

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE ET SÉCURITÉ

OBJECTIFS

- Posséder des connaissances générales sur la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique (rôle du transformateur).
- Aborder les problèmes de sécurité.
- Connaître les principaux régimes de liaisons à la terre (régimes de neutre).

I- PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

1- Origine de l'énergie électrique

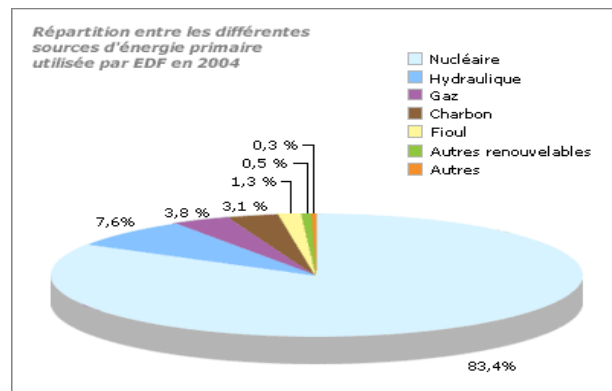
L'énergie électrique est une énergie secondaire qui est produite à partir d'énergies primaires contenues dans :

- l'uranium (énergie de fission exploitée dans les centrales nucléaires),
- l'eau (énergie potentielle dans les barrages hydroélectriques),
- le charbon et le pétrole (énergie de combustion),
- le vent (énergie cinétique de l'air transformée par les éoliennes),
- le soleil (rayonnement solaire transformé par les cellules photovoltaïques ou par des centrales à miroirs réflecteurs).

Dans presque tous les cas l'énergie primaire est transformée, dans des centrales, en énergie mécanique à l'aide de turbines.

Les turbines sont directement couplées à des alternateurs qui produisent l'énergie électrique sous forme de tensions triphasées de fréquence et d'amplitude constante.

La figure ci-dessous indique la répartition d'énergies primaires pour la production d'électricité en France :



2- Détail des principaux moyens de production

a- Les centrales nucléaires



Le "combustible" utilisé dans les centrales nucléaires est l'uranium, un métal relativement abondant dans l'écorce terrestre. Le noyau de l'uranium 235, lorsqu'il est percuté par un neutron, se brise en deux noyaux plus petits. On dit que l'U 235 est fissile. Cette fission dégage de l'énergie, notamment sous forme de chaleur. En se brisant, l'atome libère deux ou trois neutrons qui iront à leur tour briser d'autres noyaux, et ainsi de suite... C'est ce que l'on appelle la réaction en chaîne.

La chaleur, en contact d'eau, fournit de la vapeur sous pression qui fait tourner la turbine à laquelle est couplé l'alternateur qui génère l'électricité. Au sortir de la turbine, la vapeur est refroidie, retransformée en eau et renvoyée dans le générateur de vapeur.

La production d'un gros réacteur nucléaire est de 1500MW.

b- Les barrages hydrauliques



Le barrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau, il est capable d'en stocker d'énormes quantités (retenues).

Il suffit d'ouvrir des vannes pour amorcer le cycle de production d'électricité. L'eau s'engouffre alors dans une conduite forcée ou dans une galerie creusée dans la roche suivant l'installation.

A la sortie de la conduite, la pression ou la vitesse (ou les deux en même temps) entraîne la rotation de la turbine qui entraîne celle du rotor de l'alternateur.

L'énergie produite par les barrages avoisine les 70 milliards de kilowattheures par an.

c- Les centrales thermiques



Un combustible (pétrole, gaz, charbon ...) est brûlé et fournit de la chaleur dans un générateur de vapeur où de l'eau est vaporisée sous pression. La vapeur est alors "détendue" dans une turbine, ce qui signifie qu'elle passe d'une haute pression initiale (165 bars) à une basse pression (50 millibars). La détente de la vapeur provoqué par cette baisse de pression permet d'entraîner la turbine et l'alternateur qui produit l'électricité. La vapeur est ensuite liquéfiée dans un condenseur puis recyclée.

La production d'une centrale thermique peut aller jusqu'à 700MW.

d- Les éoliennes

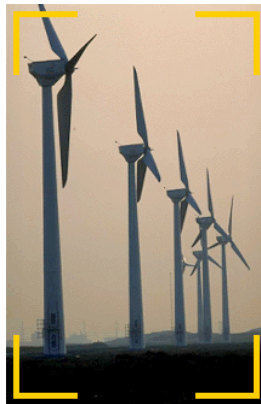
L'énergie du vent provient de celle du soleil qui chauffe inégalement les masses d'air, provoquant des différences de pression atmosphérique et donc des mouvements de circulation de l'air.

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable, disponible partout (quoiqu'en quantités différentes) et bien sûr sans rejet polluant dans l'atmosphère.

