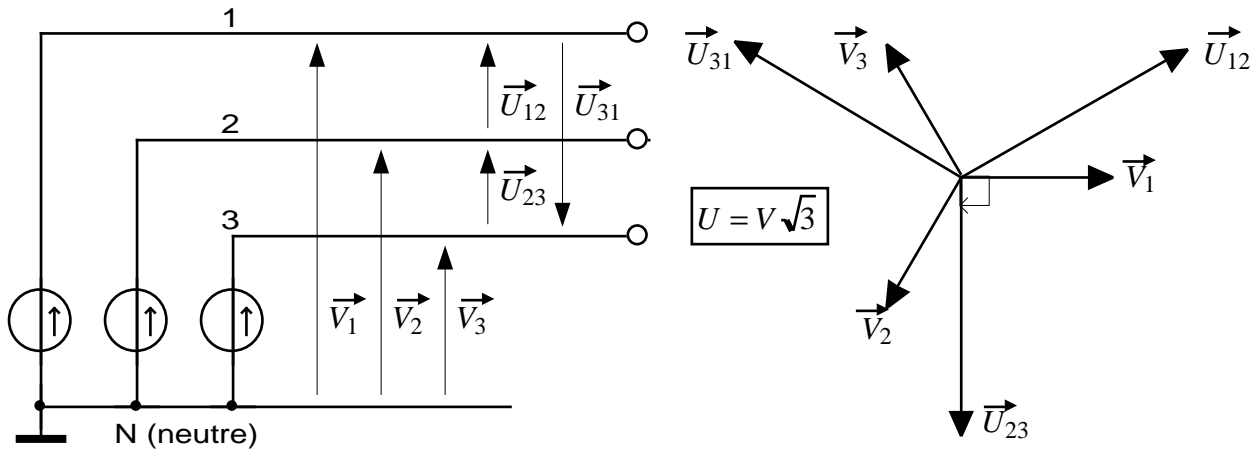


C13 - Distribution triphasée

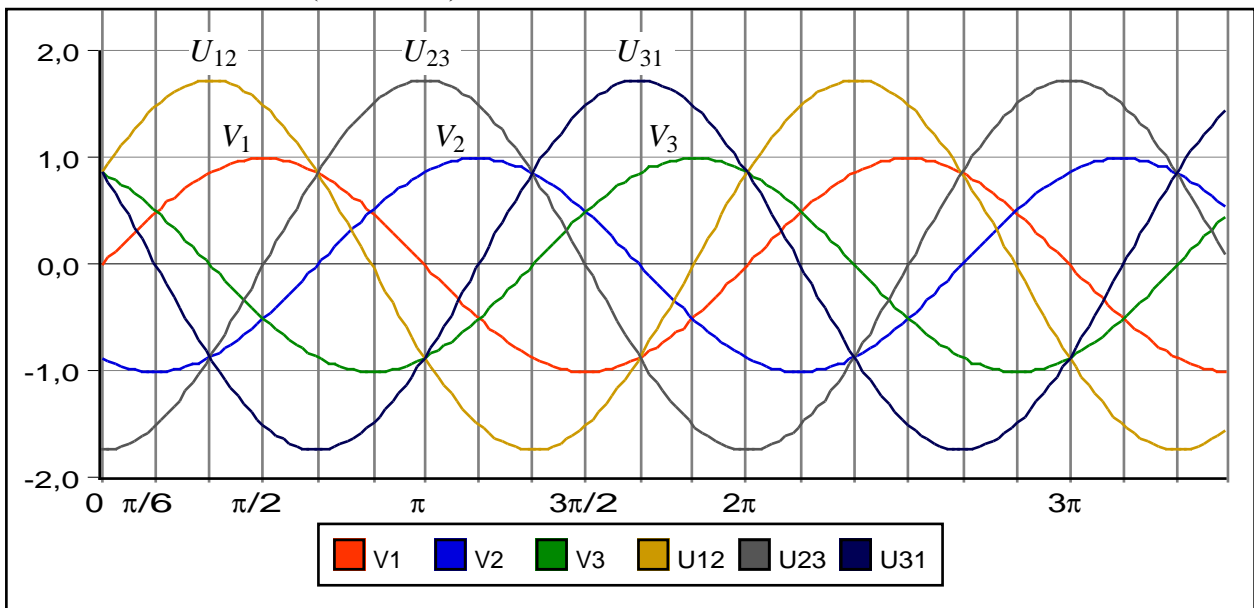
• Réseau triphasé équilibré



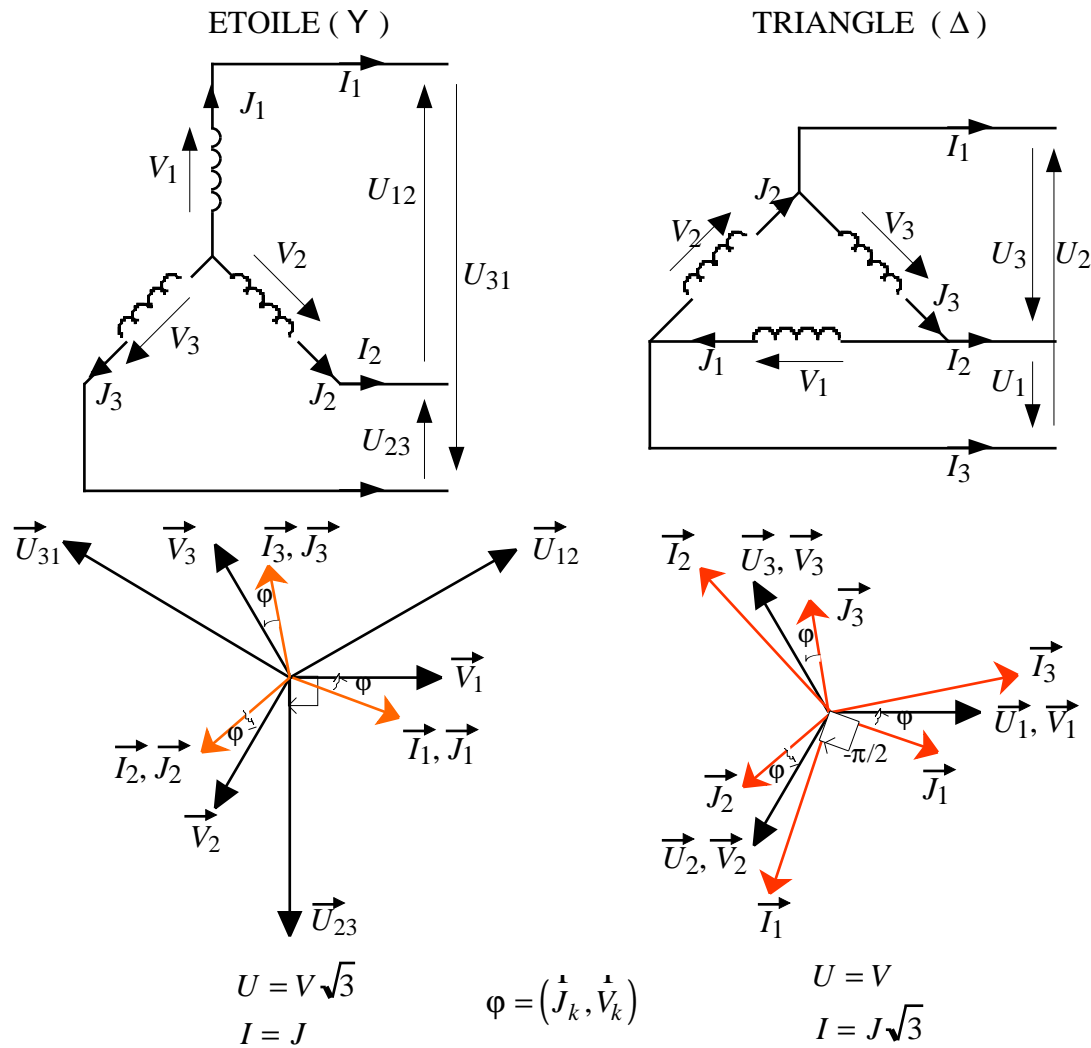
$$\left. \begin{aligned} v_1(t) &= V_m \sin(\omega t) \\ v_2(t) &= V_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ v_3(t) &= V_m \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} u_{12}(t) &= v_1 - v_2 = V_m \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) \\ u_{23}(t) &= v_2 - v_3 = V_m \sqrt{3} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \\ u_{31}(t) &= v_3 - v_1 = V_m \sqrt{3} \sin\left(\omega t + \frac{5\pi}{6}\right) \end{aligned} \right.$$

