

# Distribution de l'énergie

v1.6



PATRICK JACOB

# Table des matières



<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>I - Distribution</b>	<b>7</b>
A. Conditions de distribution de l'énergie.....	7
B. Schéma de principe de la distribution haute tension - HTA.....	9
1. Distribution en «Antenne» ou «Simple dérivation».....	10
2. Distribution en «Coupure d'artère» ou en «Boucle».....	10
3. Distribution en « Double dérivation ».....	11
C. Exercice : Ai-je mémorisé les domaines de tension ?.....	11
D. Exercice : Ai-je compris les spécificités des trois schémas de distribution ?.....	11
E. Exercice : Application au lycée.....	12
F. Exercice : Quels sont les abonnés qui sont alimentés.....	12
G. Exercice : Intervention sur le réseau HTa.....	13
<b>II - Livraison &amp; comptage de l'énergie</b>	<b>15</b>
A. Livraison de l'énergie.....	15
1. Livraison BT.....	15
2. Livraison HT.....	16
B. Comptage.....	18
C. Exercice : Application au lycée.....	19
<b>III - Appareillage HTA</b>	<b>21</b>
A. Les Cellules préfabriquées.....	22
1. Les cellules de raccordement.....	22
B. Les cellules de protection.....	23
1. Les cellules de protection.....	23
C. Les cellules de raccordement.....	26
1. Les cellules de raccordement.....	26

D. Cellules de comptage.....	27
<b>IV - Exercice : Usine de produits préfabriqués en béton</b>	<b>29</b>
<b>Conclusion</b>	<b>33</b>
<b>Glossaire</b>	<b>35</b>

# Introduction



Image 1 Ligne 400kV

L'électricité est une énergie souple et adaptable mais elle est difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables.

Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution :

- « Haute Tension » pour les fortes puissances et les longues distances,
- « Basse Tension » pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances.

Sur l'illustration ci-dessous, nous voyons l'organisation du transport de l'énergie électrique de la centrale de production (centrale nucléaire, centrale thermique classique, centrale hydroélectrique, etc.) vers les gros utilisateurs (grands centres de consommation), agglomérations, réseau ferroviaire, industrie via le réseau de répartition, puis vers l'utilisateur final (villes, grandes surface, habitation, petite industrie) via le réseau de distribution.

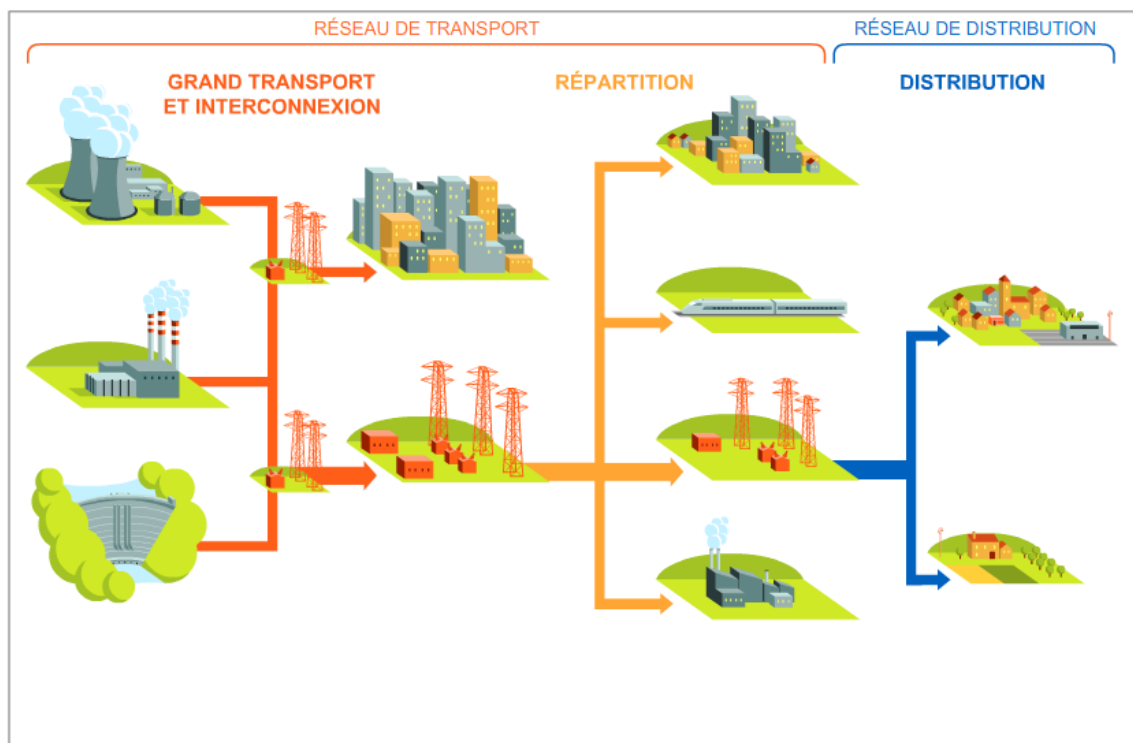
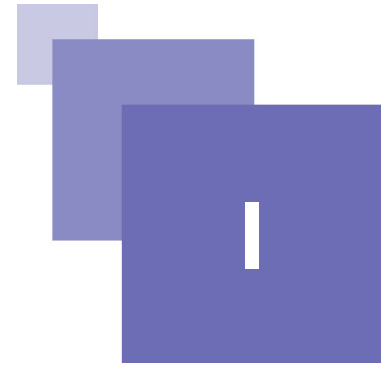


