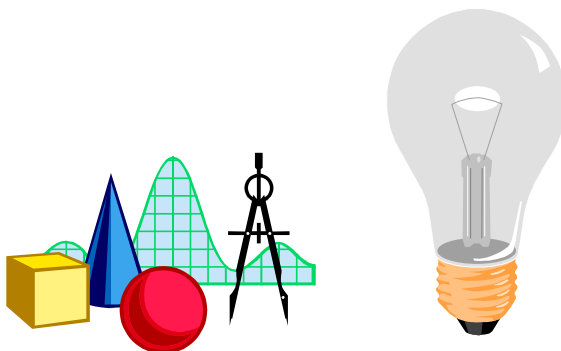


Nom :

Prénom :



FORMULAIRE d'ÉLECTROTECHNIQUE



**Courage,
un peu de travail
et c'est dans la poche**

Lycée Napoléon 61300 L'AIGLE. Gérard VESQUE ; Le : 16 mars 2009

SOMMAIRE

1.	Ecriture des nombres :	3
2.	Puissances de 10 multiples de 3 :	3
3.	Quelques lettres grecques :	3
4.	Relation entre grandeurs et nombres :	3
5.	Grandeurs et leurs unités normalisées :	4
6.	Energie ou Travail mécanique W en joules (J) :	6
7.	Energie ou travail en mécanique et en électricité :	6
8.	Puissance mécanique P en watt (W) fournie par un couple :	6
9.	Bilan des puissance :	6
10.	Rendement :	6
11.	Quantité d'électricité Q en coulomb (C) :	7
12.	Loi des Nœuds :	7
13.	Loi des Branches <u>en Courant Continu</u> :	7
14.	Loi des Mailles :	7
15.	Densité de courant J :	8
16.	Résistance R_0 d'un fil uniforme et homogène à 0°Celsius :	8
17.	Variation de résistance avec la température :	8
18.	Code des couleurs pour résistance :	8
19.	Association de résistances :	8
20.	Energie W à fournir à un corps pour élever sa température :	9
21.	Puissance et Energie électrique <u>en Courant Continu</u> :	9
22.	Puissance en Courant Alternatif Sinusoïdal Monophasé :	9
23.	Puissance en Courant Alternatif Sinusoïdal Triphasé Equilibré :	9
24.	Puissance dissipée par effet joule (chaleur) dans un montage étoile ou triangle équilibré :	9
25.	Tension en triphasé <u>équilibré</u> :	9
26.	Courant avec un couplage triangle en triphasé <u>équilibré</u> :	9
27.	Loi d'ohm :	10
28.	Résistances, Réactances, Impédances, Inductance et Capacité :	10
29.	Circuit R.L.C. :	11
30.	Magnétisme :	14
31.	Condensateur :	15
32.	Condensateur de relèvement de facteur de puissance :	15
33.	Loi de Laplace (Forces électromagnétiques) :	16
34.	Travail W (en joule) produit par le déplacement ou la déformation d'un circuit dans un champ magnétique :	16
35.	Loi de Faraday et de Lenz (Induction électromagnétique) :	16
36.	Machines à courant continu :	17
37.	Moteur Asynchrone triphasé :	18
38.	Machines Synchrones triphasées :	19
39.	Transformateur monophasé :	20
40.	Transformateur triphasé :	22
41.	Distribution triphasée :	22
42.	Index :	23

1. *fb/mehda abderrahmane* 1. **Écriture des nombres :**

Sauf exigence particulière, toujours garder **3 chiffres significatifs pour le résultats final** puis l'encadrer.

Ex : 257A 0,257A 0,025 7A 2 570A 25 700A

(Garder plus de précision pour les résultats intermédiaires.)

Si le 4^{ème} chiffre significatif est **0,1,2,3** ou **4** : **arrondir par défaut** le 3^{ème}.

Si le 4^{ème} chiffre significatif est **5,6,7,8** ou **9** : **arrondir par excès** le 3^{ème}.

Utiliser des **puissances de 10 multiples de 3**. Ex : 10^{-6} 10^3 10^9 10^{12}

2. **Puissances de 10 multiples de 3 :**

SOUS-MULTIPLES			MULTIPLES		
Préfixe	Symbole	Valeur	Préfixe	Symbole	Valeur
					$10^0 = 1$
pico	p	10^{-12}	kilo	k	$10^3 = 1\ 000$
nano	n	10^{-9}	méga	M	10^6
micro	μ	10^{-6}	giga	G	10^9
mili	m	$10^{-3} = 0,001$	tera	T	10^{12}

3. **Quelques lettres grecques :**

Lettre	Nom	Lettre	Nom
α, A	alpha	μ, M	mu
β, B	bêta	ν, N	nu
γ, Γ	gamma	π, Π	pi
δ, Δ	delta	ρ, P	rhô
ϵ, E	epsilon	σ, Σ	sigma
η, H	êta	τ, T	tau
θ, Θ	théta	φ, Φ	phi
λ, Λ	lambda	ω, Ω	oméga

4. **Relation entre grandeurs et nombres :**

\approx	environ égal à	\neq	différent de	\Rightarrow	implique que
$<$	inférieur à	$>$	supérieur à	Δ	variation de
\leq	inférieur ou égal	\geq	supérieur ou égal	Σ	somme de

5. **Grandeurs et leurs unités normalisées :**

GRANDEURS		UNITES		Correspondances Observations	
Nom	Symbole	Nom	Symbole		
longueur	l	mètre	m	$1\text{m} = 10^3\text{mm}$	Espace
surface	S	mètre carré	m^2	$1\text{m}^2 = 10^6\text{mm}^2$	
volume	V	mètre cube	m^3	$1\text{m}^3 = 10^9\text{mm}^3$	
angle plan	α, β	radian	rad	$2\pi\text{rad} = 360^\circ$	

temps	t	seconde	s	$1\text{h} = 60\text{mn} = 3600\text{s}$	Temps
période	T	seconde	s	$f = \frac{1}{T}$	
fréquence	f	hertz	Hz		
pulsation	ω	radian par seconde	rad/s	$\omega = 2\pi f$	
constante de temps	τ	seconde	s	$\tau = R.C \quad \tau = \frac{L}{R}$	

masse	m	kilogramme	kg	$1\text{kg} = 9,81\text{N}$	Masse
masse volumique	ρ	kg par mètre cube	kg/m^3		
force, poids	F,P	newton	N		

vitesse	v	mètre par seconde	m/s	$\text{m/s} = \text{ms}^{-1}$	Mécanique
fréquence de rotation	n	tours par seconde	tr/s	$\text{tr/s} = \text{trs}^{-1} = \text{s}^{-1}$	
vitesse angulaire	Ω	radian par seconde	rad/s	$\Omega = 2\pi n$	
énergie, travail	W	joule	j	$W = F \times l$	
puissance	P	watt	W	$P = W/t = T\omega$	
moment du couple	T	newton-mètre	Nm	$T = F \times l$	
pression	P	pascal	Pa	$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$	

intensité du courant électrique	I	ampère	A	$U = Z \times I$ pour RLC série $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$	Electricité
tension électrique ou différence de potentiel	U	volt	V		
force électromotrice	E	volt	V		
impédance	Z	ohm	Ω		
résistance	R	ohm	Ω		
résistivité	ρ	ohm-mètre	Ωm		

fb/ mehda abderrahmane
Grandeurs et leurs unités normalisées (suite) :

