

Techniques de la Maintenance des postes THT

www.electrobragim.com





لمزيد من الكتب والدروس تابعنا على

مدونة الالكتروميكانيك

<https://www.electrobrahim.com>

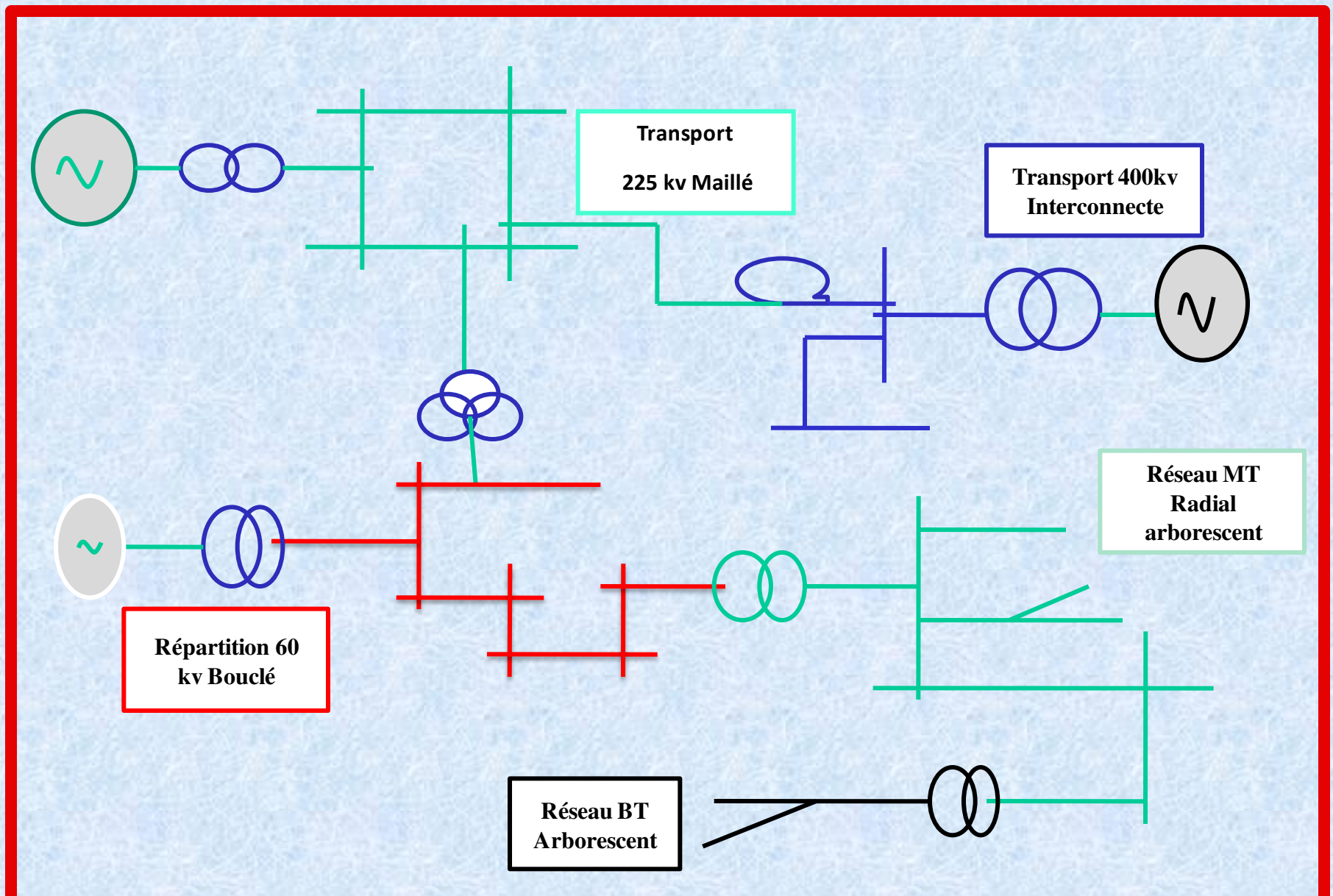
وعلى صفحتنا على الفيس بوك

AB.ELECTROMECHANIQUE

<https://www.facebook.com/AB.Electromecanique>



ARCHITECTURE DE RESEAU



Classement des Postes

Isolement

- Isolation dans l'air(Classique)
- Isolation dans SF6 (Blindé)

Construction

- Type Extérieur
- Type Intérieur

Technologie D'exploitation

- Conventionnel
- Numérique

Couplage

- Couplage par JB
- Couplage par Disjoncteur

surveillance

- Poste Garde
- Poste non gardé
- Télé-alarmé
- Télé-conduite

FONCTIONS PRINCIPALES

- **Élévation de la tension**
- **Diminution de la tension**
- **Protection (disjoncteurs)**
- **Isolement (sectionneurs)**
- **Sécurité (mise à la terre)**
- **Mesure de courant et tension (réducteurs de mesure)**
- **Conversion du signal électrique : du courant alternatif au courant continu ou *vice versa*.(les sous-stations)**

Les différents éléments Du Poste

LES ELEMENT PRIMAIRES HT

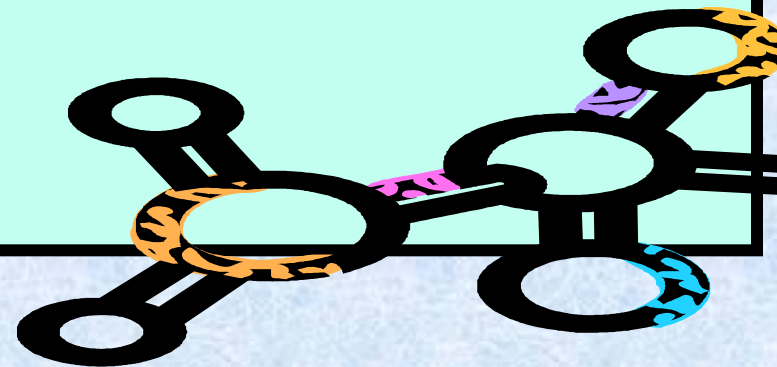
- Transformateur électrique
- **Autotransformateur électrique**
- Disjoncteur à haute tension
- Sectionneur
- **Sectionneur de mise à la terre**
- Parafoudre
- Transformateur de courant
- Transformateur de tension
- **Combiné de mesure (courant + tension)**
- jeu de barre
- **Batterie de condensateurs**

LES ELEMENTS SECONDAIRES BT

- relais de protection ,
- **équipements de surveillance,**
- **équipements de contrôle,**
- **système de téléconduite**
- **comptage d'énergie**
 - **alimentations auxiliaires**
- **équipements de télécommunication**

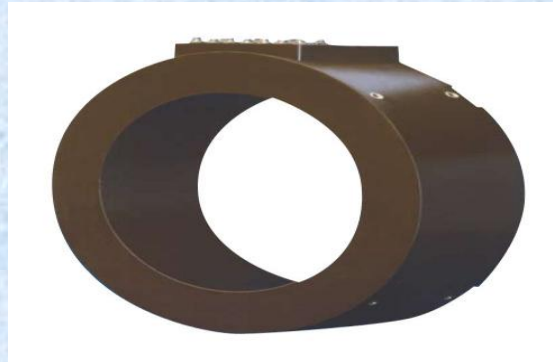
les Différentes structures des postes

- **Postes 400 kV** : poste avec structure a un disjoncteur et demi
- **Postes 225 kV** : dont le nombre de départs est supérieur a 2 : poste avec structure en double jeux de barres avec disjoncteur de couplage
- **Postes 225 kV** : équipes d'un ou deux départs : poste avec structure en un jeu de barres principal et un jeu de barres de transfert
- **Postes 60 kV** : du poste THT/HT : poste avec structure en double jeux de barre et un disjoncteur de couplage
- **Postes MT** : poste préfabriqué



TECHNOLOGIE DES POSTES HTA

Transformateur de courant



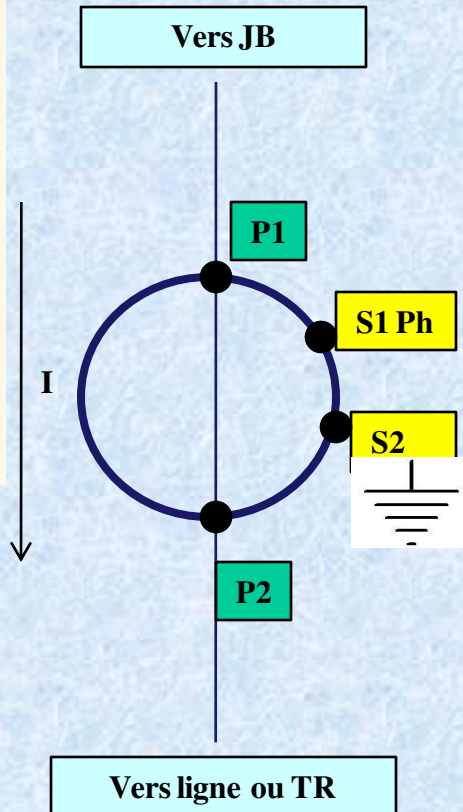
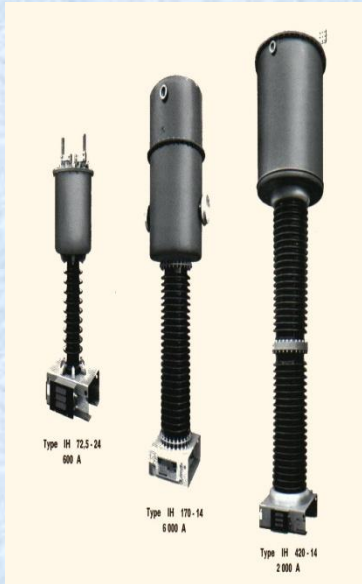
Un transformateur de courant ne peut être utilisé qu'en courant alternatif . il est connecter en série avec le réseau et doit donc supporter le courant de court- circuit . ,il existe deux types de TC :

- * les TC classique avec bornes ;
- *les TC à tore en buchings (PA).

Caractéristiques d'un TC :

Un TC est caractérisé par :- son rapport de transformation $k = I_1 / I_2 = N_2 / N_1$

- sa tension de service HT que peut supporter le bobinage primaire .
- sa puissance de précision (puissance apparente)que peut fournir le secondaire.
- sa classe de précision.



Transformateur de Tension

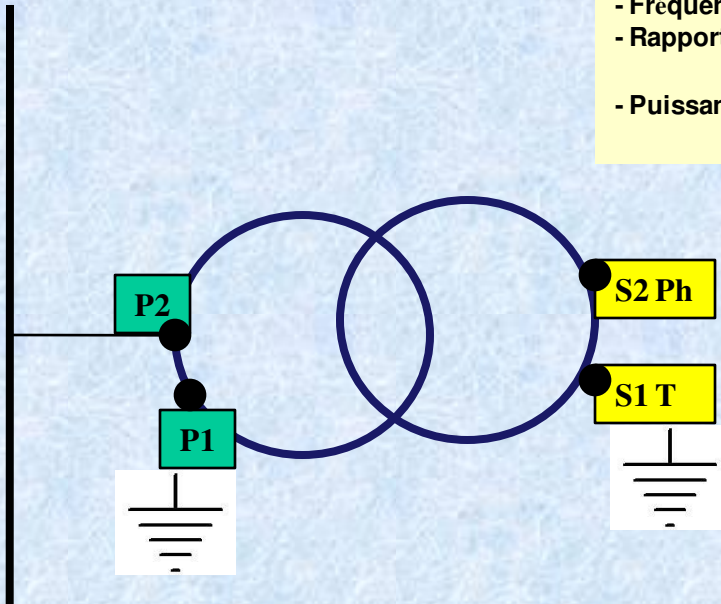


Les transformateurs de tension monophasés, à isolement dans l'huile, pour branchement entre phase et terre, ont été spécialement étudiés pour les hautes et très hautes tensions. Ils sont destinés à l'alimentation des enroulements de tension des compteurs, wattmètres, relais secondaires et autres appareils de mesure et de contrôle

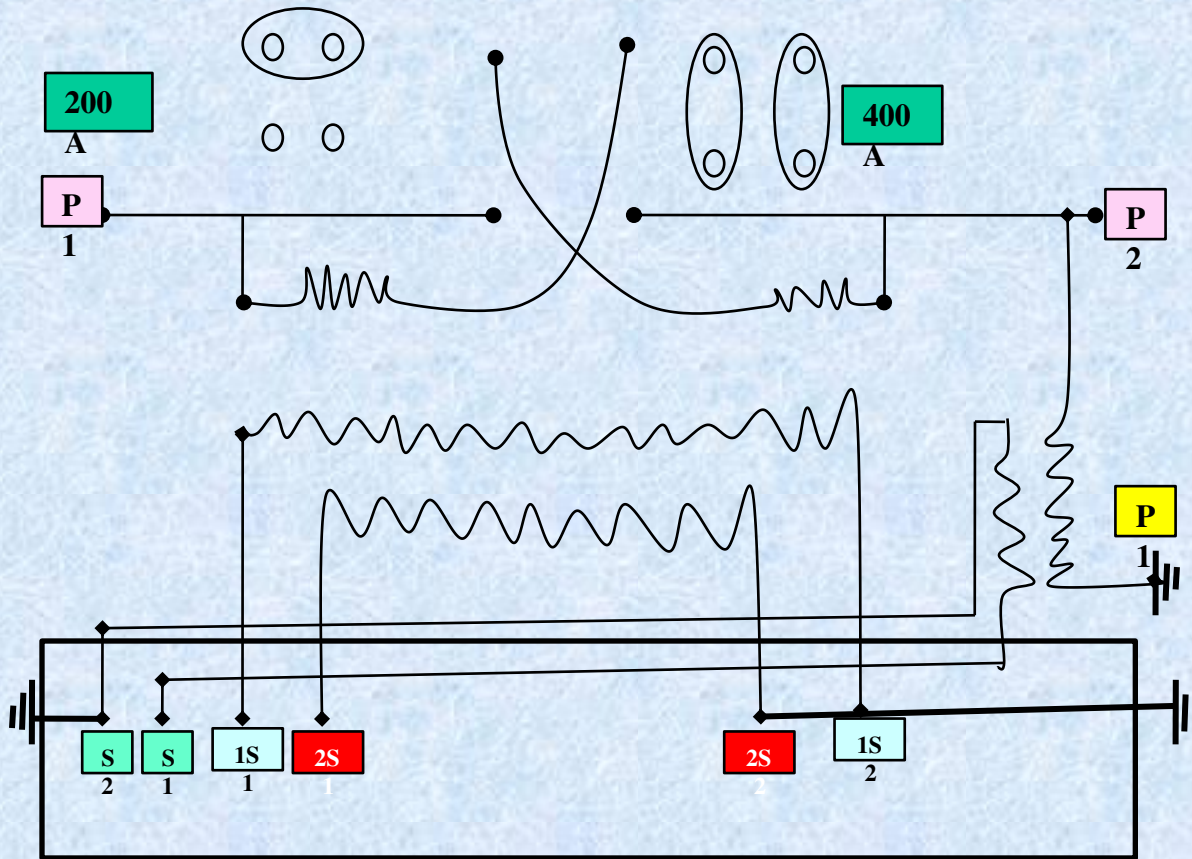
CARACTERISTIQUES DES TRANSFORMATEURS DE TENSION

Les TT objet de la présente spécification seront connectés entre phase et terre dans des réseaux triphasés à neutre rigidement mis à la terre.

