

I. Rappel des grandeurs électriques élémentaires :

PUISSANCE - ENERGIE

- Relation Puissance – Energie :

$$P = \frac{E}{t}$$

Puissance en W ← P

← E Energie en J

← t Temps en s

Donc :

$$E = P \cdot t$$

← E Energie en J

← P Puissance en W

← t Temps en s

(Remarque : 1Wh = 3600 J)

- Puissance en mouvement de rotation :

$$P = C \cdot \omega$$

Puissance en W ← P

← C Couple (Moment) En Nm

← ω Fréquence de rotation En rad/s

- En mouvement de translation :

$$P = F \cdot V$$

Puissance en W ← P

← F Force en N

← V Vitesse (linéaire) En m/s

- Puissance électrique pour un courant continu :

$$P = U \cdot I$$

Puissance en W ← P

← U Tension En V

← I Intensité En A

Remarques :

En courant alternatif monophasé :

$$P_a = U \cdot I \cdot \cos\phi$$

En courant alternatif triphasé :

$$P_a = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi$$

Energie en Joule ou en Watt-heure (suivant l'unité de t) : $W = P \cdot t$
 1 Watt-heure = 1 calorie = 4,18 joules

II. Les sources d'énergies électrique en France.

Energie produite	TWh	Variation 2017/2016	Part de la production
Production nette	529,4	-0,4%	100,0%
Nucléaire	379,1	-1,3%	71,6%
Thermique à combustible fossile	54,4	+20,0%	10,3%
dont charbon	9,7	+33,1%	1,8%
dont fioul	3,8	+45,3%	0,7%
dont gaz	40,9	+15,4%	7,7%
Hydraulique	53,6	-16,3%	10,1%
dont renouvelable	48,6	-18,0%	9,2%
Eolien	24,0	+14,8%	4,5%
Solaire	9,2	+9,2%	1,7%
Bioénergies	9,1	+4,1%	1,7%
dont renouvelable	7,0	+5,4%	1,3%

La production totale d'électricité en France s'établit à 529,4 TWh en 2017. Pénalisée par plusieurs épisodes de sécheresse la production hydraulique a considérablement chuté (-16,3% par rapport à 2016). Les nombreuses indisponibilités des centrales nucléaires couplées à la baisse de la production hydraulique ont nécessité un recours important à la production d'origine thermique fossile.

III. Transport sous très haute tension

Le choix d'utiliser des lignes à haute tension s'impose, dès qu'il s'agit de transporter de l'énergie électrique sur des distances de quelques kilomètres.

Prenons un exemple pour comprendre :

Une installation électrique située à 10 km du transformateur EDF est alimentée sous 230 V par une ligne monophasée de résistance 0,4 Ω /km. Elle consomme une puissance de 5 kW.

Calculer :

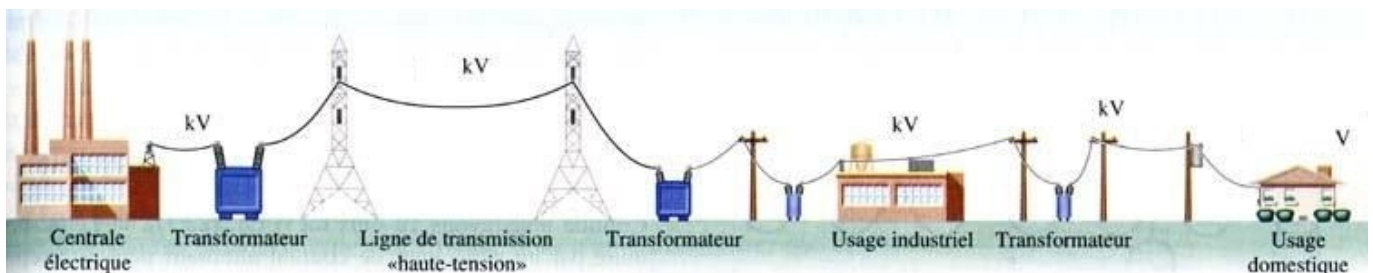
	230 V	20 000 V
1. la résistance totale de la ligne R.	R =	
2. l'intensité appelée par l'installation.	I =	
3. La chute de tension sur les 10 km.	U_{ligne} =	
4. La perte de puissance par effet Joule	P_J =	
5. La valeur de la tension disponible après 10km		

