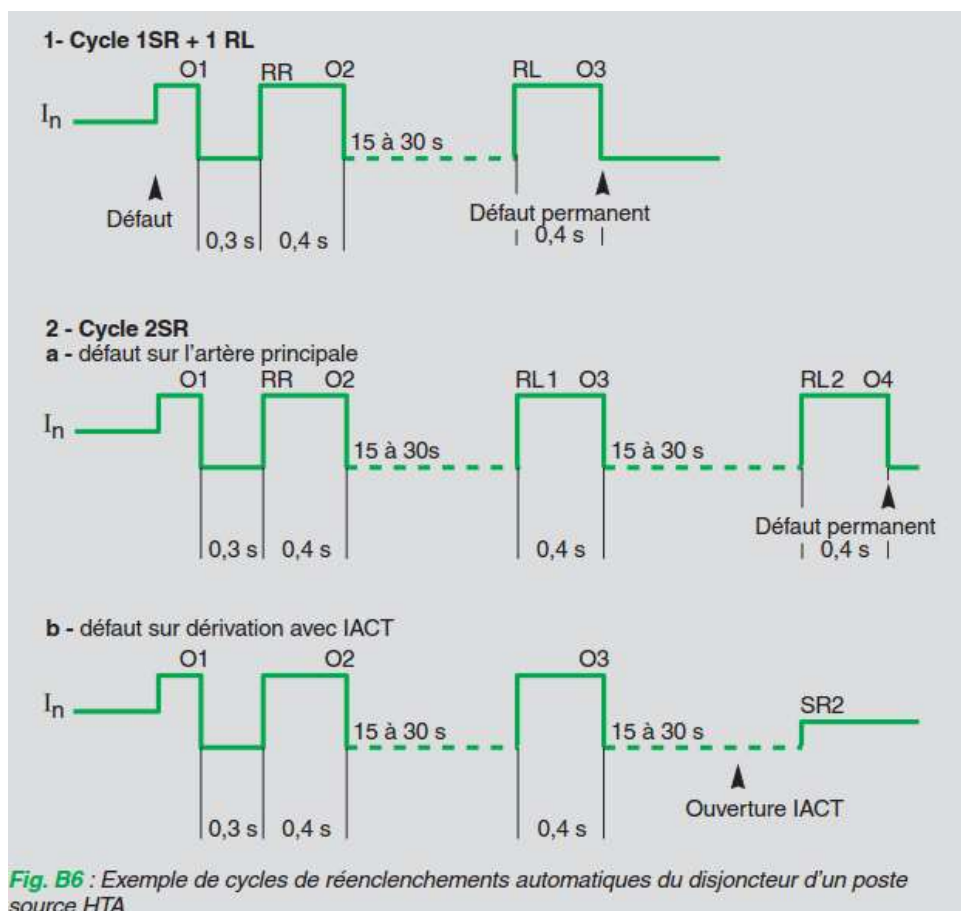
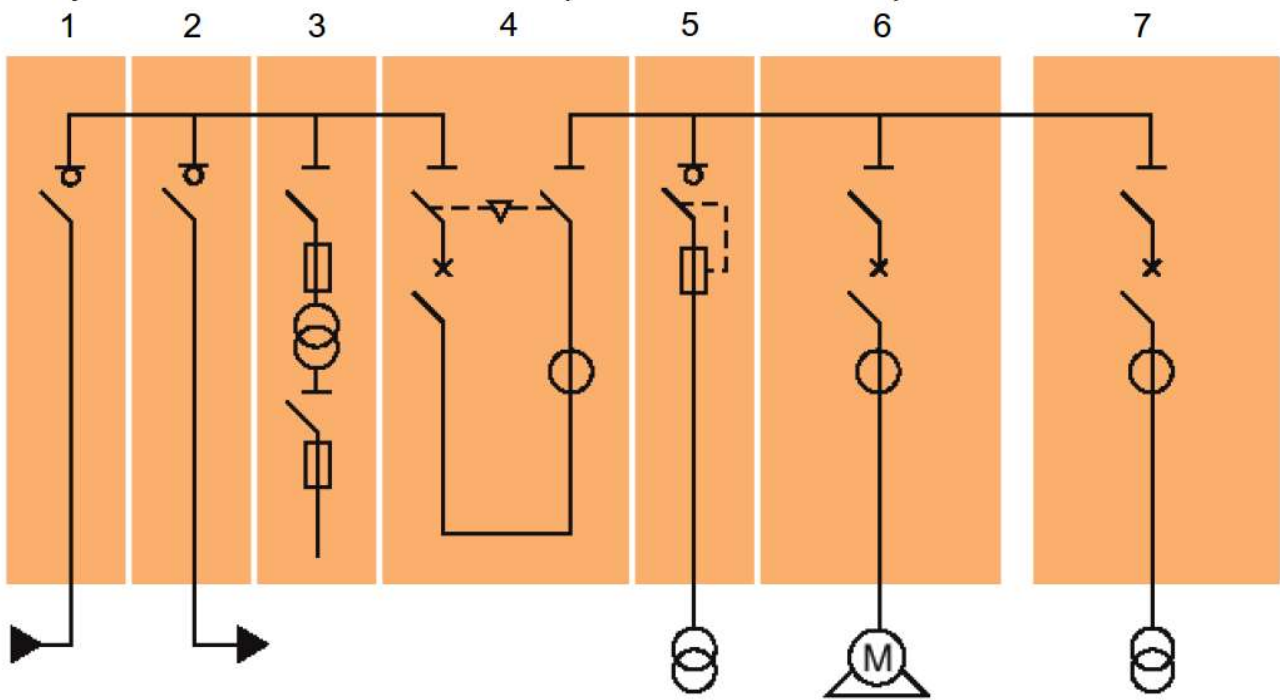