Image 2 Organisation du réseau

# Distribution



Conditions de distribution de l'énergie	7
Schéma de principe de la distribution haute tension - HTA	9
Exercice : Ai-je mémorisé les domaines de tension ?	12
Exercice : Ai-je compris les spécificités des trois schémas de distribution ?	12
Exercice : Application au lycée	13
Exercice : Quels sont les abonnés qui sont alimentés	13
Exercice : Intervention sur le réseau HTa	15

## A. Conditions de distribution de l'énergie

### *Domaines de tension*

Les domaines de tension sont publiés par la Commission TIS conformément aux dispositions des Codes de sécurité du CERN et par référence à la législation en vigueur.

Selon la valeur de la tension (valeur efficace dans le cas du courant alternatif), les installations électriques sont classées comme suit :

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale	
		En courant alternatif	En courant continu lisse
TBT		$Un \leq 50v$	$Un \leq 120v$
BT	Plus de distinction BTA/BTB	$50V < Un < 1000V$	$120V < Un < 1,5kV$
HT	HTA	$1kV < Un \leq 50kV$	$1,5kV < Un \leq 75kV$
	HTB	$50kV < Un$	$75kV < Un$

Tableau 1 Domaines de Tension



### *Attention : Anciens domaines de tension*

Nous pouvons encore trouver des documents qui mentionnent les anciens domaines de tension, notamment les domaines BTA & BTB qui sont désormais inclus dans le seul domaine nommé BT.

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale	
		En courant alternatif	En courant continu lisse
<b>TBT</b>		$Un \leq 50v$	$Un \leq 120v$
<b>BT</b>	<b>BTA</b>	$50V < Un < 500V$	$120V < Un < 750V$
	<b>BTB</b>	$500V < Un < 1000V$	$750V < Un < 1,5kV$
<b>HT</b>	<b>HTA</b>	$1kV < Un \leq 50kV$	$1,5kV < Un \leq 75kV$
	<b>HTB</b>	$50kV < Un$	$75kV < Un$

*Anciens domaines de Tension*



## Complément : Les lignes aériennes

Une ligne aérienne haute tension compte en général 3 câbles électriques les uns à côté des autres.

Lorsqu'une ligne est composée de 6 câbles, il s'agit en fait de 2 lignes différentes (3 câbles par ligne).

Un câble supplémentaire, appelé câble de garde est généralement disposé au-dessus de la ligne de transport et la protège de la foudre.

Des pylônes ou supports maintiennent ces câbles à une certaine distance du sol de façon à assurer la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes.

Il existe différentes catégories et modèles de pylônes en fonction de :

- la tension
- l'aspect des lieux
- le respect de l'environnement
- les conditions climatiques

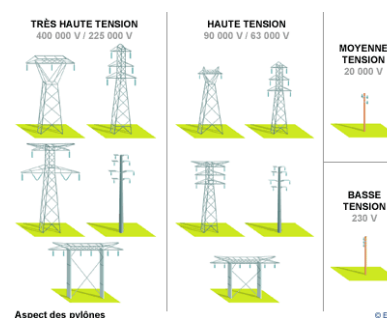


Image 3 Aspect des pylônes

## B. Schéma de principe de la distribution haute tension - HTA

Les réseaux de distribution ont comme point de départ les postes sources.

Ils comportent des transformateurs HTB/HTA à partir desquels la HTB est distribuée en triphasé sans neutre et entre 5 et 33 kV (souvent 20kV).

Les transformateurs HTB/HTA peuvent être couplés.

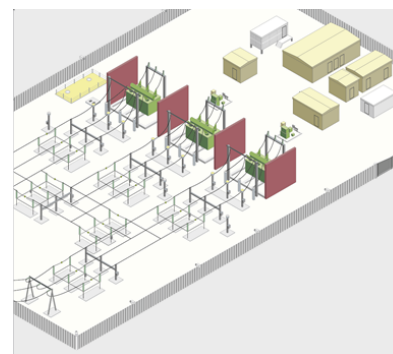


Image 4 Poste source

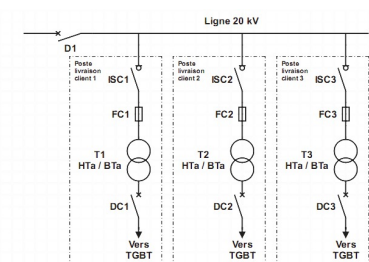
En aval des transformateurs, la partie HTA est constituée de cellules « arrivée », « couplage » et « départ ».

A partir de ces départs, on réalise des schémas :

- en « Antenne » ou « Simple dérivation »,
- en « Boucle » ou « Coupure d'Artère »,
- en « Double dérivation »,

selon les besoins de continuité de service et de contraintes de coût.