Conclusion : Le but du transport de l'électricité sous très haute tension est de **réduire**

IV. TRANSPORT SOUS TENSIONS SINUSOÏDALES TRIPHASÉES

A. Pourquoi le sinusoïdal et pas le continu ?

- ◆ Les alternateurs fournissent des tensions alternatives sinusoïdales
- ◆ Les transformateurs ont un fonctionnement optimal pour des tensions alternatives sinusoïdales

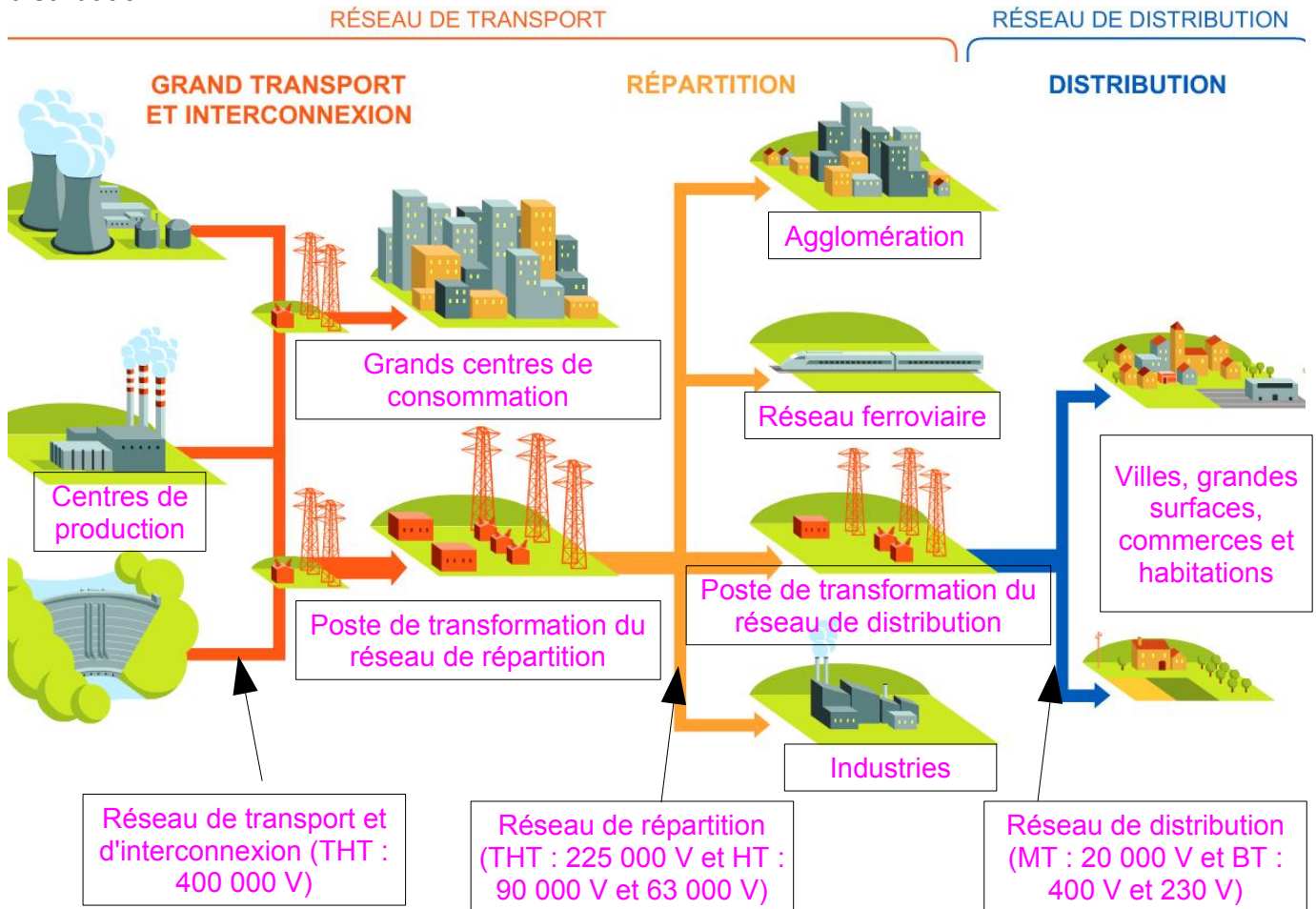


B. Pourquoi le triphasé et pas le monophasé ?

- ◆ Au niveau de la production, la conception des machines électriques (transformateurs, alternateurs) se fait avec des enroulements triphasés qui présentent le meilleur rendement "poids - puissance" : un alternateur triphasé a une puissance supérieure de % à celle d'un alternateur monophasé de même volume et de même prix.
- ◆ Au niveau de la distribution : La même énergie est transportée avec 3 fils, alors qu'il en faudrait 6 identiques en monophasé.
- ◆ Au niveau de l'utilisation : Utilisation majoritaire des moteurs asynchrone triphasés.

V. Schéma général du transport d'électricité en France

Le réseau français d'acheminement de l'énergie électrique est organisé en trois niveaux : le réseau de grand transport et d'interconnexion, le réseau de répartition et le réseau de distribution.



A. ♦ Le réseau de grand transport et d'interconnexion :

Il transporte l'énergie électrique des centrales électriques aux zones de consommation. Cela représente km de lignes Très Haute Tension (THT) à volts. Ce réseau est interconnecté avec les pays frontaliers : **Italie, Espagne, Allemagne, Belgique et Royaume-Uni**.

B. ♦ Le réseau de répartition :

Il achemine l'énergie électrique des grandes régions de consommation vers leurs centres de distribution régionaux ou locaux (agglomérations). La tension V est à des tensions de **225 000, 90 000 ou 63 000 V** (HTB).