GRANDEURS		UNITES		Correspondances	Observations
Nom	Symbole	Nom	Symbole		
réactance	X	ohm	Ω	pour LC série $X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$	Electricité (suite)
conductance	G	siemens	S	Ω^{-1}	
énergie, travail	W	joule	j	1Wh = 3 600j	
puissance active	P	watt	W	$P = W/t$	
puissance apparente	S	volt ampère	VA	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	
puissance réactive	Q	volt ampère réactif	VAR		
champ électrique	E	volt par mètre	V/m	$V/m = Vm^{-1}$	
capacité électrique	C	farad	F	$1\mu F = 10^{-6}F$	
constante diélectrique ou permittivité	ϵ	farad par mètre	F/m		
quantité d'électricité	Q	coulomb	C	ampère heure 1Ah = 3 600C	
charge électrostatique	q	coulomb	C		

excitation magnétique	H	ampère par mètre	A/m Am^{-1}		Magnétisme
champ magnétique	B	tesla	T		
flux magnétique	Φ	weber	Wb		
constante magnétique	μ_0	sans unité		$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$	
perméabilité magnétique relative	μ_r	sans unité		elle dépend du matériau considéré	
inductance	L	henry	H		

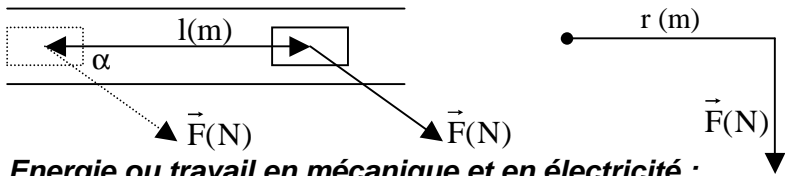
coefficient de température	a_0	kelvin ⁻¹		$R_\theta = R_0 (1 + a_0 \cdot \theta)$	Complément
rapport de transformation	m M	sans unité			
rendement	η	sans unité		$\leq 1 \leq 100\%$	

6. **Energie ou Travail mécanique W en joules (J) :**

F = force en newton (N)

$W = F.l.\cos\alpha$ l = longueur du déplacement en mètre (m)

α = angle formé par F et l



7. **Energie ou travail en mécanique et en électricité :**

W = énergie ou travail en joules (J)

$W = P.t$ P = puissance électrique ou mécanique en watt (W)

t = temps en seconde (s)

8. **Puissance mécanique P en watt (W) fournie par un couple :**

$P = T \times \Omega$

$T = F \times r$

$\Omega = 2\pi n$

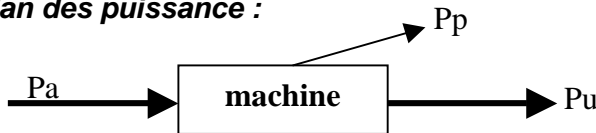
T = couple en newton-mètre (Nm)

Ω = vitesse angulaire en radian par seconde (rad/s)

n = fréquence de rotation en tours par seconde (tr/s)

r = rayon ou longueur du bras de levier en mètre (m)

9. **Bilan des puissance :**



Pu = puissance utile en watt (W)

$Pu = Pa - Pp$ Pa = puissance absorbée en watt (W)

Pp = puissance perdue en watt (W)

10. **Rendement :**

$\eta = \frac{Pu}{Pa}$

$Wu = Wa - Wp$

η = rendement sans unité, s'exprime en %

Wa = énergie absorbée

Wu = énergie utile

Wp = énergie perdue

Pour les grandes puissances :

1h = 3 600s	P en (W), t en (h) et W en (Wh) ou :
1Wh = 3 600J	P en (kW), t en (h) et W en (kWh)

ATTENTION : Ces unités de puissance ne sont pas normalisées, elles ne fonctionnent pas toujours dans les formules.

11. **Quantité d'électricité Q en coulomb (C) :**

$$Q = I.t$$

I = courant de charge ou de décharge

t = temps de charge ou de décharge

Pour les grandes quantité d'électricité (ex : batterie de voiture ...) :

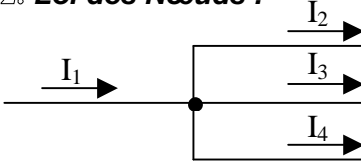
$$1h = 3\,600s$$

I en (A), t en (h) et Q en (Ah)

$$1Ah = 3\,600C$$

ATTENTION : Ces unités ne sont pas normalisées, elles ne fonctionnent pas toujours dans les formules.

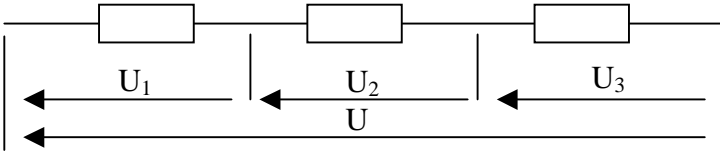
12. **Loi des Nœuds :**



$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

La Σ des courants qui entrent dans un nœud est égale à la Σ des courants qui en sortent.
(Σ = somme)

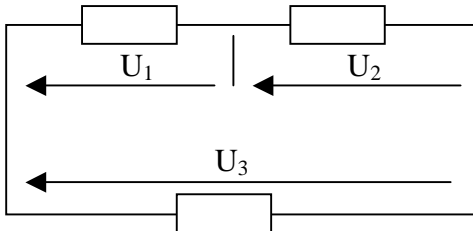
13. **Loi des Branches en Courant Continu :**



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

La tension aux bornes d'une branche est égale à la Σ des tensions partielles.

14. **Loi des Mailles :**



$$U_1 + U_2 - U_3 = 0$$

La Σ des tensions partielles dans une maille est nulle (en comptant négativement celles qui se présentent à l'envers).