Fig. B6 : Exemple de cycles de réenclenchements automatiques du disjoncteur d'un poste source HTA

Exemple constitution d'un tableau HTA (constitué de 7 cellules)



**Cellules 1 & 2 :** Il s'agit de 2 cellules interrupteur. Ces cellules permettent l'alimentation de l'usine suivant une structure en boucle ouverte (coupure d'artère). Elles ne sont manoeuvrables que par le gestionnaire du réseau.

**Cellules 3 & 4 :** Il s'agit d'une cellule "transfo. de tension" et d'une cellule "double sectionnement avec transfo. de courant". Les transformateurs de mesure permettent de réaliser le comptage électrique de l'usine (comptage côté HTA). Le disjoncteur est calibré suivant le contrat souscrit avec le fournisseur d'électricité, autorisant ou non des dépassements de puissance.

**Cellule 5 :** Il s'agit d'une cellule "interrupteur-sectionneur fusible" qui permet la protection du transformateur HTA/BTA n°1 de l'usine.

**Cellule 6 :** Il s'agit d'une cellule "disjoncteur avec TC" qui permet la protection du moteur HTA de l'usine.

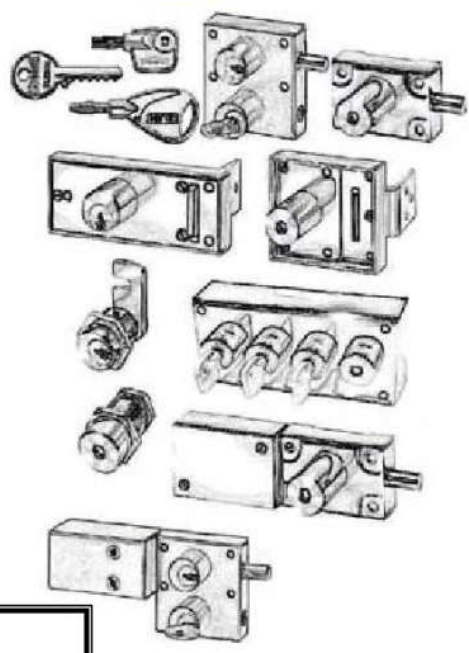
**Cellule 7 :** Il s'agit d'une cellule "disjoncteur avec TC" qui permet la protection du transformateur HTA/BTA n°2 de l'usine.

**Nota 1 :** bien que cela ne soit pas représenté sur le schéma simplifié ci-dessus, chaque cellule possède à minima un sectionneur de mise à la terre.

**Nota 2 :** la largeur des cellules (couleur orange) représente la largeur physique réelle de celles-ci. En effet, les cellules 4, 6 et 7 (exemple : 750mm) sont 2 fois plus large que les cellules 1, 2, 3 ou 5 (exemple : 375mm).