Ce réseau achemine également l'énergie électrique à de **grands clients industriels** comme la SNCF, la RATP, ou les industries (chimiques, sidérurgiques et métallurgiques).

C. ♦ Le réseau de distribution :

Il achemine l'énergie électrique des centres de distribution vers le client final : les petites et moyennes entreprises, les villes, les grandes surfaces, les commerces, les maisons des particuliers... La HTB (**90 000 ou 63 000 V**) est abaissée en Haute tension A (HTA - **20 000 V**) ou Basse Tension (BT - **400 ou 230 V**).

♦ AU TOTAL transformateurs.

Les tensions sont classées en 3 domaines :

Domaines de tension	Très basse tension	Basse tension		Haute tension	
alternatif	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB

VI. Notions essentielles sur le transformateur

A. Principe de fonctionnement

Le transformateur est un convertisseur **statique d'énergie électrique**.

Il est principalement utilisé pour **abaisser ou élever** la tension présente sur le réseau de distribution. Il permet de passer d'un réseau alternatif à un autre **réseau alternatif**, de même mais de **différente**.

La figure ci-dessous montre la constitution interne d'un transformateur :

Principe de fonctionnement :

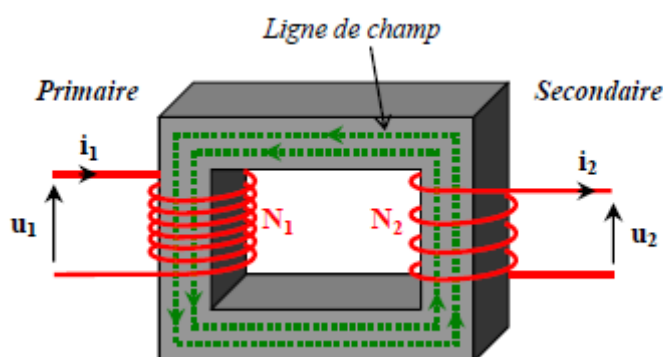
Une source de tension alternative u_1 (réseau électrique) est branchée **au primaire** et fait circuler un courant i_1 qui va créer **un champ magnétique dans la structure métallique (carcasse)**.

La carcasse métallique va canaliser les lignes de champ vers la bobine secondaire.

La bobine secondaire est donc le siège d'un champ magnétique variable

Ⓢ Une tension u_2 **induite** prendra naissance aux bornes de la bobine secondaire.

Le courant i_2 et le courant i_1 seront imposés par la charge branchée au secondaire.



Le générateur impose les tensions et la charge impose les courants.