## 1. Distribution en «Antenne» ou «Simple dérivation»



Il est principalement utilisé dans les zones rurales, en réseau aérien.

Image 5 Distribution en Antenne

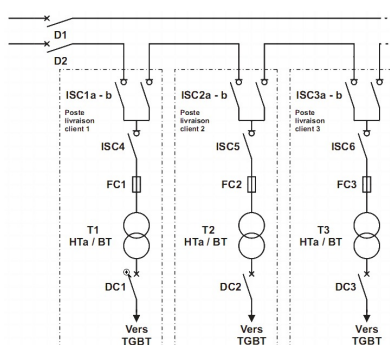
En cas de défaut sur un tronçon de câble ou dans un poste, les utilisateurs sont privés d'alimentation le temps de la réparation.



Simulateur

## 2. Distribution en «Coupure d'artère» ou en «Boucle»

Distribution en «Coupure d'artère» ou en «Boucle»



Il est utilisé en zone urbaine.

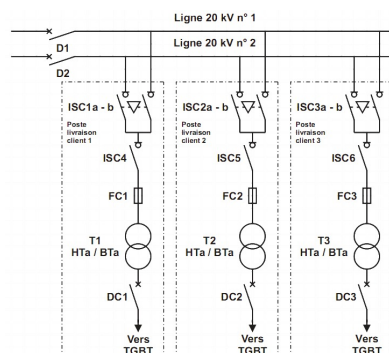
Image 6 Distribution en Boucle

En cas de défaut sur un tronçon de câble ou dans un poste, on isole le tronçon en défaut par l'ouverture des 2 appareils de protection ou de sectionnement qui l'encadrent et on ré-alimente la boucle en refermant le disjoncteur.





### 3. Distribution en « Double dérivation »



Il est utilisé pour assurer une continuité de service optimale.

Image 7 Double dérivation

En cas de défaut sur l'une des lignes, l'alimentation de l'abonné est permutée sur la seconde.

Les deux arrivées sont différentes mais peuvent être issues du même poste source.

On ne peut se connecter sur les deux arrivées en même temps grâce au verrouillage mécanique présents entre A1 & A2.

Il est possible que la seconde arrivée (ou la troisième) soit un groupe électrogène (diesel, gaz, autre).

## C. Exercice : Ai-je mémorisé les domaines de tension ?

Indiquez les limites de chaque domaine de tension pour le courant alternatif.

1. TBT → Un < [ ] v
2. BT → [ ] V < Un < [ ] v
3. HTA → [ ] kV < Un < [ ] kV
4. HTB → [ ] kV < Un

## D. Exercice : Ai-je compris les spécificités des trois schémas de distribution ?

Donnez les trois principales caractéristiques des trois schémas de distribution

- 1 - Très coûteux (deux fois plus cher qu'une distribution classique)
- 2 - Excellente continuité de service
- 3 - Utilisée en zone urbaine
- 4 - Continuité de service possible
- 5 - économique
- 6 - simplicité
- 7 - Nécessite de nombreux appareils
- 8 - aucune continuité de service en cas de défaut

9 - Nécessite une seconde alimentation ou une seconde arrivée

Distribution en Antenne

Distribution en Boucle ou  
Coupure d'Artère

Distribution en Double  
Dérivation

## E. Exercice : Application au lycée

Le lycée se situe en zone urbaine. Pour réaliser ce poste, trois cellules sont utilisées.

Quel est le schéma de distribution probable ?



Image 8 Cellules du poste

- Antenne
- 
- Boucle ou Coupure d'artère
- 
- Double dérivation
- 

## F. Exercice : Quels sont les abonnés qui sont alimentés

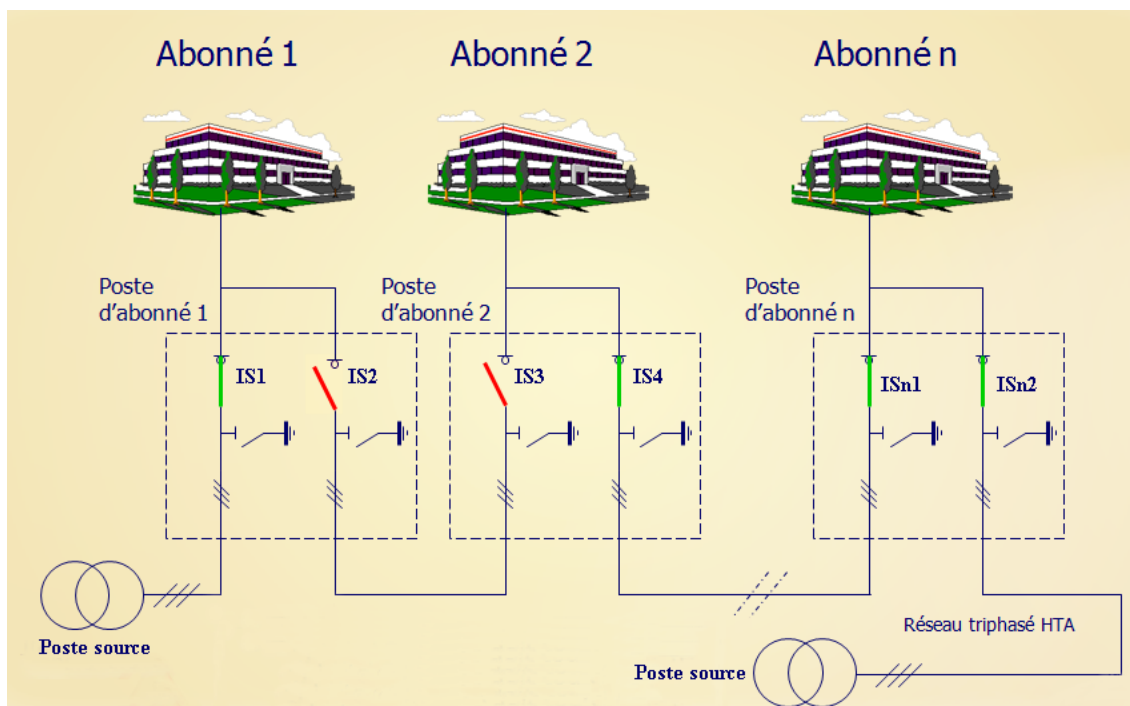
Plusieurs abonnés sont alimentés par un réseau de distribution en coupure d'artère selon le schéma ci-dessous.