15. **Densité de courant J :**

$$\mathbf{J} = \frac{\mathbf{i}}{S}$$

i = intensité du courant électrique en ampère (A)
 S = surface de la section du fil en mètre carré (m²)

16. **Résistance R_0 d'un fil uniforme et homogène à 0°Celsius :**

$$R_0 = \rho_0 \frac{L}{S}$$

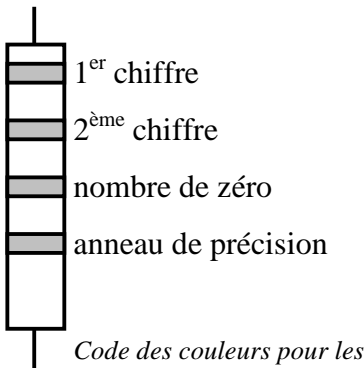
ρ_0 = résistivité à 0°C en ohm-mètre (Ω.m)
 L = longueur du fil en mètre (m)
 S = surface de la section du fil en mètre carré (m²)

17. **Variation de résistance avec la température :**

$$R_\theta = R_0 (1 + a_0 \cdot \theta)$$

R_θ = résistance à la température θ en ohm (Ω)
 R_0 = résistance à 0 degré Celsius en ohm (Ω)
 a_0 = coefficient de température en kelvins⁻¹ (K⁻¹)
 θ = température en degré Celsius (°C) de la résistance

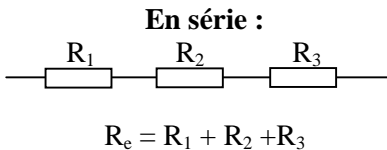
18. **Code des couleurs pour résistance :**



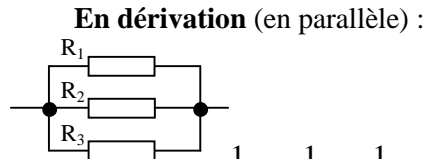
noir	0
marron	1
rouge	2
orange	3
jaune	4
vert	5
bleu	6
violet	7
gris	8
blanc	9

4 ^{ème} anneau = Anneau de précision :	
marron	1%
rouge	2%
or	5%
argent	10%
sans 4 ^{ème} anneau	20%

19. **Association de résistances :**



R_e = Résistance équivalente au groupement de résistances.



$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

20. Energie W à fournir à un corps pour élever sa température :

m = masse du corps en kilogrammes (kg)
 c = capacité thermique massique en joule par kilogramme et par kelvins ($\text{j.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
 $W = m.c(\theta_2 - \theta_1)$
 θ_2 = température finale en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
 θ_1 = température initiale en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

21. Puissance et Energie électrique en Courant Continu :

$$P = U.I \quad P = R.I^2 \quad P = \frac{U^2}{R} \quad P = \frac{W}{t} \quad W = U.I.t$$

22. Puissance en Courant Alternatif Sinusoïdal Monophasé :

$P = U.I.\cos\varphi$ P = puissance active en watt (W)
 $Q = U.I.\sin\varphi$ Q = puissance réactive en volt-ampère réactif (Var)
 $S = U.I$ S = puissance apparente en volt-ampère (VA)
 $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ φ = angle de déphasage entre U et I en degré ou radian
 $\cos\varphi$ = facteur de puissance sans unité et ≤ 1

23. Puissance en Courant Alternatif Sinusoïdal Triphasé Equilibré :

$$P = U.I.\sqrt{3}.\cos\varphi$$
$$Q = U.I.\sqrt{3}.\sin\varphi \quad \cos\varphi = \frac{P}{S} \text{ uniquement si le système est équilibré}$$
$$S = U.I.\sqrt{3}$$

24. Puissance dissipée par effet joule (chaleur) dans un montage étoile ou triangle équilibré :

C'est la même formule pour les deux montages : p_j en watt (W)
 $p_j = \frac{3}{2} r I^2$ r = résistance mesurée entre deux phases en ohm(Ω)
 I = courant dans une phase en ampère (A)

25. Tension en triphasé équilibré :

$$U = V.\sqrt{3}$$

U = tension composée en volt (V)
 V = tension simple (V) Voir page : 22

26. Courant avec un couplage triangle en triphasé équilibré :

$$I = J.\sqrt{3}$$

I = courant dans les fils de ligne en ampère (A)
 J = courant dans les dipôles (A)
avec un couplage étoile, J n'existe pas.

Voir page : 22

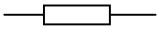

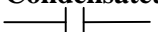
27. Loi d'ohm : *fb/ mehda abderrahmane*

$Z = \text{impédance en ohm } (\Omega)$
 $U = \text{tension mesurée aux bornes de } Z \text{ en volt (V)}$
 $I = \text{courant passant dans } Z \text{ en ampère (A)}$

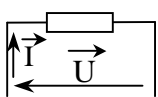
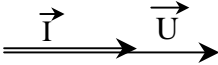
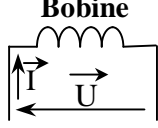
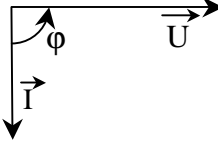
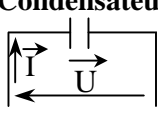
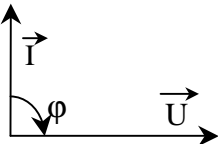
Loi d'ohm en Courant continu :

dans les **Générateurs** : $U = E - RI$ dans les **Récepteur** $U = E' + RI$
 $E = \text{f.e.m.} = \text{force électromotrice, } E' = \text{f.c.e.m.} = \text{force contre électromotrice.}$
 Sans f.e.m.(V) et f.c.e.m.(V) : $U = RI$

28. Résistances, Réactances, Impédances, Inductance et Capacité :

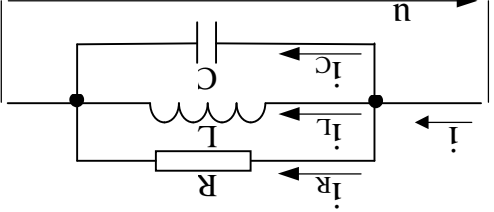
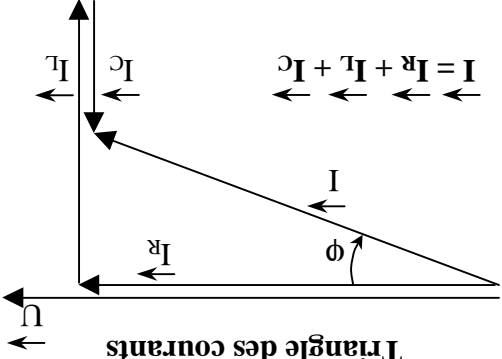
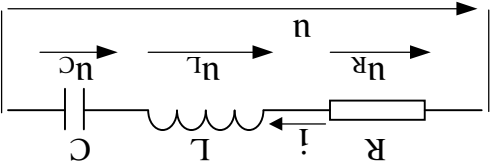
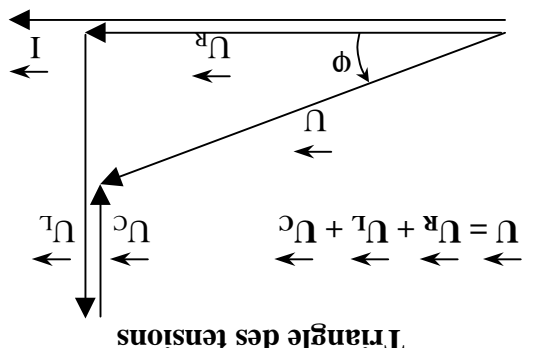
Elément passif parfait	Résistance R (Ω)	Réactance X (Ω)	Impédance Z (Ω)
Résistor 	R	nulle	Z = R
Bobine 	nulle	X_L = Lω	Z = X_L = Lω
Condensateur 	nulle	X_C = $\frac{1}{C\omega}$	Z = X_C = $\frac{1}{C\omega}$

