

4 Le poste de livraison à comptage BT

B22

Un poste de livraison à comptage BT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 35 kV comprenant un seul transformateur MT/BT dont la puissance est en général inférieure ou égale à 1250 kVA.

4.1 Généralités

En France la norme NF C 13-100 définit le poste HTA à comptage BT par :

- une tension 1 à 33 kV (valeur usuelle 20 kV),
- un seul transformateur,
- courant secondaire assigné est au plus égal à 2000 A (soit en pratique une puissance maximale $P_{max} \leq 1250$ kVA).

La valeur maximale 2000 A impose en pratique, selon les tensions, de se limiter à une puissance maximale normalisée du transformateur de :

- 1250 kVA en 20 kV,
- 1000 kVA en 15 kV,
- 630 kVA en 10 kV,
- 400 kVA en 5,5 kV.

Fonctions

Le poste de livraison

L'ensemble des matériels du poste est rassemblé dans une même enceinte, soit à l'intérieur d'un bâtiment existant, soit sous forme d'un poste préfabriqué installé à l'extérieur.

Raccordement au réseau MT

Le raccordement au réseau se fait :

- soit directement en antenne (simple dérivation),
- soit par l'intermédiaire de 2 interrupteurs dans un réseau en boucle (coupure d'artère),
- soit par 2 interrupteurs verrouillés mécaniquement dans un réseau en double dérivation.

Transformateur

Le transformateur peut être de plusieurs types :

- immergé dans l'huile minérale si l'emplacement du poste le permet,
- de type sec enrobé et moulé sous vide pour les installations dans certains types de locaux, en fonction de la législation locale. (ex : immeubles de grande hauteur, locaux recevant du public...).

Comptage

Le comptage en BT permet l'utilisation de transformateurs de mesure économiques et peu encombrants. Les pertes du transformateur ne sont pas comptées, mais le tarif appliqué par le distributeur est établi en conséquence.

Distribution BT

Un disjoncteur général BT assurant l'isolement et comportant les interverrouillages requis

- alimente un tableau, généralement simple,
- protège le transformateur contre les surcharges et les circuits BT contre les courts-circuits coté basse tension.

En France la norme NF C 13 100 exige que ce disjoncteur soit à coupure visible.

Schéma unifilaire

Le schéma de la page suivante (**Figure B18**) représente

- les fonctions raccords au réseau qui peuvent être de 4 types :

- en antenne ou simple dérivation,
- en antenne provisoire (transformable en boucle),
- en double dérivation,
- en boucle ou coupure d'artère,

- les fonctions protections MT et transformation MT/BT,
- la fonction comptage BT et sectionnement général BT
- la fonction protection et distribution BT,
- les zones accessibles aux différents intervenants.

- les zones d'application des normes NF C 13-100 et NF C 15-100, qui se recouvrent partiellement,

4 Le poste de livraison à comptage BT

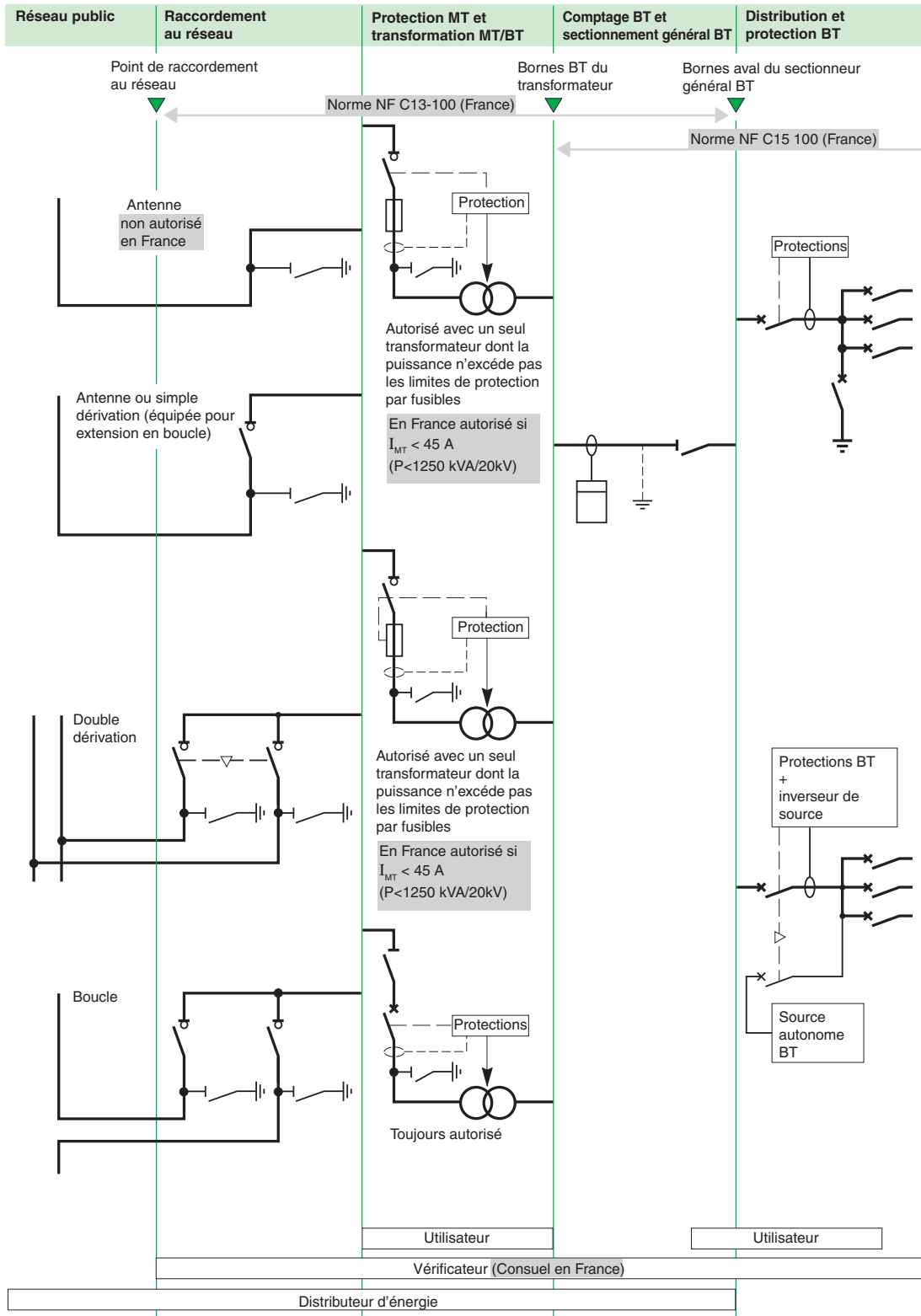


Fig. B18 : Poste de livraison à comptage BT

4.2 Choix des équipements MT

Normes et spécifications

L'appareillage et les équipements seront conformes aux normes internationales suivantes :

CEI 62271-1, 62271-200, 60265-1, 62271-102, 62271-100, 62271-105

Des règlements locaux peuvent aussi exiger la conformité avec des normes nationales comme :

- France : UTE
- Royaume Uni : BS
- Allemagne : VDE
- USA : ANSI

Normes et spécifications pour la France

Les équipements HTA doivent répondre aux normes suivantes, rendues applicables par décret :

- UTE NF C 13-100, 13-200, 64-400 pour les cellules
- autres normes spécifiques à chaque appareillage, en particulier, NF C 64-160 pour la coupure pleinement apparente.

Par ailleurs, l'accord du distributeur d'énergie impose généralement la conformité à certaines spécifications propres.

Choix du type de matériel

Un poste peut être réalisé, en fonction des normes et habitudes locales à partir :

- de cellules modulaires, qui permettent de répondre à tous les types de schémas ainsi qu'à des extensions ultérieures en prévoyant la place nécessaire,
- d'ensembles compacts type Ring Main Unit, lorsque l'alimentation se fait en boucle (ensemble monobloc 3 fonctions) en particulier en cas
- de conditions climatiques et/ou de pollutions très sévères (isolement intégral),
- d'insuffisance de place pour une solution modulaire.

Matériel utilisés en France

Les équipements HTA sont en général des cellules modulaires, par exemple du type gamme SM6 Schneider Electric. Le RM6 (appareil «tout SF6» à fonctions intégrées) est utilisable sur des réseaux en boucle pour des cas d'environnement sévère.

Cellules compartimentées sous enveloppe métallique

Norme CEI 62271-200

La norme CEI 62271-200 spécifie les «appareillages sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV».

Cette norme définit notamment :

- Le type d'appareillage :
 - AIS (Air Insulated Switchgear) – à isolement dans l'air
 - GIS (Gaz Insulated Switchgear) – à isolement dans un gaz.
- Les unités fonctionnelles : «partie d'un appareillage sous enveloppe métallique comprenant tous les matériels des circuits principaux et des circuits auxiliaires qui concourent à l'exécution d'une seule fonction», qui correspond en général à une cellule
- Les compartiments : «partie d'un appareillage sous enveloppe métallique fermée, à l'exception des ouvertures nécessaires à l'interconnexion, à la commande ou à la ventilation». Le constructeur définit le nombre et le contenu des compartiments (ex : jeu de barres, câbles, appareillage...), qui peuvent contenir de l'appareillage de type :
 - fixe,
 - débrochable.
- L'accessibilité de chaque compartiment :
 - contrôlée par verrouillage ou selon procédures, pour les compartiments pouvant être ouverts en exploitation normale,
 - par outillage, pour les compartiments ne devant pas être ouvert en exploitation normale,
 - non accessible, pour les compartiments ne devant pas être ouverts.
- La catégorie de perte de continuité de service LSC (Loss of Service Continuity), qui définit la possibilité de maintenir sous tension d'autres compartiment quand un compartiment est ouvert.
 - LSC1, lorsque cette ouverture nécessite la mise hors tension des autres unités fonctionnelles.
 - LSC2 A lorsque les autres unités fonctionnelles peuvent rester sous tension.
 - LSC2 B lorsque les autres unités fonctionnelles et tous les compartiments câbles peuvent rester sous tension.