- | | |
|--|-----------------------|
| - Installation : | intérieure |
| - Tension la plus élevée pour le matériel: | 72,5KV |
| - Fréquence nominale: | 50 HZ |
| - Rapport de transformation : | 60 000 / 100 |
| | $\sqrt{3}$ $\sqrt{3}$ |
| - Puissance de précision : | 30 VA |



Combiné de mesure



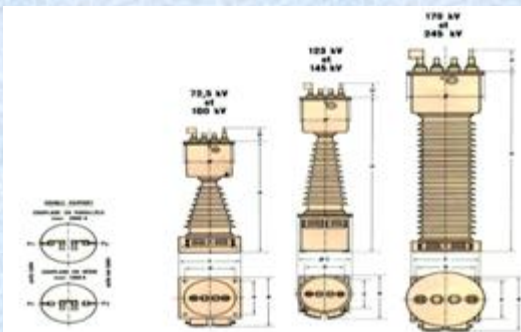
Les transformateurs combinés de mesure de courant et de tension sont destinés à l'alimentation des appareils de mesure et des relais de protection .Ils permettent une diminution notable des encombrements

Caractéristiques électriques pré requises :

- Gamme des courants nominaux primaires : jusqu'à 1000-2000A.
- Courant nominal secondaire : normalement 5A.
- Fréquence nominale : 50Hz.
- Classe de surintensité : $80.I_n$ (40kA max.).

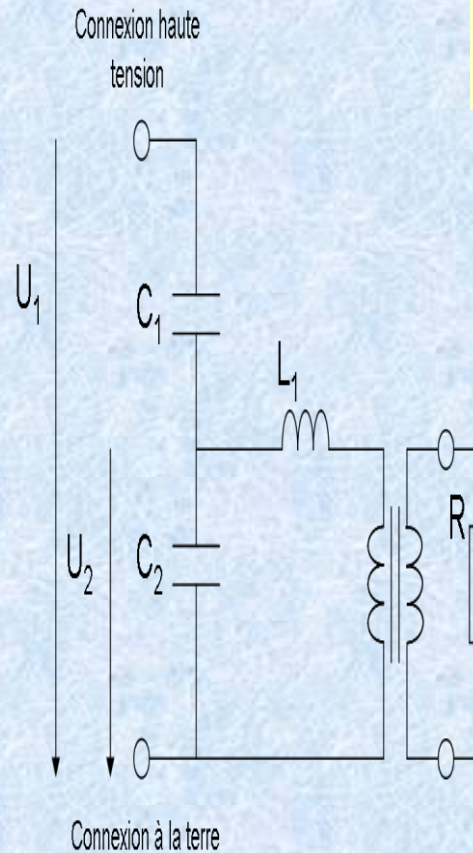
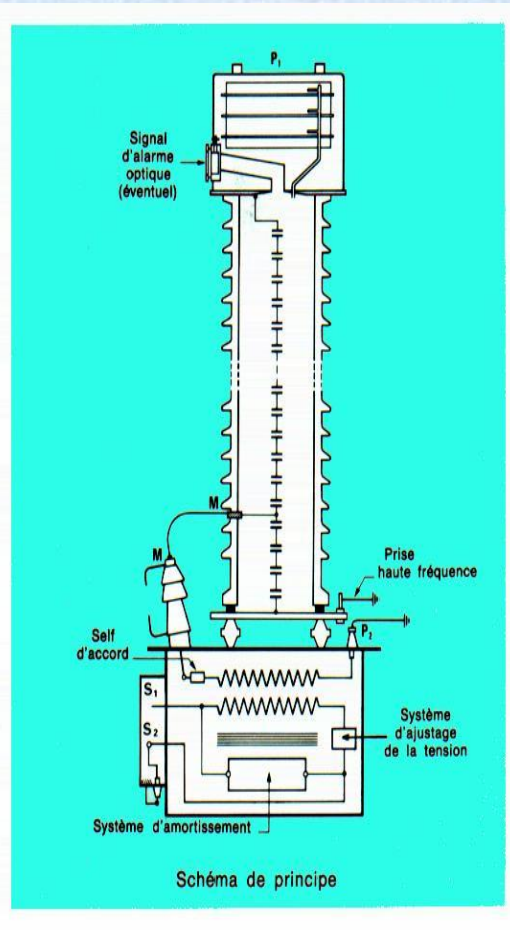
Pour des raisons d'utilisation il y a lieu d'observer les caractéristiques suivantes :

Types de tension la plus élevée pour le matériel ,fréquence nominale.



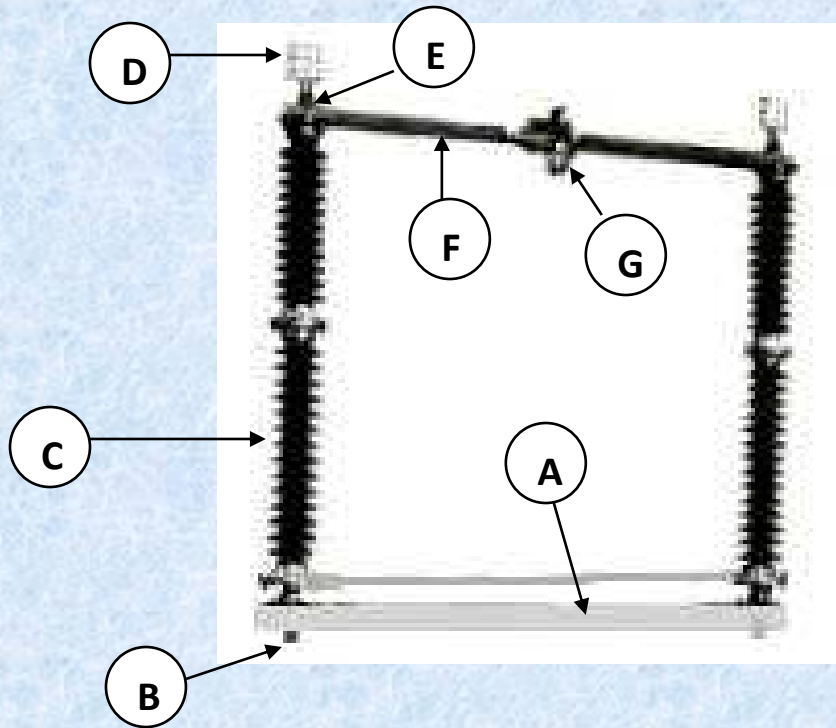
Diviseur Capacitif

Les transformateur condensateur de tension TCT jouent le même rôle de réducteur de tension pour la mesure et la protection que les TT. Ils sont utilisés pour la gamme des tensions de 72,5 à 800kv.



Sectionneur

Le sectionneur est un appareil de sectionnement, de séparation et d'isolement. Sa fonction principale est l'ouverture visible, permettant la possibilité de verrouillage matériel dans une position déterminée (ouverture ou fermeture).



CARACTERISTIQUES DES SECTIONNEURS 72,5 KV :

-Installation:	intempérie
-Tension maxi de service entre phase:	72,5 KV
-Fréquence nominale:	50 HZ
-intensité nominal en service continu:	1250 A
-Intensité de courte durée(1s) admissible assignée:	16 KA eff
-Intensité dynamique(valeur de crête):	50 KA cr
-Longueur minimale de la ligne de fuite à la terre:	≥ 1813 mm



Repère	Désignation
A	Châssis
B	Pivot
C	Support isolateur
D	Prise de courant
E	Contact tournant
F	Bras de contact
G	Contact central

Il est formellement interdit de manœuvrer un sectionneur en charge.

Le pouvoir de coupure d'un sectionneur est nul.

$$PC = 0 \text{ Ampère}$$

**S'assurer toujours que le circuit est hors charge
(disjoncteur ouvert).**



Disjoncteur

DESCRIPTION

Un disjoncteur haute-tension est composé de deux parties principales:

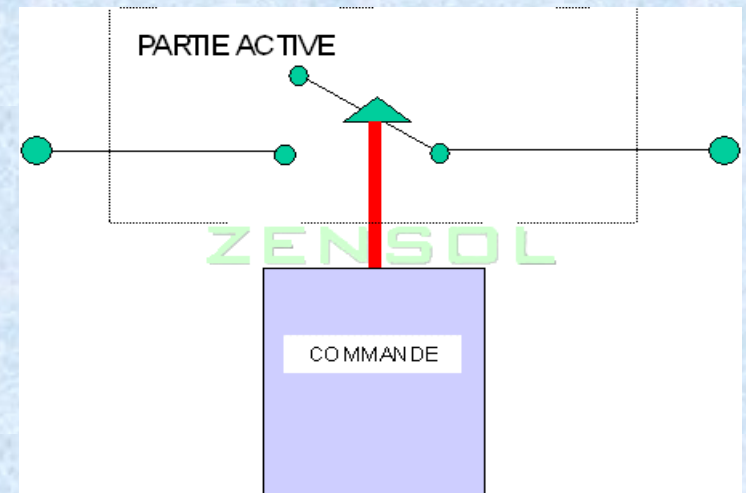
1. **Partie Electrique de puissance** (partie active)

2. **Partie commande**

⌘ La première est chargée d'établir ou d'interrompre le courant de puissance dans le circuit haute tension où le disjoncteur est installé.

La deuxième est chargée de développer l'énergie nécessaire pour la réalisation de ces opérations.

⌘ La liaison entre la commande et la partie active se fait dans la plupart des cas par une tringle isolante, montrée symboliquement en rouge :

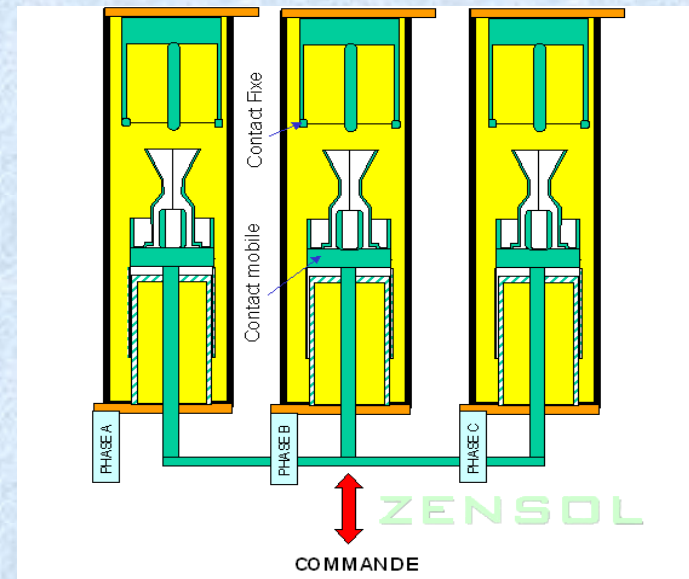


Diagnostic de disjoncteur

PARTIE ELECTRIQUE DE PUISSANCE

Cette partie est généralement constituée de trois phases égales. Chaque phase comporte un ensemble contact fixe et un autre ensemble contact mobile. Lorsque les deux ensembles de contacts se touchent, on dit que le disjoncteur est "FERMÉ" et le courant passe dans le circuit de puissance.

Pour interrompre le passage du courant dans le circuit de puissance, l'ensemble contact mobile est déplacé mécaniquement loin de l'ensemble contact fixe et arrêté à une distance suffisante pour assurer l'isolation électrique.



Diagnostic de disjoncteur

historique des techniques de coupure

⌘ Différentes techniques : dans l'air, l'huile, le SF6 et le vide, sont utilisées

La coupure dans l'air

Avec la montée en tension et en puissance des réseaux cette coupure a fait appel successivement aux techniques :

- ⌘ **des contacts auxiliaires d'arc,**
- ⌘ **du soufflage de l'arc,**
- ⌘ **de l'allongement de l'arc par effet magnétique.** Cette technique, utilisée jusqu'à 20 kV, n'est pratiquement plus employée aujourd'hui en raison de l'encombrement important des appareils qui l'intègrent.