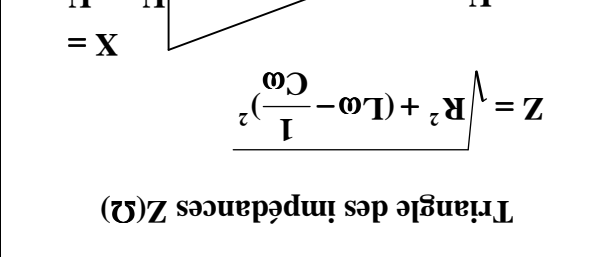
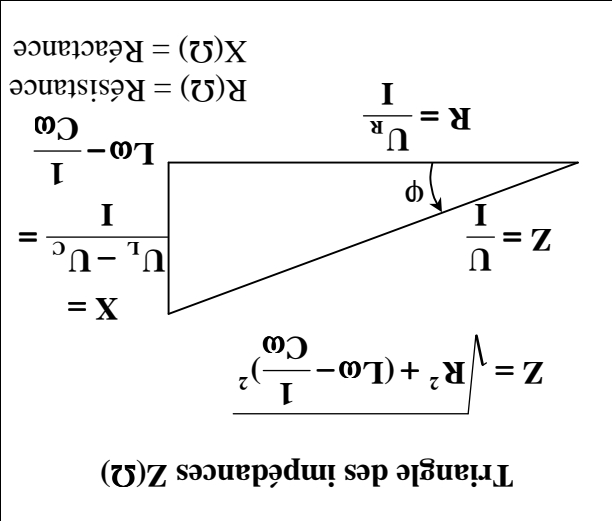
Grandeurs caractérisants ces éléments et déphasage :

Elément passif parfait	Grandeur	Unité	Déphasage (de U par rapport au courant I)	Représentation de Fresnel
Résistor 	Résistance R	ohm Ω	en phase $\varphi = 0^\circ$	
Bobine 	Inductance L	henry H	en quadrature arrière $\varphi = +90^\circ = +\frac{\pi}{2}$	
Condensateur 	Capacité C	farad F	en quadrature avant $\varphi = -90^\circ = -\frac{\pi}{2}$	

29. Circuit R.L.C. :

Réacteur de Résistance $R(\Omega)$, Bobine d'inductance $L(H)$, Condensateur de capacité $C(F)$ en courant alternatif sinusoïdal monophasé.

<p><i>RLC en Parallèle</i></p>	 <p><i>u est commun</i></p>	<p>Triangle des courants</p> 
<p><i>RLC en Série</i></p>	 <p><i>i est commun</i></p>	<p>Triangle des tensions</p> 

<i>RLC en Série</i>	<p>Triangle des impédances Z(Ω)</p>  <p> $Z = \frac{U}{I}$ $R = \frac{U}{I}$ $X = U_L - U_C$ $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ </p> <p>R(Ω) = Résistance X(Ω) = Réactance</p>	<i>RLC en Série</i>
<p>Triangle des admittances Y(S)</p>  <p> $Y = \frac{U}{Z}$ $G = \frac{I_R}{U} = \frac{1}{R}$ $B = I_L - I_C = C\omega - \frac{1}{L\omega}$ $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ </p> <p>G(S) = Conductance B(S) = Susceptance.</p>	<p>Circuit Résonnant</p> <p>il y a résonance ou circuit bouchon si : $X_L = X_C \Rightarrow L\omega = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow LC\omega^2 = 1 \Rightarrow \cos\phi = 1$</p> <p>Circuit Bouchon</p>	<i>RLC en Parallèle</i>

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
 $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$
En présence de Puissance Déformante :
 $D =$ puissance déformante en Volt Ampère Déformant (VAD). (Générée par les harmoniques, elle se représente verticalement au plan du triangle.)

se calculent par : $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (sans puissance déformante).
Méthode de Boucherot : Quelque soit le couplage, série, parallèle ou mixte les P et les Q s'additionnent séparément, les S ne peuvent pas s'additionner et

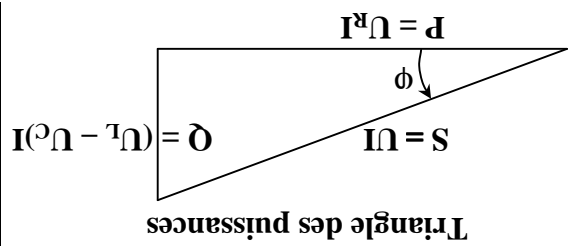
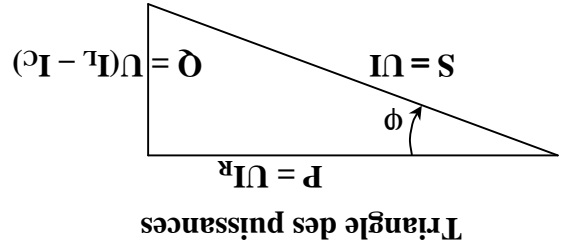
$U = \sqrt{P^2 + Q^2}$
 $I Z = Z I$

$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}$
 $Q = UI \sin \phi$
 $P = UI \cos \phi$
 $S = UI$

$S =$ puissance apparente Volt Ampère (VA)
 $P =$ puissance active en Watt (W)
 $Q =$ puissance réactive en Volt Ampère Réactif (VAR)
 $\cos \phi =$ facteur de puissance

MONTAGE MONOPHASE

Remarque : on obtient la même chose avec le montage série et parallèle : $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$



30. Magnétisme :

fb/mehda abderrahmane

$$L = \frac{\Phi_T}{i}$$

L = inductance d'une bobine en henry (H)
 Φ_T = Flux total dans la bobine en weber (Wb)
 i = courant dans la bobine en ampère (A)

$$\Phi_T = B.S.N.\cos\alpha$$

B = champ magnétique dans une spire en tesla (T)
 S = surface délimitée par une spire en mètre carré(m²)

$$\Phi = B.S.\cos\alpha$$

N = nombre de spires (sans unité)
 α = angle formé par B et la perpendiculaire à la surface S (°ou rad)

$$B = \frac{\mu_0\mu_r Ni}{l}$$

Φ = flux dans la bobine en weber (Wb)
 B = champ magnétique total dans un solénoïde en weber (Wb) solénoïde = bobine cylindrique longue
 μ_0 = constante magnétique (sans unité)