## SYSTEME DE VERROUILLAGE PAR CLEFS

Les systèmes d'interverrouillage de sécurité mettent en oeuvre plusieurs serrures afin d'obliger toute personne qui intervient sur une installation électrique dangereuse à respecter scrupuleusement des manipulations logiques successives. Celles-ci autorisent alors les manoeuvres prévues (grâce à des transferts de clefs), mettant ainsi l'installation en situation de sécurité absolue.



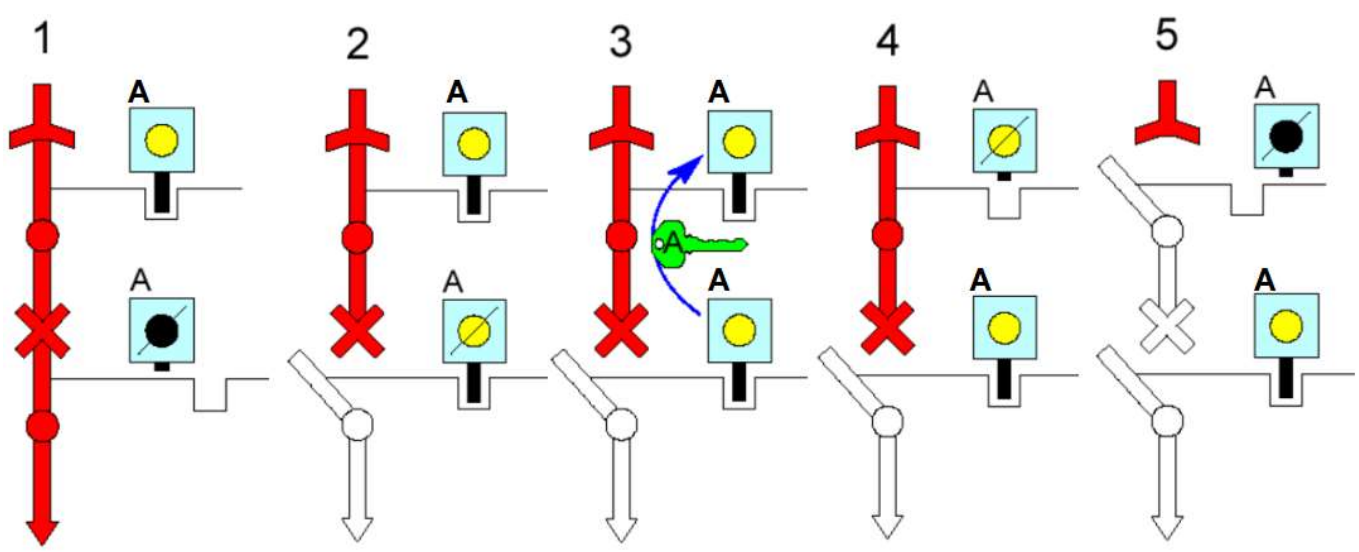
**Objectifs :**

- Garantir la sécurité des personnes utilisant des installations électriques dangereuses.
- Assurer la protection de ces installations électriques en évitant les fausses manoeuvres.

**Légende des schémas :**

Clef absente	Clef présente ou libre	Clef prisonnière

**Exemple de séquence obligatoire permettant : l'ouverture du sectionneur**



**Partie ROUGE : sous tension**

**Partie BLANCHE : hors tension**

## DECOMPOSITION DE LA SEQUENCE :

1/ **Etat initial** : la ligne est sous tension.

**Disjoncteur** : fermé, clef prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

**Sectionneur** : fermé, clef absente, pêne sorti, appareil bloqué.

2/ **Ouverture du disjoncteur** : il s'agit de la seule manoeuvre possible.

**Libération de la clef A**, ce qui a pour effet de verrouiller le disjoncteur en position ouverte. La charge n'est plus alimentée.

3/ **Transfert de la clef A sur la serrure du sectionneur.**

4/ **Rotation de la clef A** : ce qui a pour effet de sortir le pêne pour libérer la manoeuvre du sectionneur.