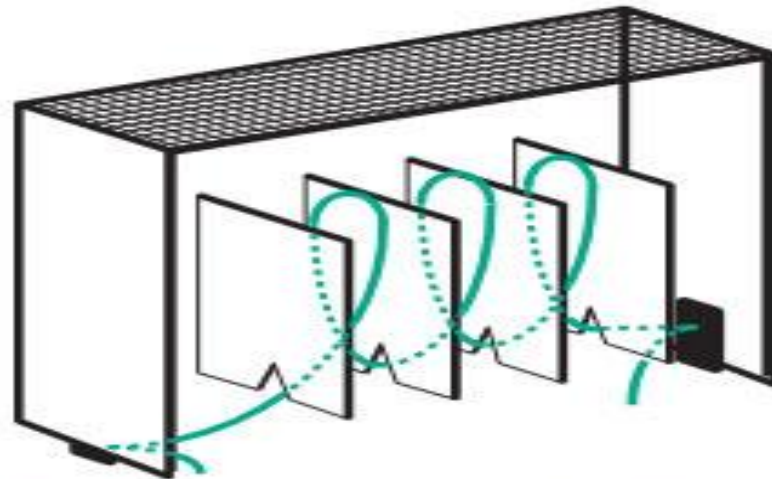
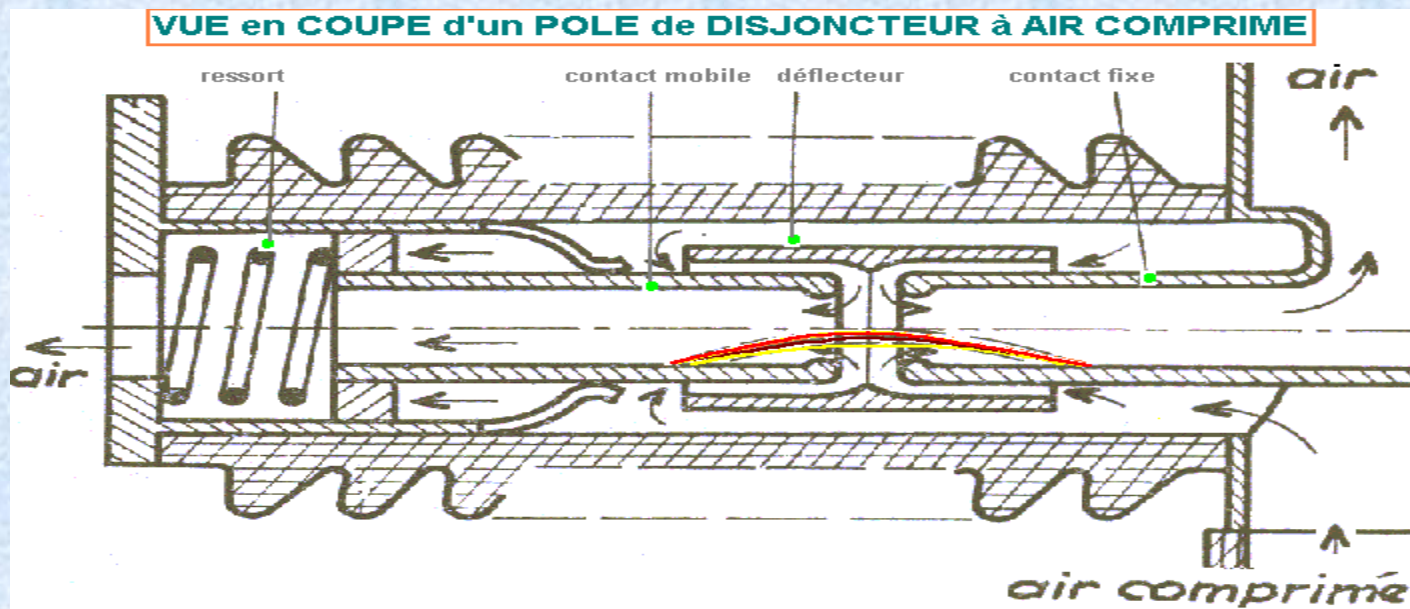


Fig. 23 : allongement d'un arc électrique entre les plaques réfractaires en céramique d'une chambre de coupure d'un disjoncteur à coupure dans l'air (Disjoncteur de type Solénarc - Marque Merlin Gerin).

Diagnostic de disjoncteur

l'air comprimé :

l'exploitation des propriétés physiques de ce diélectrique a permis des progrès déterminants dans la réalisation de disjoncteurs pour les très hautes tensions. Mais, les appareillages qui utilisent cette technique sont assez complexes et coûteux, aussi ne sont-ils encore employés qu'en haute et très haute tension dans les pays froids car l'air présente l'avantage de conserver ses propriétés à très basse température.



Diagnostic de disjoncteur

La coupure dans l'huile

Ce mode de coupure est apparu au début du siècle. Il a permis les premières réalisations de disjoncteurs en HTB, puis une diminution importante de l'encombrement grâce à la technique VHR (à Volume d'Huile Réduit).

Ces disjoncteurs équipent encore les postes HTA et HTB dans certains pays . Ils sont en cours de substitution en d'autres pays par des disjoncteurs au SF6 ou vide.

Leur disparition progressive est due essentiellement aux dangers inhérents à l'huile (inflammable, explosible), aux travaux de génie civil nécessaires à leur installation (bacs de rétention) et à a maintenance préventive.

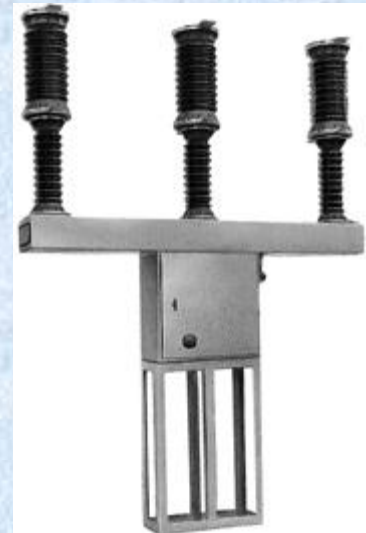


Diagnostic de disjoncteur

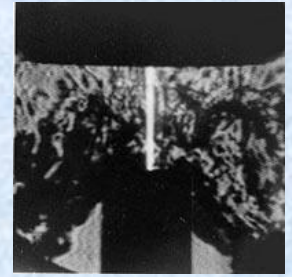
La coupure dans le SF6 et le vide

Les techniques exploitant ce mode de coupure, dont l'émergence industrielle date du début des années 60

se caractérisent par l'utilisation de milieux (SF6 et vide) extingueurs d'arc aux propriétés exceptionnelles, dans des pôles de coupure scellés, étanches, de faibles dimensions, intégrant des pièces de contact simples.



Diagnostic de disjoncteur



- L'hexafluorure de soufre est le résultat de la combinaison de deux éléments : un atome de soufre S et 6 six atomes de fluor F, soit SF_6 . $S + 3F_2 \rightarrow SF_6 + 262 \text{ kcal}$
- Inerte, sans odeur, incolore,
- C'est un gaz beaucoup plus lourd que l'air : 6,27 kg/m³ (1,013 bar et 15 °C) (densité relative à l'air : 5).
- La ventilation du local dans lequel il est employé suffit normalement à réduire les risques de suffocation

Il n'est pas toxique

- Sa bonne rigidité électrique provient du fait que le SF_6 est très électronégatif :
- .Le SF_6 a une propriété remarquable pour l'extinction des arcs électriques :
- Ses capacités d'isolation se régènèrent après un arc électrique
- 80 % du SF_6 produit dans le monde est utilisé dans les disjoncteurs à haute tension et dans les postes électriques sous enveloppe métallique

Diagnostic de disjoncteur

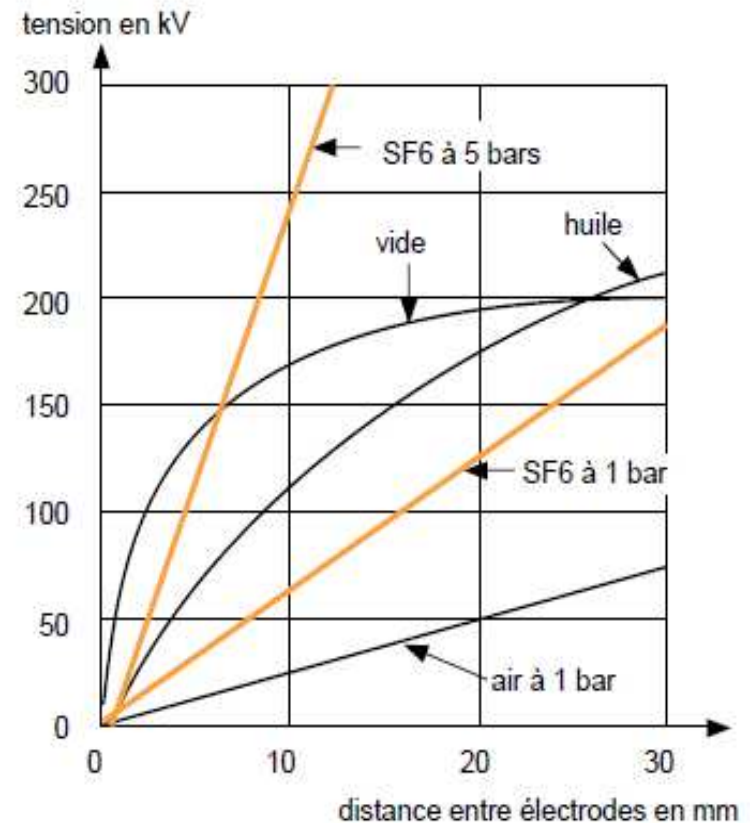
Evolution et domaine d'emploi

A moyen terme, seules la coupure dans le SF6 et la coupure dans le vide devraient subsister.

En ce qui concerne les domaines d'emploi, le SF6 et le vide devraient se partager le marché en HTA, le SF6 étant seul en HTB (> 50 kV).

La variation de la tenue diélectrique entre électrodes . . . montre en effet que si le vide est performant en

HTA, il plafonne à 200 kV quelle que soit la distance entre électrodes.

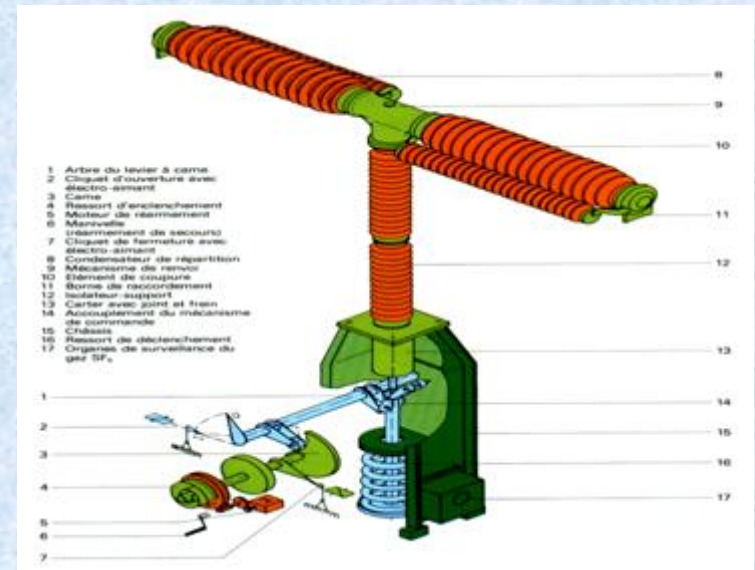


influence de la distance inter-électrodes sur la rigidité diélectrique.

Diagnostic de disjoncteur

PARTIE COMMANDE

- ⌘ Cette partie est chargée de bâtir l'énergie nécessaire pour réussir les opérations mécaniques tant à l'ouverture qu'à la fermeture.
- ⌘ 3 types de commandes sont populaires dans le monde des disjoncteurs haute-tension:
 - Commande pneumatique
 - Commande hydraulique
 - Commande mécanique à ressort



Diagnostic de disjoncteur

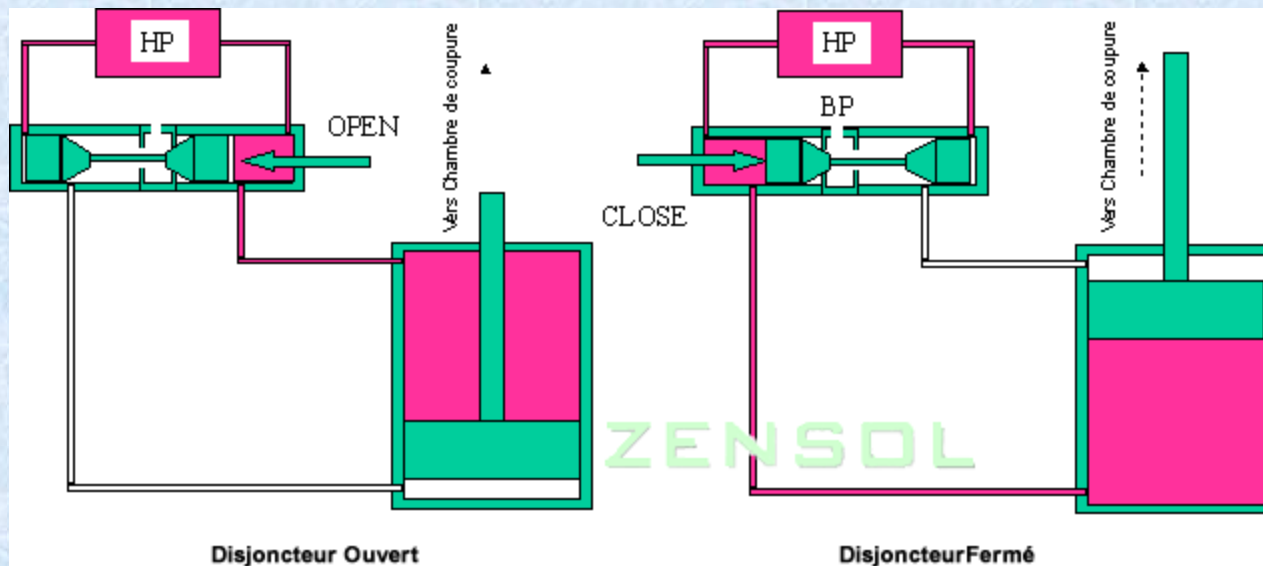
COMMANDE PNEUMATIQUE

- ⌘ Equipe généralement les disjoncteurs à air comprimé. Ce type de disjoncteur utilise l'air comprimé comme fluide diélectrique et possède des contacts mobiles de type piston.
- ⌘ Une série de valves activées à des moments précis permet d'admettre la pression de l'air comprimé sur un côté du piston ce qui provoque son déplacement sous l'effet de la différence de pression des 2 bords du piston. Le mouvement du contact mobile n'est généralement pas accessible dans ce type de disjoncteur rendant presque impossible l'utilisation des capteurs conventionnels.