L'éolienne transforme la puissance de translation du vent en puissance de rotation.

Un alternateur est mécaniquement couplé à l'axe des pales (rotor) pour produire les tensions triphasées. Un dispositif de régulation permet d'obtenir une vitesse de rotation constante compatible avec la fréquence du réseau (50Hz).

Une éolienne moderne (parc de Rivesaltes) peut produire une puissance de 1MW.



d- Autres énergies renouvelables

■ L'énergie solaire:

L'énergie reçue par le rayonnement solaire est convertie en énergie électrique. Un premier processus consiste à utiliser des miroirs pour concentrer le flux d'énergie vers un foyer où de l'eau est vaporisée pour entraîner un alternateur (four solaire de Thémis). Un autre procédé utilise des cellules photovoltaïques (panneaux solaires) qui transforment directement la lumière en électricité. De grosses contraintes techniques et financières limitent ce mode de production à l'alimentation de faible puissance, par exemple l'électronique embarquée sur un bateau.

■ Géothermie:

L'eau chaude est exploitée directement sous forme de chaleur : chauffage central dans les habitations ou chauffage de serres comme en Islande où sont cultivés des fruits tropicaux. La vapeur d'eau extraite du sous-sol est utilisée dans la production d'électricité : comme dans une centrale thermique classique, elle actionne une turbine.

II- TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

1- Transport sous très haute tension

Le transport de l'énergie électrique s'accompagne de pertes d'énergie et essentiellement des pertes par effet Joule. La puissance dissipée est $p_J = R \cdot i^2$.

Il faut donc avoir une intensité de courant la plus faible possible dans les lignes. Sachant que la puissance transmise par la ligne est le produit $p = u \cdot i$, il est donc intéressant d'avoir une forte valeur de tension u qui entraînera une faible valeur de l'intensité i .

2- Transport sous tension alternative triphasée

- La nécessité d'élever la tension en sortie des centrales et de l'abaisser lors de son utilisation impose l'emploi de **transformateurs**. Les transformateurs ont un fonctionnement optimal pour des tensions **alternatives sinusoïdales**.
Remarque : L'abaissement ou l'augmentation d'une tension continue est plus difficile à réaliser dans des cas autres que la tension alternative sinusoïdale.
- La production et l'utilisation de l'énergie sous forme de **tension triphasée** présentent plusieurs avantages:
 - la conception des machines électriques (alternateurs et moteurs) se fait avec des enroulements triphasés ce qui présente, entre autre, le **meilleur rendement "poids - puissance"**.
 - le **démarrage** des moteurs triphasés se fait naturellement avec des tensions triphasées contrairement aux moteurs monophasés.

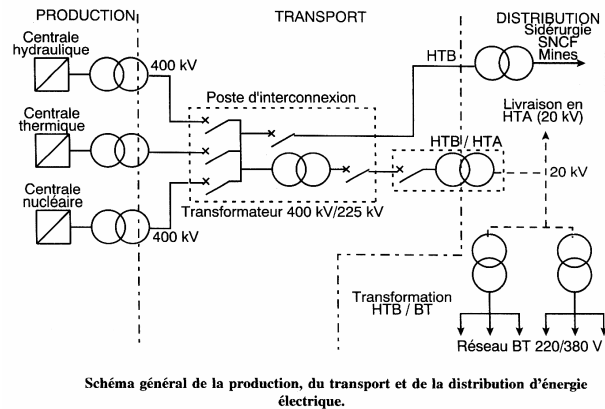
3- Schéma général du transport d'électricité en France

La tension en sortie d'un alternateur de centrale est de l'ordre de **20kV (HTA)**.

Un transformateur éleveur de tension branché directement en sortie de l'alternateur produira une tension de **400kV (THT)**.

L'électricité peut maintenant être transportée sur de grandes distances (lignes aériennes **THT 400kV**).

Les lignes **THT** alimentent des postes de répartition où la tension est abaissée à **225 kV (HTB)** pour alimenter le réseau régional de distribution.



A partir d'un poste de distribution, la tension **HTB** est ensuite abaissée en une tension de type **HTA** afin d'être acheminée jusqu'aux postes de transformation par le réseau de distribution (Quartiers, villages, entreprises...): **20kV** ou **15kV**.

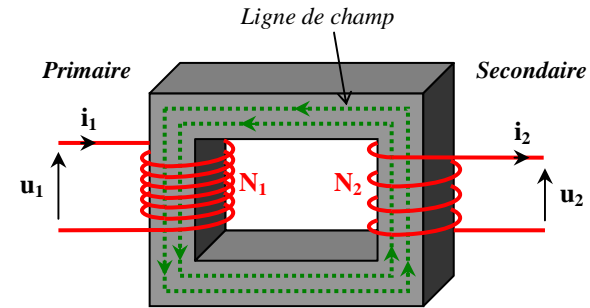
En fin de parcours, elle est abaissée par le poste de transformation en une tension de type **BT** pour être ensuite livrée aux centres de consommation domestiques : **400V**.