En fonctionnement normal, les Interrupteurs-Sectionneurs (IS) sont dans l'état suivant :

fermés	ouverts
• IS1	• IS2
• IS4	• IS3
• ISN1	
• ISN2	

Tableau 2 état des IS

Indiquez quels sont les abonnés qui sont alimentés dans l'état actuels des Interrupteurs-Sectionneurs.



Réseau de distribution Hta

- Abonné n°1
- Abonné n°2
- Abonné n°n

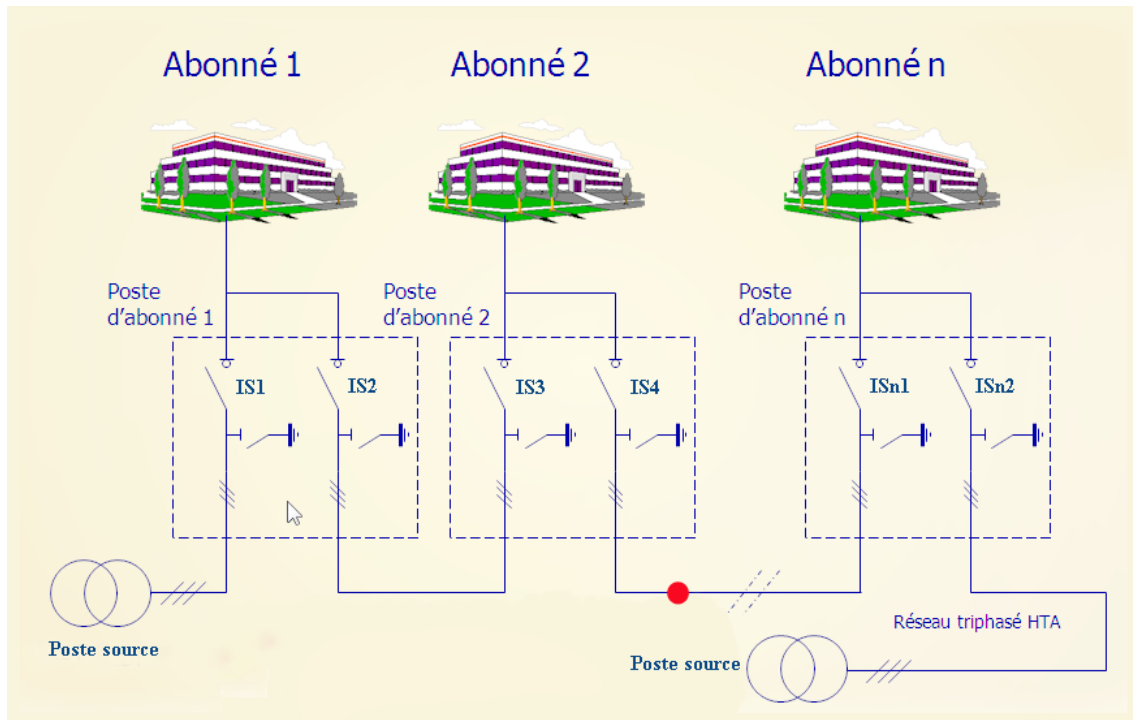
## G. Exercice : Intervention sur le réseau HTa

Suite à des travaux de terrassement, un tractopelle coupe accidentellement le câble à l'endroit indiqué par le point (rouge).

Vous envoyer un électricien habilité à travailler en HTa sur le terrain.

Indiquez quels sont les organes de sectionnement qui doivent rester ou être fermés, quels sont ceux qui doivent rester ou être ouverts.