Diagnostic de disjoncteur

COMMANDE HYDRAULIQUE

- ⌘ Ce type de commande possède un réservoir d'énergie, appelé accumulateur, sous forme d'azote sous pression ou des ressorts comprimés par de l'huile hydraulique et une pompe. Le contact mobile du disjoncteur est lié au piston d'un vérin hydraulique puissant par l'intermédiaire d'une tringle isolante.
- ⌘ Un jeu de valves hydrauliques permet l'admission de la pression accumulée préalablement dans les accumulateurs, d'un côté ou l'autre du piston du vérin qui se déplace et le contact mobile dans la direction souhaitée.



Diagnostic de disjoncteur

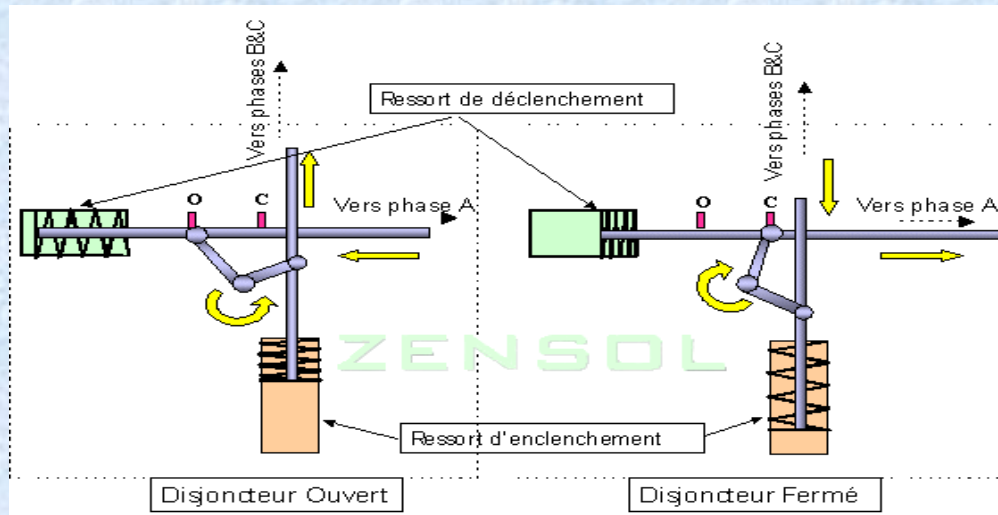
COMMANDE MÉCANIQUE À RESSORT

Ce type de commande est le plus demandé pour sa fiabilité démontrée et sa faible fréquence de maintenance périodique.

Elle comporte en général un ressort comprimé pour accumuler l'énergie nécessaire pour la fermeture et un autre ressort destiné à accumuler l'énergie pour l'ouverture.

Le ressort de fermeture (E) est comprimé manuellement, à l'aide d'une manivelle ou, électriquement par le biais d'un moteur électrique. Un jeu de cliquets de verrouillage à la fermeture contrôle l'énergie accumulée dans le ressort de fermeture.

Cette énergie lorsque libérée, par détente du ressort de fermeture, provoque le déplacement du contact mobile vers le contact fixe, par l'entremise des bielles de liaison, et charge simultanément le ressort d'ouverture qui maintient l'énergie ainsi accumulée, par un jeu de cliquets de verrouillage à l'ouverture, pour le prochain ordre d'ouverture.



Diagnostic de disjoncteur

PARTIE CONTRÔLE

C'est la partie où les commandes d'opération sont initiées à partir d'une impulsion électrique d'une durée de fraction de seconde sur une bobine dans le mécanisme de commande. Celui-ci amplifie cet ordre en une opération du disjoncteur en libérant l'énergie nécessaire emmagasinée préalablement dans les accumulateurs d'énergie pour effectuer la coupure ou la fermeture.

Elle comprend:

- Les bobines d'enclenchement et de déclenchement,
- Le système de relayage basse tension,
- Les capteurs divers (de pression, de fin de course, etc.) Nécessaires pour effectuer la surveillance
- Le contrôle du fonctionnement.

Par exemple, lors de discordance de phase pour les disjoncteurs à commandes monopolaires, le disjoncteur, déclenche et verrouille les commandes subséquentes en donnant une alarme.

Elle comprend aussi, tout ce qui est nécessaire pour assurer le retour au niveau nominal, de l'énergie demandée pour la réalisation des manœuvres subséquentes.

Diagnostic de disjoncteur

LES TEMPS D'OPÉRATION MÉCANIQUE DU DISJONCTEUR

. les principaux cycles sont les suivants :

1. **Fermeture-ouverture, F-O** : simulant une fermeture sur un court-circuit; le disjoncteur doit ouvrir instantanément.
2. **Ouverture-fermeture, O-F** : simulant un réenclenchement automatique réussi suite à un déclenchement sur un court-circuit.
3. **O-0.3s-F-O** : simulant un réenclenchement automatique suite à un déclenchement sur un court-circuit, et que le court-circuit persiste.
4. **F-O-15 sec-F-O-15-sec-F-O** : simulant un réenclenchement à plusieurs reprises, ce qui donne plus de chance de réussir et de rétablir le courant coupé. Ce genre de manœuvres est appliqué surtout en moyenne tension.

Les temps mesurés à partir de l'initiation de l'ordre jusqu'au basculement des contacts principaux constituent les temps mécaniques de fonctionnement du disjoncteur.

Diagnostic de disjoncteur

ÉLÉMENT DE COUPURE

Aussi appelé chambre de coupure, il est formé d'un volume clos qui contient les points et le milieu de coupure, et dans lequel se produit la coupure du courant.

PÔLE

On désigne par pôle la partie du disjoncteur qui est installée sur une phase. Un disjoncteur installé sur un réseau triphasé est composé nécessairement de trois pôles. Un pôle possède nécessairement un élément de coupure et parfois, dépendant du niveau de tension, plusieurs éléments de coupure,

CONTACTS PRINCIPAUX

On désigne par contacts principaux les points de coupure du courant dans l'élément de coupure. Ils sont constitués d'un ensemble de contacts fixe et un autre mobile.

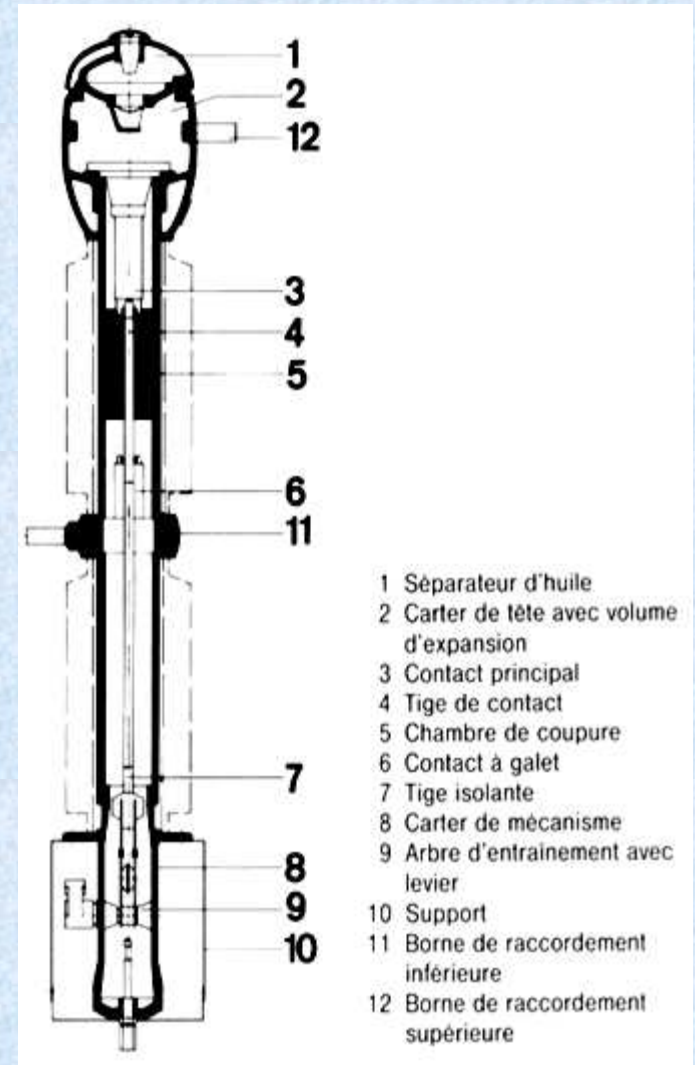
Le matériel utilisé pour les contacts doit être de très haute conductivité, pour minimiser les pertes par effet joule et éviter un échauffement excessif lors de passage du courant permanent.

En général c'est le cuivre argenté qui est le matériel de choix pour ce genre de contacts

CONTACTS AUXILIAIRES

Pour certains disjoncteurs, l'utilisation des résistances d'insertion à la fermeture, à l'ouverture, ou aux deux, est nécessaire pour enclencher ou déclencher en deux ou trois étapes dans le but de limiter les surtensions de manœuvres.

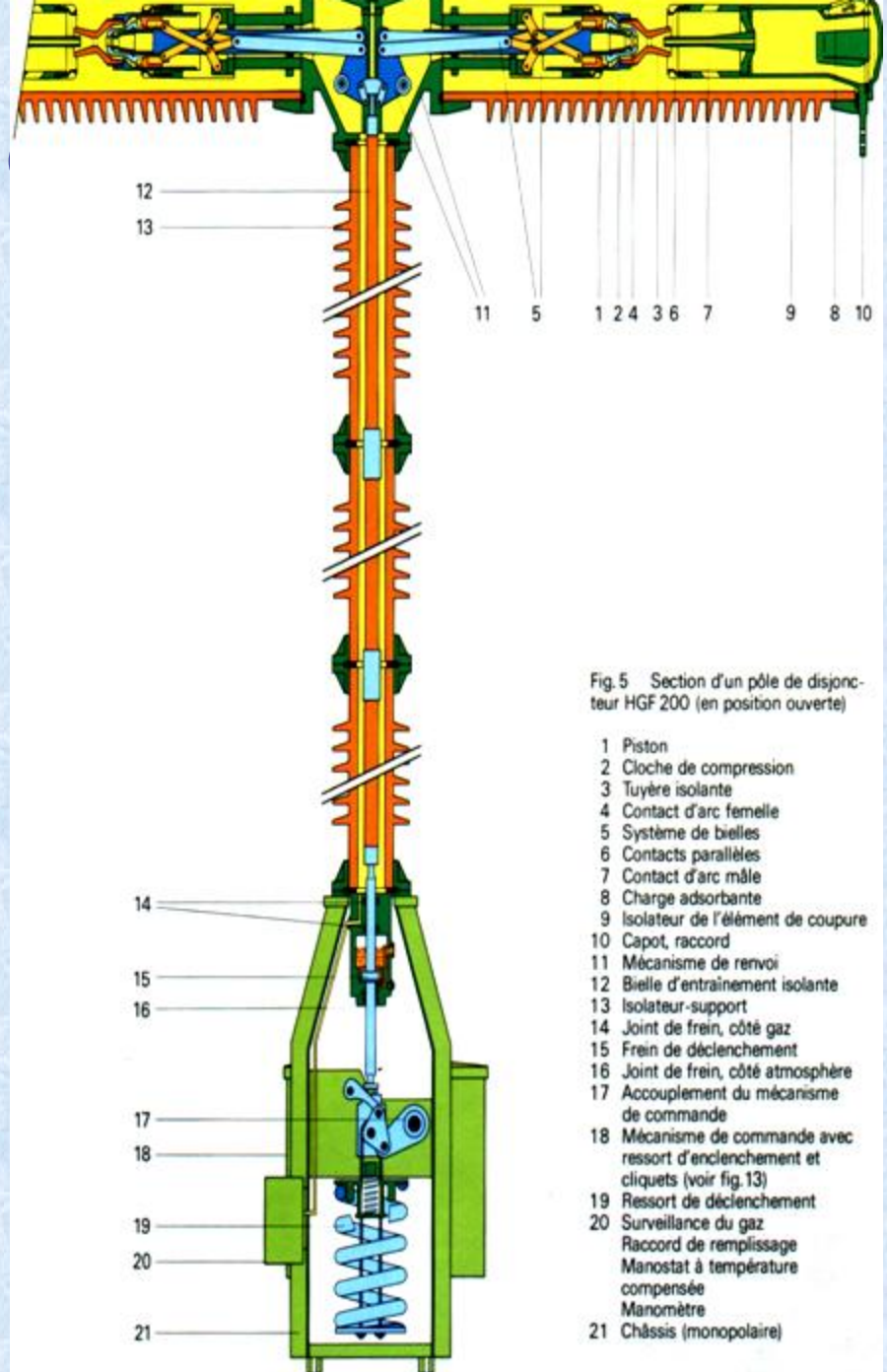
Ceci est rendu possible en incorporant au disjoncteur un contact auxiliaire qui opère quelque temps avant ou après les contacts principaux..



Diagnostic de CONTACTS D'ARC

Pour les disjoncteurs, l'arc à l'ouverture du circuit peut être intense et extrêmement dommageable aux contacts principaux résultant en une dégradation rapide de ces contacts. Comme protection, on a tendance à séparer les contacts principaux qui supportent le courant en permanence de ceux qui subissent l'effet de l'arc. Ces derniers, appelées contacts d'arc peuvent être constitués de matière réfractaire, moins conductrice que le cuivre argenté mais plus résistante à l'arc. En général, ce sont des alliages à base de Tungstène qui sont utilisés.

Les contacts d'arc sont les derniers à se séparer lors d'une ouverture et les premiers à faire contact lors de la fermeture.