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$$

μ_r = perméabilité magnétique relative du matériau constituant le noyau (sans unité)

$$B_0 = \frac{\mu_0 Ni}{l}$$

l = longueur de la bobine
 B₀ = champ magnétique dans un solénoïde sans noyau en tesla (T)

$$H = \frac{Ni}{l}$$

H = excitation magnétique en ampère par mètre (A/m = Am⁻¹) ou en ampère tour par mètre (Atr/m)

$$F = Ni$$

F = force magnétomotrice en ampère (A) ou en ampère tour (Atr)

$$\mu_r = \frac{B}{B_0}$$

B = champ magnétique quelconque avec circuit magnétique (noyau) en tesla (T)
 B₀ = même champ magnétique sans circuit magnétique (dans l'air ou le vide) en tesla (T)

$$W = i\Delta\Phi$$

W = énergie produite par la déformation d'un circuit en joule (J)

i = courant parcourant le circuit en ampère (A)
 $\Delta\Phi$ = variation de flux produite par la déformation du circuit électrique en weber (Wb)

$$W = \frac{1}{2}Li^2$$

W = énergie emmagasinée par une bobine en joule (J)

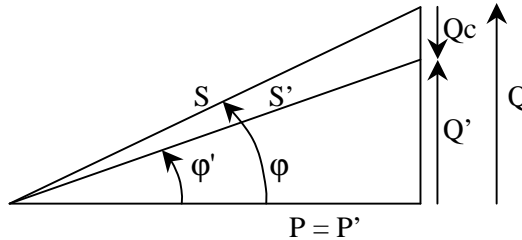
$$\tau = \frac{L}{R}$$

τ = constante de temps en seconde (s)
 L = inductance de la bobine en henry (H)
 R = résistance totale du circuit de charge ou de décharge en ohm (Ω)

31. Condensateur : *fb/ mehda abderrahmane*

	$C = \text{capacité du condensateur en farad (F)}$
$C = \frac{Q}{U}$	$Q = \text{quantité d'électricité emmagasinée dans le condensateur en coulomb (C)}$
	$U = \text{tension aux bornes du condensateur en volt (V)}$
$C_{ep} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	$C_{ep} = \text{condensateur équivalent de condensateurs associés en parallèle}$
$\frac{1}{C_{es}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \dots$	$C_{es} = \text{condensateur équivalent de condensateurs associés en série}$
$F = qE$	$F = \text{force électrostatique en newton (N)}$
	$q = \text{charge électrostatique en coulomb (C)}$
	$E = \text{champs électrique en volt par mètre (V/m)}$
$W = \frac{1}{2}CU^2$	$W = \text{énergie emmagasinée par le condensateur en joule (J)}$
	$\tau = \text{constante de temps en seconde (s)}$
$\tau = RC$	$R = \text{résistance totale du circuit de charge ou de décharge en ohm } (\Omega)$

32. Condensateur de relèvement de facteur de puissance :



En décomposant :

$$Q = P \cdot \tan \varphi$$

$$Q' = P \cdot \tan \varphi'$$

$$Q_c = Q - Q'$$

$$C = \frac{Q_c}{U^2 \omega}$$

ou Directement :

$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{U^2 \omega}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$C = \text{capacité du condensateur de relèvement du facteur de puissance en farad (F)}$

φ' et $\varphi = \text{angle de déphasage entre } U \text{ et } I \text{ avant et après rattrapage en degré } (^\circ) \text{ ou en radian (rad)}$

$\cos \varphi'$ et $\cos \varphi = \text{facteur de puissance avant et après mise en place du condensateur } C \text{ (sans unité)}$

Q et $Q' = \text{puissance réactive avant et après rattrapage du } \cos \varphi \text{ en volt ampère réactif (Var)}$

$Q_c = \text{puissance réactive à fournir par } C \text{ en (Var)}$

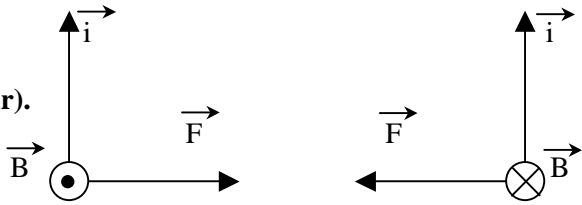
$U = \text{Tension aux bornes de } C \text{ en volt (V)}$

$\omega = \text{pulsation en radian/seconde (rad/s)} = (\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$

$f = \text{fréquence en hertz (Hz)}$

fb/ mehda abderrahmane
33. Loi de Laplace (Forces électromagnétiques) :

Règle des 3doigts de la main **Droite (Démarrreur)**.



Loi de Laplace : Le passage d'un courant électrique i dans un fil rectiligne noyé dans un champ magnétique crée une force F appliquée sur ce courant.

$$F = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\alpha$$

F =force induite par i circulant dans B en newton(N)
 B = champ magnétique en tesla (T)
 l =longueur du fil parcouru par i et noyé dans B (m)
 α =angle formé par B et I en degré ou en radian (rad)

34. Travail W (en joule) produit par le déplacement ou la déformation d'un circuit dans un champ magnétique :

$$W = i \cdot \Delta\Phi$$

i = courant parcourant le circuit qui se déforme (A)
 $\Delta\Phi$ = variation de flux provoqué par le déplacement ou la déformation du circuit.

35. Loi de Faraday et de Lenz (Induction électromagnétique) :

Loi de Faraday : Toute variation de Flux à travers un circuit donne naissance à une force électromotrice induite (f.e.m.). Si ce circuit est fermé elle induit un courant électrique.

Loi de Lenz : Le sens de la f.e.m. induite et du courant induit est tel qu'ils s'opposent à la cause qui leurs a donné naissance. Signe – dans la formule et règle des 3 doigts de la **main Gauche (Générateur)**.

$$e = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$e = - B \cdot l \cdot v$$

$$e = - \frac{L \Delta i}{\Delta t}$$

e =f.e.m. induite par une variation de flux en volt (V)
 $\Delta\Phi$ = variation de flux en weber (W)
 Δt = temps écoulé pendant la variation de flux en (s)
 B = champ magnétique dans lequel se déplace un conducteur rectiligne en tesla (T)
 l = longueur active du conducteur en mètre (m)
 v = vitesse de déplacement du conducteur en mètre par seconde (m/s = ms⁻¹)
 L = inductance de la bobine en Henrys (H)

36. Machines à courant continu :

Elles comportent : - un **collecteur** à lamelles et des **balais**.
 - un Induit dans le rotor, un inducteur dans le stator

E = force électromotrice en volt (V)
 p = nombre de paires de pôles (sans unité)
 a = nombre de paires de voies d'enroulement
 N = nombre de conducteurs dans l'Induit
 n = fréquence de rotation en tour par seconde (tr/s)
 Φ = excitation de la machine = flux magnétique produit par l'inducteur en weber (W)

$$E = \frac{p}{a} N n \Phi$$

Fonctionnement en Génératrice :

$$U = E - RI$$

$$U \approx k.ni$$

U = tension aux bornes de la génératrice en volt (V)
 R = résistance de l'Induit en ohm (Ω)
 I = courant électrique débité par l'Induit en (A)