Calcul en complexes :

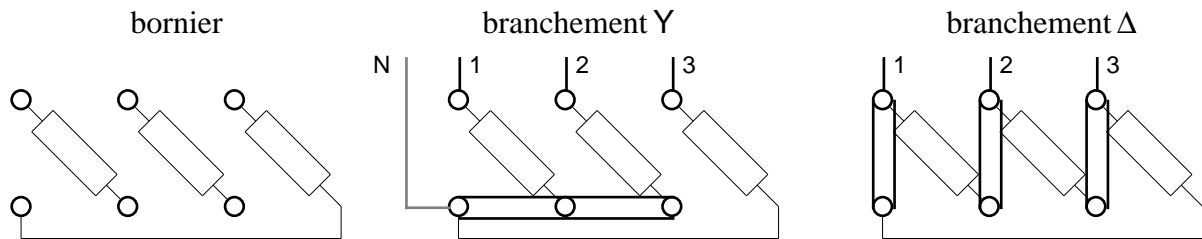
$$\left. \begin{aligned} \underline{V}_1 &= \begin{bmatrix} V_m \\ 0 \end{bmatrix} = V_m(1 + j0) \\ \underline{V}_2 &= \begin{bmatrix} V_m \\ -\frac{2\pi}{3} \end{bmatrix} = V_m \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \\ \underline{V}_3 &= \begin{bmatrix} V_m \\ +\frac{2\pi}{3} \end{bmatrix} = V_m \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \underline{U}_{12} &= \underline{V}_1 - \underline{V}_2 = V_m \sqrt{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2} \right) = \begin{bmatrix} V_m \sqrt{3} \\ +\frac{\pi}{6} \end{bmatrix} \\ \underline{U}_{23} &= \underline{V}_2 - \underline{V}_3 = V_m \sqrt{3} (0 - j) = \begin{bmatrix} V_m \sqrt{3} \\ -\frac{\pi}{2} \end{bmatrix} \\ \underline{U}_{31} &= \underline{V}_3 - \underline{V}_1 = V_m \sqrt{3} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} + j\frac{1}{2} \right) = \begin{bmatrix} V_m \sqrt{3} \\ +\frac{5\pi}{6} \end{bmatrix} \end{aligned} \right.$$



Couplages Etoile - Triangle :



Branchement des appareils triphasés



Exemple : soit un jeu de tensions triphasées 133 V , $133\sqrt{3} = 230$ V et $230\sqrt{3} = 400$ V . Soit un appareil triphasé marqué 230 V / 400 V . Cela signifie que chacun de ses enroulements ne peut supporter que 230 V . Donc :

- avec un réseau 133 / 230 V il faudra le brancher en Δ
- avec un réseau 230 / 400 V il faudra le brancher en Y

Puissances (cf § A13):

$P_W = 3.V.J.\cos\varphi = \sqrt{3}U.I.\cos\varphi$

$Q_{VAR} = 3.V.J.\sin\varphi = \sqrt{3}U.I.\sin\varphi$

$S_{VA} = 3.V.J = \sqrt{3}U.I$

Résumé : les 7 paramètres fondamentaux d'un réseau de distribution électrique :

U (V) ; I (A) ; f (Hz) ; $\cos\varphi$ (sans dimension) ; P (W) ; Q (VAR) ; S (VA)

• Réseau de distribution électrique**Caractéristiques physiques des lignes de distribution électrique**

Soit une ligne de longueur l constituée de câbles de diamètre d (voir aussi § B31) :

. Résistance (Ω) : $R = \rho_{20} \frac{l}{S} [1 + \alpha(\theta - 20)]$

ρ_{20} : résistivité (Ω/m) à 20°C

Cuivre : $\rho = 2,25 \cdot 10^{-8} \Omega/m$
(cuivre industriel)