Diagnostic de disjoncteur



CARACTERISTIQUES DU DISJONCTEUR

<input type="checkbox"/> -Installation:	intempérie
<input type="checkbox"/> -Tension la plus élevée pour le matériel:	72,5 KV
<input type="checkbox"/> -Tension de tenue à fréquence industrielle 50HZ,1 mn	140 KV
<input type="checkbox"/> -Tension de tenue aux choc de foudre (phase/terre)	325 KV
<input type="checkbox"/> -Courant nominal :	1250 A
<input type="checkbox"/> -Pouvoir de coupure nominal en court-circuit :	16 et 25 kA
<input type="checkbox"/> - <u>Séquence de manoeuvre :</u>	<u>O-O,3 s- FO-3 min-FO</u>
<input type="checkbox"/> -Durée total de coupure maximale :	≤ 60 ms
<input type="checkbox"/> -Fréquence nominale:	50 HZ
<input type="checkbox"/> -Nombre de pôles:	3
<input type="checkbox"/> -Distance entre phases:	≥1,30 m
<input type="checkbox"/> -Longueur minimale de la ligne de fuite à la terre:	≥ 1813 mm

Diagnostic de disjoncteur

CARACTERISTIQUES DU DISJONCTEUR

Eléments auxiliaires:

- *tension du moteur de la commande: 125v cc $\pm 10\%$
- *Tension de commande des bobines o & F: 125 Vcc +10% - 20%
- *tension d'alimentation du circuit de chauffage et PC: 220 V ca
- *Nombre de bobines de fermeture: 1
- *Nombre de bobines d'ouverture : 2



Diagnostic

TRANSFORMATEUR

DEFINITION

Le transformateur est une machine d'induction qui comprend principalement quatre parties :

- Un circuit magnétique ferme constitué de colonnes et culasses ,supérieures et inférieures
- Un circuit électrique comprend les enroulements primaires et secondaires et leurs isolation
- Des organes mécaniques ,de support ;manutention; refroidissement
- Des organes de sécurité contre les défauts internes et externes à l'appareil.

ROLE

Les transformateurs sont trop employés dans le domaine électrique et peut assurer deux fonctions:

- 1- élever ou abaisser la tension (transfo sorties centrales ou des postes sources)
- 2- assurer la liaison galvanique entre deux réseaux électriques (modifier le schémas SLT)

Diagnostic TRANSFORMATEUR

CONSTITUTION



CIRCUITS MAGNETIQUE

Les circuits magnétiques des transformateurs sont constitués par des cristaux orientés, de faible épaisseur

ENROULEMENTS

Les enroulements sont de formes cylindriques et disposés concentriquement.

Les enroulements des transformateurs de grande puissance sont réalisés avec des conducteurs en cuivre

L'isolement entre enroulements est constitué de carton cellulosique comprimé, à grande rigidité diélectrique

TRAVERSEES

Les traversées utilisées sont de deux types principaux :

les traversées prévues pour les fortes intensités de courant (jusqu'à 36 000 A), essentiellement pour les transformateurs

Les traversées prévues pour les tensions élevées (jusqu'à 1 050 kV) pour les transformateurs et bobines d'inductance shunt

Diagnostic TRANSFORMATEUR



CUVE

Les cuves sont construites en tôles d'acier d'une qualité permettant la soudure électrique dans les conditions les meilleures

Ces cuves sont souvent revêtues intérieurement de shunts magnétiques, en tôles, à cristaux orientés, et qui ont pour effet de réduire les pertes parasites

RELAIS BUCHHOLZ

La tuyauterie qui assure l'expansion de l'huile de la cuve vers le réservoir est équipée d'un relais Buchholz. Celui-ci est chargé de signaler toute anomalie liée à la présence de gaz ou à des mouvements d'huile anormaux

Le relais Buchholz est muni de deux contacts de signalisation associés : un contact déclenchement

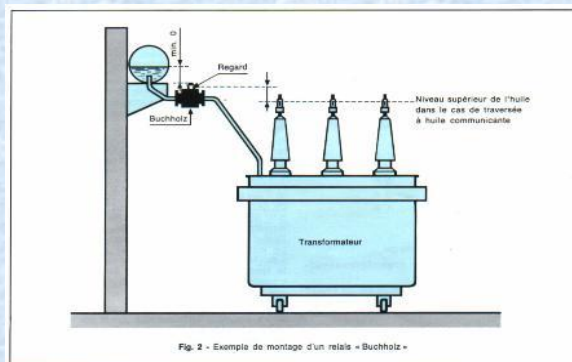
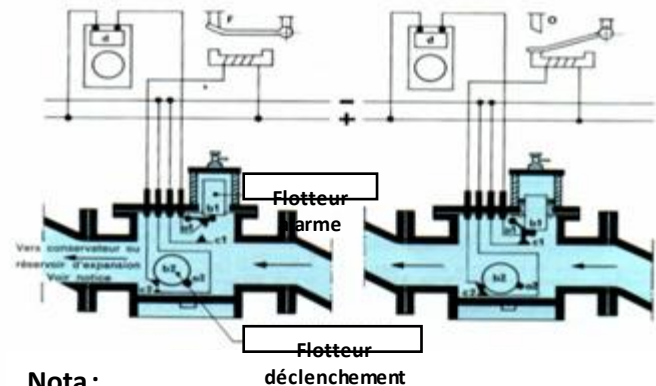


Fig. 2 - Exemple de montage d'un relais « Buchholz »



Nota :

Le contact C1 donne un ordre maintenu en cas de défaut.

Le contact C2 donne un ordre fugitif. Pour garder la trace de cet ordre, il est nécessaire de prévoir en plus du déclenchement, un relais de signalisation à maintien

Diagnostic TRANSFORMATEUR

CHANGEUR DE PRISE

Les changeurs de prises en charge ont pour fonction de procéder au réglage de la tension délivrée par le secondaire sans qu'il soit nécessaire de déconnecter le transformateur des réseaux, et offrent un très grand choix dans le nombre de positions et dans l'étendue du réglage



Diagnostic

TRANSFORMATEUR

L'huile pour transformateur

est une « huile isolante et stable à l'oxydation normale

L'huile est un bon conducteur thermique,
huile minérale hautement raffinée

L'huile perd de ses propriétés diélectriques avec le vieillissement, qui est avant tout causé par l'oxydation et l'hydrolyse, deux phénomènes qui s'accélèrent avec la température

Pour lutter à la fois contre les problèmes d'inflammabilité et de pollution des huiles de substitution, ont été développées dans les dernières décennies, les huiles de silicone, les huiles ester synthétique et végétales . Toutefois, pour des raisons économiques, ces solutions sont surtout mises en application dans les transformateurs de distribution et de traction.

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Refroidissement

A l'aide du tableau suivant, indiquer comment est refroidi notre transformateur

1ère lettre	2ème lettre	3ème lettre	4ème lettre
Nature du diélectrique	mode de circulation diélectrique	fluide du refroidissement	mode de circulation fluide
O huile minérale	N naturel	O symbole comme 1ère lettre	N symbole comme 2ème lettre
L diélectrique chloré	F forcée	L	F
G gaz	D forcée et dirigée dans les enroulements	G	D
A air		A	
S isolant solide		S	

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Lecture d'une plaque signalétique

- Tension primaire et secondaire*
- Puissance apparente*
- Tension de court-circuit*
- Couplage et indice horaire*

Tension primaire et secondaire

U_{1n} : 20 000 V : tension primaire

U_{20} : 410 V : tension secondaire à vide

Calculer le rapport de transformation :

Formule :	Calcul :	Résultat :
$m = \frac{U_{20}}{U_{1n}} = \frac{N_2}{N_1}$	$m = \frac{410}{20000}$	$m = 0,0205$

Courant primaire et secondaire

I_{1n} : 2,89 A : courant primaire

I_{2n} : 140,8 A : courant secondaire

Puissance apparente

S : 100 kVA : puissance apparente

Retrouver cette puissance à l'aide des deux formules :

Formules :	Calculs :	Résultats :
$S = U_{20} \times I_{2n} \times \sqrt{3}$	$S = 410 \times 140,8 \times \sqrt{3}$	$S = 100kVA$
$S = U_{1n} \times I_{1n} \times \sqrt{3}$	$S = 20000 \times 2,89 \times \sqrt{3}$	$S = 100kVA$

Tension de court-circuit

U_{cc}(%) : 4 % : Pourcentage de la tension nominale primaire qui permet d'obtenir le courant nominal secondaire quand celui-ci est en court-circuit. Ceci permet de réaliser des mesures de puissance (pertes séparés)

Calculer le courant de court-circuit à l'aide du document constructeur.

Formule :	Calculs :	Résultats :
$Z_2 = \frac{U_{cc(\%)}}{100} \times \frac{U_{20}^2}{S}$	$Z_2 = \frac{4}{100} \times \frac{410^2}{100}$	$Z_2 = 67,24m\Omega$
$I_{cc3} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \times Z}$	$I_{cc3} = \frac{410}{\sqrt{3} \times 67,24 \cdot 10^{-3}}$	$I_{cc3} = 3,52kA$

Comparer son pouvoir de coupure de service I_{cs} et le courant de court-circuit I_{cc}

Pouvoir de coupure de service I _{cs} :	I _{cc} :	Commentaire :
$I_{cs} = 100\% \text{ de } I_{cu}$ $I_{cs} = 36 \text{ kA}$	$I_{cc3} = 3,52kA$	$I_{cs} = 36 \text{ kA} > 3,52 \text{ kA}$

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Couplage et indice horaire

Les enroulements primaires d'un transfo peuvent être reliés :

- en étoile, symbole Y
- en triangle, symbole D

Les enroulements secondaires d'un transfo peuvent être reliés

- en étoile, symbole y
- en triangle, symbole d
- en zig-zag, symbole z

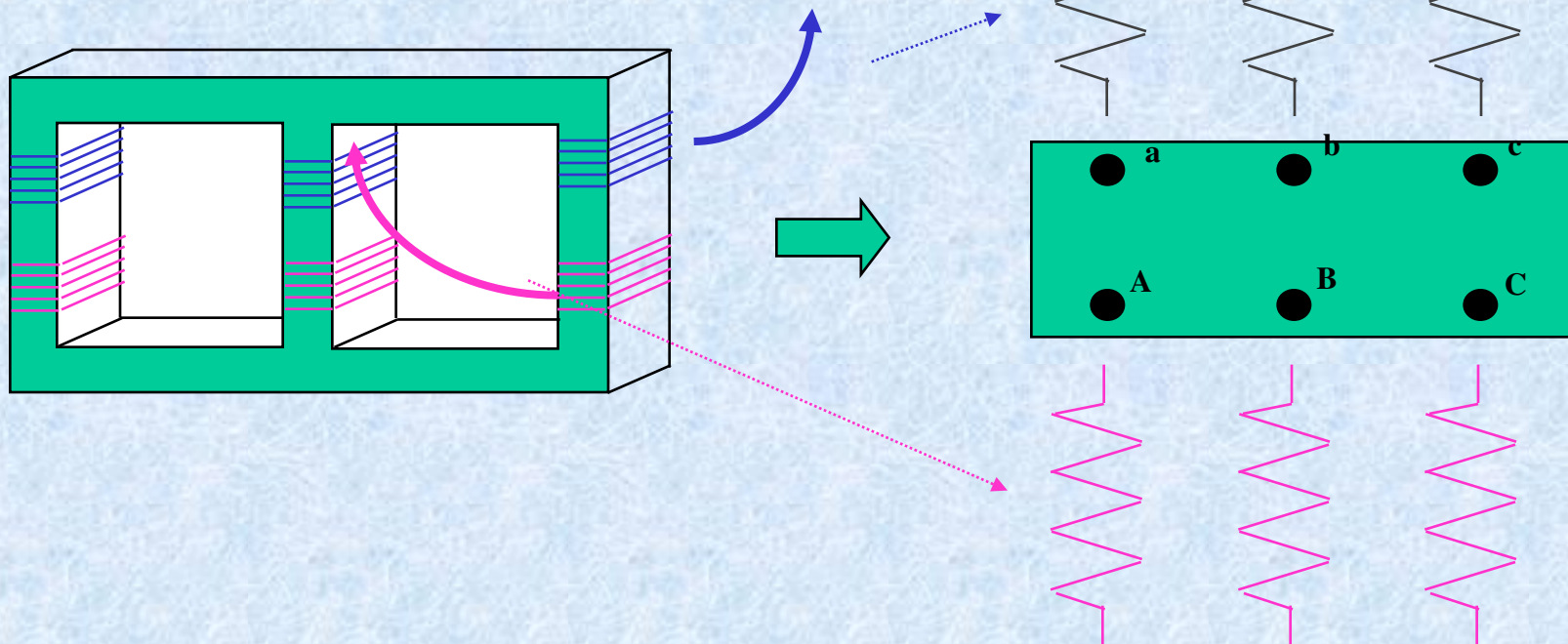
L'association d'un mode de connexion du primaire avec un mode de connexion du secondaire caractérise un **couplage du transformateur** (Yz par exemple).

Pour représenter le schéma d'un transfo triphasé, on établit les conventions suivantes, on note par :

- A, B, C les bornes du primaire
- a, b, c les bornes du secondaire

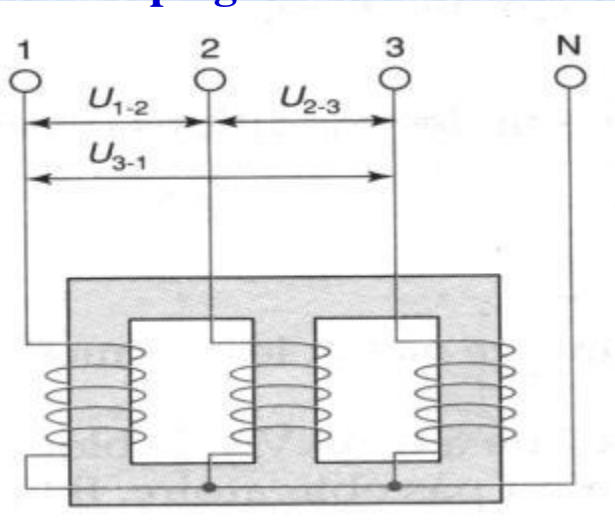
Diagnostic TRANSFORMATEUR

Représentation conventionnelle d'un transfo triphasé



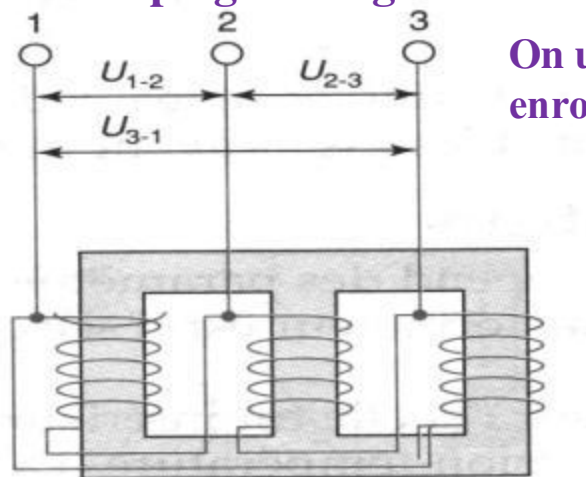
Diagnostic TRANSFORMATEUR

Le couplage étoile :



On utilise lorsque la tension entre phase est élevée, chaque enroulement n'est alors soumis qu'à $V=U/\sqrt{3}$.