Fonctionnement en Moteur

$$U = E' + R' . I$$

$$I_{dd} = \frac{U}{R}$$

$$P_{eu} = P_{em} = E' . I$$

$$P_{em} = T_{em} \times \Omega$$

$$\Omega = 2\pi n$$

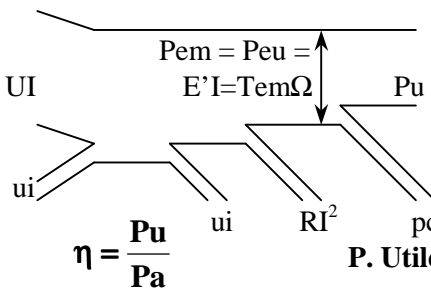
$$n \approx k' \frac{U}{i}$$

U = tension aux bornes du moteur en volt (V)
 R = résistance de l'Induit en ohm (Ω)
 E' = force contre électromotrice en volt (V)
Au démarrage : $E' = 0$ volt
 I = courant électrique consommé par l'Induit en (A)
 I_{dd} = courant de démarrage dans l'Induit en (A)
 $P_{eu} = P_{em} =$ puissance élec utile ou électromagnétique
 T_{em} = couple électromagnétique
 Ω = vitesse angulaire en radian par seconde (rad/s)
 k et k' = constante
 i = courant d'excitation (d'inducteur) de la Génératrice ou du Moteur en ampère (A)

Pour un Moteur on en déduit que :

n est **proportionnel** à la tension d'alimentation du moteur $U(V)$.
 n est **inversement proportionnel** au courant d'excitation $i(A)$.

Bilan des Puissances en moteur :



pour l'Induit : $P = UI$
 pour l'inducteur $P_e = ui$
 u et i = tension et courant inducteur
Puissance Absorbée : $P_a = UI + ui$
 pertes effet Joule inducteur = ui
 pertes effet Joule Induit = RI^2
 pertes collectives (fer et méca.) = P_c
 η = rendement en %
P. Utile : $P_u = UI - RI^2 - P_c = T . \Omega$

37. Moteur Asynchrone triphasé :

On dit asynchrone car il y a un **glissement g** entre le rotor et le stator.

Il comporte : - un rotor en court circuit dit « à **cage d'écureuil** » ou
- pour quelques uns, un rotor bobiné alimenté par 3 bagues lisses pour les démarrages de charges fragiles (téléski)

$$n = \frac{f}{p}$$

n = fréquence de synchronisme ou fréquence du champ magnétique tournant produit par le stator en tours par seconde (tr/s) = (tr.s⁻¹)

f = fréquence du courant d'alimentation en hertz(Hz)

p = nombre de **paires** de pôles du stator

$$g = \frac{n - n'}{n} = \frac{\Omega - \Omega'}{\Omega}$$

g = glissement en pourcentage (2% < g < 8%)

n' = fréquence de rotation du rotor en (tr/s)

$$\Omega = 2\pi n$$

Ω = vitesse angulaire de synchronisme en radian par seconde (rad/s)

$$\Omega' = 2\pi n'$$

Ω' = vitesse angulaire du rotor en (rad/s)

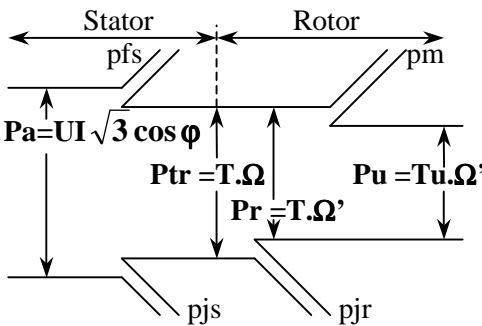
$$g = \frac{fg}{f}$$

fg = fréquence des courants rotoriques en (Hz)

$$\Omega = \Omega_g + \Omega'$$

Ω_g = vitesse angulaire des courants rotoriques(rad/s)

Bilan des Puissances :



P_a = puissance absorbée en (W)

U = tension entre phase en (V)

I = courant par phase en (A)

$\cos \varphi$ = facteur de puissance

φ = angle de déphasage entre U et I en (° ou rad)

P_{tr} = puissance trasmise au rotor en watt (W)

P_r = puissance électromagnétique du rotor (W)

P_u = puissance utile mécanique en watt (W)

$$p_{js} = \frac{3}{2} r I^2$$

p_{js} = pertes joule dans le stator en watt (W)

r = résistance mesurée entre 2 phases quelque soit le couplage en ohm (Ω)

$$p_{jr} = g \cdot T \cdot \Omega$$

p_{jr} = pertes joule dans le rotor en watt (W)

T = couple électromagnétique du stator transmis au rotor.

T_u = couple méc. sur le rotor en newton mètre (Nm)

$$p_c = p_{fs} + p_m$$

p_{fs} = pertes fer (hystérésis et Foucault) dans le stator

p_m = pertes mécanique dans le rotor (W)

$$P_u = P_a - p_{js} - p_{jr} - p_c$$

p_c = pertes collectives en watt (W)

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

39. **Transformateur monophasé :**

Formule de Boucherot (valable au primaire et au secondaire) :

$E = f \cdot e.m.$ induite par les variations de flux en volt(V)

\hat{B} = Champ magnétique maximum en tesla (T)

$$E = 4,44 \hat{B} N f S$$

N = nombre de spires

f = fréquence du courant en hertz (Hz)

S = section droite du circuit magnétique (m²)

Pour un TRANSFORMATEUR IDEAL, c'est à dire avec $I_1 v = 0A$:

$I_1 v$ = courant primaire à vide considéré comme nul

m = rapport de transformation

N_1 = nombre de spires au primaire

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

N_2 = nombre de spires au secondaire

U_1 = tension au primaire (V)

U_2 = tension au secondaire (V)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 100\%$$

I_2 = courant consommé par la charge du secondaire

I_1 = courant entrant au primaire (A)

P_2 = puissance active fournie à la charge par le secondaire (W)

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P_2 \\ Q_1 = Q_2 \end{array} \right\}$$

P_1 = puissance active entrant au primaire (W)

Q_2 = puissance réactive sortant du secondaire (Var)

Q_1 = puissance réactive entrant au primaire (Var)

$$\Rightarrow S_1 = S_2$$

S_1 et S_2 = puissance apparente en volt ampère (VA)

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$$

$\cos \varphi_2$ = facteur de puissance de la charge du secondaire

$\cos \varphi_1$ = facteur de puissance résultant au primaire.