4 Le poste de livraison à comptage BT

B25

- La classe de cloisonnement (Partition Class) entre parties sous tension et compartiment ouvert, par le type de cloison «partie d'un appareillage sous enveloppe métallique séparant un compartiment d'une autre compartiment»
- PM : cloisons métalliques,
- PI : cloisons isolantes.

Cellules pour les postes HTA/BT ou HTA/HTA en France

Les cellules utilisées, par exemple la gamme SM6 de Schneider Electric, sont vis-à-vis de la norme CEI 62271-200 de type :

- AIS avec isolement dans l'air,
- à compartiments équipés d'un appareillage fixe,
- catégorie de perte de continuité de service LSC2A,
- classe de cloisonnement PI.

Les cellules modulaires type SM6 procurent :

- la sécurité d'exploitation,
- la réduction d'encombrement,
- une grande souplesse d'adaptation et des extensions aisées,
- une maintenance réduite.

Chaque cellule comporte 3 compartiments :

- appareillage : interrupteur-sectionneur isolé dans un carter en résine-epoxy rempli de SF6 et scellé à vie
- raccordements : par câbles sur plages du carter de l'interrupteur (possibilité d'installation sur socle, sans génie civil)
- jeu de barres : modulaire, permettant une extension à volonté des tableaux

Un capot de commande peut contenir (sans saillie) un automatisme de commande et du relaying. Un caisson complémentaire supérieur peut être ajouté si nécessaire.

Les raccordements sont réalisés à l'intérieur d'un compartiment raccordement câbles situé en face avant, accessibles en retirant un panneau d'accès.

Les cellules sont raccordées électriquement entre elles par un jeu de barres préfabriqué.

La mise en place se fait sur le site en respectant les instructions de montage.

L'exploitation est simplifiée par le regroupement de toutes les commandes sur un plastron frontal.

L'interrupteur-sectionneur SM6 (cf. **Fig. B19**) répond au critère de coupure pleinement apparente suivant par la norme CEI 62 271-102 et la norme NF C 64-160 grâce à l'indicateur de position reflétant fidèlement la position des contacts.

Les cellules intègrent les verrouillages de base spécifiés dans la norme CEI 62271-200 :

- la fermeture de l'interrupteur n'est possible que si le sectionneur de terre est ouvert, et si le panneau d'accès aux raccordements est en place.
- la fermeture du sectionneur de terre n'est possible que si l'appareil fonctionnel est ouvert.

■ l'ouverture du panneau d'accès aux raccordements câbles, qui est le seul compartiment accessible à l'utilisateur lors de l'exploitation, est sécurisé par plusieurs autres interverrouillages :

- l'ouverture du panneau n'est possible que si le sectionneur de terre est fermé,
- l'interrupteur-sectionneur est verrouillé en position ouvert lors de l'accès.

L'ouverture du sectionneur de terre est alors possible, par exemple pour des essais sur les têtes de câbles.

Ces fonctionnalités permettent, lors de l'ouverture d'un panneau d'accès aux raccordements câbles d'une cellule, de conserver le jeu de barres et les câbles des autres cellules sous tension et en exploitation (catégorie de perte de continuité de service LSC2A).

Outre les verrouillages fonctionnels définis ci-dessus, chaque cellule comporte :

- des dispositifs de cadenassage prévus par construction
- des aménagements destinés à recevoir chacun une serrure pour des interverrouillages éventuels.

Les manœuvres sont faciles et sécurisées

- Organes nécessaires aux manœuvres regroupés sur une platine fonctionnelle et claire.

- Levier de fermeture commun à toutes les cellules (sauf disjoncteurs).

- Faible effort de manœuvre du levier.

- Ouverture ou fermeture de l'appareil par levier ou par bouton-poussoir pour les interrupteurs automatiques.



Fig. B19 : Cellule interrupteur sectionneur SM6

4.3 Choix de la cellule de protection du transformateur MT/BT

Trois types de cellules MT sont généralement utilisés pour protéger le transformateur du poste :

- Interrupteur et fusibles associés, la fusion d'un fusible n'agissant pas sur l'interrupteur (ex : cellule PM de la gamme SM6),
- combiné interrupteur-fusibles, la fusion d'un fusible⁽¹⁾ déclenchant l'interrupteur (ex : cellule QM de la gamme SM6),
- disjoncteur (ex : cellule DM de la gamme SM6).

Sept paramètres vont influencer sur le choix optimal :

- la valeur du courant primaire,
- le type d'isolant du transformateur,
- l'installation du poste par rapport au local principal,
- la position du poste par rapport aux charges,
- la puissance en kVA du transformateur,
- la distance des cellules au transformateur,
- l'utilisation de relais de protection séparés (par opposition à relais directs à bobine agissant directement sur le déclencheur).

Choix de la cellule de protection du transformateur en comptage BT en France

Le dispositif de protection HTA est défini par la norme NF C 13-100 (voir page B17). Un poste HTA à comptage BT comporte un seul transformateur de courant secondaire < 2000 A (voir page B22).

- Le courant de base vérifie ainsi toujours, en 20 kV, la condition $I_B < 45$ A, de sorte que la protection peut être assurée (NF C 13-100 § 433), soit par des fusibles, soit par un disjoncteur. Ce dernier est préférable, avec l'accord du distributeur, s'il est prévu dans l'avenir une augmentation de la puissance du poste.
- Si une source autonome d'énergie électrique peut fonctionner en parallèle avec le réseau du distributeur il faut opter pour une protection par disjoncteur.

La norme NF C 13-100 impose d'autre part en comptage BT :

- une protection du transformateur contre les défauts internes provoquant l'ouverture du dispositif de protection HTA :
 - pour les transformateurs immergés, un dispositif de détection gaz, pression, température de type DMCR ou DGPT2,
 - pour les transformateurs secs, un dispositif thermique,
- une protection à maximum de courant résiduel lorsque le transformateur est éloigné de plus de 100 mètres des cellules HTA.

Le dispositif de protection du transformateur peut être alimenté par le transformateur lui-même.

4.4 Choix du transformateur MT/BT

Paramètres caractérisant un transformateur

Un transformateur est défini, d'une part, par ses caractéristiques électriques et, d'autre part, par des caractéristiques liées à sa technologie et à ses conditions d'utilisation.

Caractéristiques électriques

- Puissance assignée P_n : valeur conventionnelle de la puissance apparente en kVA destinée à servir de base à la construction du transformateur. Les essais et garanties du constructeur se réfèrent à cette valeur.
- Fréquence : Ce guide concerne les réseaux 50 et 60 Hz.

En France, la fréquence du réseau est de 50 Hz.

- Tension(s) assignée(s) primaire(s) et secondaire(s) :
 - pour une double tension primaire, préciser la puissance en kVA correspondant à chaque niveau.
 - la(es) tension(s) secondaire(s) sont celles à vide en circuit ouvert.
- Niveau d'isolement assigné : il est défini par l'ensemble des deux valeurs suivantes :
 - tension de tenue d'essai à fréquence industrielle,
 - tension de tenue à l'onde de choc normalisée, qui simule l'effet de la foudre.

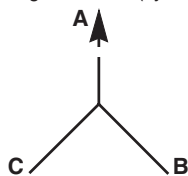
Pour les tensions considérées dans ce chapitre, les surtensions de manœuvres sont généralement moins importantes que celles dues à la foudre, de sorte qu'il n'y pas d'essai séparé pour les surtensions de manœuvres.

(1) Les combinés interrupteur-fusibles sont équipés d'un percuteur qui provoque le déclenchement tripolaire de l'interrupteur en cas de fusion d'un ou plusieurs fusibles.

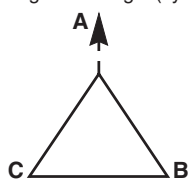
4 Le poste de livraison à comptage BT

B27

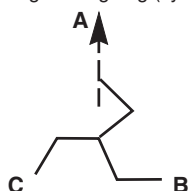
Montage en étoile (symbole \star)



Montage en triangle (symbole Δ)



Montage en zig-zag (symbole Z)



Le montage zig-zag n'est utilisé que du côté secondaire des transformateurs de distribution.

Fig. B20 : Couplages usuels

■ Prises de réglage manœuvrables hors tension : elles agissent sur la plus haute tension et permettent d'adapter dans des fourchettes $\pm 2,5\%$ et $\pm 5\%$ le transformateur à la valeur réelle de la tension d'alimentation. Le transformateur doit être mis hors tension préalablement à la commutation de ces prises.

■ Couplages des enroulements (cf. Fig. B20) : ils sont indiqués par des symboles pour les couplages en étoile, triangle et zig-zag, et toute combinaison de ces couplages (en particulier pour les transformateurs spéciaux comme les transformateurs hexaphasés ou dodécaphasés) et par un code alpha numérique préconisé par la CEI. Ce code se lit de gauche à droite, la première lettre se référant à l'enroulement de tension la plus élevée, la seconde lettre à celui de tension immédiatement inférieure, etc.

□ Les lettres majuscules se réfèrent à l'enroulement de tension la plus élevée.

D = couplage triangle en MT

Y = couplage étoile en MT

Z = couplage zigzag en MT

N = neutre MT sorti accessible

□ Les lettres minuscules se réfèrent en général aux enroulements secondaire et le cas échéant tertiaire.

d = couplage triangle en BT

y = couplage étoile en BT

z = couplage zig-zag (interconnexion en étoile) en BT

n = neutre BT sorti accessible

□ un nombre de 0 à 11, désigné par indice horaire (avec «0» en lieu et place de «12») est accolé aux lettres pour indiquer le déphasage entre la tension primaire et la tension secondaire.