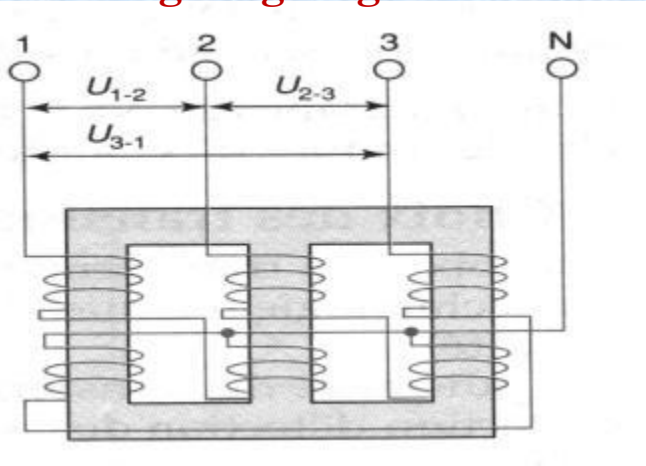
Le couplage triangle :



On utilise lorsque le courant en ligne est important, chaque enroulement n'est alors parcouru que par $J=I/\sqrt{3}$.

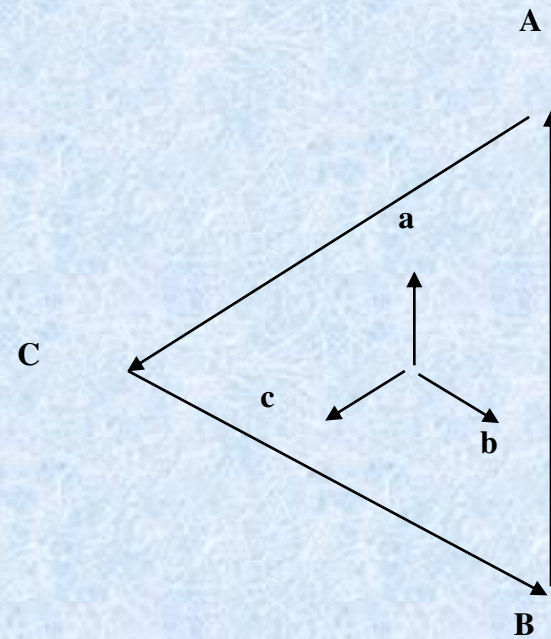
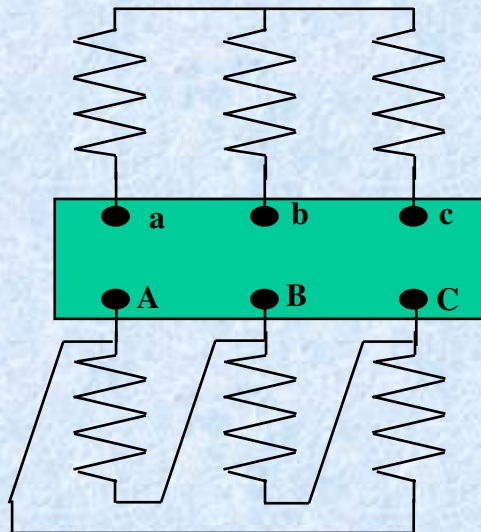
Diagnostic TRANSFORMATEUR

Le coulage Zig-Zag :



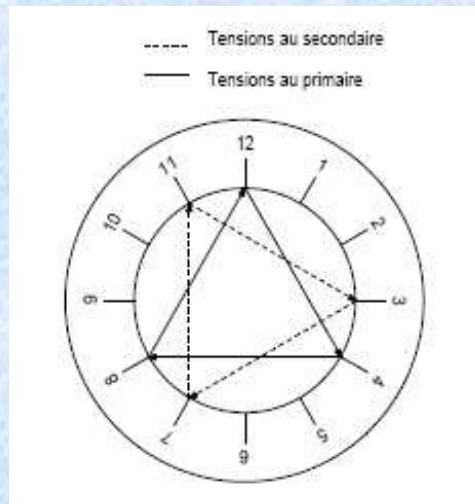
On utilise lorsque la charge est déséquilibrée (distribution urbaine) afin de mieux répartir les déséquilibre sur les 3 colonnes -> se coulage n'a pas d'intérêt au primaire.

Représenter le coulage de notre transformateur



Diagnostic TRANSFORMATEUR

Le nombre (de 0 à 11) est appelé nombre horaire. Il caractérise le déphasage relatif entre les tensions de ligne primaire et secondaire (à vide). Cet angle correspond pour 3600, aux 12 heures du cadran d'une horloge repérées de 0 à 11, chaque angle horaire étant un multiple de 30°.



Diagnostic TRANSFORMATEUR

Caractéristique des couplages :

Couplage	Rapport de transformation
Yy	$m = \frac{n_2}{n_1}$
Yd	$m = \frac{\sqrt{3}}{3} \frac{n_2}{n_1}$
Yz	$m = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{n_2}{n_1}$
Dy	$m = \sqrt{3} \frac{n_2}{n_1}$
Dd	$m = \frac{n_2}{n_1}$

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Les couplages les plus courants sont :

Yy0

Dy11

Yz11

Yd11

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Suivant leur déplacement angulaire, on peut classer les transfos triphasés en 4 groupes :

1. groupe de déplacement angulaire nul :

$\alpha = 0$ (à $2\pi/3$ près), indice horaire: 0 (à $4k$ près)

2. groupe de déplacement angulaire 180° (ou 60°) :

indice horaire: 6 (ou 2, ou 10)

3. groupe de déplacement angulaire $+30^\circ$

indice horaire: 1 (ou 5, ou 9)

4. groupe de déplacement angulaire -30° (ou $+330^\circ$)

indice horaire: 11 (ou 7, ou 3)

Diagnostic TRANSFORMATEUR

Pour que l'on puisse coupler à vide 2 transfos triphasés, il faut que leurs diagrammes vectoriels coïncident \Rightarrow

Même rapport de transformation

Même ordre de succession des phases

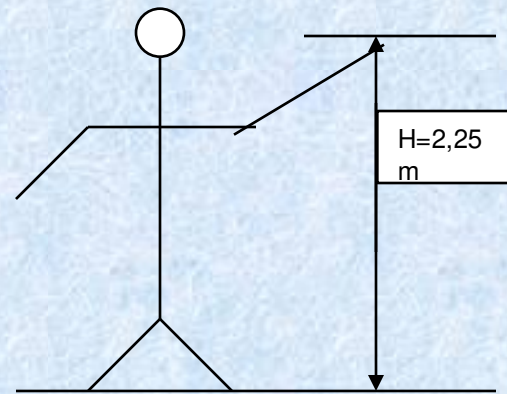
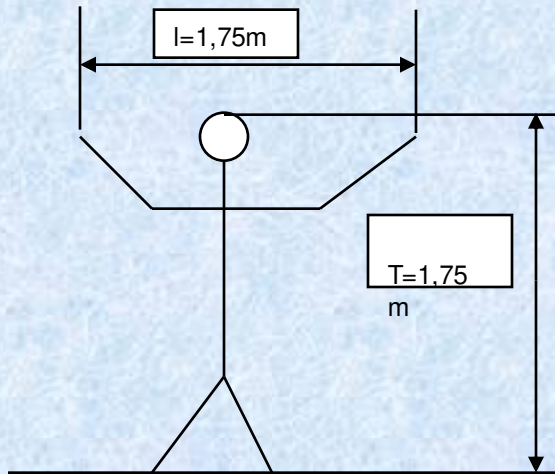
Même décalage angulaire

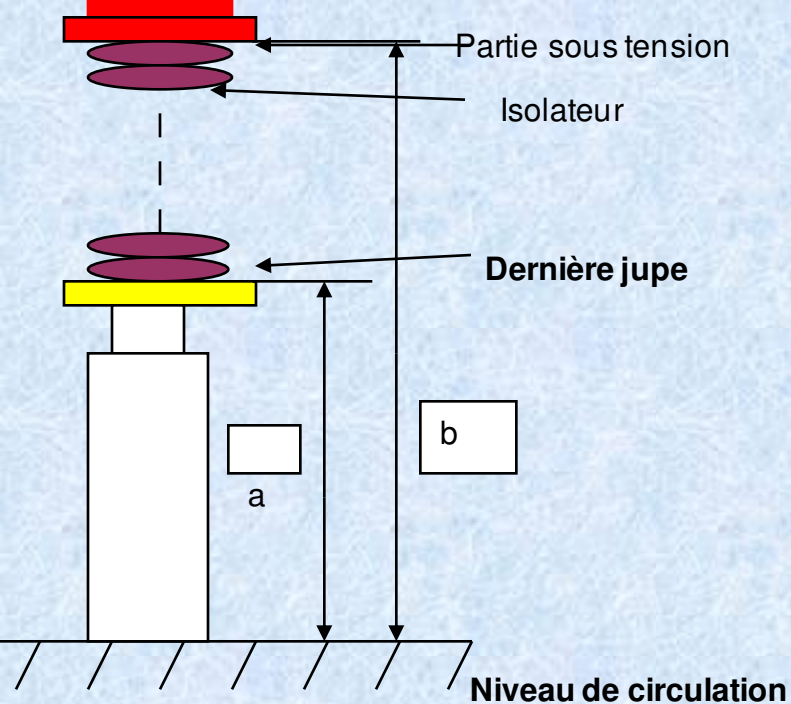
Ils doivent donc appartenir au même groupe

Pour avoir une répartition correcte des puissances entre les 2 transfos en charge, il faut aussi qu'ils aient la même chute de tension donc pratiquement la même tension de court-circuit.

DIMENSIONNEMENT DES POSTES – COORDINATION DES ISOLEMENTS

Dans les postes extérieurs et intérieurs, les appareils sont placés de telle façon qu'il existe certaines distances entre eux et la masse, et entre eux et les phases voisines. Ces distances doivent respecter les normes d'isolement et de sécurité. Les deux éléments à considérer sont l'homme et la tension, le module de l'homme est défini par : sa taille $T = 1,75\text{m}$ sa largeur $l = 1,75$ et sa hauteur $H = 2,25\text{m}$



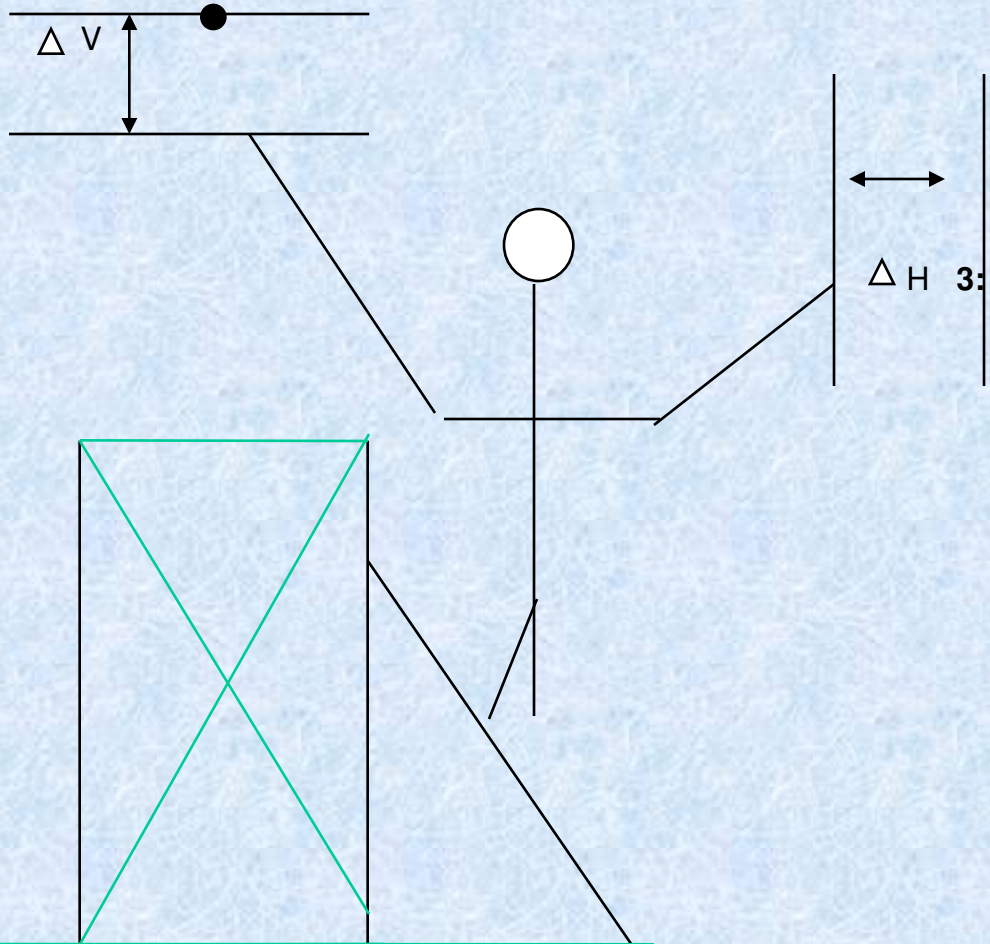


Kv	m	a	b
22 et 30		2,25	3
60		2,25	3
160		2,25	3,77
225		2,25	4,45

Distance minimum entre le sol et les parties sous tension en l'absence de grillage ou d'écran de protection

Ces distances expliquent celles adoptées dans les postes de transformations. Lorsque ces conditions ne peuvent pas être respectées il faut entourer l'appareil ou l'ensemble d'appareils par un grillage de protection à l'intérieur, du quel il est interdite d'entrer tant qu'on n'a pas couper le courant. L'évolution de la technique tend à diminuer la distance à la masse, cependant toute l'installation étant à l'air libre est accessible à l'homme, il faut considérer ces distances de sécurité comme rigoureuse et doivent être obligatoirement respectées

Distances minimum de travail en l'absence de grillage ou d'écran de protection



m Kv	V	H
22	3m	
60		
150	3,27	
225	3,91	3,41

•Distances minimum entre phases et phases et masses

tension de service	extérieur		intérieur		tension nomi	tension essai	tension essai	regl eclateur	regl eclateur	
	a la masse	entre phases	a la masse	entre phases	d'isolement	choc 1/50	50HZ	ligne	appareil	
5.5 KV	13 cm	19 cm	10 cm	12 cm	7.2KV	60KV	27KV	2.5cm		
11.15 KV	16 cm	21 cm	13 cm	15 cm	17.5KV	95KV	45KV	3cm	7cm	133%
20 KV	22 cm	26 cm	16 cm	16 cm	22KV	125KV	45KV	4cm	10cm	150%
22 KV	24 cm	29 cm	20 cm	20 cm	24KV	170KV	45KV	7cm	10cm	43%
30 KV	33 cm	38 cm	30 cm	30 cm	36KV	325KV	70KV	12cm	13.5cm	12.5 %
63 KV	70 cm	80 cm	70 cm	80 cm	72KV	650KV	140KV	28cm	35cm	25%
150 KV	152 cm	175 cm			170KV	750KV	325KV	65cm	82cm	26.2%
225 KV	216 cm	250 cm			245KV	900KV	460KV	90cm	120cm	33.4%

La Maintenance

- La **MAINTENANCE**, c'est l'« Ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management. »

Généralités sur la maintenance

Pratiquer la maintenance implique :

- **Des actions de surveillance et de suivi : visites, contrôles, inspections (systématique ou non).**
- **Diverses opérations, préventives ou correctives : dépannages, réparations, changements des pièces usées, révisions partielles ou totales, et le cas échéant, améliorations avec certaines réserves.**
- **Assurer les opérations au moindre coût**

En fin de vie, la maintenance propose d'abord un déclassement du matériel, cad une diminution des performances selon ses possibilités, et enfin son renouvellement.