	Très Basse Tension	Basse Tension		Haute Tension	
Domaines	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Alternatif	≤ 50	$50 < U \leq 500$	$500 < U \leq 1k$	$1k < U \leq 50k$	$U > 50k$

4- Etude du transformateur

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 d'énergie électrique.

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



1- principe de fonctionnement :

- ① 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).
- ② La carcasse métallique va canaliser les **lignes de champ** vers la bobine secondaire.
- ③ La bobine secondaire est donc le siège d'un champ magnétique variable et une tension u_2 induite prendra naissance aux bornes de la bobine secondaire.
- ④ Le courant i_2 et le courant i_1 seront imposés par la charge branchée au secondaire.
 \Rightarrow 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 :

- pour les tensions :
$$\frac{u_2}{u_1} \approx - \frac{N_2}{N_1}$$

- pour les courants :
$$\frac{i_1}{i_2} \approx - \frac{N_2}{N_1}$$

- ⑤ Il n'y a aucun contact électrique entre le circuit primaire et le circuit secondaire (isolation galvanique).

2- Utilisation des transformateurs :

■ Augmentation de tension :

Le nombre de spires au primaire est inférieur au nombre de spires du secondaire, 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 de 20kV à 400kV.

■ Abaissement de tension :

Le nombre de spires au primaire est supérieur au nombre de spires du secondaire, la tension en sortie sera donc inférieure à la tension en entrée.

C'est le cas, par exemple, des transformateurs placés en fin de réseau électrique pour abaisser la tension de 20kV à 400V.

■ Isolation galvanique :

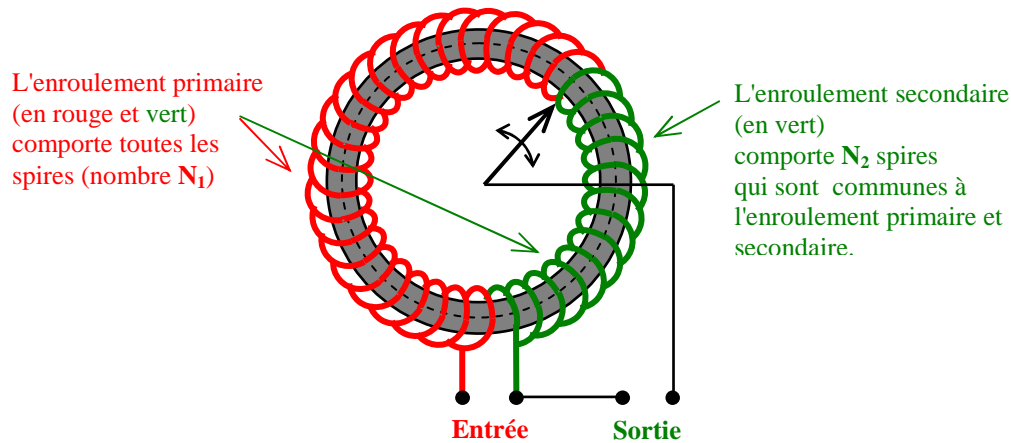
Le nombre de spires au secondaire est égal au nombre de spires du primaire.

Ces transformateurs sont utilisés pour isoler galvaniquement deux circuits qui utilisent la même tension (transformateur de sécurité).

3- Un cas particulier : l'autotransformateur

L'autotransformateur permet de régler le rapport de transformation : $\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_{\text{sortie}}}{U_{\text{entrée}}}$.

L'enroulement secondaire est constitué d'une partie de l'enroulement primaire par l'intermédiaire d'un curseur qui "frotte" sur les spires du primaire (schéma ci-dessous)



L'autotransformateur permet d'avoir une tension de valeur efficace réglable en sortie (N_1 est ajustable par curseur).

☠ **Attention** : Il n'y a pas d'isolation galvanique avec l'autotransformateur.

4- Récapitulatif sur le transformateur

On retiendra les principes suivants :

- Un transformateur est un convertisseur statique qui permet de passer d'un réseau alternatif à un autre réseau alternatif, **de même fréquence**, mais **d'amplitude différente** et isolé galvaniquement du premier.
- L'isolation galvanique est la transmission d'énergie électrique entre deux systèmes, **sans aucun contact électrique**, sous la forme d'une énergie de transition (énergie magnétique pour le transformateur).
- L'autotransformateur permet de régler la tension de sortie mais n'assure pas l'isolation galvanique (Danger).