Pour un transformateur de distribution, Dyn11 est un type classique de couplage des enroulements primaires et secondaires : ce couplage Dyn11 signifie que :

- le primaire est monté en triangle,

- le secondaire, avec un point neutre disponible sur borne, est monté en étoile,

- le déphasage entre les tensions primaires et secondaires est égal à :

+ 30 °électrique. Le nombre « 11 » signifie que la tension de la phase «1» du secondaire est à « 11 heures » tandis que la tension de la phase «1» du primaire est à « 12 heures », comme indiqué sur la Figure B30 en page B37. Toutes les combinaisons d'enroulements triangle, étoile et zig-zag produisent un déphasage qui est de 30 °électrique ou multiple de 30 °électrique ou nul. La norme CEI 60076-4 décrit en détail « l'indice horaire ».

Caractéristiques liées à la technologie et aux conditions d'utilisation

Cette liste n'est pas exhaustive :

- choix du diélectrique,
- installation intérieure ou extérieure,
- altitude (≤ 1000 m est le cas standard),
- température :
 - ambiante maximum : 40 °C,
 - ambiante moyenne journalière : 30 °C,
 - ambiante moyenne annuelle : 20 °C.

Ces températures sont des valeurs standard selon la norme CEI 60076.

Description des technologies

Il existe deux types de transformateurs :

- les transformateurs de type secs enrobés,
- les transformateurs de type immergés.

Transformateurs de type secs

L'isolation des enroulements est réalisée par des isolants solides à base de résine. Le refroidissement est donc réalisé par l'air ambiant sans liquide intermédiaire.

Il est recommandé de choisir le transformateur sec avec les caractéristiques suivantes, conformément à la norme CEI 60076-11 :

- classe E2 de comportement vis à vis de l'environnement (condensation fréquente, pollution élevée) : enrobage procurant un excellent comportement en atmosphère industrielle et une insensibilité aux agents extérieurs (poussière, humidité...) tout en garantissant une parfaite protection de l'environnement et des personnes par la suppression des risques de pollution froide ou chaude,
- classe C2 climatique (fonctionnement transport et stockage jusqu'à -25 °C),
- classe F1 de comportement au feu (F2 correspond à un accord spécial entre constructeur et utilisateur), c'est à dire :
 - autoextinction rapide : enrobage possédant une excellente résistance au feu et une autoextinguibilité immédiate, ce qui permet de qualifier ces transformateurs d'inflammables,

B28



Fig. B21 : Transformateur de type sec Trihal



Fig. B22 : Transformateur étanche à remplissage intégral



Fig. B23 : Transformateur respirant avec conservateur

- matériaux et produits de combustion non toxiques : enrobage exempt de composés halogénés (chlore, brome, etc.) et de composés générateurs de produits corrosifs ou toxiques, ce qui garantit une sécurité élevée contre les risques de pollution chaude en cas de pyrolyse,
- fumées non opaques : du fait des composants utilisés.

Par exemple, ce qui suit se réfère au procédé de fabrication réalisé par un fabricant européen majeur, leader dans son domaine. Ce procédé, qui procure la classification E2, C2, F1, utilise des systèmes brevetés et exclusifs de bobinage et d'enrobage par moulage sous vide de l'enroulement MT (cf. Fig. B21).

Trois composants constituent l'enrobage :

- résine époxyde à base de biphénol A, de viscosité adaptée à une excellente imprégnation des enroulements
- durcisseur anhydride (non aminé), modifié par un flexibilisateur pour assurer la souplesse du système moulé nécessaire afin d'interdire toute fissure en exploitation,
- charge active pulvérulente composée d'alumine trihydratée $Al(OH)_3$ et de silice qui apporte des propriétés mécaniques et thermiques requises et les qualités intrinsèques exceptionnelles de comportement au feu.

En outre les transformateurs de type sec enrobé assurent une excellente protection contre les contacts directs. Par exemple, les transformateurs précédents ont une enveloppe ayant un degré de protection IP 3X, conforme aux exigences du décret de protection n° 88-10-56 du 14-11-1988.

Transformateurs de type immergés

Le liquide utilisé comme diélectrique dans les transformateurs immergés est l'huile minérale. Toutefois des alternatives plus écologiques apparaissent, et l'on trouve des transformateurs immergés dans :

- soit de l'huile minérale, tirée du pétrole
- soit de l'huile végétale, extraite des plantes.

Ces liquides étant inflammables, voire très inflammables dans le cas de l'huile minérale, il est recommandé de prendre des mesures de sécurité, obligatoires dans la plupart des cas dont la plus simple (utilisée en France) est le relais de protection type DMCR ou DGPT2. En cas d'anomalie, il donne l'ordre de mise hors service du transformateur avant que la situation ne devienne dangereuse.

L'huile minérale est difficilement biodégradable, même sur le long terme, alors que l'huile végétale est biodégradable à 99 % en 43 jours. Elle constitue une alternative écologique, apportant de plus des performances optimisées.

Le diélectrique liquide sert aussi à évacuer les calories. Il se dilate en fonction de la charge et de la température ambiante. La conception des transformateurs leur permet d'absorber les variations de volume correspondantes.

Pour cela, deux techniques sont employées :

- étanche à remplissage total (ERT) (cf. Fig. B22)

Cette technique est utilisable actuellement jusqu'à 10 MVA

Développée par un constructeur majeur Français en 1963, la technique étanche à remplissage total (ERT) ou intégral (ERI), «sans matelas gazeux» des cuves étanches des transformateurs immergés (Fig. B22) a été adoptée par le distributeur national d'alors, EDF, en 1972. Elle est maintenant communément utilisée partout dans le monde.

La dilatation du diélectrique liquide est compensée par la déformation élastique des ondes de la cuve du transformateur qui servent également à évacuer les calories.

La technique ERT présente beaucoup d'avantages par rapport à d'autres procédés :

- toute oxydation du diélectrique liquide par contact avec l'air est évitée,
- pas de nécessité de dessiccateur d'air et, en conséquence, réduction de l'entretien et de la maintenance (pas de surveillance ni besoin de changer le dessiccateur) :
- plus de contrôle de la rigidité diélectrique,
- protection interne simple possible grâce au relais de pression,
- facilité d'installation : plus léger et moins haut (absence de conservateur), il offre un meilleur accès aux connexions MT et BT,
- détection immédiate de toute fuite même sans gravité : de l'eau ne pourra pas pénétrer dans la cuve.

- respirant avec conservateur (cf. Fig. B23)

La dilatation du diélectrique se fait dans un réservoir d'expansion (conservateur) placé au-dessus de la cuve, comme présenté par la figure B23. L'espace au dessus du liquide peut être rempli d'air qui pénètre lorsque le niveau du liquide baisse et est partiellement expulsé lorsque le niveau monte. L'air ambiant pénètre à travers un joint étanche à l'huile, puis passe par un système dessiccateur (généralement à base de gel de cristaux de silice) protégeant de l'humidité, avant d'entrer dans le réservoir. Pour certains gros transformateurs l'espace au dessus de l'huile est occupé par une paroi étanche déformable de sorte que le diélectrique ne puisse pas être en contact direct avec l'air ambiant. L'air entre et sort à travers un joint étanche à l'huile et un dessiccateur comme décrit précédemment.

Un réservoir d'expansion est obligatoire pour les transformateurs de plus de 10 MVA, ce qui est la limite actuelle de la technologie à remplissage total.

4 Le poste de livraison à comptage BT

B29

Choix de la technologie

Actuellement, il est possible de choisir entre un transformateur de type sec ou de type immergé dans l'huile jusqu'à 10 MVA.

Pour réaliser ce choix, plusieurs paramètres sont à prendre en considération, dont :

- la sécurité des personnes, au niveau du transformateur ou à son voisinage, sécurité qui fait l'objet d'une réglementation et de recommandations officielles,
- le bilan économique, compte tenu des avantages de chaque technique et de la gamme des matériels existants.

Les règlements pouvant influencer sur le choix sont les suivants :

- transformateur de type sec :
 - dans certains pays, un transformateur de type sec est obligatoire dans les immeubles de grande hauteur,
 - les transformateurs de type sec n'imposent aucune contrainte dans les autres cas.
- transformateur immergé dans un diélectrique liquide (cf. Fig. 24) :
 - ce type de transformateur est généralement interdit dans les immeubles de grande hauteur,
 - les contraintes d'installation, ou protections minimales contre les risques d'incendie, varient selon la classe du diélectrique utilisé,
 - les pays dans lesquels l'utilisation d'un diélectrique liquide est largement développée, les classent en différentes catégories selon leur performance de tenue au feu. Celle-ci est caractérisée par deux critères : le point de feu et le pouvoir calorifique inférieur.

Code	Liquide diélectrique	Point de feu (°C)	Pouvoir calorifique inférieur (°C) (MJ/kg)
O1	Huile minérale	< 300	-
K1	hydrocarbures à haute densité	> 300	48
K2	Esters	> 300	34 - 37
K3	Silicones	> 300	27 - 28
L3	Liquides halogènes isolants	-	12

Fig. B24 : Catégories de diélectriques

Par exemple, la réglementation française définit les conditions d'utilisation des transformateurs à diélectriques liquides.

La réglementation précise :

- transformateur de type sec enrobé,
 - il est obligatoire dans les immeubles de grande hauteur,
 - il n'impose pas de contraintes d'installation dans les autres cas,
- transformateur à diélectrique liquide :
 - il est interdit dans les immeubles de grande hauteur,
 - il implique des contraintes d'installation lorsqu'il fait usage d'un certain nombre de diélectriques. Ces contraintes d'installation, ou protections minimales contre les risques d'incendie, varient selon la classe du diélectrique utilisé.