Généralités sur la maintenance

☞ Niveaux de maintenance

Niveau 1 : (Visite type 1)

Consiste à des réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité,

Niveau 2 : (Visite Type 2)

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement.

Niveau 3 : (Visite type 3)

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telle que réglage général ou réalignement des bancs d'essais et de contrôle des équipements.

Généralités sur la maintenance

Niveau 4 : (Gros travaux)

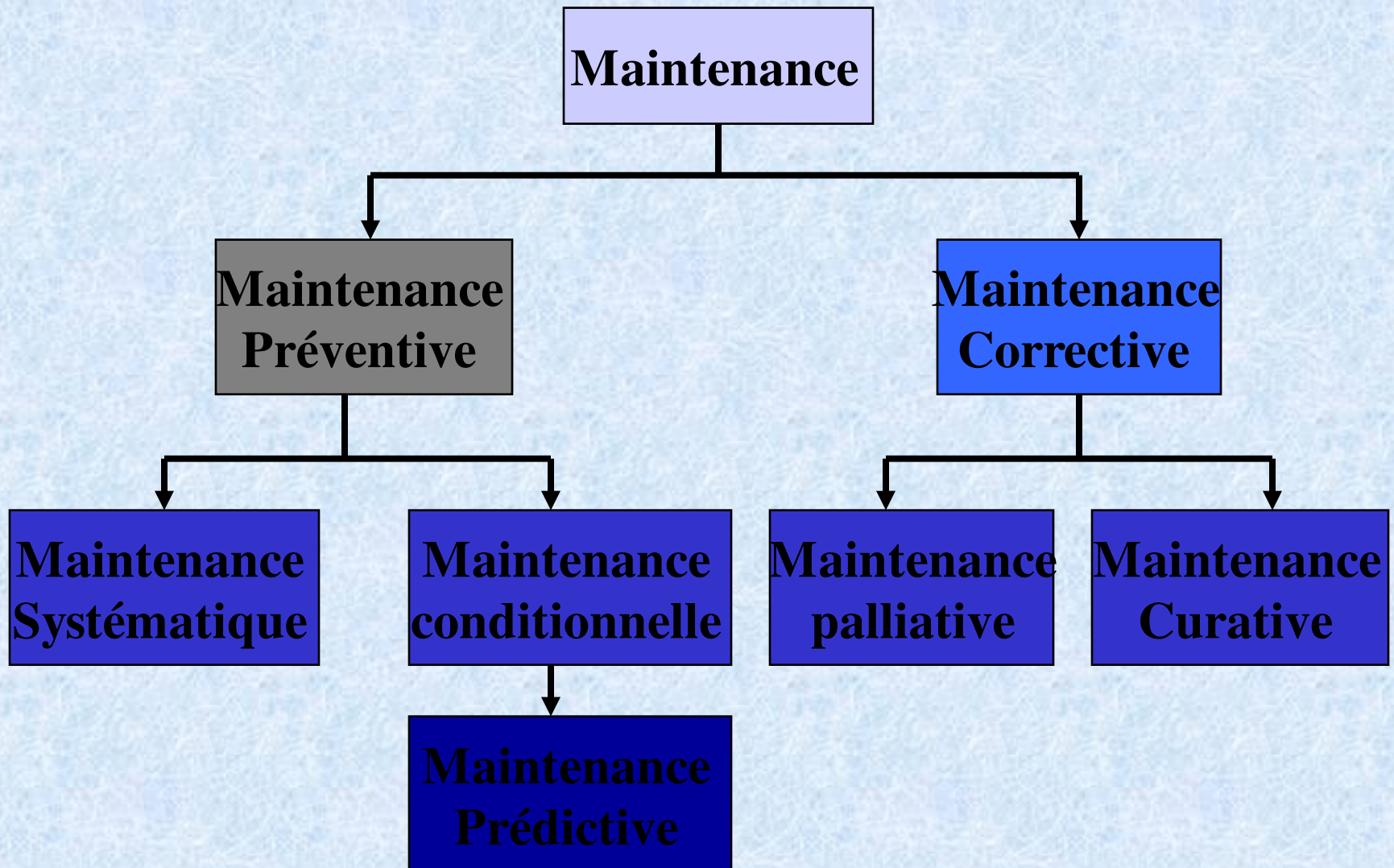
Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisée pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés.

Niveau 5 : (Extension)

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

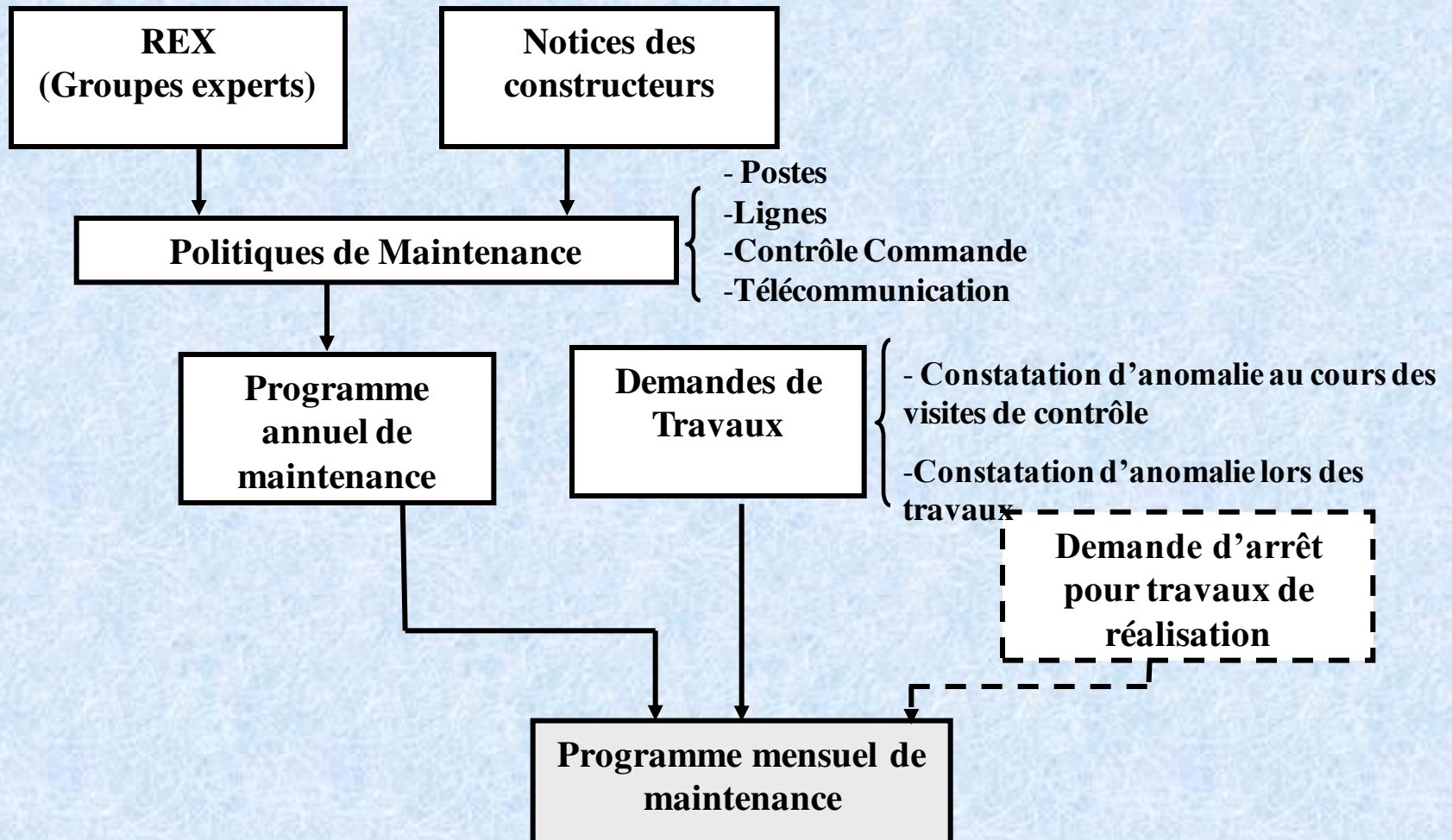
NOTE: Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le fabricant, ou par le reconstruteur, avec les moyens définis par le constructeur, et donc proches de la fabrication.

Généralités sur la maintenance



Gestion de la maintenance

LOGIGRAMME DE PROGRAMMATION DE MAINENANCE



Gestion de la maintenance

POLITIQUES DE MAINTENANCE ONE:

- **Politique de maintenance des Ouvrages des postes de transformation et Matériel THT, HT et auxiliaires**
- **Politique de maintenance des Appareillages Contrôle commande des postes de transformation**
- **Politique de maintenance des lignes THT & HT**
- **Politique de maintenance Télécommunication**

Politique de Maintenance des ouvrages Postes

Orientations Générales:

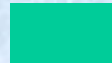
- **Entretien préventif basé sur des visites et des contrôles périodiques (relevé, inspection, contrôle par caméra infrarouge, etc)**
- **Élaboration et mise à jour de la doctrine nécessaire à l'entretien de chaque équipement (modes opératoires, dossiers techniques, caractéristiques, etc.)**
- **Évolution de l'entretien préventif systématique à une maintenance basée sur le diagnostic et la maintenance prédictive**

Politiques Maintenance des Transformateurs

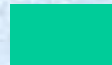
- Transformateurs

On distingue deux type de maintenance :

Maintenance Préventive



Maintenance Prédicative



Politiques Maintenance des Transformateurs

Maintenance préventive :

Cette maintenance assure un contrôle de protection, réfrigération, fuite, changeur de prises de régleur et l'état général.

1) Visite Type 2 :

1-1) Contrôle des protections : consiste en la vérification des dispositifs suivants :

- Bucholz: essai de contact,
- Relais de protection du changeur de prises,
- Thermostat,
- Protection cuve,
- Protection incendie,
- Transformateur de courant,
- Assécheur.

La périodicité est une fois par an.

Politiques Maintenance des Transformateurs

1-2) Contrôle de Réfrigération : consiste en la vérification des dispositifs suivants :

- Chaîne de démarrage,
- Temporisation des relais,
- Moto ventilateurs,
- Moto pompes etc. ...

La périodicité est une **fois par an**.

POLITIQUE DE MAINTENANCE DU TRANSFORMATEUR

Maintenance préventive

2- Visite type III

2-1) Contrôle de changeur de prises (régleur) :

1) Contrôle du corps insérable :

Consiste en l'exécution des opérations suivantes :

- Changement d'huile du corps insérable.
- Nettoyage, révision des contacts du commutateur

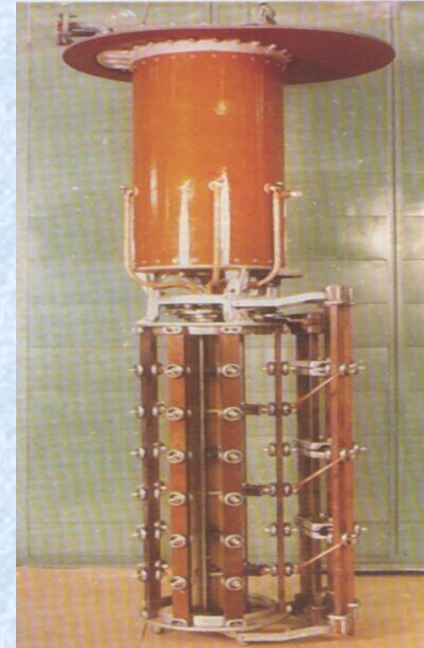
2) Contrôle de la commande.

Cette opération consiste en l'exécution des opérations suivantes :

- Relevé du nombre de manœuvres,
- Graissage des engrenages,
- Fonctionnement des différents relais,
- vérification des fins de course électrique et mécanique,

La périodicité de révision du corps insérable est de 50000 opérations.

La périodicité du contrôle de la commande une fois par an



Politiques Maintenance des Transformateurs

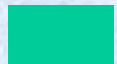
Maintenance préventive

3- Visite type 1

3-1) Contrôle de l'état général du transformateur :elle consiste à contrôler :

- Fuites d'huile,
- Niveau d'huile des transformateurs,
- Assécheur,
- Peinture (nettoyage des transformateurs),

La périodicité est **1 fois par mois**



Politiques Maintenance des Transformateurs

Maintenance prédictive : Analyse des huiles des transformateurs de puissance

☞ Analyse standard(analyse physico-chimique)

Les indicateurs mesurés dans ce stade sont : La teneur en eau, indice d'acidité; indice de coloration et la rigidité diélectrique.