III- LES DANGERS DE L'ÉLECTRICITÉ

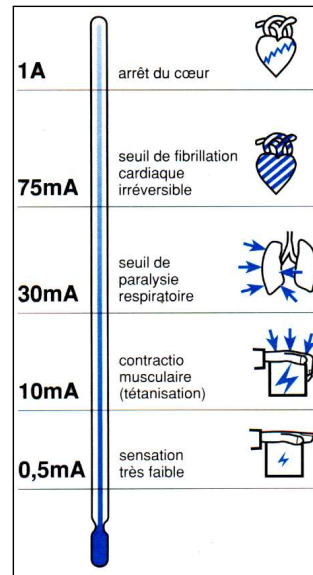
1- Effet Du courant électrique traversant le corps humain

Le corps humain se comporte comme une résistance électrique. Lorsqu'il est soumis à une tension, il sera traversé par un courant électrique ce qui peut avoir des conséquences graves.

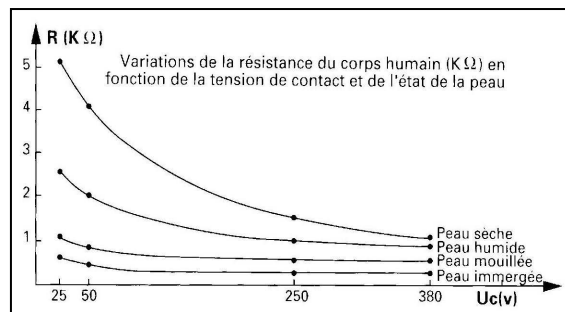
Les effets du courant électrique traversant le corps humain sont résumés dans l'illustration ci-contre :

Définitions de quelques termes :

- **Electrisation** : corps humain en contact électrique qui n'entraîne pas le décès.
- **Tétanisation** : contraction violente des muscles (membres ou cage thoracique).
- **Fibrillation cardiaque** : contractions rapides et désordonnées des muscles cardiaques.
Le retour à la normale nécessite une intervention (massage cardiaque, ventilation artificielle, défibrillateur ...).
- **Electrocution** : contact électrique sur le corps humain entraînant le décès de la victime.



La résistance du corps humain varie en fonction de l'état de la peau (sèche, humide, mouillée) et de la tension de contact. La résistance du milieu interne est relativement fixe (autour de 700 ohms).

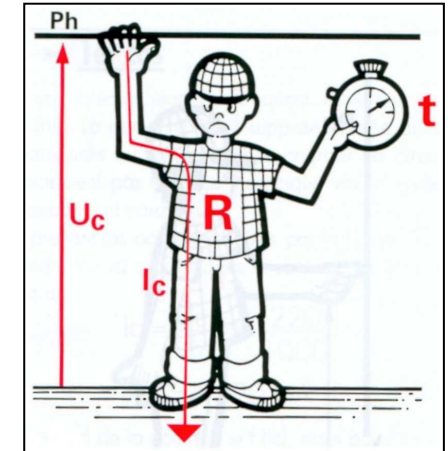


2- Paramètres pour l'évaluation des risques

Les dangers encourus par les personnes traversées par un courant électrique dépendent essentiellement de l'intensité du courant et du temps de passage. Cette intensité dépend de la tension de contact U_C qui s'applique sur la personne, ainsi que de la résistance rencontrée par ce courant lors de son cheminement au travers du corps humain.

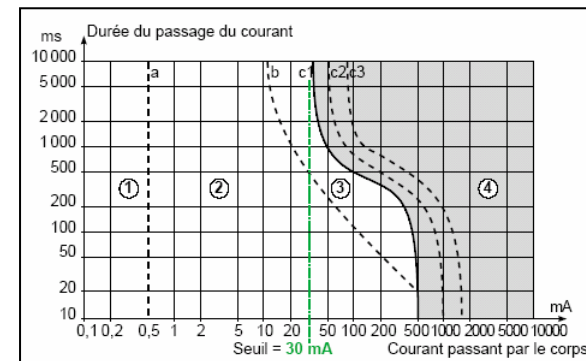
Les paramètres sont donc au nombre de quatre :

- U_C : tension de contact appliquée au corps
- R : résistance du corps
- I_C : intensité qui traverse le corps
- t : temps de passage du courant.



3- Effet du courant alternatif sur les personnes

Selon la norme "CEI 479-1" de la commission électrotechnique internationale (C.E.I.), un courant alternatif de fréquence comprise entre 15Hz et 100Hz provoque des effets physiologiques qui peuvent être classés suivant quatre zones à risques :



- Zone 1** : Habituellement aucune réaction ou perception très faible.
- Zone 2** : Effet désagréable, généralement aucun effet physiologique dangereux.
- Zone 3** : Contractions musculaires, difficultés respiratoires, arrêts temporaires et réversibles du cœur, en principe sans dommage organique.