Les normes françaises précisent par ailleurs :

- la norme NF C 27-300 donne une classification des diélectriques liquides d'après leur comportement au feu (Fig. B24), apprécié selon deux critères : le point de feu et le pouvoir calorifique inférieur (ou quantité minimale de chaleur dégagée).
- la norme NF C 17-300 définit les conditions d'installation des transformateurs, contenant des diélectriques liquides, pour assurer la sécurité des personnes et la conservation des biens.

Elle traite notamment des mesures minimales à prendre contre les risques d'incendie.

Les principales mesures sont décrites dans le **tableau B25** :

- pour les diélectriques de classe L3, aucune mesure particulière n'est à prévoir
- pour les diélectriques de classe O1 et K1, les mesures ne sont applicables que s'il y a plus de 25 litres de diélectrique
- pour les diélectriques de classe K2 et K3, les mesures ne sont applicables que s'il y a plus de 50 litres de diélectrique.

Classe du diélectrique	Nombre minimal de litres impliquant des mesures	Local ou emplacement					
		Local ou emplacement réservé aux personnes averties ou qualifiées (B4 ou B5) et séparé de tout autre bâtiment d'une distance D			Local réservé aux personnes averties et isolé des locaux de travail par des parois coupe-feu de degré 2 heures		Autres locaux ou emplacements ⁽²⁾
		D > 8 m	4 m < D < 8 m	D < 4 m ⁽¹⁾ vers des locaux	Sans ouverture	Avec ouverture(s)	
O1 K1	25	Pas de mesures particulières	Interposition d'un écran pare-flammes de degré 1 heure	Mur du bâtiment voisin coupe-feu de degré 2 heures	Mesures (1 + 2) ou 3 ou 4	Mesures (1 + 2 + 5) ou 3 ou (4 + 5)	Mesures (1A + 2 + 4) ⁽³⁾ ou 3
K2 K3	50	Pas de mesures particulières		Interposition d'un écran pare-flammes de degré 1 heure	pas de mesures particulières	Mesures 1A ou 3 ou 4	Mesures 1 ou 3 ou 4
L3		Pas de mesures particulières					

Mesure 1 : Dispositions telles que, si le diélectrique vient à se répandre, il soit entièrement recueilli (bac de rétention, relèvement des seuils et obturation des caniveaux lors de la construction).

Mesure 1A : En plus de la mesure 1, mise en œuvre de dispositions telles que, si le diélectrique vient à s'enflammer, il ne puisse mettre le feu à des objets combustibles avoisinants (éloignement de tout objet combustible à plus de 4 m de l'appareil, ou à plus de 2 m si interposition d'un écran pare-flammes de degré minimal 1 heure).

Mesure 2 : Dispositions telles que, si le diélectrique vient à s'enflammer, son extinction naturelle soit rapidement assurée (lit de cailloux).

Mesure 3 : Dispositif automatique fonctionnant en cas d'émission de gaz au sein du diélectrique et provoquant la mise hors tension du matériel (DMCR ou DGPT2), accompagné d'un dispositif d'alarme.

Mesure 4 : Détection automatique d'incendie disposée à proximité immédiate du matériel, provoquant la mise hors tension et le fonctionnement d'un dispositif d'alarme.

Mesure 5 : Fermeture automatique de toutes les ouvertures du local contenant le matériel par des panneaux pare-flammes de degré minimum 1/2 heure

Notes :

(1) Une porte coupe-feu de degré 2 heures se refermant d'elle-même sur un seuil élevé n'est pas considérée comme une ouverture.

(2) Locaux attenants à des locaux de travail et séparés par des parois ne possédant pas les caractéristiques coupe-feu de degré 2 heures.

(3) Il est indispensable que le matériel soit enfermé dans une enceinte à parois pleines ne comportant pas d'autres orifices que ceux nécessaires à la ventilation.

Fig. B25 : Dispositions minimales relatives aux installations électriques avec diélectrique liquide de classe O1, K1, K2 ou K3

Détermination de la puissance optimale

Surdimensionner un transformateur

Ceci entraîne :

- un investissement et des pertes à vide plus importants,
- une réduction des pertes en charge.

Sous-dimensionner un transformateur

Ceci entraîne un fonctionnement :

- à pleine charge (le rendement qui est maximal entre 50 % et 70 % de la charge maximale n'est plus, dans ce cas, optimum),
- ou en surcharge qui peut avoir des conséquences graves pour :
 - l'exploitation : échauffement des enroulements provoquant l'ouverture des appareils de protection,
 - le transformateur : vieillissement prématuré des isolants pouvant aller jusqu'à la mise hors service du transformateur.

Définition de la puissance optimale

Pour définir la puissance optimale d'un transformateur il est important de :

- faire le bilan des puissances installées (voir chapitre A),
- connaître le facteur d'utilisation de chaque récepteur,
- déterminer le cycle et la durée de charge ou de surcharge de l'installation
- compenser l'énergie réactive si nécessaire pour :
 - supprimer les pénalités pour les tarifs définissant une puissance appelée maximum (kVA),
 - diminuer la puissance souscrite ($PKVA = PKW / \cos \varphi$)
- choisir parmi les puissances disponibles en tenant compte :
 - des extensions futures
 - de la sûreté de fonctionnement.

On veillera, en outre, au refroidissement correct du local dans lequel se trouve le transformateur.

4.5 Instructions pour l'utilisation des équipements MT

L'objectif de ce paragraphe est de proposer un guide pratique pour éviter ou réduire grandement la dégradation des équipements MT dans les sites exposés à l'humidité et à la pollution.

Les postes d'extérieurs de types préfabriqués intègrent en général, selon les constructeurs, des dispositions spécifiques de protection contre la pollution et l'humidité et une ventilation adaptée, attestés par des essais, qui respectent ces instructions.

4 Le poste de livraison à comptage BT

B31

Conditions normales de service pour les équipements MT d'intérieur

Tous les équipements MT sont conformes à leur norme spécifique et à la norme CEI 62271-1 "Appareillage à haute tension - Spécifications communes" qui définit les conditions normales pour l'installation et l'utilisation de tels équipements.

Par exemple, concernant l'humidité, la norme mentionne :

Les conditions normales d'humidité sont :

- la valeur moyenne de l'humidité relative mesurée sur une période de 24 h n'excédant pas 90%,
- la valeur moyenne de la pression de vapeur saturante mesurée sur une période de 24 h n'excédant pas 2,2 kPa,
- la valeur moyenne de l'humidité relative mesurée sur une période d'un mois n'excédant pas 90%,
- la valeur moyenne de la pression de vapeur saturante mesurée sur une période d'un mois n'excédant pas 1,8 kPa.

Dans ces conditions, des phénomènes de condensation peuvent occasionnellement apparaître.

Note 1 : des phénomènes de condensation peuvent se produire lorsqu'une baisse brusque de température survient dans une ambiance très humide.

Note 2 : pour éviter les effets d'une grande humidité et de la condensation, telle que la rupture de l'isolement et la corrosion des parties métalliques, des appareillages conçus et testés pour de telles ambiances doivent être mis en œuvre.

Note 3 : les phénomènes de condensation peuvent être prévenus par :

- une conception spécifique de la construction du poste ou des enveloppes des matériels,
- une ventilation et un chauffage adapté du poste,
- l'utilisation d'un équipement de déshumidification.

Comme indiqué dans la norme, les phénomènes de condensation peuvent occasionnellement apparaître même dans des conditions normales. La norme poursuit en indiquant des mesures spécifiques relatives à des postes d'intérieur qui peuvent être mises en œuvre pour prévenir les phénomènes de condensation.

Utilisation dans des conditions sévères

Dans des conditions sévères d'humidité et de pollution, largement au delà des conditions d'utilisation mentionnées ci-dessus, un équipement électrique peut être endommagé par la corrosion rapide de ses pièces métalliques et la dégradation en surface de ces isolants.

Mesures correctives contre les problèmes de condensation

- Concevoir avec précaution ou adapter la ventilation du poste.
- Eviter les variations de température.
- Eliminer les sources d'humidité dans l'environnement du poste.
- Installer un système de climatisation et, pour l'appareillage isolé dans l'air installer et mettre en service des résistances de chauffage (proposées par les constructeurs).
- S'assurer que le câblage est conforme aux règles de l'art.

Mesures correctives contre les problèmes de pollution

- Equiper le poste d'orifices de ventilation avec des grilles de type chevron pour réduire la pénétration des poussières et de pollution.
- Maintenir la ventilation du poste au minimum requis pour l'évacuation des calories du transformateur afin de réduire la pénétration des poussières et de pollution.
- Utiliser des cellules MT avec un degré suffisamment élevé de protection (IP).
- Utiliser un système d'air conditionné avec des filtres afin de limiter la pénétration des poussières et de pollution.
- Nettoyer régulièrement toutes les traces de pollution sur les parties métalliques et les isolants.

Ventilation

La ventilation du poste est généralement nécessaire pour dissiper les calories produites par le transformateur et permettre la déshumidification du poste après des périodes particulièrement mouillées ou humides.

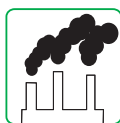
Cependant, beaucoup d'études ont montré qu'une ventilation excessive peut fortement augmenter les phénomènes de condensation.

La ventilation doit en outre être maintenue au niveau minimum requis.

De plus, la ventilation ne doit jamais générer de variations brusques de température pour éviter d'atteindre le point de rosée.

Pour cette raison :

- la ventilation naturelle doit être utilisée autant que possible,
- si une ventilation forcée est nécessaire, les ventilateurs doivent fonctionner en permanence pour éviter les brusques variations de température.



5 Le poste de livraison à comptage MT

B32

Un poste de livraison à comptage MT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 35 kV comprenant généralement un seul transformateur MT/BT de puissance supérieure 1250 kVA ou plusieurs transformateurs.