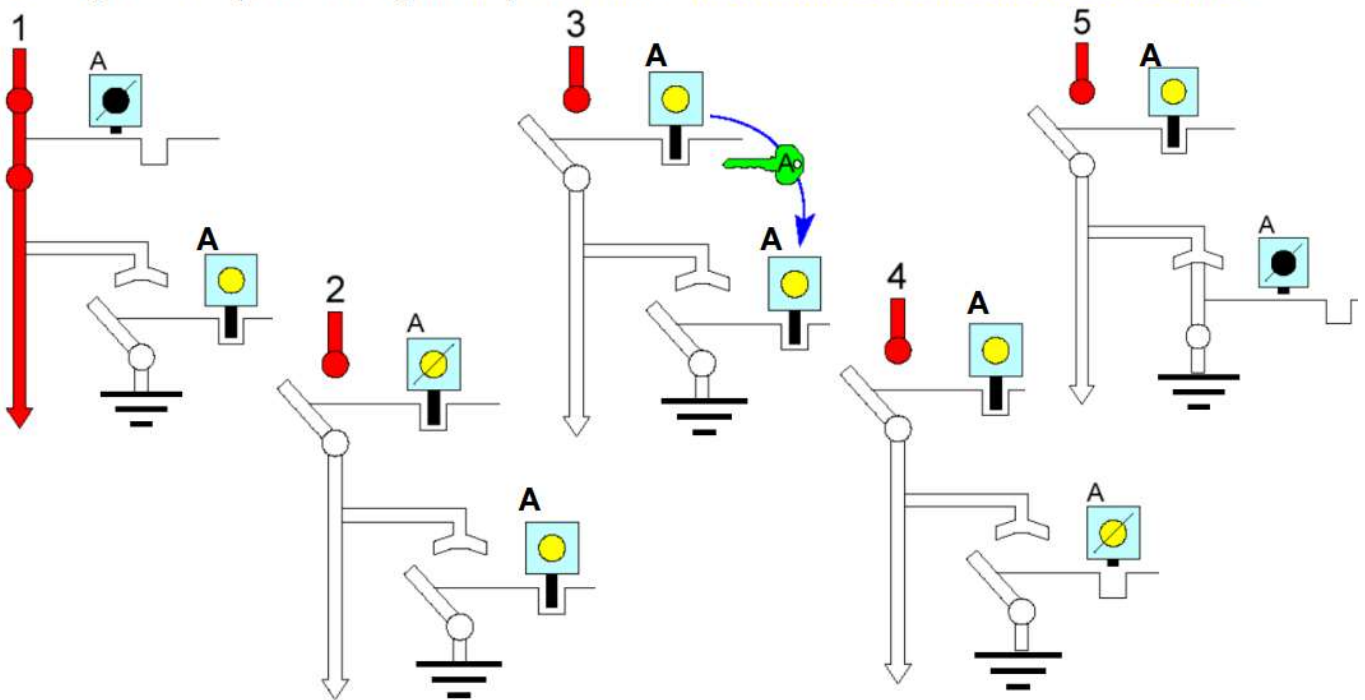
5/ **Ouverture du sectionneur** : objectif atteint.

**Disjoncteur** : ouvert, clef absente, pêne sorti, appareil bloqué.

**Sectionneur** : ouvert, clef prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

**Nota : le but de cette manoeuvre consiste à s'assurer que l'intervenant ne puisse pas ouvrir le sectionneur en charge.**

Exemple de séquence obligatoire permettant : **la fermeture d'un sectionneur de terre**



Partie ROUGE : sous tension

Partie BLANCHE : hors tension

## DECOMPOSITION DE LA SEQUENCE :

1/ **Etat initial** : la ligne est sous tension.

**Interrupteur** : fermé, clef prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

**Sectionneur** : ouvert, clef absente, pêne sorti, appareil bloqué.

2/ **Ouverture de l'interrupteur** : il s'agit de la seule manoeuvre possible.

**Libération de la clef A**, ce qui a pour effet de verrouiller l'interrupteur en position ouverte. La charge n'est plus alimentée.