Zone 4 :

à la courbe C1 : La probabilité d'une fibrillation ventriculaire est d'environ 0,1%

de C1 à C2 : La probabilité est d'environ 5%

de C2 à C3 : La probabilité passe à 50%

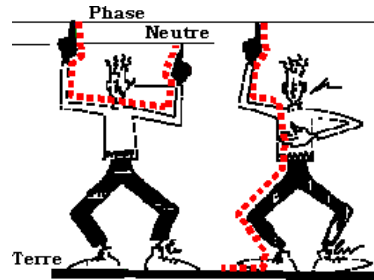
au delà de la courbe C3 : elle augmente de plus de 50%. Arrêt du cœur, arrêt de la respiration et brûlures graves peuvent se produire.

Remarque : Le courant continu est moins dangereux que le courant alternatif (Le seuil de fibrillation ventriculaire est beaucoup plus élevé) il est plus facile de lâcher des parties nues sous tension en présence d'un courant continu qu'en présence d'un courant alternatif.

4- Les différents cas de contact électrique

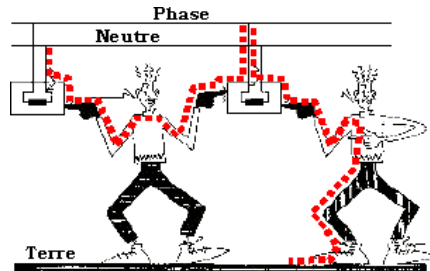
① Le contact direct

C'est le contact d'une personne avec une partie d'un équipement ou d'une installation sous tension suite à une négligence ou au non respect des consignes de sécurité.



② Le contact indirect

C'est le contact d'une personne avec une masse métallique mise accidentellement sous tension par défaut d'isolement. Ce type de contact est très dangereux car contrairement au contact direct, il n'est pas lié à l'imprudence ou à la maladresse de l'utilisateur.

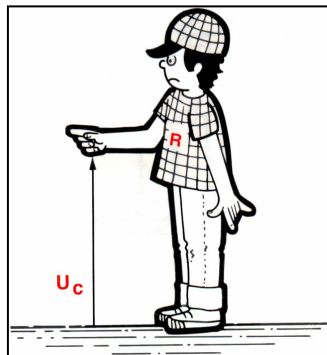


4- Les tensions de contact électrique

Suivant la norme NFC 15-100 il existe deux tensions limites de sécurité :

- $U_L = 50V$ (milieu sec)
- $U_L = 25V$ (chantier, local exigu)

En l'absence d'un défaut d'isolement, les masses électriques doivent être à un potentiel nul par rapport à la terre, car elles sont accessibles normalement à toute personne.



En cas de défaut d'isolement, cette masse est en contact avec une partie active (ou conducteur sous tension), le courant circulant au travers du défaut et de la masse rejoint la terre, soit par le PE (Conducteur de protection (Vert/Jaune)) soit par la personne en contact.

Dans ce dernier cas, il est impératif afin d'assurer la protection des personnes de couper de manière automatique l'alimentation en énergie avant une durée indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tension de contact présumée (en V) Selon Norme CEI 364	Temps de coupure maximal des dispositifs de protections (en s)			
	En alternatif		En continu	
	UL = 50 V	UL = 25V	UL = 120V	UL = 60V
25 V		5		5
50 V	5	0,48	5	5
75 V	0,6	0,3	5	2
90 V	0,45	0,25	5	0,8
120 V	0,34	0,18	5	0,5
150 V	0,27	0,10	1	0,25
220 V	0,17	0,05	0,4	0,06
280 V	0,12	0,02	0,3	0,02
350 V	0,08		0,2	
500 V	0,04		0,1	

5- Conduite à tenir en cas d'accident

Protéger

Soustraire la victime aux effets du courant par mise hors tension. Si la mise hors tension n'est pas possible par le sauveteur, prévenir le distributeur. Toute intervention imprudente du sauveteur risque de l'accidenter lui-même.

Secourir

Si la victime est inanimée et ne répond pas, si son thorax et son abdomen sont immobiles, assurer la respiration par bouche à bouche et massage cardiaque.

Alerter

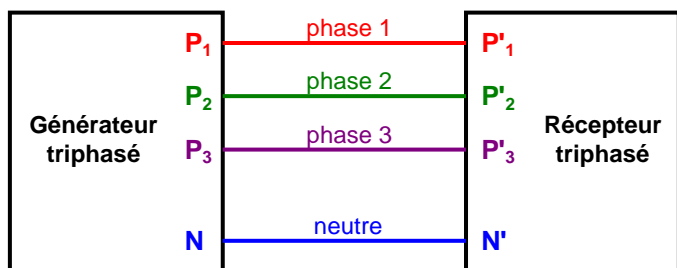
Suivant consigne préétablie si elle existe à proximité ou téléphoner (SAMU-15, POMPIER-18, MEDECIN). Ne jamais abandonner les soins avant l'arrivée des secours spécialisés.