5.1 Généralités

En France la norme NF C 13-100 définit le poste HTA à comptage HTA par :

- une tension 1 à 33 kV (valeur usuelle 20 kV),
- soit un seul transformateur de courant secondaire assigné supérieur à 2000 A (soit en pratique une puissance $P > 1250$ kVA),
- soit plusieurs transformateurs.

Le courant de appareillage MT est en général inférieur à 400 A.

Dans le cas d'un transformateur unique, la valeur minimale 2000 A impose, selon les tensions, une puissance minimale normalisée du transformateur de :

- 1600 kVA en 20 kV,
- 1250 kVA en 15 kV,
- 1000 kVA en 10 kV,
- 630 kVA en 5,5 kV.

Fonctions

Le poste de livraison

Suivant la complexité de l'installation et la répartition des charges, le poste peut comporter

- un local comprenant le tableau MT de livraison et le(s) panneau(x) de comptage(s), le tableau MT de répartition d'énergie, le(s) transformateur(s) MT/BT, un tableau général BT,
- en plus d'un local du type précédent, plusieurs autres sous-stations (appelées communément en France postes satellites) alimentées en MT depuis le poste de livraison précédent, et comportant un tableau MT, des comptages et des transformateurs MT/BT.

Ces différents postes peuvent être installés :

- soit à l'intérieur d'un bâtiment,
- soit à l'extérieur dans des enveloppes préfabriquées.

Raccordement au réseau MT

Le raccordement au réseau se fait :

- soit directement en antenne (simple dérivation),
- soit par l'intermédiaire de 2 interrupteurs dans un réseau en boucle (coupure d'artère),
- soit par 2 interrupteurs verrouillés mécaniquement dans un réseau en double dérivation.

Comptage

Avant toute réalisation, l'approbation préalable du distributeur d'énergie électrique doit être demandée.

Le comptage est réalisé coté MT, et le tableau MT doit comporter le comptage. Les transformateurs de courant et de tension, ayant la classe de précision nécessaire, peuvent être intégrés dans la cellule d'arrivée et protection générale par disjoncteur. Toutefois les transformateurs de tension peuvent être installés dans une cellule distincte.

En France, une cellule modulaire est nécessaire pour la mesure de tension. Les transformateurs d'intensité sont installés dans la cellule de protection générale de l'installation.

Postes satellites

Si l'installation comporte des postes satellites MT, la distribution du réseau MT de l'utilisateur, en aval du comptage, peut se faire en simple dérivation, en double dérivation ou en boucle selon les besoins de sécurité et de continuité de service.

Générateurs

Les générateurs ont pour but d'alimenter les installations prioritaires en cas de défaillance du réseau. Ils sont placés soit sur le réseau BT du tableau prioritaire, soit en alimentation au niveau du jeu de barres MT.

Condensateurs

Les condensateurs seront, suivant le cas, installés :

- sous forme de gradins MT au niveau du poste de livraison,
- dans les postes satellites en BT.

Transformateurs

Pour des raisons de disponibilité de l'énergie électrique, les transformateurs peuvent être associés soit en marche alternée, soit en marche parallèle.

5 Le poste de livraison à comptage MT

Schéma unifilaire

Le schéma de la **Figure B27** de la page suivante représente :

- les fonctions raccordements au réseau qui peuvent être de 4 types :
 - en antenne ou simple dérivation,
 - en antenne provisoire (transformable en boucle),
 - en double dérivation,
 - en boucle ou coupure d'artère,
 - les fonctions protection générale MT et comptage MT,
 - les fonctions distribution et protection des départs MT,
 - les fonctions protection et distribution BT,
- les zones d'application, en France, des normes NF C 13-100, NF C 13-200 et NF C 15-100.

5.2 Choix des équipements MT

Le poste à comptage MT comporte, en plus des cellules de raccordement au réseau, des cellules spécifiques pour le comptage et, éventuellement, l'inversion de sources en MT. Les cellules modulaires permettent de réaliser l'ensemble de ces fonctions.

Comptage et protection générale

Le comptage et la protection générale sont réalisés par l'association :

- d'une cellule contenant les TP,
- d'une cellule protection générale par disjoncteur contenant les TI de mesure et de protection.

La protection générale est habituellement à maximum de courant et maximum de courant résiduel par relais indirect à propre courant ou par relais numérique à alimentation auxiliaire.

La **figure B26** présente, par exemple, un poste de livraison HTA à comptage HTA, utilisé sur les réseaux français, réalisé à partir de cellules de la gamme SM6 de Schneider Electric.

- 2 cellules interrupteur IM de raccordement au réseau en boucle
 - 1 cellule CM contenant les TP
 - 1 cellule protection générale par disjoncteur DM contenant les TI de mesure et de protection, avec double sectionnement permettant d'intervenir sur le disjoncteur.
- La protection générale est à maximum de courant et maximum de courant résiduel par relais indirect à propre courant Statimax ou par relais numérique SEPAM à alimentation auxiliaire. Elle est réglée et plombée par le distributeur.

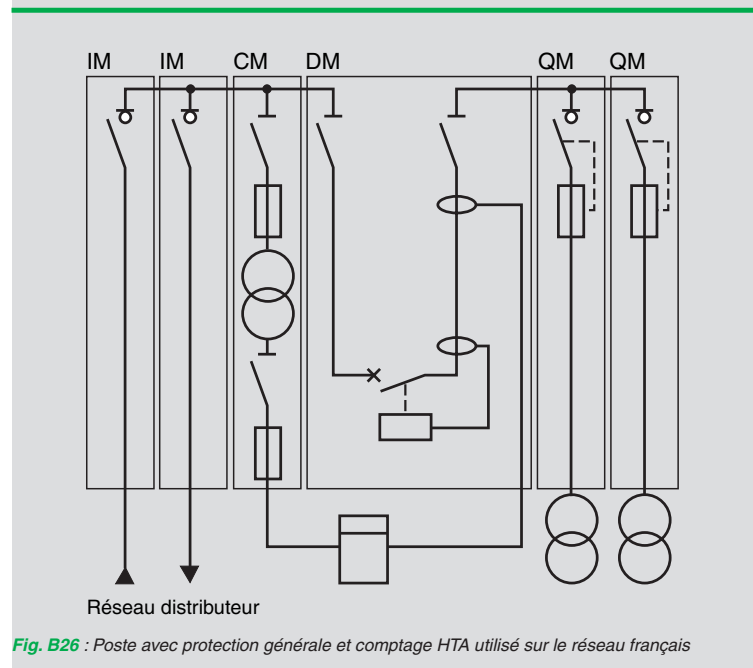


Fig. B26 : Poste avec protection générale et comptage HTA utilisé sur le réseau français

B - Raccordement au réseau de distribution publique MT

B34

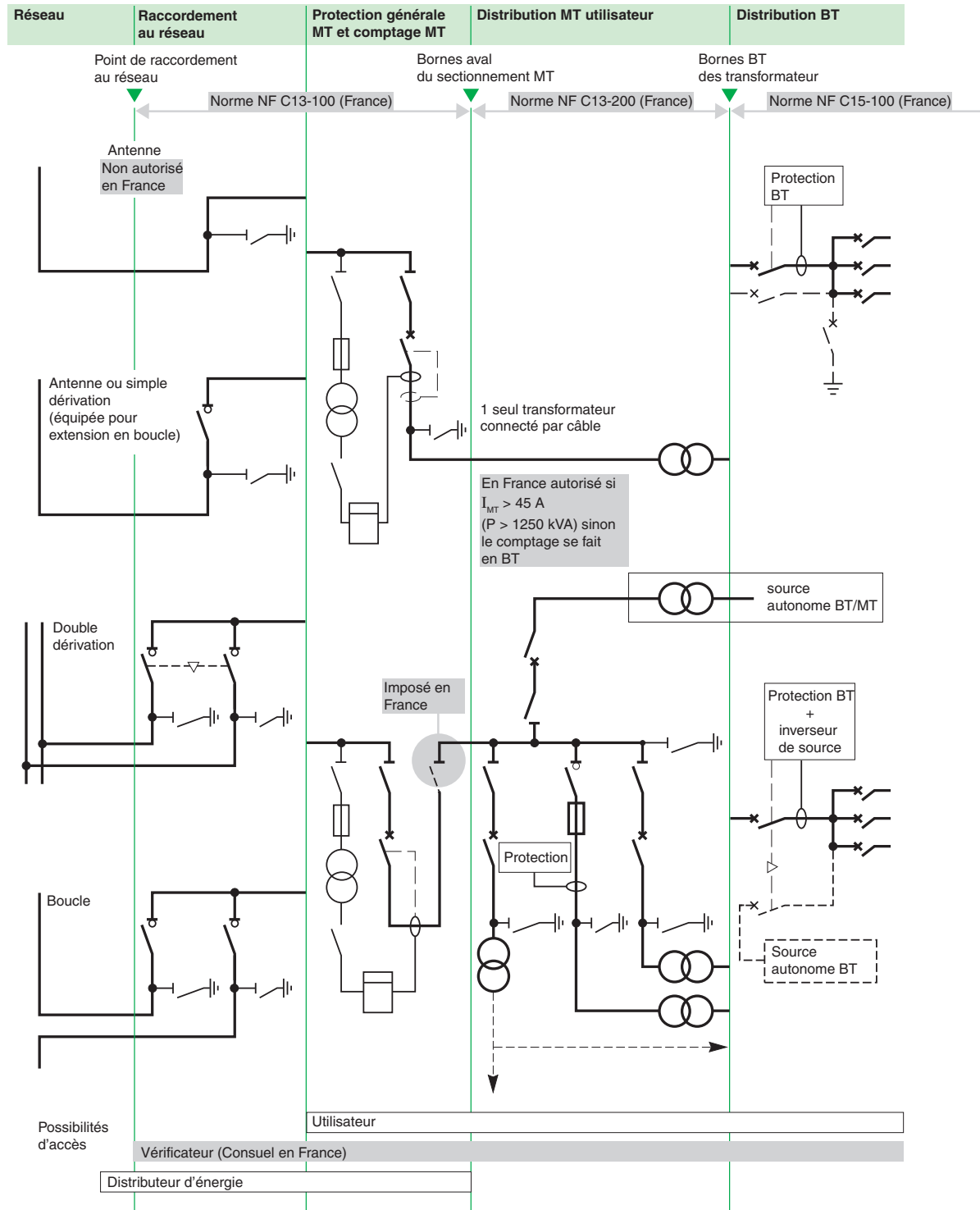


Fig. B27 : Schéma unifilaire d'un poste à comptage MT

5 Le poste de livraison à comptage MT

B35

Poste comportant des groupes

Groupes autonomes, fonctionnant sans le réseau distributeur

Si l'installation requiert une grande disponibilité d'énergie, il est possible d'utiliser un groupe électrogène MT.