Si on a N_1 spires au primaire et N_2 spires au secondaire, on a les relations suivantes :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

B. Plaque signalétique d'un transformateur

Sur la plaque signalétique d'un transformateur apparaissent les indications suivantes :

600 V.A

230 V

24 V

50 Hz

Ces indications permettent de déterminer :

- le rapport de transformation : $m =$
- L'intensité efficace du courant nominal au primaire : $I_{1N} =$
- L'intensité efficace du courant nominal au secondaire : $I_{2N} =$

C. Utilisation des transformateurs

- **Augmentation de tension en sortie** : $N_1 < N_2$, la tension en sortie sera donc supérieure à la tension en entrée. C'est le cas, par exemple, des transformateurs en sortie de centrale qui font passer la tension
- **Abaissment de tension en sortie** : $N_1 > N_2$, la tension en sortie sera donc inférieure à la tension en entrée. C'est le cas des transformateurs placés en fin de réseau électrique pour abaisser la tension.
- **Isolation galvanique** : $N_1 = N_2$, ces transformateurs sont utilisés pour isoler deux circuits qui utilisent la même tension (transformateur de sécurité).

VII. Les effets physiologiques du courant électrique.

Le courant agit alors sur le corps de trois façons différentes :

- **par blocage des muscles**, que ce soient ceux des membres ou de la cage thoracique (tétanisation),
- **par brûlures** : l'électricité produit par ses effets thermiques des lésions tissulaires plus ou moins graves selon la valeur du courant,
- **par action sur le cœur** : l'électricité provoque une désorganisation complète du fonctionnement du cœur, d'où fibrillation ventriculaire.

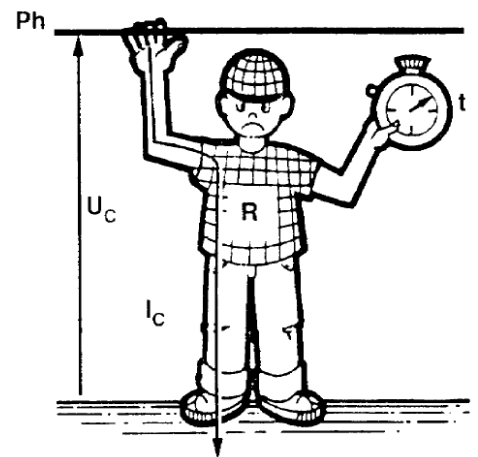
VIII. Paramètres à prendre en compte pour l'évaluation des risques.

A. Quatre paramètres interdépendants influent sur le niveau des risques :

- I_c : courant qui circule dans le corps humain,
- U_c : tension appliquée au corps,
- R : résistance du corps,
- t : temps de passage du courant dans le corps.

La tension U_c appliquée au corps humain peut être due :

- à deux contacts avec des parties actives, parties normalement sous tension, portées à des potentiels différents.
- à un contact avec la terre et une partie active.
- à un contact avec la terre et une masse métallique mise accidentellement sous tension.



B. Relation entre le temps de passage du courant de choc dans le corps humain et son intensité

Zone 1 : Le courant de choc est inférieur au seuil de perception ($I_c < 0,5 \text{ mA}$). Il n'y a pas de perception du passage du courant dans le corps : aucun risque.

Zone 2 : Le courant est perçu sans réaction de la personne : habituellement, aucun effet physiologique dangereux.

Zone 3 : Le courant provoque une réaction : la personne ne peut plus lâcher l'appareil en défaut. Le courant doit être coupé par un tiers afin de mettre la personne hors de danger : habituellement sans dommage organique, mais probabilité de contractions musculaires et de difficultés respiratoires.

Zone 4 : En plus des effets de la zone 3, la fibrillation ventriculaire augmente le risque d'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves **MORT**



B. Protection contre les surintensités importantes.

Les surintensités importantes provoquées par des **courts-circuits** sont dangereuses pour les appareils mais aussi pour les lignes d'alimentations. Elles doivent être éliminées dès leur apparition.