*Intervention sur le réseau de distribution Hta*

- 1 - IS4
- 2 - IS2
- 3 - ISn2
- 4 - IS3
- 5 - ISn1
- 6 - IS1

Sectionneurs qui doivent être fermés

Sectionneurs qui doivent être ouverts

# Livraison & comptage de l'énergie



Livraison de l'énergie	17
Comptage	18
Exercice : Application au lycée	20

## A. Livraison de l'énergie

Selon la puissance souscrite et le tarif qui y correspond, la livraison de l'énergie électrique peut se faire :

- en Basse tension - BT (moins de 1000V)
- en Haute-Tension - HT (plus de 1000V)

### 1. Livraison BT

Il est du type triphasé 50 Hz avec neutre distribué.  
La puissance ne doit pas être supérieure à 250 kVA.



*Remarque : En BT nous avons :*

- le choix de la tarification en fonction de l'utilisation,
- des coûts d'investissement et d'entretien réduits,

Mais le schéma de liaison à la terre est imposé (TT) et l'évolution de la puissance est limitée.



*Complément : Il existe deux tarifs :*

- le tarif « Bleu » pour les puissances inférieures ou égales à 36 kVA
- le tarif « Jaune » pour les puissances comprises entre 36 et 250 kVA

Plusieurs options sont possibles (voir cours « Tarifs de l'Électricité »).

### 2. Livraison HT

Pour les puissances supérieures à 250 kVA, le distributeur fournit une alimentation dite de 2ème catégorie comprise entre 5 et 33 kV.

Les gros consommateurs sont alimentés à des tensions supérieures (90kV ou plus).



### Remarque : En HT nous avons :

- le libre choix du schéma de liaison à la terre,
- une tarification adaptable,
- la possibilité d'évolution de la puissance.



### Complément

- Le client est propriétaire du poste HT/BT.
- Son coût et son entretien sont à sa charge.
- Le client n'a accès qu'à la partie BT et à l'interrupteur HT.

Plusieurs options sont possibles (voir cours « Tarifs de l'Électricité »).

## B. Comptage

Le comptage peut s'effectuer

- à l'intérieur ou à l'extérieur du point de livraison
- coté BT ou coté HT en fonction du tarif appliqué à l'installation

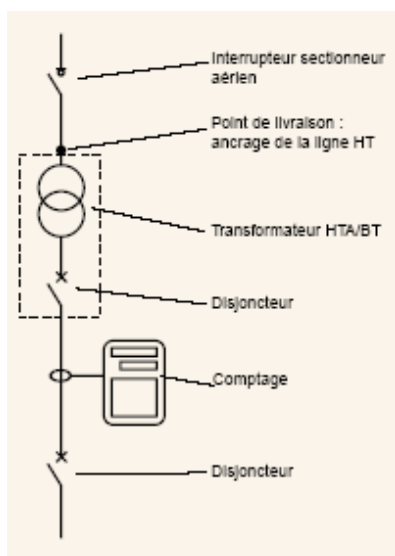


Image 9 Comptage - poste sur poteau

Alimentation HT jusqu'à 160 kVA - Poste sur poteau.

Le point de livraison se situe après le disjoncteur de protection.

Le comptage s'effectue coté BT. La mesure du courant se fait à l'aide d'un *transformateur de courant* (cf. Transformateur de courant (HT)).

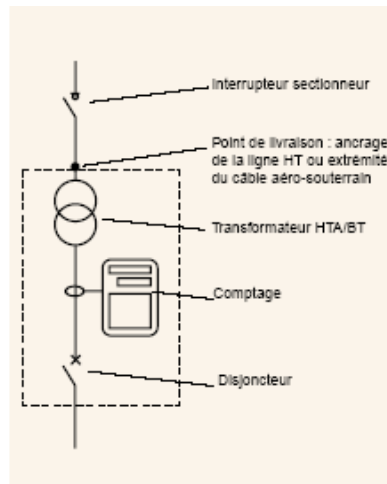


Image 10 Comptage - Poste sous enveloppe

Alimentation HT jusqu'à 250 kVA (tarif vert) - Poste sous enveloppe.

Le point de livraison se situe immédiatement après le disjoncteur de protection du secondaire du transformateur mais si le comptage s'effectue à aussi coté BT, ce dernier est intégré à l'enveloppe.

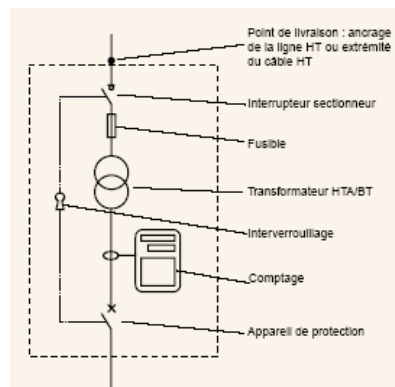


Image 11 Comptage BT

Alimentation HT à comptage BT.

Pour les puissances élevées, la livraison se fait en HT.

Pour des raisons de facturation (voir cours « Tarifs de l'Electricité »), le comptage se fait en BT (les pertes du transformateur ne sont pas comptabilisées).

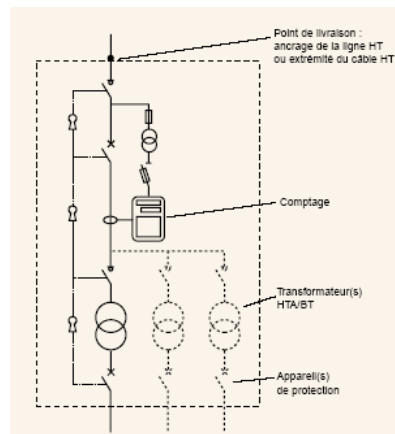


Image 12 Comptage HT

Alimentation HT à comptage HT.

