

TOUT EN FICHES

Dominique Bareille

Professeure agrégée de
physique appliquée en STS
électrotechnique (Pau)

Laurent Mossion

Professeur agrégé de
physique appliquée en STS
électrotechnique (Périgueux)

L'ESSENTIEL D'

ÉLECTROTECHNIQUE

BTS, SCIENCES APPLIQUÉES

DUNOD

© Dunod, 2023
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-086310-5

Table des matières

	Préface	V
	Énergie	
Fiche 1	Formes d'énergie	1
Fiche 2	Énergie thermique	7
Fiche 3	Énergie et rayonnement	13
Fiche 4	Énergie et chimie	22
Fiche 5	Puissances	29
	Les lois de la mécanique	
Fiche 6	Mécanique du solide	33
Fiche 7	Mécanique des fluides	42
	Les lois de l'électricité	
Fiche 8	Les lois de l'électricité	50
Fiche 9	Circuit en régime périodique	57
Fiche 10	Circuit en régime sinusoïdal	64
	Énergie électrique	
Fiche 11	Puissance électrique	73
Fiche 12	Qualité de l'énergie électrique	80
	Magnétisme	
Fiche 13	Éléments de magnétisme	88

Transformateurs

Fiche 14	Transformateur monophasé	95
Fiche 15	Transformateur triphasé	102

Convertisseurs électromécaniques

Fiche 16	Principe de fonctionnement des machines tournantes	110
Fiche 17	Chaîne motorisée	115
Fiche 18	La machine à courant continu à excitation constante	122
Fiche 19	La machine asynchrone	131
Fiche 20	La machine synchrone	143

Modulation de l'énergie électrique

Fiche 21	Convertisseurs statiques	150
Fiche 22	Hacheur	160
Fiche 23	Redresseur	165
Fiche 24	Onduleur	175
Fiche 25	Gradateur	184

Comportement dynamique des systèmes linéaires

Fiche 26	Comportement dynamique des systèmes linéaires	191
-----------------	---	-----

Maîtrise des procédés

Fiche 27	Régulation – asservissement	200
Fiche 28	Régulation : performances – correction	208

Les métiers de l'électrotechnique connaissent une évolution très importante, la chaîne d'information et la chaîne d'énergie se rapprochent et parfois fusionnent quand la chaîne d'énergie devient support des courants porteurs et vecteur de communication. Les systèmes communiquent, dialoguent, s'adaptent à l'environnement. Dans ce contexte évolutif, les métiers de l'électrotechnique et la formation des techniciens en électrotechnique connaissent également des évolutions significatives. C'est dans cet esprit et ce besoin d'enseigner « autrement » que les Éditions Dunod ont imaginé la collection Tout en fiches – L'essentiel. Il faut remercier Dominique Bareille et Laurent Mossion pour avoir tenté de résumer en 28 fiches les grands thèmes de l'électrotechnique moderne.

Cet ouvrage résume sous forme de fiches totalement indépendantes les principales notions, fondamentales de la discipline et indispensables pour appréhender les systèmes modernes. L'originalité de ce document réside dans la rédaction de chaque fiche qui aborde les différents thèmes en respectant l'histoire et l'évolution technologique. En effet, les moteurs électriques sont abordés, dans un premier temps, de manière traditionnelle ce qui permet de faire le lien avec les cours classiques, mais rapidement les notions modernes liées à la vitesse variable, qui sont maintenant usuelles pour les techniciens, sont abordées de manière synthétique. Les phénomènes fondamentaux en électromagnétisme sont également développés avec les mêmes soucis de précision et de concision des fiches.

Il faut féliciter les auteurs pour la faculté de synthèse dont ils ont fait preuve tout au long des 28 fiches. Il est en effet tentant, pour des professeurs passionnés, de transmettre des savoirs sans limitation mais il est beaucoup plus difficile d'extraire les savoirs essentiels et de se limiter pour « rentrer » le maximum d'informations dans un petit format de 224 pages. La rédaction était d'autant plus difficile que les auteurs n'ont pas voulu sacrifier la démarche pédagogique à la synthèse. Chaque fiche comporte des exemples d'applications industrielles, des descriptions de systèmes et des exercices qui garantissent une assimilation rapide et une compréhension des phénomènes permettant au lecteur un approfondissement plus aisé et une recherche plus efficace lorsque le besoin se fait sentir. On retrouve dans cet ouvrage la longue expérience acquise par les auteurs et leur passion commune pour cette discipline qui les anime depuis de nombreuses années.