☞ Analyse des gaz dissous dans l'huile

L'analyse des gaz dissous : utilise la technique de chromatographie en phase gazeuse, la nature de gaz formé renseigne sur la nature de la contrainte.

Exemple :

Concentration importante d'acétylène C_2H_2 : Arcs électriques

Concentration importante d'Hydrogène H_2 : Décharges partielles

Concentration importante d'éthylène C_2H_4 : Surchauffement de l'huile

concentration importante de CO_2 : Surchauffement de la cellulose

Politiques Maintenance des Transformateurs

Maintenance prédictive :Analyse des huiles des transformateurs de puissance

🔑 Analyse des furannes

L'analyse permet de diagnostiquer la dégradation de la matière cellulosique, en particulier les papiers de guipage des bobines.

🔑 Traitement d'huile

Utilisé après constatation d'un problème lors des analyses afin de bonifier la teneur diélectrique de l'huile minérale.

🔑 Méthode standard

Méthode de traitement classique à base de la pompe centrifuge pour augmenter la rigidité diélectrique de l'huile et diminuer la teneur en eau.

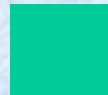
🔑 Méthode de régénération des huiles

Méthode du traitement et de la purification de l'huile par la terre à foulon afin d'éliminer les impuretés.

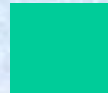
Politiques Maintenance des Disjoncteurs

- Disjoncteurs :

Maintenance préventive



Maintenance basé sur le diagnostic



Politiques Maintenance des Disjoncteurs



L'ONEE-BE adopte une maintenance préventive pour les disjoncteurs



Maintenance systématique basée sur 3 visites périodiques :

- Visite type I: contrôle visuel (sans démontage et sans interruption de service)**
- Visite type II: vérification de fonctionnement (sans démontage , avec interruption)**
- Visite type III: révision générale (avec démontage et interruption de service)**

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Visite type I

- les principales opérations réalisées en visite type I :
 - relevé des index de fonctionnement des pompes; des pressions.... ,
 - contrôle de l'état extérieur du disjoncteur (corrosion, pollution ,peinture),
 - contrôle visuel de niveau d'huile pour les disjoncteurs à huile,

- Objectifs :
 - vérification de l'étanchéité (détection des fuites),
 - détection des anomalies au dispositif de commande,
 - vérification de qualité de l'état du disjoncteur,

- périodicité :
 - Postes HT/MT non gardés: une fois par mois ,
 - Postes THT/HT gardés: journalière ,

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Visite type II

- Les principales opérations réalisées en visite type II :
 - nettoyage ,graissage , lubrification de dispositif de commande
 - faire des essais de fermeture et d'ouverture en local et à distance ,
 - nettoyage extérieur d'isolateur,
 - vérification de serrage,

- Objectifs :
 - s'assurer du bon fonctionnement du disjoncteur,
 - détection des anomalies au dispositif de commande,

- Périodicité :
 - Disjoncteur sur un départ: 2 fois par an ,
 - Disjoncteur inter barres: 1 fois par an ,

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Visite type III

■ Les principales opérations réalisées en visite type III:

- entretien des pièces soumises à l'arc et remplacement éventuel,
- remplacement de l'huile diélectrique pour les disjoncteurs à huile ,
- entretien de la commande ,

Objectifs :

- remise à niveau du disjoncteur ,
- éviter les défaillances au niveau de la chambre de coupure,

■ Périodicité :

- Disjoncteur à huile 60kv : 3 ans ,
- Disjoncteur à huile 225kv: 5 ans ,
- Disjoncteur à SF6 : 12 ans jusqu'à 24 ans selon les constructeurs

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Visite type III

- 1) *La durée d'exploitation;*
- 2) *Le nombre de fonctionnement; donné par le constructeur*
- 3) *Le nombre de coupures en court-circuit. Utilisation des protection numérique*

Si l'un des critères atteint les valeurs limites définies, il faut procéder à une visite type III (Révision).

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Maintenance basée sur le diagnostic

Nouvelles techniques de maintenance des disjoncteurs

afin d'assurer :

Contrôle de la qualité du gaz SF6

Essai de résistance statique

Essai de résistance dynamique

Essai de la bobine

Essai courant moteur

Politiques Maintenance des Disjoncteurs

Maintenance basée sur le diagnostic

- ➔ Contrôle de la teneur en eau dans le gaz SF₆ à l'aide de l'hygromètre,
- ➔ Contrôle de la pression du gaz SF₆ à l'aide des densimètres.



Politiques Maintenance des Disjoncteurs

LES TECHNIQUES DE DIAGNOSTIC DES DISJONCTEURS

➔ Mesure de résistance des contacts principaux à l'aide du Microhmètre :

Une augmentation de cette valeur peut-être dûe à :

- L'usure des contacts ;
- Des impuretés déposées entre le contact mobile et le contact fixe.



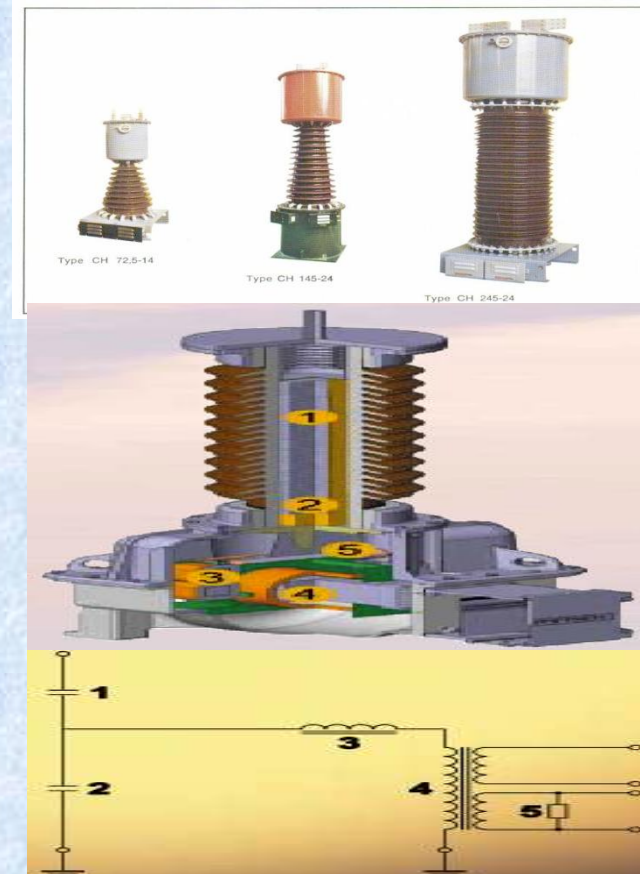
Politiques Maintenance des réducteurs de Mesure

- Réducteurs de mesure

On distingue deux types de maintenance

Maintenance préventive

Maintenance prédictive



1. Condensateur haute tension
2. Condensateur intermédiaire
3. Réactance de compensation
4. Transformateur magnétique de tension.
5. Élément d'amortissement

Politiques Maintenance des réducteurs de Mesure

Maintenance préventive :

Visite type I : *Inspection visuelle* des organes extérieurs tels que l'indicateur de niveau d'huile, les joints entre le fond du réservoir et le couvercle. Ceci dans le but de détecter les signes de fuites et de pénétration de l'humidité.

Périodicité : Journalière pour les postes gardés et selon la périodicité de la visite type I pour les postes non gardés.

Visite type II consiste aux vérifications usuelles sur les réducteurs de mesure (rapport, isolement).

Politiques Maintenance des réducteurs de Mesure

Maintenance prédictive Pont de Schering pour la mesure de $\text{tg}\delta$

- Mesure de $\text{tg}\delta$

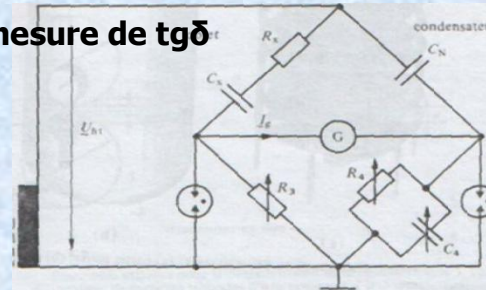
Périodicité :

Tous les trois ans dans les conditions normales de fonctionnement mais après 15 ans, la mesure sera faite sur un intervalle d'une année. La valeur critique est de 1-1,5% pour les unités de 130 KV et de 1% pour celle de 230 KV.

- Analyse d'huile

Périodicité :

- A l'issue d'une valeur critique mesurée par l'appareil $\text{tg}\delta$
- Une fois par 3 ans de fonctionnement normale.



Politiques Maintenance des JdB

le jeu de barre est un nœud qui permet de connecter plusieurs lignes.

Il n'existe pas de directive propre pour la maintenance des JB cependant leur visite par, TST ou bien travaux Hors tension, est souvent déclenché pour le nettoyage et le dépoussiérage quand ces opérations sont estimées nécessaires ou lors d'apparition de certaines anomalies telles que :

Trace d'amorçage dans les constituants du Jeu de barres,

Points chauds par camera thermvision

Bruit anormal ou échauffement dans les connexions.



Politiques Maintenance des Sectionneurs

Maintenance préventive

Visite type II

L'entretien du sectionneur d'après le constructeur doit être fait au moins une fois par an. On mettra le sectionneur hors service, et on réalisera les opérations suivantes :

- Réviser l'état des doigts de contact et les parties en mauvais état seront remplacées.
- Nettoyer la saleté des contacts, et remplacer la graisse.
- Lubrification des points de rotation des transmissions
- Nettoyage des isolateurs, dans le cas de conditions atmosphériques extrêmes, le nettoyage sera réalisé par intervalles de temps plus courts



Politiques Maintenance des Auxiliaires

Atelier d'énergie : (Batterie, Redresseur)

1) Batteries

Trois types de travaux effectués sur les batteries :

1- Complément d'eau distillée de telle sorte que les plaques des accumulateurs ne soient pas découvertes

Périodicité : 1 fois par mois

2- Maintien des batteries en bon état de propreté et vérifications du serrage et de l'état des connexions.

Périodicité : 1 fois par mois

3- Contrôle systématique d'autonomie des batteries (cycle charge décharge),

Périodicité : 1 fois par an

Politiques Maintenance des Auxiliaires

2) Redresseurs

- *Entretien courant des redresseurs*

- Cet entretien est associé à l'entretien courant des batteries qui se fait mensuellement et comporte les tâches suivantes :
- Contrôle des tensions de sortie de chaque mode de charge
- Dépoussiérage des composants électroniques
- Vérification des liaisons et raccords du redresseur
- Vérification de la position du mode de charge

- *Essai de l'automatisme*

Cet essai s'effectue en même temps que celui de l'autonomie de la batterie, et permet de s'assurer du bon fonctionnement des régimes de charge.

Systeme de test et d'analyse des batteries d'accumulateurs

- ❖ Une valise de décharge des batteries;
- ❖ Une unité de test à canaux multiples;
- ❖ Un logiciel pour commande et analyse des résultats.



Systeme de test et d'analyse des batteries d'accumulateurs

Le système permet de réaliser:

- **Mesure et enregistrement des paramètres de la batterie (tension, densité, température, courant)**
- **Les résultats sont présentés sous forme de courbe, histogrammes ou tableaux et peuvent être imprimés sous forme de rapport**
- **Les éléments défectueux sont facilement identifiés**



Systeme de test et d'analyse des batteries d'accumulateurs

- **Décharge de la batterie sans débranchement des équipement qu'elle dessert;**
- **Le temps de test est très réduit, ce qui permet de gérer un gros parc de batteries;**
- **L'autonomie de la batterie ainsi que la capacité de chaque élément peuvent être déterminée avec exactitude;**
- **Le système est auto- contrôlée, donc il n'y a pas de risque sur le personnel et sur le matériel.**



AUTRES TRAVAUX DE MAINTENANCE

- + Travaux sous tension.**
- + Contrôle par Thermovision.**
- + Renouvellement**
- + Rénovation**

TRAVAUX SOUS TENSION

Postes:

- ❑ Lavage sous tension des postes 60/225Kv;
- ❑ Lavage hors tension des postes 400Kv;
- ❑ Graissage des sectionneurs aboutissants aux jeux de barres 60 et 225Kv;
- ❑ Remplacement des boulons des raccords 60 et 225Kv;
- ❑ Pose des shunts(élimination des points chauds) 60 et 225Kv;
- ❑ Dénichage et retrait des corps étrangers;
- ❑ Relevé de mesure des côtes des installations





Contrôle par thermovision

Le principe de la thermovision est basé sur la mesure à distance par infrarouge de la chaleur dégagée par un corps déterminé.

L'introduction en 2001 de la technique de contrôle des connexions et appareillages des postes et lignes par infrarouge a contribué dans l'amélioration de la maintenance préventive.

Renouvellement

Les principes actuels de renouvellement des équipements des postes sont fondés sur :

1-l'inadéquation des équipements :

- Avec les extensions prévues ou avec les réaménagements partiels des installations (ex-renforcement de puissance,...).
- Avec l'évolution des paramètres électriques : charge, puissance, Courant de court- circuit. (ex dépassement de pouvoir de coupure de disjoncteur, rapport des réducteurs demesure à changer...)

Renouvellement

- 2- Le REX du matériel installé (incidents fréquents sur un type de matériel)
- 3- Le manque de pièces de rechange dû à l'obsolescence du matériel
- 4- Atteinte du critère de vétusté du matériel (durée de vie du matériel dépassée).

Rénovation

C'est une opération qui vise à prolonger la durée de vie du matériel et qui touche spécialement :

- **Les disjoncteurs (remplacement des contacts internes, de tous les joints ,toutes les pièces sujets à une usure...)**
- **Les postes blindés (remplacement des joints , traitement du gaz à SF6, remplacement des accumulateurs des disjoncteurs ,...)**
- **Les transformateurs de puissance par la refonte des bobinages primaires et secondaires.**

Néanmoins, cette opération doit être engagée après une étude technico-économique.



Merci

Merci de votre
Attention



Thank You