IV- LES PRINCIPAUX RÉGIMES DE LIAISON À LA TERRE

1- Généralités sur la distribution triphasée

a- Présentation

Un circuit triphasé élémentaire est constitué d'un générateur (réseau de distribution de l'énergie) et d'un récepteur. Le schéma est indiqué ci-dessous :



L'énergie est véhiculée par les trois conducteurs de phase, d'où l'appellation "triphase". Le conducteur de neutre est en général au potentiel 0V **et peut ne pas être utilisé**.

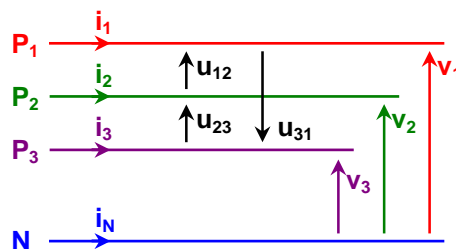
b- Courants et tensions

Le circuit présenté plus haut permet de définir 6 tensions et 4 courants (schéma ci-dessous):

① v_1, v_2 et v_3 sont les **tensions simples** (entre phase et neutre).

② $u_{12} = v_1 - v_2$
 $u_{23} = v_2 - v_3$
 $u_{31} = v_3 - v_1$ } **tensions composées**
 (entre deux phases)

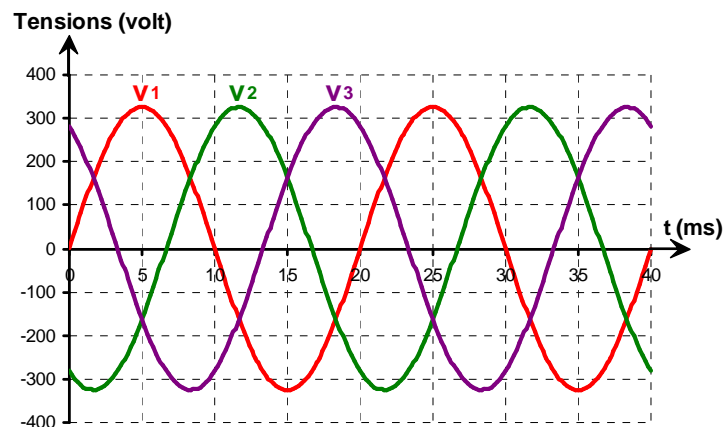
③ i_1, i_2 et i_3 sont les **courants de ligne**.
 On a la relation : $i_1 + i_2 + i_3 = i_N$.
 Si le système est équilibré, le courant de neutre i_N est nul et on a donc $i_1 + i_2 + i_3 = 0$.



c- Expression des tensions

■ Tensions simples

La figure ci-dessous représente le chronogramme des tensions simples v_1, v_2 et v_3 :



L'observation du chronogramme donne les propriétés suivantes :

① Les tensions sont sinusoïdales, de valeur efficace $V = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{325}{\sqrt{2}} \approx 230V$ et de

fréquence $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50Hz$.

② La tension v_2 est en retard de $1/3$ de période soit $-\frac{2\pi}{3}$ rad ou -120° par rapport à

v_1 .

On a le même retard entre v_3 et v_2 et entre v_1 et v_3 ce qui donne les expressions :

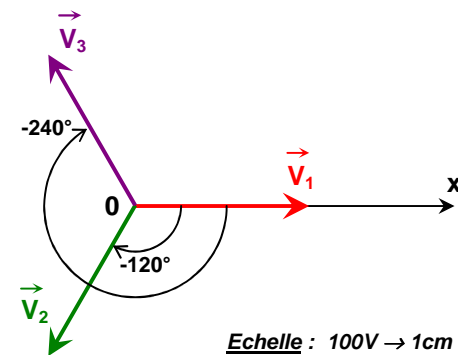
$$v_1(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t)$$

$$v_2(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$v_3(t) = V\sqrt{2}\sin(\omega t - 4\pi/3)$$

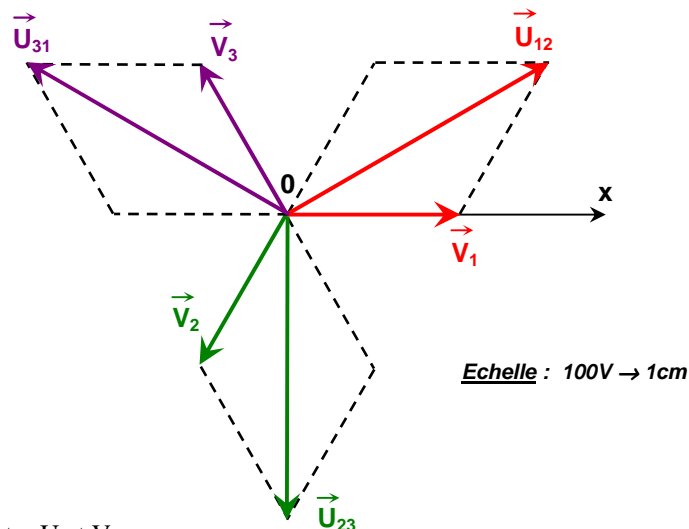
Schéma de Fresnel :