Aluminium : $\rho = 2,63 \cdot 10^{-8} \Omega/m$

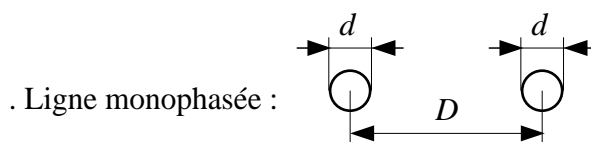
$$S = \pi \frac{d^2}{4}$$

α : coeff. de température θ ($^\circ\text{C}$)

Cuivre : $\alpha = 3,93 \cdot 10^{-3}$

Aluminium : $\alpha = 4,03 \cdot 10^{-3}$

. Inductance d'une ligne : $L = L' \cdot l$ (H) où L' est l'nductance linéique en H/m

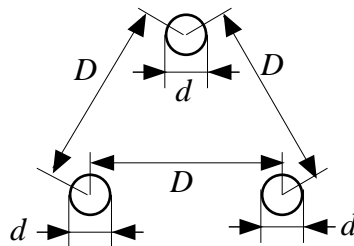


$$L' = \frac{\mu_0 \mu_r}{\pi} \ln \frac{2D}{d}$$

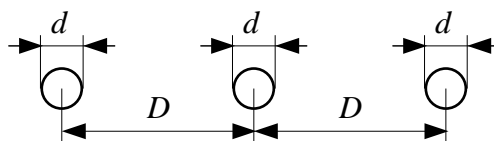
soit, pour un conducteur (dans l'air, $\mu_r = 1$) :

$$L' = 0,46 \log_{10} \frac{2D}{d} \quad (\mu\text{H/m})$$

. Lignes triphasées (pour un conducteur) :



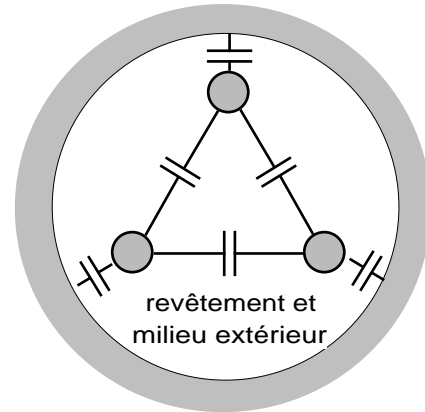
$$L' = 0,46 \log_{10} \frac{2D}{d} \quad (\mu\text{H/m})$$



$$L' = 0,46 \log_{10} \frac{2\sqrt[3]{2}D}{d} \quad (\mu\text{H/m})$$

. Capacité d'une ligne : C (F)

Très complexe à calculer : une mesure est nécessaire.



Câbles

Méthode de calcul (simplifiée) de la section des câbles d'une ligne d'alimentation :

a) On calcule d'abord le courant dans un conducteur : $I_{\text{eff}} = \frac{P}{U_{\text{eff}} \cos \varphi}$ (monophasé) ou

$$I_{\text{eff}} = \frac{P}{\sqrt{3} U_{\text{eff}} \cos \varphi} \quad (\text{triphase}).$$

b) La valeur obtenue, théorique, est multipliée par un coefficient qui tient compte des conditions d'exploitation du récepteur (service, facteur de marche,...) : c'est le *courant d'emploi*, I_e .

c) Du passage du courant il résulte un échauffement : $W_J = RI_e^2 t$. La température maximale admissible dans les conducteurs dépend du matériau isolant : 70°C pour le PVC, 90°C pour le PRC (polyéthylène réticulé). Après avoir calculé le courant d'emploi du câble, on détermine sa section selon une méthode de référence conforme à la norme UTE C 15 105.

d) On vérifie le résultat obtenu en calculant :

$$\cdot \text{La chute de tension : } \Delta U = b(R \cos \varphi + L \sin \varphi) I_e$$

avec $b = 2$ en monophasé et continu, $b = 1$ en triphasé tension entre phase et neutre, $b = \sqrt{3}$ en triphasé tension entre phases. La chute de tension ne doit pas dépasser quelques % de sa valeur nominale (5 à 8% selon les installations).

. Le courant de court-circuit (dont on déduit le calibre des fusibles protégeant la ligne).