Z = impédance de la charge du secondaire (Ω)

$$Z' = \frac{Z}{m^2}$$

Z' = impédance image de cette charge vue du primaire en ohm (Ω)

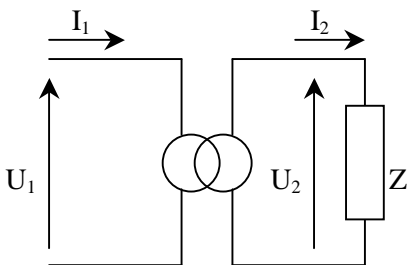


Schéma réel

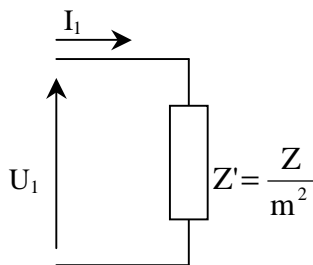
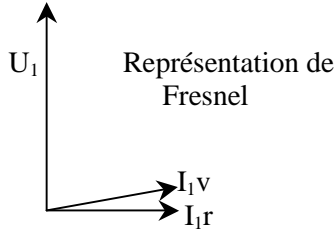


Schéma équivalent

Pour un TRANSFORMATEUR REEL monphasé, avec $I_1v \neq 0A$:

- à vide, c'est à dire avec $I_2 = 0A$:



$$I_1v \approx I_1r$$

$$mv = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2v}{U_1}$$

- en charge, avec $I_2 > 0A$:

$$\Delta U_2 = U_2v - U_2$$

$$m = \frac{I_1}{I_2}$$

$$\frac{\Delta U_2}{U_2v} = \frac{U_2v - U_2}{U_2v}$$

I_1v = courant primaire à vide en ampère (A)

I_1r = composante **réactive** du courant primaire à vide = **courant magnétisant**.

mv = rapport de transformation à vide

U_2v = tension de sortie à vide en volt (V)

ΔU_2 = **chute de tension absolue**, en sortie et en charge (V)

U_2v = tension au secondaire à vide en volt (V)

U_2 = tension au secondaire en charge (V)

$\frac{\Delta U_2}{U_2v}$ = **chute de tension relative**, en sortie et en charge, elle s'exprime en %. (en général < 4%)

Bilan des puissances :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

η = rendement du transformateur en %

P_2 = puissance active fournie par le secondaire à la charge en watt (W)

P_1 = puissance active absorbée par le primaire (W)

$$\eta \approx 90\%$$

pour les petits transformateurs

$$\eta > 99\%$$

pour les transformateurs de très grande puissance

U_2 = tension au secondaire en charge (V)

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$$

I_2 = courant absorbé par la charge au secondaire (A)

$\cos\phi_2$ = facteur de puissance de la charge

$$P_1 = P_2 + P_F + P_j$$

P_F = **pertes fer totales = pertes constantes** : elles se déterminent par un **essais à vide** (W)

$$P_F = P_h + P_f$$

P_j = **pertes joule = pertes cuivre** : elles se déterminent par un **essais en court circuit** (W)

$$P_h = K_1 V f \hat{B}^2$$

P_h = pertes par hystérésis (W)

$$P_f = K_2 V f^2 \hat{B}^2$$

P_f = pertes par courants de Foucault

K_1 et K_2 = constantes liées au circuit magnétique

V = volume du circuit magnétique (en m^3)

$$P_j = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

f = fréquence du courant en hertz (Hz)

\hat{B} = champ magnétique maximum en tesla (T)

40. Transformateur triphasé :

$$S_1 = U_1 I_1 \sqrt{3}$$

$$S_2 = U_2 I_2 \sqrt{3}$$

Même signification des termes qu'en monophasé

$$P_2 = U_2 I_2 \sqrt{3} \cos\phi$$

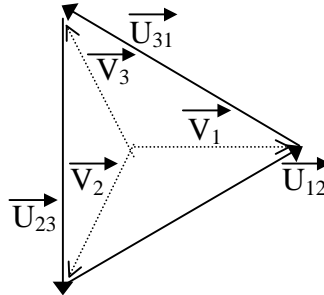
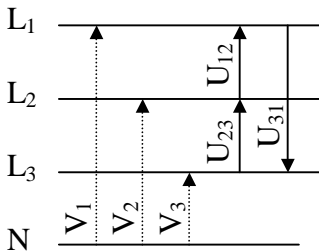
$$M = \frac{U_2}{U_1}$$

Le **rapport de transformation M** peut être différent de **m** en fonction des couplages utilisés.

$$m = \frac{N_2}{N_1}$$

Si le couplage primaire est le même que le couplage secondaire on a : **M = m**

41. Distribution triphasée :



$$v_1 + v_2 + v_3 = 0$$

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 = 0$$

$$\vec{U}_{12} + \vec{U}_{23} + \vec{U}_{31} = 0$$

$$U = V \cdot \sqrt{3}$$

$$\hat{U} = U \sqrt{2}$$

$$\bar{U} = 0$$

(car tension sinusoïdale)

$$I = J \cdot \sqrt{3}$$

V = tension simple mesurée entre phase et neutre

U = tension composée mesurée entre deux phases

Différentes mesures possibles de U ou V :

u = tension instantanée sinusoïdale

\hat{U} = tension crête, tension maximum

$U = U_{eff}$ = tension efficace

\bar{U} = tension moyenne

I = courant dans une phase en montage équilibré

J = courant dans la branche d'un couplage triangle équilibré. (J n'existe pas en couplage étoile.)

Voir page : 9

42. **Index :**

- absolue (chute de tension) : 21
- admittance (triangle des) : 12
- alternateur : 19
- ampère par mètre : 5
- ampère : 4
- ampère-heure : 5-7
- angle de déphasage : 9-10-18
- angle plan : 4
- arrondir par défaut : 3
- arrondir par excès : 3
- asynchrone (moteur triphasé) : 18
- bagues lisses : 18
- balais : 17
- Ben-Eschenburg (diagrammes de) : 19
- bilan des puissances : 17-18-21
- bobine : 10-14-16
- Boucherot (formule de) : 20
- Boucherot (méthode de) : 13
- bouchon (circuit) : 12
- branches (loi des) : 7
- cage d'écureuil : 18
- capacité thermique massique : 8
- capacité : 5-10-15
- champ électrique : 5-15
- champ magnétique tournant : 18-19
- champ magnétique : 5-14-16-20-22
- charge électrostatique : 5-15
- chiffre significatif : 3
- chute de tension relative ou absolue : 21
- circuit bouchon ou résonnant : 12
- circuit R.L.C. : 11-12-13
- code des couleurs : 8
- coefficient de Kapp : 19
- collecteur : 17
- collectives (pertes) : 17
- composée (tension composée) : 9-22
- condensateur : 10-15
- conductance : 5-12
- constante de temps : 4-14-15
- constante diélectrique : 5
- constante magnétique : 5-14
- cos ϕ : 9-10-13-15-18-20-22
- couleurs (code des) : 8
- coulomb : 5-7
- couplage triangle : 9-22
- couple électromagnétique : 17
- couple : 4
- courant (triangle des) : 11
- courant composé : 9
- courant de Foucault (perte par) : 18-22
- courant magnétisant : 21
- courant simple : 9
- courant : 4-9
- courants rotoriques : 18
- cuiivre (pertes cuivre ou pertes par effet joule) : 17-18-21
- déformante (puissance déformante) : 13
- densité de courant : 8
- déphasage (angle de) : 9-10
- diagramme de Ben-Eschenburg : 19
- diélectrique : 5
- différence de potentiel : 4
- doigts (règle des 3) : 16
- écriture : 3
- écureuil (cage d') : 18
- effet joule : 17
- efficace (tension efficace) : 22
- électricité : 4-5
- énergie absorbée : 6
- énergie emmagasinée dans un condensateur : 15
- énergie emmagasinée dans une bobine : 14
- énergie perdue : 6
- énergie produite par déformation d'un circuit électrique dans un champ magnétique : 14-16-20
- énergie utile : 6
- énergie : 4-5-6-9
- espace : 4
- excitation magnétique : 5
- f.c.e.m. : 10
- f.e.m. : 10-16-19-20
- facteur de puissance : 9-10-13-15-18-20-22
- farad : 5-10-15