Connaissant la valeur efficace et les phases entre les tensions simples, on peut tracer un schéma de Fresnel :



■ Tensions composées

Reprenons le schéma de Fresnel relatif aux tensions simples et ajoutons les vecteurs relatifs aux tensions composées : $\vec{U}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$; $\vec{U}_{23} = \vec{V}_2 - \vec{V}_3$ et $\vec{U}_{31} = \vec{V}_3 - \vec{V}_1$.

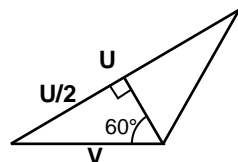


Relation entre U et V :

Considérons le triangle formé par "U" et "V" :

$$\text{On a } \frac{U}{2} = V \cos 60^\circ \Rightarrow \frac{U}{2} = V \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Ce qui donne la relation fondamentale : $\boxed{U = V\sqrt{3}}$



Pour le réseau de distribution domestique, on a $V = 230V$ et $U = 230 \times \sqrt{3} \approx 400V$.
On a donc 230V entre phase et neutre et 400V entre deux phases.

2- Les schémas de liaison à la terre (définitions)

a- Nécessité de la liaison à la terre

L'énergie électrique demeure dangereuse et la majorité des accidents est due aux défauts d'isolement des récepteurs.

La masse des récepteurs doit donc être reliée à la terre pour assurer une **tension de contact** la plus faible possible.

Quelle que soit la cause de ces défauts, ils présentent des risques pour :

- la vie des personnes
- la conservation des biens
- la disponibilité de l'énergie électrique.

Pour la liaison à la terre, plusieurs solutions existent qui se trouvent dans la famille des **Schémas de Liaison à la Terre (SLT)**.

b- Définitions

Les schémas de liaison à la terre (SLT) également appelés "**régimes de neutre**" sont définis par les normes CEI 60364 et NF C15-100.

Tous assurent la sécurité des personnes avec chacun des avantages et des inconvénients en fonction des besoins de l'utilisateur.

Un SLT caractérise le mode de raccordement à la terre du secondaire du transformateur de distribution **HT/BT** et les façons de relier les masses des installations à la terre (conducteur **jaune-vert** appelé PE).

Chaque SLT est identifié grâce à deux lettres :

- La première lettre indique la situation du neutre du transformateur par rapport à la terre :
 - T pour neutre raccordé à la terre.
 - I pour neutre isolé de la terre.
- La deuxième lettre indique la situation des masses du récepteur :
 - T pour masse reliée à la terre.
 - N pour masse reliée au neutre.

La combinaison de ces deux lettres donne trois configurations possibles :

- ① TT (neutre du transformateur à la terre, masse du récepteur à la terre) ;
- ② TN (neutre du transformateur à la terre, masse du récepteur au neutre) ;
- ③ IT (neutre du transformateur isolé ou impédant, masse du récepteur à la terre).

SLT	NEUTRE du transformateur	MASSE du récepteur
TT	Terre	Terre
TN	Terre	Neutre
IT	Isolé ou Impédant	Terre

Remarque : Seul le régime TT sera étudié en détail.

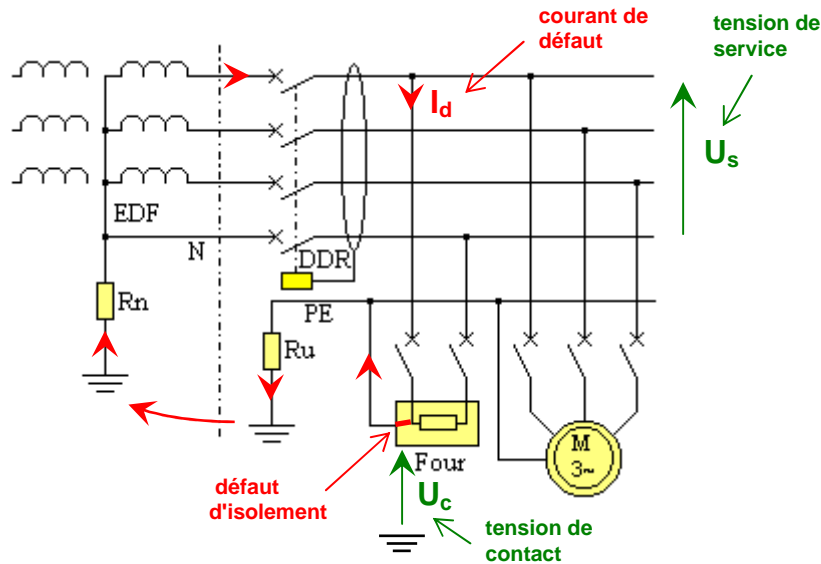
c- Le schéma TT

T : liaison du neutre à la **terre**.