Les lecteurs apprécieront ce concept moderne et trouveront très rapidement réponse aux questions qu'ils se posent.

Claude Bergmann
Professeur des universités
Inspecteur Général de l'Éducation nationale

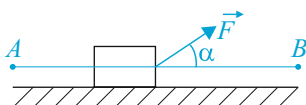
1. Travail d'une force

Une force effectue un travail lorsqu'elle provoque le déplacement d'un corps. Le travail est une grandeur algébrique, il peut être positif lorsqu'il contribue au mouvement (moteur) ou négatif lorsqu'il s'y oppose (résistant).

Force constante

Le travail $W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$ effectué par une force constante $\vec{F}$ au cours d'un déplacement $\overline{AB}$ de son point d'application est le produit scalaire $\vec{F} \cdot \overline{AB}$.

$$W_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overline{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

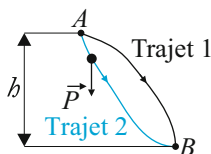


W en joules (J).
 F en newtons (N).
 AB en mètres (m).

Le travail d'une force constante est indépendant du trajet suivi. Il ne dépend que de la position initiale et de la position finale du point d'application de la force.

EXEMPLE. TRAVAIL DE LA FORCE DE PESANTEUR

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot h$$



g représente l'intensité du champ de la pesanteur en newtons par kilogramme ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$), m la masse du solide en kilogrammes (kg) et h la dénivellation en mètres (m).

Le travail du poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ est le même quel que soit le trajet suivi.

Cas d'une force quelconque

Le travail élémentaire $dW(\vec{F})$ d'une force $\vec{F}$ pour un déplacement infiniment petit $d\vec{l}$ de son point d'application est le produit scalaire :

$$dW(\vec{F}) = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

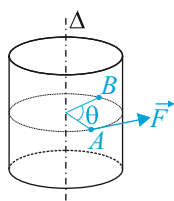
Le travail effectué par la force $\vec{F}$ lors du parcours AB s'obtient en faisant la somme des travaux élémentaires. Nous le notons de la façon suivante :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum_{A \rightarrow B} dW(\vec{F}) = \sum_{A \rightarrow B} \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

Travail d'une force appliquée à un solide en rotation

On considère un solide mobile autour d'un axe Δ . On lui applique une force $\vec{F}$ dont le moment par rapport à l'axe Δ est constant.

Le travail de la force $\vec{F}$ de moment constant T , au cours d'une rotation d'angle θ autour de l'axe fixe Δ est donné par :



$$W(T) = T \cdot \theta$$

W en joules (J).

T en newtons mètres (N.m).

θ en radians (rad).

On peut étendre cette définition au travail d'un couple de forces.

2. Énergie

On appelle énergie tout ce qui peut se transformer en travail ou en une autre forme d'énergie.

Loi de conservation de l'énergie

La nature obéit à une loi de **conservation** qui affirme que, dans un système isolé, il existe une quantité, **l'énergie**, qui ne change pas lors de ses multiples modifications.

L'énergie totale d'un système isolé reste constante.

Unités

L'énergie se note E et s'exprime en joules (J).

1 J = 1 newton $\times$ 1 mètre = 1 volt $\times$ 1 ampère $\times$ 1 seconde = 1 W $\times$ 1 seconde.

Électricité : 1 kW = 1 000 W et 1 h = 3 600 s $\rightarrow$ 1 kWh = 3 600 000 J.

4,18 J sont nécessaires pour accroître de 1 °C la température d'un gramme d'eau.

Carburants : TEP = tonne équivalent pétrole, 1 TEP = 11 600 kWh.

3. Énergie cinétique

■ Définition

C'est l'énergie que possède un corps du fait de sa masse et de son mouvement de translation ou de rotation (dans un référentiel donné).

Cette énergie n'est pas stockable à long terme. Elle est qualifiée **d'énergie de flux**.

■ Cas d'un mouvement de translation

Un corps de masse m (kg), animé d'un mouvement de translation à la vitesse

v (m.s^{-1}) possède une énergie cinétique E_c (J) :
$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 .$$

■ Cas d'un mouvement de rotation

Un corps de moment d'inertie J en (kg.m^2), animé d'un mouvement de rotation à la vitesse de rotation angulaire Ω (rad.s^{-1}), possède une énergie cinétique E_c (J) :

$$E_c = \frac{1}{2} J \cdot \Omega^2 .$$

4. Énergie potentielle

■ Définition

L'énergie potentielle d'un corps ou d'un système peut être considérée comme une énergie emmagasinée. Elle est liée à une interaction. Elle peut se transformer en énergie cinétique. Cette énergie est stockable à long terme. Elle est qualifiée **d'énergie de stock**.