De façon à interdire toute possibilité de marche en parallèle du générateur du groupe avec le réseau du distributeur un tableau MT comportant un inverseur automatique de source doit être prévu (voir **Fig. B28**).

■ Protection

Des protections spécifiques doivent protéger le générateur. Etant donné le faible courant de court-circuit du générateur du groupe par rapport au courant de court-circuit du réseau, il faudra s'assurer de la sélectivité des protections aval en fonctionnement sur groupe.

■ Commande

La commande de l'alternateur est réalisée au moyen d'un régulateur automatique de tension (AVR - Automatic Voltage Regulator). Il réagit à toute baisse de tension sur ses raccordements en augmentant le courant d'excitation de l'alternateur, jusqu'au retour de la tension normale.

Lorsqu'il est prévu de faire fonctionner plusieurs générateurs en parallèle, le régulateur automatique de tension est commuté sur "marche en parallèle", ce qui modifie légèrement son circuit de commande (en "compound") pour permettre une répartition de la puissance réactive (kvar) avec les autres machines en parallèle. Quand plusieurs générateurs fonctionnent en parallèle et sont commandés par un régulateur automatique de tension, toute augmentation du courant d'excitation de l'un d'entre eux (par exemple, par permutation manuelle du commutateur de son régulateur sur marche manuelle) n'aura pratiquement pas d'effet sur le niveau de tension. En fait, l'alternateur en question fonctionnera simplement avec un facteur de puissance plus faible (plus de kVA et donc plus de courant) que précédemment. Le facteur de puissance des autres machines sera automatiquement augmenté, de façon à ce que le facteur de puissance redevienne celui spécifié, du fonctionnement précédent.

Disposition d'inversion de sources en France en présence de générateur HTA

La norme NF C 13-100 prévoit une protection complémentaire lorsque l'installation alimentée comporte une source autonome HTA d'énergie électrique et précise que cette source ne doit pas entraîner de perturbations sur le réseau d'alimentation.

En particulier, il doit être prévu, outre les protections de la source autonome elle-même :

- soit une disposition des installations telle que la source autonome ne puisse en aucun cas fonctionner en parallèle avec le réseau d'alimentation, ce que réalise la cellule NSM de la gamme Schneider Electric,
- soit une protection de «découplage» déterminée en accord avec le distributeur (dite B61.41), ayant pour but d'interrompre le fonctionnement en parallèle lors d'un défaut sur le réseau d'alimentation.

Dans ce deuxième cas, la commande de l'organe assurant le découplage doit se faire à minimum de tension et doit assurer une sélectivité chronométrique avec la protection amont du distributeur. Le réglage de la protection est effectué par le distributeur et est rendu inaccessible à l'utilisateur par plombage ou toute autre disposition. Les circuits d'alimentation et d'ouverture doivent être également rendus inaccessibles à l'utilisateur.

Groupe fonctionnant en parallèle avec le réseau distributeur

Le raccordement d'un groupe générateur sur le réseau (cf. Fig. B28) est normalement soumis à l'accord du distributeur d'énergie. Les équipements (tableaux, relais de protection, etc.) doivent être approuvés par le distributeur. Les informations de base suivantes sont à prendre en considération pour la protection et la commande du système :

■ Protection

Pour étudier le raccordement du groupe générateur, le distributeur d'énergie a besoins des données suivantes :

- puissance réinjectée sur le réseau,
- mode de raccordement,
- courant de court-circuit du générateur,
- etc.

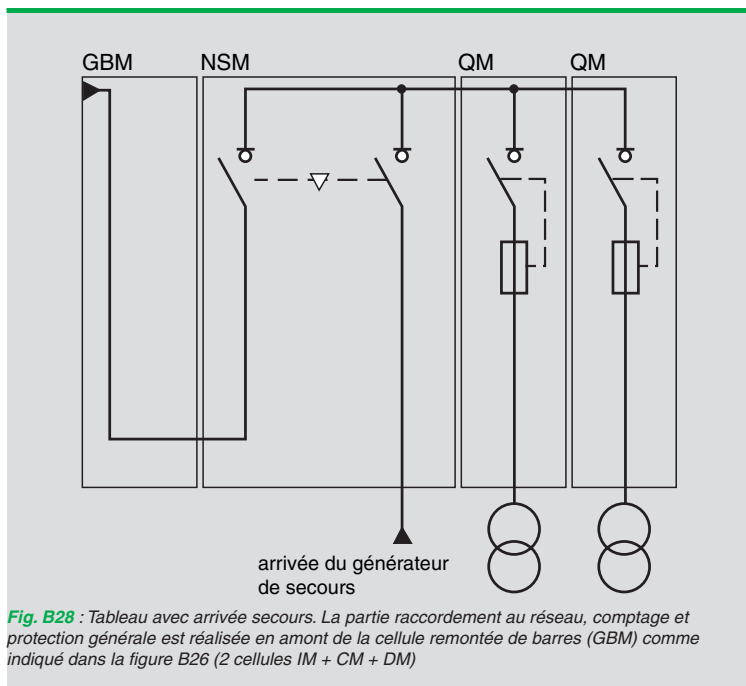


Fig. B28 : Tableau avec arrivée secours. La partie raccordement au réseau, comptage et protection générale est réalisée en amont de la cellule remontée de barres (GBM) comme indiqué dans la figure B26 (2 cellules IM + CM + DM)

En fonction du mode de raccordement, des fonctions spécifiques de protection du couplage/découplage sont exigées :

- protection sous tension et surtension,
- sous fréquence et surfréquence,
- protection déséquilibre de phase du générateur,
- temps maximum de couplage (pour des couplages temporaires),
- puissance réelle réinjectée.

Pour des raisons de sécurité, l'appareillage utilisé pour le couplage/découplage doit aussi être apte au sectionnement (c'est-à-dire réaliser l'isolement entre tous les conducteurs actifs du générateur et du réseau de distribution).

■ Commande

Lorsque les générateurs d'un poste d'abonné fonctionnent en parallèle sur le réseau de production d'énergie électrique du distributeur, en supposant la tension du réseau réduite pour des raisons opérationnelles (il est courant de coupler sur un réseau MT avec une tolérance de $\pm 5\%$ de la tension nominale, ou même plus, si la gestion des flux de puissances l'impose) un régulateur automatique de tension (AVR - Automatic Voltage Regulator) va intervenir pour maintenir la tension à $\pm 3\%$ (par exemple) en élevant la tension par augmentation du courant d'excitation de l'alternateur.

En fait, au lieu d'élever la tension, l'alternateur va simplement fonctionner à un facteur de puissance plus faible que précédemment, augmentant ainsi son courant de sortie, et continuer à fonctionner de la sorte jusqu'au déclenchement de son relais de protection contre les surcharges. C'est un problème bien connu et, en général, il est résolu en basculant la commande du régulateur automatique de tension sur une régulation à «facteur de puissance constant».

En choisissant ce type de commande, le régulateur automatique de tension ajuste automatiquement le courant d'excitation pour suivre la tension réseau quelle que soit la valeur de cette tension tout en maintenant simultanément le facteur de puissance de l'alternateur constant à une valeur pré réglée (sélectionnée sur la commande du régulateur).

Si l'alternateur se découple du réseau, le régulateur doit rebasculer automatiquement et rapidement sur une régulation à «tension constante».

5 Le poste de livraison à comptage MT

B37

5.3 Mise en parallèle de transformateurs

L'utilisation de deux ou plusieurs transformateurs en parallèle résulte :

- d'une augmentation des charges dont la puissance dépasse la puissance que peut délivrer un transformateur existant,
- d'un manque de place (hauteur) pour pouvoir utiliser un gros transformateur,
- d'un besoin de sécurité (la probabilité d'indisponibilité simultanée des 2 transformateurs est faible),
- de la standardisation d'une taille de transformateur pour l'ensemble de l'installation.

Puissance totale (kVA)

La puissance totale (kVA) disponible lorsque deux transformateurs ou plus, de même puissance, sont raccordés en parallèle est égale à la somme des puissances des appareils individuels, à la condition préalable que les rapports de transformation et impédances de court-circuit (en %) soient identiques pour chacun.

Des transformateurs de puissance différente se répartiront la charge pratiquement (mais pas exactement) au prorata de leurs puissances respectives à la condition préalable que les rapport de transformation soient identiques pour chacun et que les impédances de court-circuit (en %) à leur puissance assignée soient identiques (ou très voisines).

Dans ces cas, pour deux transformateurs, un total de plus de 90 % de la valeur des deux puissances assignées est disponible.

Il est recommandé d'éviter le couplage permanent de transformateurs dont le rapport des puissances en kVA est supérieur à 2.

Conditions de mise en parallèle

Tous les transformateurs mis en parallèle doivent être alimentés par le même réseau.