Nomenclature et normalisation des conducteurs : voir compléments.

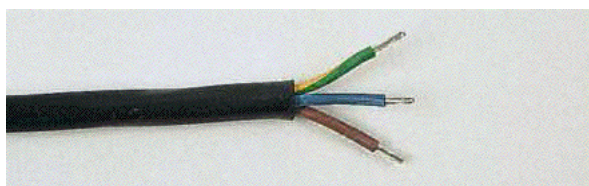
***** **COMPLEMENTS** *****

Nomenclature des câbles (code CENELEC) :

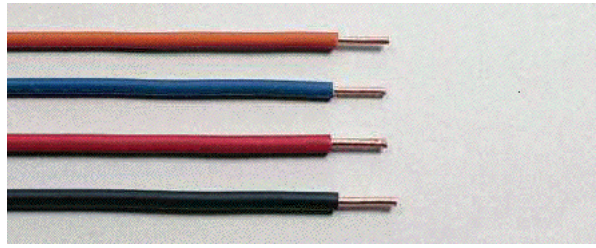
Type de câble	Série	H A FR-N	Série harmonisée Série nationale type 1 série nationale autre que type 1
	Tension nominale V / U (volts) (V : entre phase et terre) (U : entre phases)	OO O1 O3 O5 O7 1	< 100 / 100 100 / 100 ≤ V/U < 300 / 300 300 / 300 300 / 500 450 / 750 600 / 1000
Constitution	Isolant	R V X S	Caoutchouc PVC (polychlorure de vinyle) Polyéthylène réticulé (PR) Caoutchouc silicone
	Revêtement métallique	D Z4	Ruban acier entourant les conducteurs Armure en feuillard acier
	Gaine	J N R T V	Tresse fibre de verre Polychloroprène Néoprène (PCP) Caoutchouc Tresse textile PVC
Construction	Forme	(rien) H H2	Câble rond Câble plat séparable Câble plat non séparable
	Ame	(rien) A -D -E -F -H -K -R -S -U -W	Cuivre Aluminium Souple pour soudure Extra-souple pour soudure Souple classe 5 (classe 1 : le plus rigide) Souple classe 6 (classe 6 : le plus souple) Souple pour installation fixe Rigide, câblée (= multibrins), section circulaire Rigide, câblée, section sectorale Rigide, massive (= monobrin), section circulaire Rigide, massive, section sectorale
Composition	Nombre de conducteurs	...	
	Fil vert/jaune	X G	absence présence
	Section de l'âme en mm2	...	

Exemples (documentation Radiospares) :

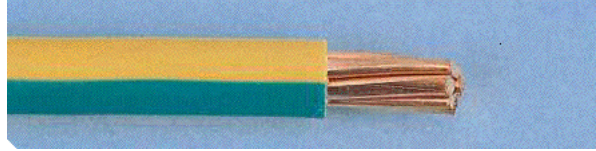
H05RR-F
câble souple
gaine caoutchouc, isolant caoutchouc
300/500 V



H07V-U
fil rigide
isolant PVC
450/750 V



H07V-R 1G25-V/J
fil de terre rigide
isolant PVC vert/jaune
section 25 mm²
450/750 V



Conducteurs pour lignes de distribution BT

Lignes monophasées :

. Phase - neutre		noir bleu clair	phase neutre
. Phase - neutre + PE		noir bleu clair vert/jaune	phase neutre PE

NB : le conducteur bleu clair peut être aussi utilisé comme conducteur de phase lorsque le neutre n'est pas distribué (cas des anciennes installations 127 / 220 V).

Lignes triphasées :

. 3 phases		noir marron bleu clair	phase phase phase
. 3 phases + neutre		noir marron noir bleu clair	phase phase phase neutre
. 3 phases + PE		noir marron bleu clair vert/jaune	phase phase phase PE
. 3 phases + neutre + PE		noir marron noir bleu clair vert/jaune	phase phase phase neutre PE

NB1 : le conducteur bleu clair peut être aussi utilisé comme conducteur de phase lorsque le neutre n'est pas distribué.

NB2 : le repérage des conducteurs par couleur n'est qu'indicatif ⇒ toujours vérifier la catégorie du conducteur avant toute intervention.