3/ **Transfert de la clef A sur la serrure du sectionneur.**

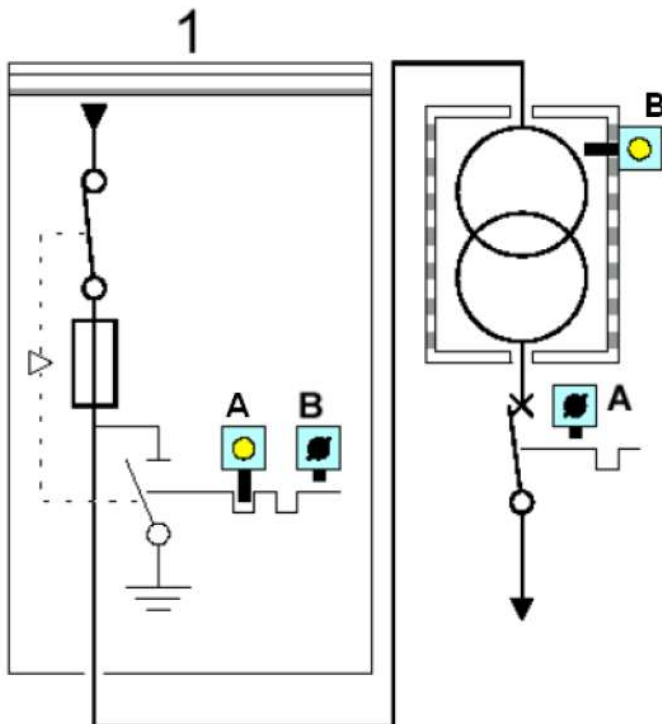
4/ **Rotation de la clef A** : ce qui a pour effet de sortir le pêne pour libérer la manoeuvre du sectionneur.

5/ **Ouverture du sectionneur** : objectif atteint.

**Interrupteur** : ouvert, clef absente, pêne sorti, appareil bloqué.

**Sectionneur** : fermé, clef prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

Exemple de séquence obligatoire permettant : **l'accès au local transformateur HTA/BTA**



Dans le cas d'un poste de livraison HTA avec comptage côté BT, le système de verrouillage présenté ici est le système le plus fréquemment employé.

Ce système porte le nom de :  
Verrouillage anti-retour haute tension, basse tension, transformateur  
(anti-retour HT/BT/TR)

**Etat initial :**

Le transformateur est sous tension et les clefs A et B sont prisonnières.

**Nota :** en temps normal, un schéma est toujours représenté hors tension, mais dans notre cas, comme nous faisons une analyse de manoeuvres d'appareillages, cette représentation est volontaire.

12

## DECOMPOSITION DE LA SEQUENCE :

1/ **Etat initial** : les charges BT sont alimentées au travers du transformateur.

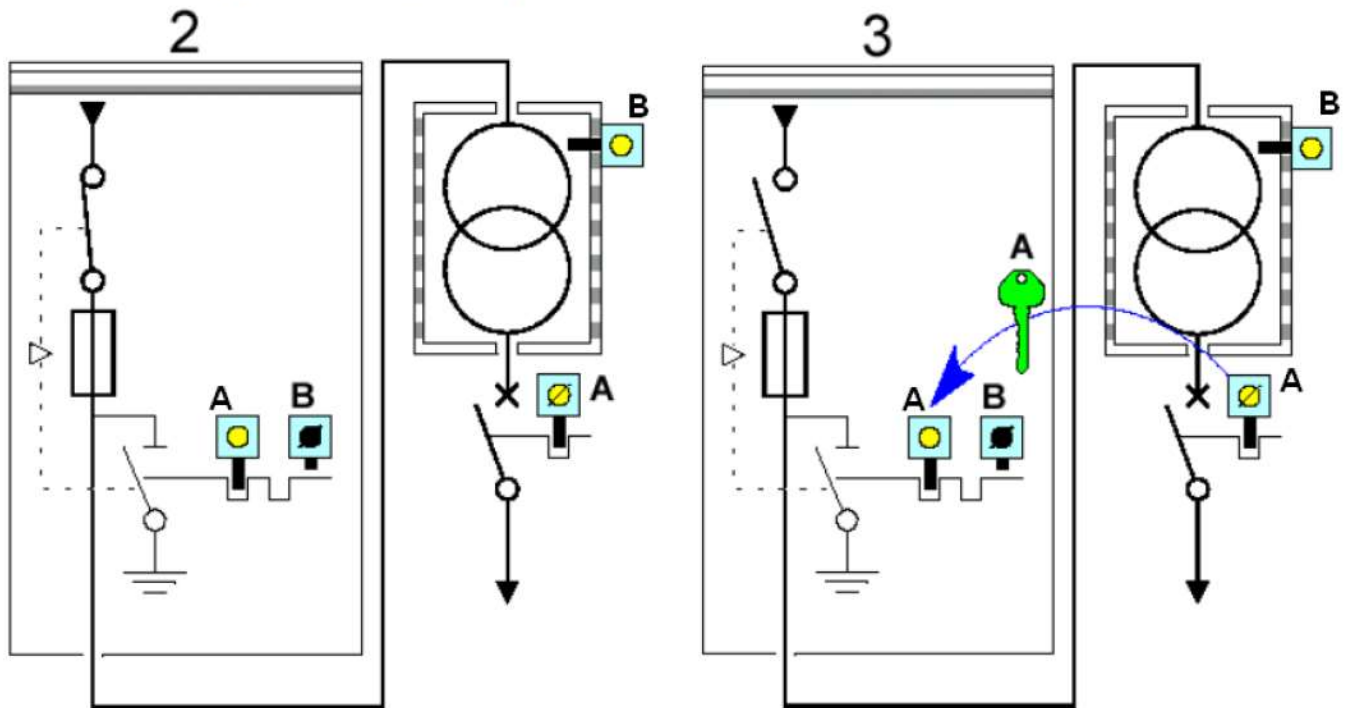
**Interrupteur** : fermé, clef prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