Les inévitables circulations de courants entre les secondaires des transformateurs mis en parallèle seront de grandeur négligeable sous réserve :

- d'avoir entre les bornes BT des différents appareils et le disjoncteur de couplage, des connexions de même longueur et de mêmes caractéristiques,
- que le constructeur soit prévenu à la commande, de façon à prendre les dispositions pour que :
 - le couplage (triangle étoile, étoile zig-zag) des différents transformateurs ait le même indice horaire entre circuits primaires et secondaires,
 - les tensions de court-circuit des différents appareils soient égales à 10 % près,
 - la différence entre les tensions obtenues au secondaire sur les divers appareils entre phases correspondantes ou entre ces phases et le neutre ne soit pas supérieure à 0,4 %,
 - toutes précisions devront être données au constructeur lors de la commande concernant les conditions d'utilisation afin d'optimiser le rendement de l'unité de transformation et d'éviter échauffements anormaux, pertes cuivre inutiles, etc.

Couplages usuels

Comme décrit au 4.4 «Paramètres caractérisant un transformateur» les relations entre enroulements primaires secondaires et tertiaires dépendent :

- du type d'enroulements (triangle, étoile, zig-zag),
- du couplage des enroulements.

Selon le raccordement de leurs sorties au point neutre (par exemple), les enroulements montés en étoile produisent des tensions en opposition de phase par rapport à celles produites lorsque ce sont les sorties opposées qui sont raccordées au point neutre. De même, des déphasages similaires (de 180 ° électriques) sont possibles du fait qu'il existe deux possibilités de raccorder les sorties des bobinages pour des enroulements montés en triangle, quatre possibilités pour celles des bobinages pour des enroulements montés en zig-zag.

■ du déphasage entre les tensions phases secondaires et les tensions phases primaires respectives (indice horaire).

Comme précédemment indiqué, ce déphasage est un multiple de 30 ° électrique et dépend des deux facteurs mentionnés ci-dessus c'est-à-dire du type de couplage des enroulements et du raccordement de leur sortie (soit de leur polarité).

Le couplage de loin le plus utilisé pour les transformateurs de distribution MT/BT est le couplage Dyn11 (cf. Fig. B29).

- D = couplage triangle MT,
- y = couplage étoile en BT,
- n = neutre sorti en BT,
- 11 = déphasage horaire entre le MT et la BT.

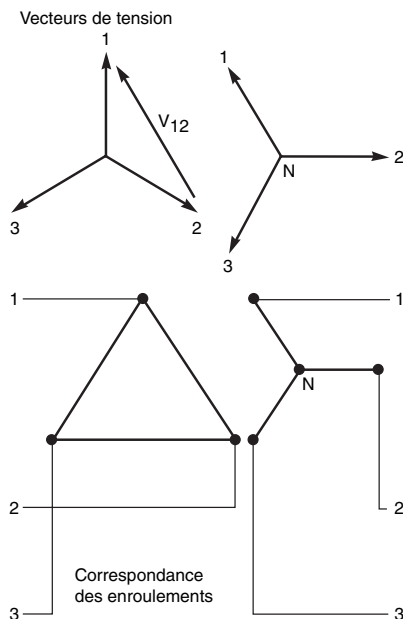


Fig. B29 : Modification de déphase dans un transformateur Dyn11

6 Constitution des postes

B38

Les postes de livraison MT/BT sont composés en fonction de la puissance et de la structure du réseau MT local.

Les postes sont situés dans des emplacements publics, comme les parkings, les quartiers résidentiels, etc. ou dans des locaux privés, auquel cas le distributeur doit avoir un accès direct permanent.

Ceci amène souvent à placer les postes dans des locaux dont un des murs se situe en bordure de voie publique, avec une porte d'accès depuis cette dernière.

6.1 Différents types de postes

Les postes se classent en fonction de leur comptage (BT ou MT) et de leur type d'alimentation (réseau aérien ou câbles)

Les postes peuvent être installés :

- soit à l'intérieur, dans les locaux spécialisés ou des immeubles,
- soit à l'extérieur :
 - sous enveloppe maçonnée ou préfabriquée avec des équipements d'intérieur (appareillage et transformateur),
 - sur le sol avec matériel d'extérieur (appareillage et transformateur),
 - sur poteau avec équipement d'extérieur spécifique (appareillage et transformateur).

Les enveloppes de postes préfabriqués offrent un choix important de solutions à base de béton ou de métal et une mise en œuvre simple et rapide avec un coût compétitif.

6.2 Postes d'intérieur avec cellules sous enveloppes métalliques

Conception

La **figure B30** présente un exemple typique d'installation d'un poste à comptage BT de type traditionnel.

Remarque : l'utilisation d'un transformateur de type sec évite le recours à un bac de rétention. Cependant un nettoyage régulier est à prévoir.

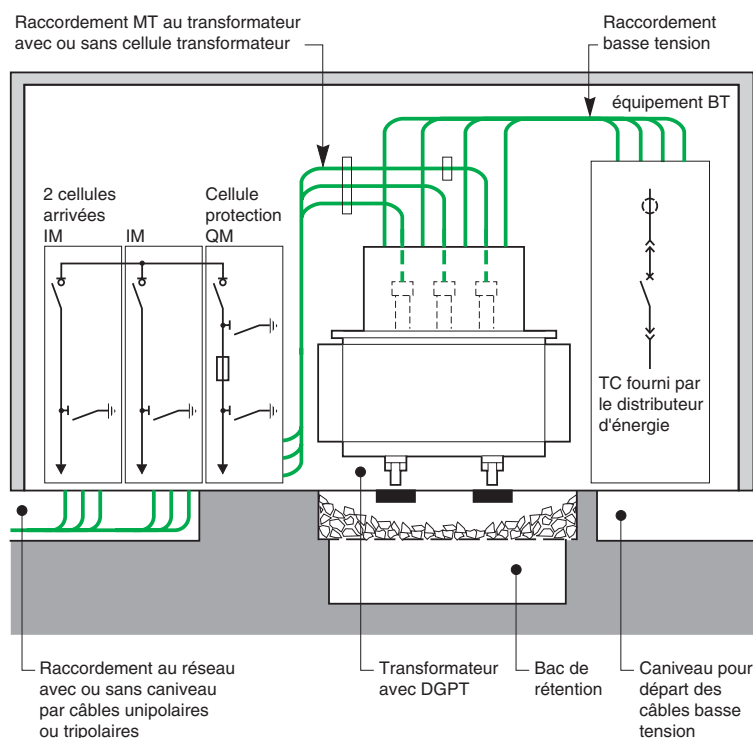


Fig. B30 : Exemple d'installation d'un poste à comptage BT de type traditionnel

Raccordements et liaisons

Raccordements et liaisons MT

- Les raccordements au réseau MT se font sous la responsabilité du distributeur d'énergie.
- Les liaisons entre les cellules MT et le transformateur se font :
 - par des extrémités de câbles courtes d'intérieur lorsque le transformateur se trouve dans une cellule faisant partie du tableau,
 - par câble unipolaire blindé à isolation synthétique avec possibilité de prises embrochables sur le transformateur.

En France les liaisons HTA entre cellule HTA et transformateur utilisent des câbles unipolaires de 50 ou 95 mm² avec :

- pour les transformateurs immergés, raccordement par des bornes embrochables droites ou équerres,
- pour les transformateurs secs, raccordement par cosses.

Liaison BT puissance

- Les liaisons entre les bornes BT du transformateur et l'appareillage BT peuvent être :
 - des câbles unipolaires,
 - des barres (de section circulaire ou rectangulaire) avec isolement par gaines thermo-retractables.

Comptage (cf. Fig. B31)

- Les TI de comptage sont :
 - généralement installés dans le capot BT du transformateur plombé par le distributeur,
 - quelquefois dans l'armoire BT, dans un compartiment plombé.
- Le panneau de comptage est :
 - installé sur une paroi non exposée aux vibrations,
 - placé le plus près possible des transformateurs de mesure,
 - accessible au distributeur.

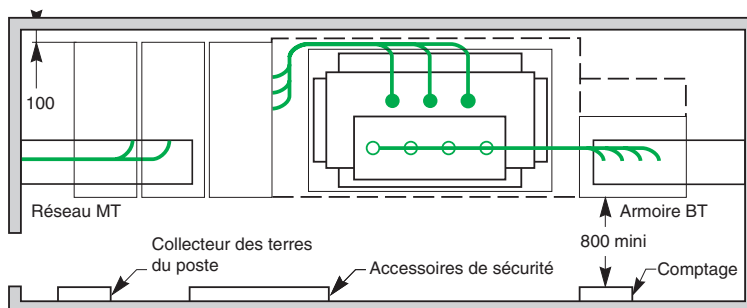


Fig. B31 : Vue de dessus d'un poste à comptage BT de type traditionnel

Circuits de terre

Tout poste doit comporter :

- une prise de terre pour les masses :
 - de tous les matériels à haute et basse tension,
 - des écrans métalliques des câbles MT «réseau»,
 - du quadrillage métallique noyé dans le socle en béton du poste,
 - du point commun du circuit secondaire des TI,
- des points «terre» des éventuels parafoudres.

Eclairage du poste

Le circuit d'éclairage peut être alimenté soit en amont soit en aval du disjoncteur général de protection BT. Dans les deux cas il doit être protégé de façon appropriée contre les courts-circuits.

Un ou des circuits séparés sont recommandé(s) pour l'éclairage de sécurité. Les appareils de commande sont placés au voisinage immédiat des accès.

Les foyers lumineux sont disposés de telle sorte que :

- les appareils de sectionnement ne se trouvent pas dans une zone d'ombre,
- la lecture des appareils de mesure soit correcte.

En France, un bloc autonome d'éclairage de sécurité doit être prévu (NF C 13-100 § 762.2).