Selon le tarif, le comptage peut s'effectuer coté HT.

Les pertes du ou des transformateurs sont comptabilisées.

L'utilisation d'un *transformateur de tension* (cf. Transformateur de tension ou de potentiel), en plus du *transformateur de courant* (cf. Transformateur de courant (HT)), est nécessaire pour réaliser la mesure de la consommation d'énergie.

## C. Exercice : Application au lycée

La photo ci-contre montre la plaque signalétique du transformateur.

Indiquez quel est le tarif utilisé par le lycée.

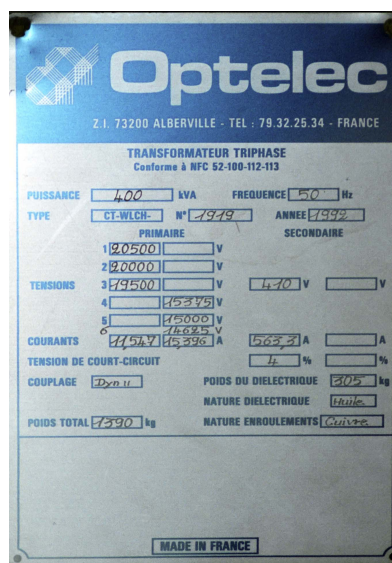


Image 13 Plaque signalétique

Tarif Bleu

Tarif Jaune

Tarif Vert



# Appareillage HTA



Les Cellules préfabriquées	22
Les cellules de protection	23
Les cellules de raccordement	25
Cellules de comptage	26



Image 14 Poste de transformation HTA/BT

économiques, il existe cependant des sectionneurs à haute tension pour liaisons à courant continu.

L'appareillage électrique à haute tension a été créé dès la fin du XIXe siècle, au début pour la manœuvre de moteurs et autres machines électriques. Il n'a cessé de se développer, l'appareillage est actuellement utilisé dans toute gamme des hautes tensions, jusqu'à 1 100 kV.

Il existe de nombreux types de cellules : sectionnement à fusible, disjoncteur, couplage... De même, on distingue les cellules isolées dans l'air des cellules isolées dans le gaz (GIS).

Elles se trouvent en général dans le poste de transformation HT/BT avec le transformateur.

L'appareillage électrique à haute tension est l'ensemble des appareils électriques qui permettent la mise sous ou hors tension de portions d'un réseau électrique à haute tension (y compris pour des opérations de délestage).

Les applications industrielles des disjoncteurs à haute tension sont pour l'instant limitées au courant alternatif car elles sont plus

## A. Les Cellules préfabriquées

*Qu'est-ce qu'une cellule HTA ?*



Image 15 Cellules HTA

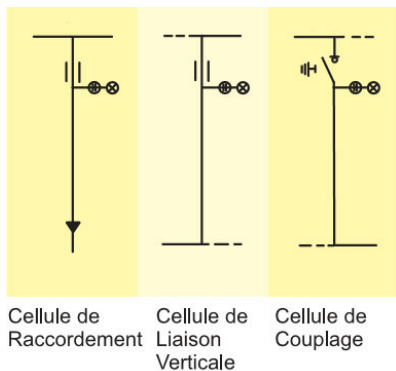
L'appareillage électrique à haute tension (interrupteurs, disjoncteur, sectionneurs, etc.) est en général installé dans des cellules, armoires métalliques modulaires qu'on assemble et relie entre elles.

Ces cellules sont installées en bâtiment. L'appareillage HTA installé en extérieur est rare dans les postes sources, mais est fréquent en distribution rurale, avec en particulier des interrupteurs installés en haut des pylônes électriques.

Une cellule comprend les différents organes nécessaires au fonctionnement du poste : disjoncteur, jeu de barres, sectionneur de jeu de barres, sectionneur de terre, transformateur de courant, transformateur de tension (ou transformateur de potentiel) et parfois parafoudre.

Il existe de nombreux types de cellules : sectionnement à fusible, disjoncteur, couplage... De même, on distingue les cellules isolées dans l'air des cellules isolées dans le gaz (GIS).

### 1. Les cellules de raccordement



Elle permettent de réaliser les raccordements en antenne, boucle, ou double dérivation.

Elles peuvent recevoir des options

Image 16 Cellules de raccordement

## B. Les cellules de protection

### 1. Les cellules de protection

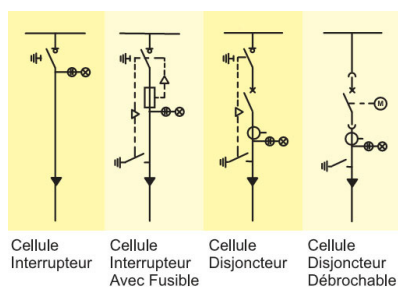


Image 17 Cellules de protection

La vidéo ci-dessous montre l'ouverture d'un disjoncteur au SF6



#### Complément : Coupure dans le SF6

Le SF6 permet l'extinction de l'arc électrique qui se produit à l'ouverture de contacts en HTA.