**Sectionneur de MALT** : ouvert, clef A absente, pêne sorti, clef B prisonnière, pêne rentré, appareil bloqué.

**Disjoncteur BT** : fermé, clef A prisonnière, pêne rentré, appareil libre.

**Local transformateur** : clef B absente, pêne sorti, local fermé.

Exemple de séquence obligatoire permettant : **l'accès au local transformateur HTA/BTA**

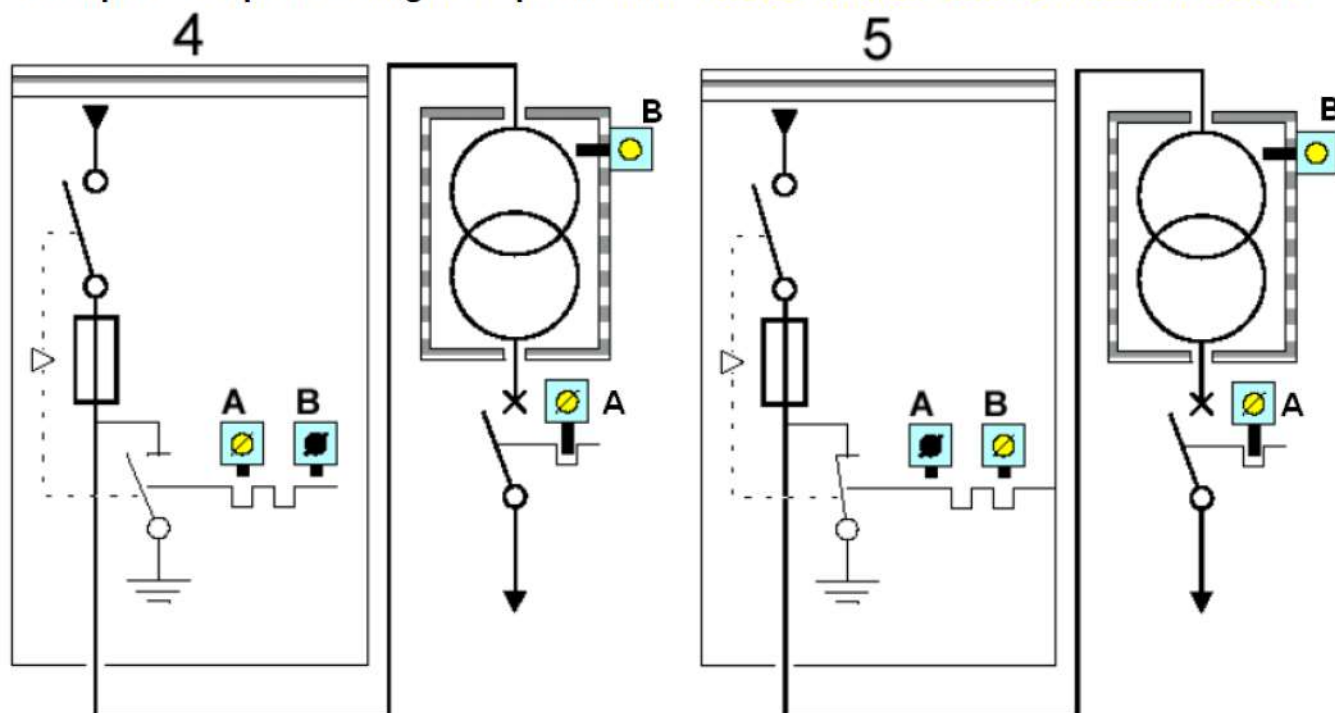


2/ **Ouverture du disjoncteur BT** : on commence par couper la charge du transformateur.