T : liaison des masses à la **terre**.

C'est le régime le plus simple à l'étude et à l'installation. Il est utilisé par l'EDF pour toute la distribution **BTA** publique. Le neutre du transformateur de distribution est mis à la terre à travers une prise de terre de résistance R_n . Les masses sont mises à la terre à travers une prise de terre de résistance R_u .

L'emploi d'un dispositif différentiel (disjoncteur) à courant résiduel (DDR) est obligatoire en tête de l'installation. La coupure a lieu lors d'un défaut d'isolement lorsque **le courant de défaut I_d** est supérieur à la sensibilité du DDR.



■ Intensité du courant de défaut I_d :

la phase 1 produit le courant I_d donc

$$I_d = \frac{U_s}{R_u + R_n}$$

■ Tension de contact U_c :

la carcasse métallique du four est soumise à la tension de contact $U_c = R_u I_d$

$$\Rightarrow U_c = U_s \frac{R_u}{R_u + R_n}$$

Dans le cas où $R_u = R_n$, on a $U_c = \frac{U_s}{2}$.

En cas de défaut d'isolement, la tension de contact U_c présente une valeur élevée ($230/2 = 115V$) qui est très supérieure à la tension U_L de sécurité (25V ou 50V)

Il est donc indispensable de placer un disjoncteur différentiel (DDR) en amont. Ce disjoncteur va détecter la "fuite" du courant I_d vers la terre et ainsi couper l'alimentation.

En considérant, par exemple, $U_L = 50V$ et $R_u = 1660\Omega$ on obtient:

$$I_d = \frac{U_L}{R_u} = \frac{230}{1660} \approx 30mA \text{ . La sensibilité du DDR devra être } I_{\Delta n} = \frac{U_L}{R_u} = 30mA$$

d- Les autres principaux schémas (pour information)

① Le schéma IT

I : neutre **isolé** (impédant).

T : liaison des masses à la **terre**.

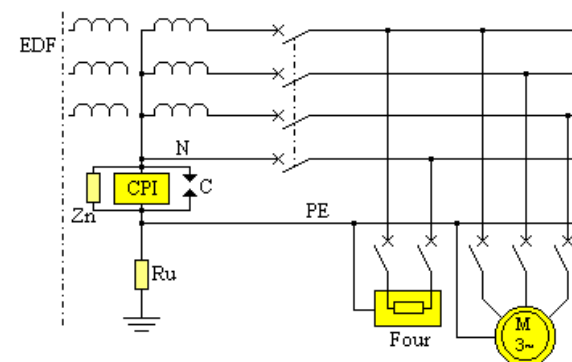
C'est le régime utilisé par la plupart des grandes entreprises industrielles car il assure la meilleure continuité de service. Le transformateur est la propriété de l'entreprise. La livraison est faite en **HT** par l'EDF. Le neutre du transformateur est isolé de la terre ou mis à la terre à travers une grande impédance Z_n .

Les masses sont mises à la terre à travers une prise de terre de résistance R_u .

Un contrôleur permanent d'isolement (CPI) est nécessaire pour signaler tout défaut d'isolement (alarme sonore). Le défaut doit être éliminé avant l'apparition d'un second défaut, qui produirait la coupure de l'installation.

La coupure a lieu lors de deux défauts d'isolement simultanés par déclenchement des protections contre les surintensités (disjoncteurs, fusibles).

Un limiteur de surtension C est nécessaire.



① Le schéma TN

T : liaison du neutre à la **terre**.

N : liaison des masses au **neutre**.

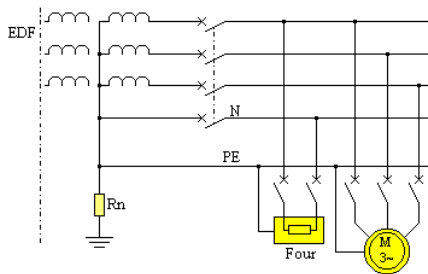
Le transformateur est la propriété de l'entreprise. Les masses sont reliées au conducteur PE ou PEN mis à la terre en différents points de l'installation.

La coupure se fait lors d'un défaut d'isolement par protection contre les surintensités (disjoncteur, fusibles). La présence de forts courants de défauts entraîne une augmentation des risques d'incendie.

Le montage TNC permet une économie lors de l'installation (suppression d'un pôle sur l'appareillage et d'un conducteur). Il est interdit pour des sections inférieures à 10mm².

Ce régime est utilisé dans des installations à faible isolement, présentant des courants de fuite importants.

Le schéma TNC



Le schéma TNS