Il est deux fois plus efficace que l'air, ce qui permet de réduire les volumes des appareils.

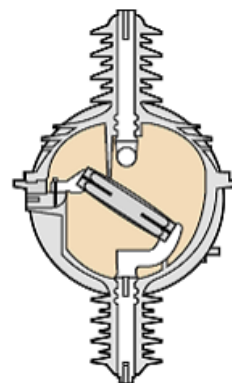
Il est également Incolore, inerte, non toxique, ininflammable et ne présente aucune dangerosité pour les personnes, il ne contient pas de substance polluante.



Image 18 Hexafluorure de soufre

doivent être réduites.

La contribution des émissions de SF6 provenant des appareils HTA sur les changements climatiques s'avère cependant marginale: 0.05% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.



Il est l'un des plus puissants des 6 gaz à effet de serre mentionnés dans le Protocole de Kyoto, signé en 1997 et en tant que tel, ses émissions



*Complément : Les 3 positions des interrupteurs HTA*

Les interrupteurs HTA ont la particularité de posséder les 3 états suivants :

- ouvert,
- fermé,
- mise à la terre.

Intérêt de la mise à la terre : décharger les capacités contenues dans les câbles et éviter les retours possibles de tension liés à des erreurs de manœuvre.



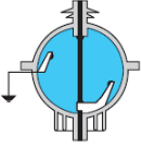

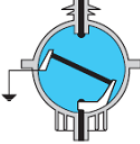

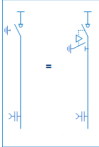

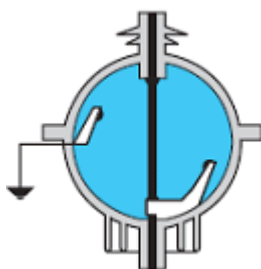
		
		
<b>fermé</b>	<b>ouvert</b>	<b>condamné</b>

Tableau 3 Les 3 positions des interrupteurs HTA



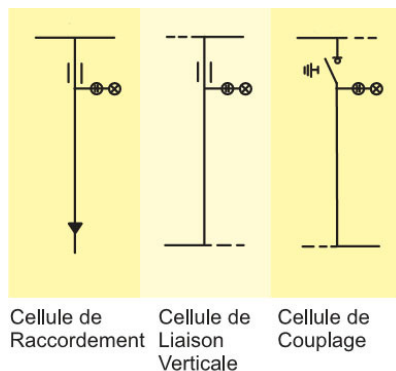
*Complément : Les trois positions de l'interrupteur HTA*



Interrupteur HT

## C. Les cellules de raccordement

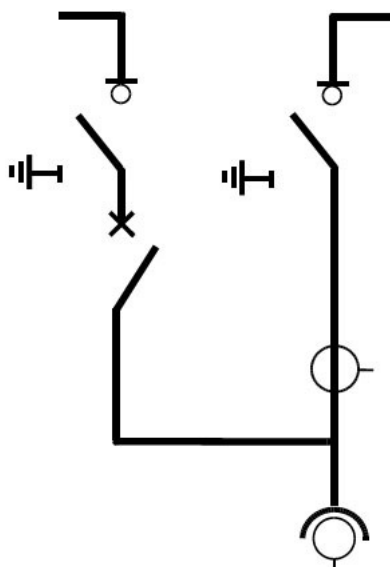
### 1. Les cellules de raccordement



Elle permettent de réaliser les raccordements en antenne, boucle, ou double dérivation.  
Elles peuvent recevoir des options

Image 19 Cellules de raccordement

## D. Cellules de comptage



Elle permettent le comptage de l'énergie en BT ou en HTA.  
Dans ce cas, un TP est indispensable.  
Une cellule de comptage peut être intégrée dans une autre cellule au travers d'une option.

Les catalogues constructeur (Siemens, Schneider, Uniswicht, etc) permettent de choisir les cellules nécessaires à la confection d'une sous-station principale ou secondaire.

Image 20 Cellule de comptage HTA  
Catalogue Uniswicht

# Exercice : Usine de produits préfabriqués en béton

IV

Distribution de l'usine



Image 21 Industrie du Béton

utilisés dans le bâtiment ; ce sont des panneaux de façade, des escaliers, des éléments de dalles etc.

Le schéma de l'alimentation HTA de l'usine est le suivant (le reste de la distribution BT n'est pas représenté) :

L'usine de produits préfabriqués en béton armé est située dans le Val-de-Loire d'où est extrait le sable utilisé pour élaborer le béton.