Matériel d'exploitation et de sécurité

En fonction des règlements de sécurité locaux, le poste sera généralement équipé :

- des matériels suivants permettant d'assurer l'exploitation et les manœuvres nécessaires dans des conditions de sécurité :
- un tabouret ou tapis isolant (pour la France, suivant la norme NF C 13-100, article 62),
- une paire de gants adaptés aux tensions les plus élevées présentes placée dans une enveloppe,
- un dispositif de vérification d'absence de tension,
- les dispositifs de mise à la terre (non obligatoire pour cellules sous enveloppe métallique).
- d'une perche de sauvetage,
- du matériel d'extinction : extincteur à poudre (bicarbonate de soude hydrofuge) ou au CO₂ (neige carbonique),
- des signaux, affiches et pancartes de sécurité,
- à l'extérieur sur la porte d'accès : pancarte d'avertissement DANGER et d'interdiction d'accès avec l'identification du poste et affiche éventuelle (obligatoire en France) décrivant les consignes relatives aux premiers soins à donner aux victimes d'accidents électriques.

6.3 Les postes d'extérieur

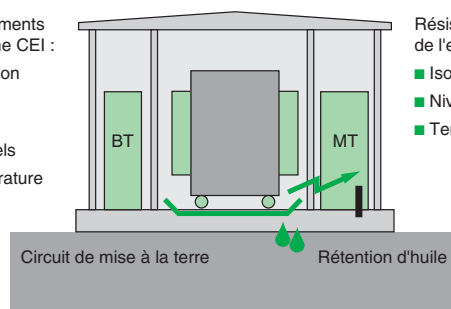
Poste préfabriqué d'extérieur

Un poste préfabriqué d'extérieur conforme à la norme CEI 62271-202 comporte :

- des équipements conforme aux normes CEI,
- une enveloppe de type testée, ce qui signifie que, lors de sa conception, elle a subi avec succès un ensemble de tests (cf. Fig. B32) :
- degré de protection,
- essais fonctionnels,
- classe de température,
- matériels non inflammables,
- résistance mécanique de l'enveloppe,
- isolation sonore,
- niveau d'isolement,
- tenue à l'arc interne,
- circuit d'essai de mise à la terre,
- rétention d'huile,...

Utilisation d'équipements conforme à la norme CEI :

- Degré de protection
- Compatibilité électromagnétique
- Essais fonctionnels
- Classe de température
- Matériaux non inflammable



Résistance mécanique de l'enveloppe :

- Isolation sonore
- Niveau d'isolement
- Tenue à l'arc interne

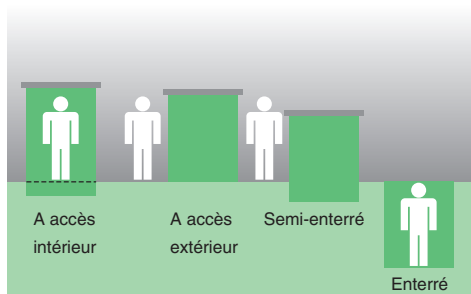
Fig. B32 : Poste préfabriqué d'extérieur suivant la norme CEI 62271-202

Principaux avantages

- Sécurité
- pour le public et l'exploitant grâce à un niveau de qualité reproductible et testé
- conformité aux consignes d'installation du matériel, normes et spécifications en vigueur
- Optimisation du coût
- fabriqué, assemblé et testé en usine
- Délai réduit
- livraison prêt à raccorder
- réduction des délais d'étude
- simplification du génie civil par simple décaissement du sol
- pas de coordination entre différents corps de métiers

6 Constitution des postes

B41



a -



b -

Fig. B33 : Représentation des quatre conceptions de poste suivant la norme CEI 62271-202. Deux illustrations poste d'intérieur MT/BT à couloir d'accès [a] ; poste MT/BT semi-enterré [b]

La norme CEI 62271-202 définit quatre conceptions de poste (cf. Fig. B33)

- Poste à accès intérieur :
 - exploitation protégée des intempéries.
- Poste à accès extérieur
 - dégagements d'accès et manœuvres extérieures.
- Poste semi enterré
 - impact visuel limité.
- Poste souterrain
 - totalement invisible dans un paysage urbain.

Postes d'extérieur-sans enveloppe (cf. Fig. B34)

Ces types de postes sont fréquents dans certains pays, et réalisés avec des équipements d'extérieur insensibles aux conditions climatiques.

Ces postes comportent une zone protégée par des barrières dans laquelle trois socles en béton, ou plus, sont installés pour :

- un Ring main Unit ou un ou plusieurs interrupteurs fusibles ou disjoncteurs,
- un ou plusieurs transformateurs,
- un ou plusieurs tableaux de distribution BT.



Fig. B34 : Poste d'extérieur sans enveloppe

Postes haut de poteau (cf. Fig. B35)

Domaine d'application

Ces postes sont principalement utilisés pour alimenter des installations par un réseau aérien de distribution publique.

Dispositions de mise en œuvre

L'emplacement du poste doit être choisi de façon que le distributeur et l'utilisateur aient accès au poste, en tous temps, pour l'exécution des manœuvres qu'ils sont susceptibles d'avoir à exécuter, mais aussi pour la manutention du matériel (lever le transformateur par exemple) et l'accès de véhicules lourds.

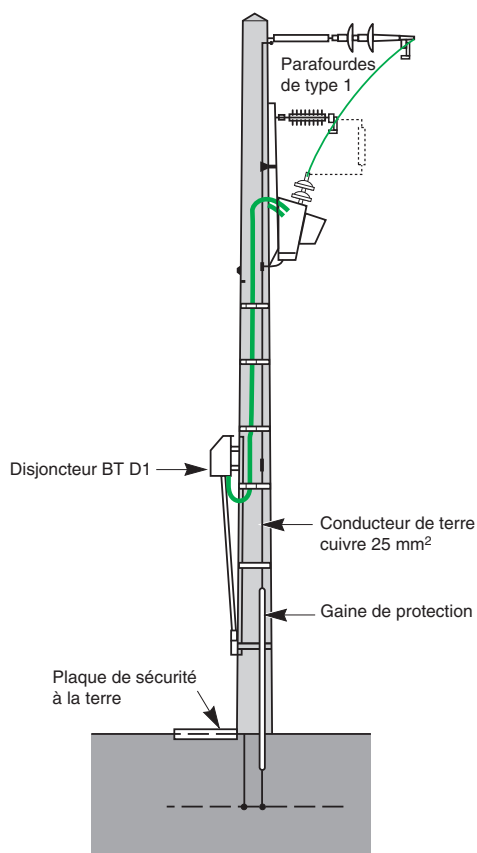


Fig. B35 : Poste sur poteau

B42

Postes haut de poteau en France

Les postes haut de poteau sont définis par la norme NF C 13-103. Elle constitue une application de la norme générale NF C 13-100 à ce type particulier de poste, tenant compte de la simplicité de ces postes et de leur domaine d'application.

Ces postes sont alimentés par un réseau aérien de distribution publique nominale maximale de 33 kV, avec :

- un seul transformateur de puissance maximale 160 kVA et de tension préférentielle 230/400 V,
- un comptage basse tension.

Ces postes sont alimentés en simple dérivation et ne comportent pas d'appareillage moyenne tension car les transformateurs sont le plus souvent auto-protégés.

Ils sont équipés de parafoudres pour protéger le transformateur et l'utilisateur (cf. Fig. B36).

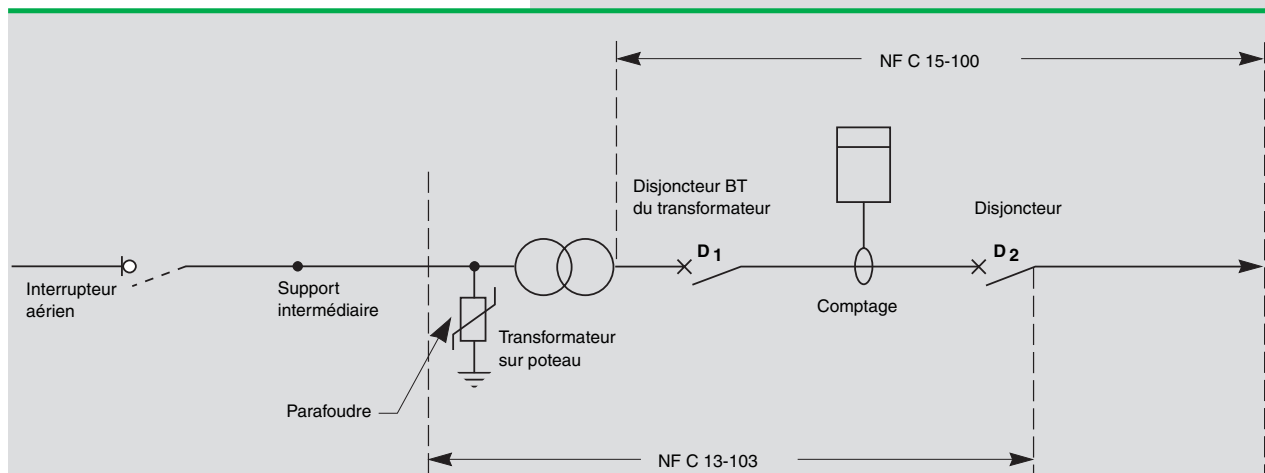


Fig. B36 : Schéma de principe du poste sur poteau

La protection contre les chocs électriques est faite suivant la norme NF C 13-100 à l'exception du paragraphe 412.3.

La protection électrique est assurée par deux disjoncteurs :

- le disjoncteur (D1) protège le transformateur contre les surcharges et la liaison basse tension contre les courts-circuits. Il doit être placé sur le poteau, être muni d'une protection à temps inverse ou d'une image thermique
- l'appareil général de commande et de protection de l'installation est un disjoncteur (D2) qui peut être le disjoncteur de branchement ou un disjoncteur à usage général. La sélectivité de fonctionnement entre les deux disjoncteurs doit être recherchée. Leur réglage est effectué par le distributeur et plombé par celui-ci.

La protection contre les surtensions est faite par des parafoudres suivant la norme NF C 13-103.