Les dispositifs de protection utilisés sont à **action instantanée** :

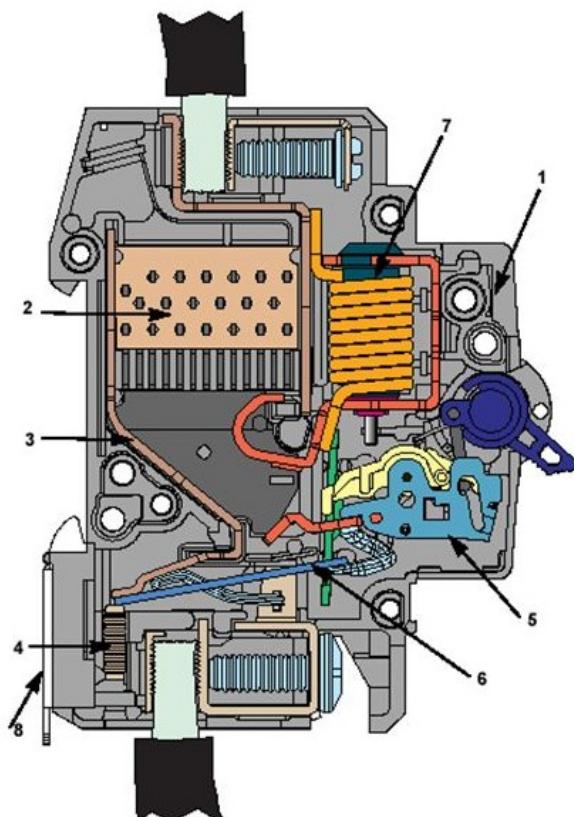
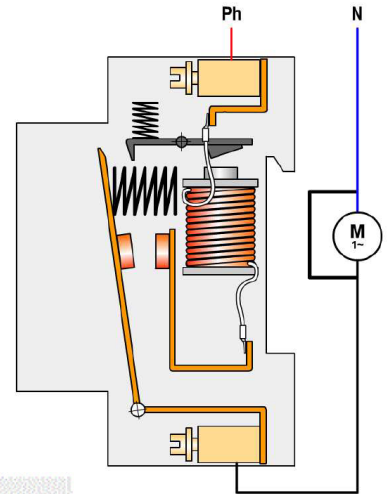
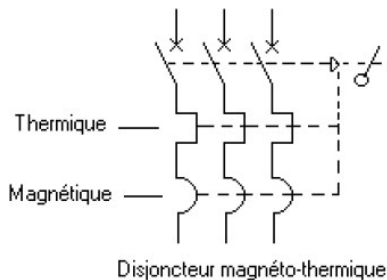
i. Le fusible

ii. Le disjoncteur magnétique

Le disjoncteur magnétique fonctionne un peu comme un contacteur (relais), le courant du circuit à protéger traverse le bobinage d'un électroaimant. Dès que l'intensité devient vraiment supérieure au calibre du disjoncteur, le champ magnétique provoquera l'ouverture du disjoncteur.

iii. Le Disjoncteur magnéto-thermique.

Il combine les deux dispositifs précédents, effet thermique et magnétique.



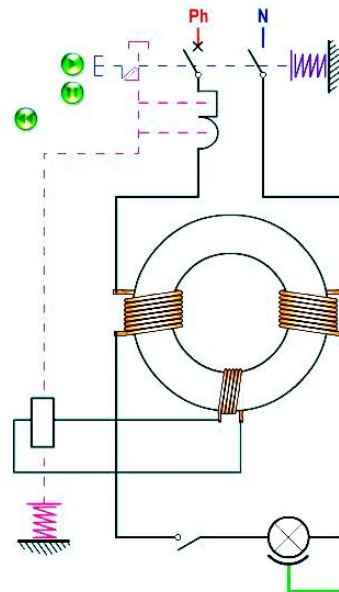
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.



C. Protection des personnes

Le dispositif différentiel comporte un circuit magnétique en forme de tore sur lequel sont bobinés le ou les circuits des phases et celui du neutre. En l'absence de courant de fuite ou courant résiduel de défaut les flux produits par les bobines s'annulent, il ne se passe rien.

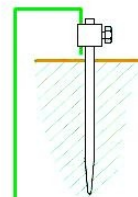
Si un défaut survient, le courant résiduel de défaut produit un déséquilibre des flux dans les bobines et un flux magnétique apparaît dans le tore. La bobine de mesure est le siège d'une force électromotrice (f.é.m.) qui alimente un petit électro-aimant provoquant le déverrouillage du disjoncteur.



LE DISJONCTEUR DIFFERENTIEL

Associé à une **prise de terre**,
son rôle est de
protéger les personnes
contre les contacts indirects

IDENTIFIER les constituants



i. Exemple pratique :