■ Énergie potentielle de pesanteur

Un corps de masse m , situé à une altitude h , présente une énergie potentielle :

$E_p = m \cdot g \cdot h$. E_p en joules (J) et h en mètres (m). g intensité du champ de la pesanteur (valeur voisine de $9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ à la surface de la Terre).

5. Énergie mécanique

L'énergie mécanique d'un corps est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

En l'absence de frottement ou de force motrice, l'énergie mécanique reste constante. En présence de frottements, l'énergie mécanique diminue au cours du temps. L'énergie perdue est transférée au milieu extérieur sous forme de chaleur.

6. Énergie interne

Définition

L'énergie interne représente la somme des énergies cinétiques des particules en mouvement qui constituent un corps à une température donnée. C'est également la somme des énergies potentielles entre les particules qui constituent ce corps. Cette énergie est souvent notée U .

Température

Les atomes, les molécules et les ions constituant la matière ne sont pas immobiles mais en agitation perpétuelle.

Sur le plan microscopique, l'agitation des particules appelée agitation thermique est liée à la température de ce corps.

Sur le plan macroscopique, la température caractérise la sensation de chaud et de froid.

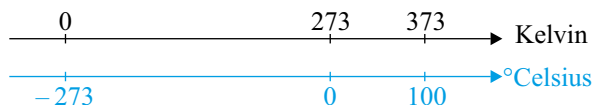
Échelle de températures

Quand on chauffe un corps, sa température augmente. Quand il refroidit, l'agitation de ses particules diminue et sa température également.

La température dit du « zéro absolu » correspond à un corps présentant des particules immobiles.

L'échelle des kelvins fait correspondre 0 K au zéro absolu. Cette échelle ne présente pas de température négative.

L'échelle des degrés Celsius fait correspondre la température de fusion de la glace à 0 °C et la température de vaporisation de l'eau sous pression normale à 100 °C.



Soit une température notée T en kelvins et θ en degrés Celsius.

$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273 \text{ ou } \theta(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

Variation de l'énergie interne d'un corps

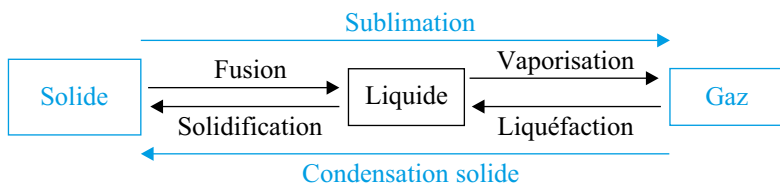
Lorsque la température d'un corps solide ou liquide varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f , la quantité de chaleur Q (ou énergie thermique) transférée égale à la variation d'énergie interne ΔU s'écrit :

$$\boxed{Q = \Delta U = m.C.\Delta\theta} \text{ avec en } \Delta\theta = \theta_f - \theta_{in} \text{ en } (^{\circ}\text{C}).$$

- Q : énergie thermique transférée en J.
- m : masse du corps en kg.
- c : capacité thermique massique du corps en $\text{J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

Variation de l'énergie interne lors d'un changement d'état à pression constante

Le changement d'état d'un corps met en jeu de l'énergie thermique, il modifie donc son énergie interne.



L'énergie peut être reçue (réaction endothermique) ou fournie (réaction exothermique) par le corps lors du changement d'état. Elle dépend de la nature du corps considéré.

Q : énergie thermique mise en jeu en joules (J).

L : énergie massique (enthalpie) de changement d'état en joules par kilogramme (J/kg).

m : masse du corps en kilogrammes (kg).

$$Q = \Delta U = m.L$$

EXERCICE Jet d'eau (d'après sujet BTS)

On veut déterminer la hauteur d'un jet d'eau.

Masse volumique de l'eau $\rho = 1\,000 \text{ kg.m}^{-3}$

Accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

On appelle $\vec{v}_A$ la vitesse d'une petite masse m d'eau à la sortie de la conduite du jet d'eau.

Le point B est la position moyenne pour laquelle la vitesse est nulle.

Le point A est pris comme référence : $h_A = 0$.

On note h_j la hauteur moyenne du jet.

1. Donner l'expression de l'énergie cinétique, notée E_{cA} , de la petite masse m d'eau en A .

2. Donner la valeur de l'énergie cinétique, notée E_{cB} , de la petite masse m d'eau en B .