Les produits préfabriqués sont surtout

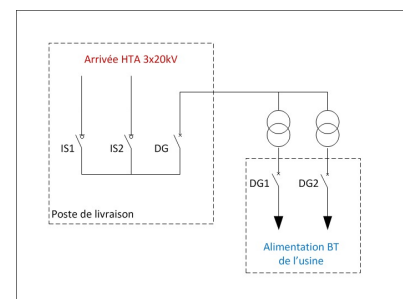


Image 22 Distribution de l'usine

## Question 1

Parmi les types d'alimentation qui existent, indiquez quelle est celui utilisé dans cette usine. Justifiez votre réponse

Indices :

*Le schéma ne représente que la partie de la distribution concernant l'usine*

*L'usine possède deux transformateurs, protégés par deux disjoncteurs, DG01 & DG02*

*Vérifiez si les différents disjoncteurs peuvent être fermés en même temps.*

## Détails des circuits des différents bâtiments

Le plan de l'implantation d'une usine de produits préfabriqués en béton armé est donné ci-contre →

La composition de chaque bâtiment est donnée ci-dessous :

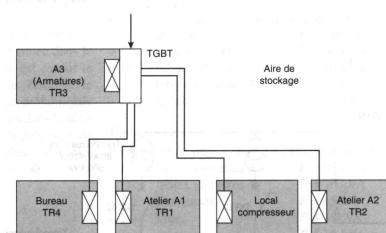


Image 23 Implantation

Atelier A1 :

- Concasseur 120 kVA
- Centrale béton 60 kVA
- Tables vibrantes 80 kVA
- Tables vibrantes 85 kVA
- Eclairage 15 kVA

Armature TR3 :

- Soudure par point 80kVA
- Cisailles 60kVA
- Manutention 40 kVA
- Eclairage 20 kVA

Atelier A2 :

- Tables vibrantes 90 kVA
- Tables vibrantes 70 kVA
- Mouleuses 45 kVA
- Grue 30 kVA
- Eclairage 15 kVA

Bureau TR4 :

- Eclairage 20 kVA
- Chauffage 40 kVA
- Informatique 10 kVA
- Réserve 20 kVA

Compresseur : 80 kVA

### Question 2

Calculez la puissance installée de cette usine

### Question 3

On considère que l'installation ne consomme instantanément pas plus de 60% de la puissance installée (voir cours « *Calcul d'une installation* »)

Quelle puissance minimale a du souscrire cette usine ?

### Question 4

Dans quel tarif une telle puissance peut elle être souscrite ?

Indice :

Rappel : Il existe trois tarifs

- tarif bleu
- tarif jaune

- *tarif vert*

### Question 5

Sous quelle catégorie de tension devra se faire la livraison ?

*Indice :*

*Rappel : La livraison peut s'effectuer*

- en BT
- en HT

### Question 6

Le propriétaire de l'usine est-il également propriétaire de son transformateur ?

### Arrivée & Comptage

Le schéma détaillé de l'arrivée HT est représenté ci-contre.

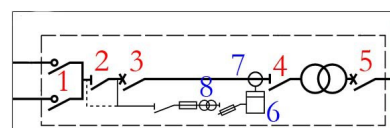


Image 24 Arrivée HT

### Question 7

Donnez la désignation et le rôle de chaque élément repérés de 1 à 8

### Question 8

S'agit-il d'un comptage Haute-Tension ou Basse Tension ?

### Choix des cellules

Le schéma du poste de livraison est donné ci-contre.

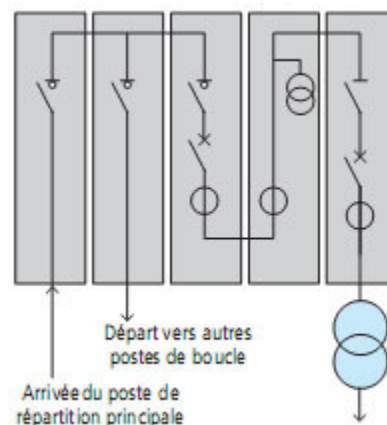


Image 25 Poste de Livraison

### Question 9

Déterminez le type et le nombre de cellule nécessaire à la réalisation de ce poste.

Utilisez le catalogue Uniswitch pour proposer des références

Catalogue Uniswitch

*Indice :*

*Certaines cellules sont identiques*



# Conclusion



L'énergie électrique est distribuée localement en HTA (15~20kV) selon plusieurs schémas de distribution correspondant à diverses contraintes de continuité de service et de coût.

Selon la puissance de l'installation, plusieurs type de livraison (HT ou BT) sont possibles avec des contrats tarifaires adaptés.

Ces schémas de distribution sont réalisés au moyen de cellules HTA utilisant une technologie spécifique et assurant outre le raccordement, le sectionnement, la protection et le comptage de l'énergie.

# Glossaire



## Hexafluorure de soufre - SF6

Ce gaz est un excellent isolant électrique. Sa rigidité diélectrique est 2,5 fois supérieure à celle de l'air. Cette bonne tenue électrique, allée à sa très bonne stabilité lorsqu'il est traversé par un arc électrique (ionisation très faible), en fait un matériau de choix pour l'isolement des disjoncteurs haute tension. Plus généralement, il est utilisé dans les matériels des postes électriques.

## Point de livraison

Il constitue la limite entre les ouvrages de distribution et les installations privées.

## Transformateur de courant

C'est un transformateur de mesure dans lequel le courant secondaire est pratiquement proportionnel au courant primaire et déphasé par rapport à celui-ci d'un angle approximativement nul.

On l'appelle aussi « Transformateur d'Intensité » - TI

Le courant secondaire normalisé est souvent de 5A