farad : par mètre : 5
 Faraday (loi de) : 16
 fer (pertes fer) : 17-18-21
 flux magnétique : 5-14-16-17-19
 force contre électromotrice : 10
 force électromagnétique : 16
 force électromotrice : 4-10-16-19
 force électrostatique : 15
 force induite : 16
 force magnétomotrice : 14
 force : 4-6
 formule de Boucherot : 20
 Foucault (pertes par) : 18-22
 fréquence de rotation : 4-17
 fréquence de synchronisme : 18-19
 fréquence : 4-15-17-18-19-20
 Fresnel (représentation de) : 10
 générateur (trice) : 10-17-19
 génératrice synchrone : 19
 glissement : 18
 grandeurs : 3-4-5
 henry : 5-10-14-16
 hertz : 4-15-18-19-20
 hystérésis (pertes par) : 18-22
 idéal (transformateur monophasé) : 20
 impédance (triangle des) : 12
 impédance image : 20
 impédance : 4-10-12-20
 inductance : 5-10-14-16
 inducteur : 17
 induire (f.e.m. induite) : 16
 induit : 17
 instantanée (tension instantanée) : 22
 intensité : 4
 joule : 4-5-6-14-15-16-17-18-21
 Kapp (coefficient de) : 19
 kilogramme par mètre cube : 4
 kilogramme : 4
 kilowatt : 6
 kilowattheure : 6
 Laplace (loi de) : 16
 Lenz (loi de) : 16
 lettres grecques : 3
 loi d'ohm : 10
 loi de Faraday : 16
 loi de Laplace : 16
 loi de Lenz : 16
 loi des branches : 7
 loi des mailles : 7
 loi des nœuds : 7
 longueur : 4
 machine à courant continu : 17
 machine asynchrone triphasée : 18
 machine synchrone : 18
 magnétisant (courant magnétisant) : 21
 magnétisme : 5-14
 mailles (loi des) : 7
 main droite (démarreur) : 16
 main gauche (générateur) : 16
 masse volumique : 4
 masse : 4
 maximum (tension maximum) : 22
 mécanique : 4-6
 mécaniques (pertes) : 17-18
 méthode de Boucherot : 13
 mètre carré : 4
 mètre cube : 4
 mètre par seconde : 4
 mètre : 4
 moment d'un couple : 4
 moteur à courant continu : 17
 moteur asynchrone triphasé : 18
 moteur synchrone : 19
 moteur : 17
 moyenne (tension moyenne) : 22
 multiple de : 3
 multiple : 3
 newton : 4-6-15
 newton-mètre : 4
 nœuds (loi des) : 7
 nombre : 3
 ohm (loi d') : 10-13
 ohm : 4-5-10-12-20
 ohm-mètre : 4
 paire de pôles : 17-18-19
 paire de voies d'enroulement : 17
 parallèle (R.L.C.) : 11-12-13-15
 pascal : 4
 période : 4
 perméabilité magnétique : 5-14

permittivité : 5
 pertes collectives : 17-18
 pertes constantes : 21
 pertes fer : 17-18-21
 pertes mécaniques : 17-18
 pertes par courant de Foucault : 18-22
 pertes par effet joule : 17-18-21
 pertes par hystérésis : 18-22
 phase (en phase) : 10
 poids : 4
 pôles (paire de) : 17-18
 potentiel : 4
 préfixe : 3
 pression : 4
 primaire : 20-21-22
 puissance (bilan des) : 17-18-20-21
 puissance (triangle des) : 13
 puissance absorbée : 6-17-18
 puissance active : 5-13-20
 puissance apparente : 5-13-20
 puissance de dix : 3
 puissance déformante : 13
 puissance dissipée par effet joule en étoile
 ou triangle équilibré : 9-18
 puissance électromagnétique du rotor : 18
 puissance perdue : 6-17-18
 puissance réactive : 5-13-15-20
 puissance transmise au rotor : 18
 puissance utile : 6-17-18
 puissance : 4-6-9-13-17-18-20
 pulsation : 4-12-15
 quadrature (en quadrature) : 10
 quantité d'électricité : 5-7-15
 R.L.C. : 11-12-13
 radian par seconde : 4-12-15-17
 radian : 4
 rapport de transformation : 20-21-22
 réactance : 5-10-12
 récepteur : 10
 réel (transformateur monophasé) : 20
 règle des 3 doigts : 16
 relative (chute de tension) : 21
 relèvement de $\cos\varphi$: 15
 rendement : 6-17-18-20-21
 représentation de Fresnel : 10
 résistance (variation avec la
 température) : 8
 résistance d'un fil uniforme : 8
 résistance : 4-10-12-8
 résistivité : 4-8
 résistor : 10
 résonnant (circuit) : 12
 rotation (fréquence de) : 4-17
 rotor bobiné : 18
 rotor : 17-18
 secondaire : 20-21-22
 seconde : 4
 série (R.L.C. série) : 11-12-13-15
 siemens : 5-12
 simple (tension simple) : 9-22
 $\sin\varphi$: 9
 solénoïde : 14
 sous-multiple : 3
 stator : 17-18
 surface : 4
 susceptance : 12
 symbole : 3-4-5
 temps : 4
 tension (triangle des) : 11
 tension composée : 9
 tension efficace : 22
 tension instantanée : 22
 tension maximum : 22
 tension moyenne : 22
 tension simple : 9
 tension : 4-9
 tesla : 5-14-16-20-22
 $\tan\varphi$: 13-15
 tours par seconde : 4
 transformateur monophasé idéal : 20
 transformateur monophasé réel : 20
 transformation (rapport de) : 20-21-22
 travail : 4-5-6 (autre : voir énergie)
 triangle (couplage triangle) : 22
 triangle des ... : 11-12-13
 unité : 4-5
 VA : 5-9
 Var ou VAR : 5-9
 variation de résistance avec la
 température : 8

vitesse angulaire : 4-17-18
vitesse : 4
voies d'enroulement (paire de) : 17
volt ampère réactif : 5-9
volt ampère : 5-9
volt par mètre : 5
volt : 4
volume : 4
watt heure : 6
watt : 4-5-6-9-13-15-17-18
weber : 5-14-16-17-19