**Libération de la clef A** : ce qui a pour effet de verrouiller le disjoncteur en position ouverte.

3/ **Transfert de la clef A sur la serrure du sectionneur de MALT.**

Exemple de séquence obligatoire permettant : l'accès au local transformateur HTA/BTA

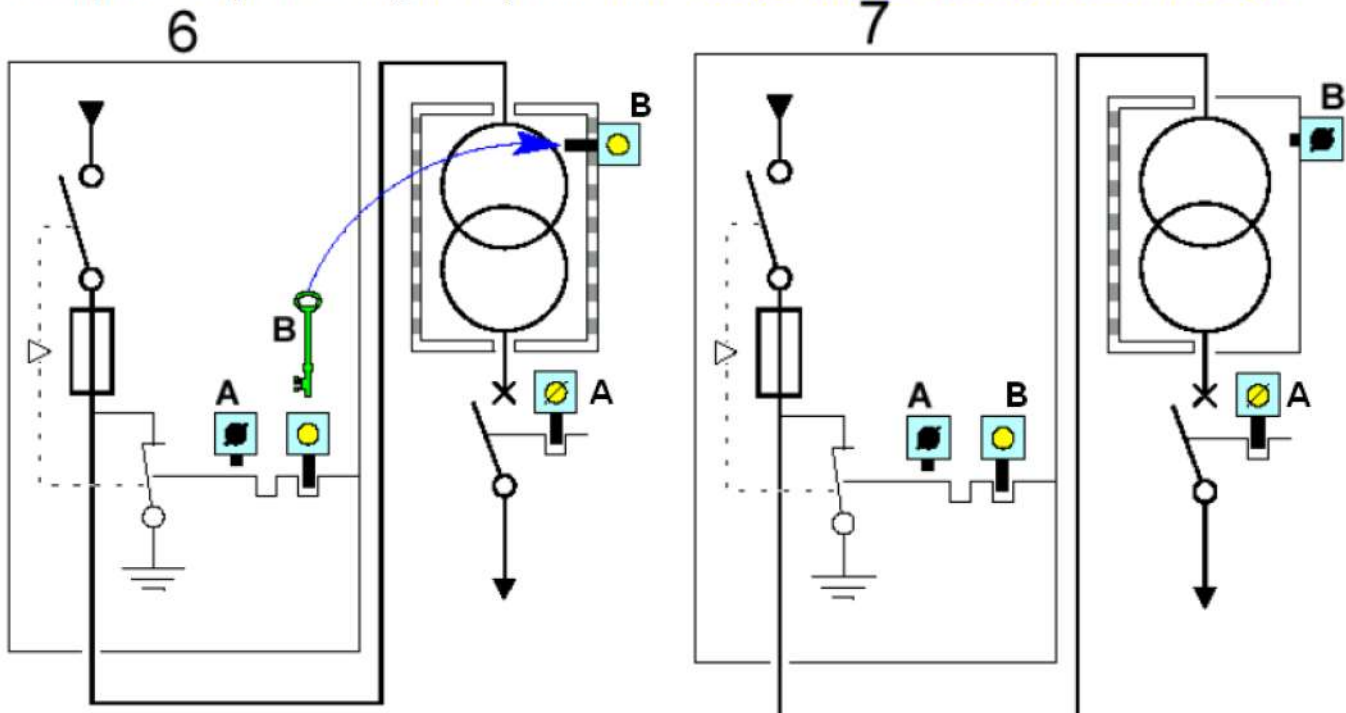


4/ **Ouverture de l'interrupteur** : ce qui a pour effet de supprimer le verrouillage mécanique entre l'interrupteur et le sectionneur de MALT.

**Fermeture du sectionneur de MALT** à l'aide de la clef A.

5/ **Libération de la clef B** : ce qui a pour effet de verrouiller le sectionneur de MALT en position fermée.

Exemple de séquence obligatoire permettant : l'accès au local transformateur HTA/BTA



6/ Transfert de la clef B sur la serrure du local transformateur.

7/ Ouverture du local transformateur à l'aide de la clef B et accès au local transformateur.