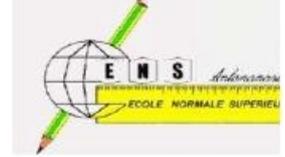




UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO



ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
DÉPARTEMENT DE LA FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES EN PHYSIQUE CHIMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
CERTIFICAT D'APTITUDE PÉDAGOGIQUE DE L'ÉCOLE NORMALE
(C.A.P.E.N)

N° D'ordre : 409/PC

CONCEPTION D'UN DIDACTICIEL

SUR LA TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

EN ÉNERGIE MÉCANIQUE POUR LA CLASSE TERMINALE SCIENTIFIQUE :

Cas d'un moteur électrique

Présenté par :

ANDRIANTSEHENO Fidimahery

Soutenu le 22 décembre 2016

Président des Jury : Monsieur RAJAOMANANA Hery Docteur Maître de conférences

Examineurs : Monsieur RASOANAIVO René Yves Ph.D Maître de conférences

Monsieur RAKOTONANAHARY Mamy Lalao assistant d'enseignement
supérieur et de recherche

Rapporteur : Monsieur ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer professeur et Maître
de conférences

Année universitaire : 2015-2016



UNIVERSITÉ D'ANTANANARIVO



ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE
DÉPARTEMENT DE LA FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES EN PHYSIQUE CHIMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
CERTIFICAT D'APTITUDE PÉDAGOGIQUE DE L'ÉCOLE NORMALE
(C.A.P.E.N)

N° D'ordre : 409/PC

CONCEPTION D'UN DIDACTICIEL

SUR LA TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

EN ÉNERGIE MÉCANIQUE POUR LA CLASSE TERMINALE SCIENTIFIQUE :

Cas d'un moteur électrique

Présenté par :

ANDRIANTSEHENO Fidimahery

Soutenu le 22 décembre 2016

Président des Jury : Monsieur RAJAOMANANA Hery Docteur Maître de conférences

Examineurs : Monsieur RASOANAIVO René Yves professeur Maître de conférences

Monsieur RAKOTONANAHARY Mamy Lalao assistant d'enseignement supérieur et de recherche

Rapporteur : Monsieur ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer professeur Maître de conférences

Année universitaire : 2015-2016

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire ; en particulier ;

- ❖ Monsieur, Docteur RAJAOMANANA Hery Enseignant – Chercheur et Maître de Conférence à L'école normale supérieure(ENS), d'avoir accepté de présider le jury de soutenance de ce mémoire ;
- ❖ Monsieur ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer professeur, Enseignant – Chercheur et Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS) d'avoir bien voulu m'encadrer et de ne pas avoir ménagé d'effort pour m'aider à la réalisation du présent mémoire ;

Je veux aussi exprimer ma très grande gratitude à l'égard des membres du jury :

- ❖ Monsieur RASOANAIVO René Yves, Enseignant – Chercheur Ph.D Maître de conférences à l'École Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS),
- ❖ Monsieur, RAKOTONANAHARY Mamy Lalao assistant d'enseignement supérieur et de recherche à l'École Normale Supérieure d'Antananarivo (ENS), d'avoir accepté de juger ce travail.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à tous les personnels et enseignants de l'ENS et surtout les enseignants du C.E.R physique chimie pour les expériences et savoirs qu'ils nous ont transmis pendant ces cinq années d'étude.

J'adresse aussi ma plus grande gratitude à l'égard de ma famille, mes parents, mes frères et ma sœur qui m'ont toujours soutenu durant mes études.

Je remercie également tous mes amis et tous mes camarades de la promotion MIRAY qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour m'aider dans la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES ORGANIGRAMMES.....	VII
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	VIII
PREMIÈRE PARTIE : PARTIE THÉORIQUE	1
I NOTION D'ÉLECTROMAGNÉTISMES.....	2
I.1 FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE EXERCÉE SUR UN ÉLÉMENT DE CONDUCTEUR.....	2
I.1.1 Force de Laplace.....	2
I.1.2 Rails de Laplace.....	3
I.1.3 Travail des forces électromagnétiques.....	4
I.2 INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE	5
I.2.1 Mise en évidence de l'induction électromagnétique.....	5
I.2.2 Loi de Faraday- Lenz.....	7
I.2.3 Expression de la f.é.m. induite pour un conducteur	9
I.3 LE FLUX MAGNÉTIQUE.....	10
I.3.1 Définition du flux magnétique.....	10
I.3.2 Règle du flux maximum	11
I.4 CRÉATION D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE PAR UN COURANT ÉLECTRIQUE	12
I.4.1 Expérience d'Oersted	12
I.4.2 Electroaimant.....	12
II MOTEUR À COURANT CONTINU	15
II.1 CONSTITUTION D'UNE MACHINE À COURANT CONTINU.....	15

II.1.1	L'inducteur ou stator	15
II.1.2	Induit ou rotor	16
II.1.3	Le collecteur et les balais.....	17
II.2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR À COURANT CONTINU.....	18
II.2.1	F.é.m. de la génératrice à courant continu ou f.c.é.m. du moteur.....	20
II.2.2	Schémas électriques équivalents d'un moteur à courant continu	21
II.2.3	Couple électromagnétique et puissance électromagnétique du mcc	22
II.2.4	Conséquences pour la variation de vitesse en régime établi	23
III	BILAN ÉNERGÉTIQUE DANS UN MOTEUR ÉLECTRIQUE À COURANT CONTINU	23
III.1	ÉNERGIE ÉLECTRIQUE REÇUE PAR LE MOTEUR.....	23
III.1.1	Caractéristique intensité-tension du moteur électrique.....	24
III.1.2	Conversion de l'énergie électrique reçue par le moteur	25
III.2	RENDEMENT	27
	DEUXIÈME PARTIE : ÉLABORATION DU DIDACTICIEL	28
IV	ÉLABORATION DU DIDACTICIEL.....	29
IV.1	PRÉSENTATION DES LOGICIELS UTILISÉS POUR LA CONCEPTION DU DIDACTICIEL.....	29
IV.1.1	MACROMÉDIA FLASH8	29
IV.1.2	MACROMÉDIA DREAMWEAVER8.....	29
IV.1.3	Audacity.....	30
IV.2	PRÉSENTATION DU DIDACTICIEL.....	30
IV.2.1	Architecture du didacticiel.....	30
IV.2.2	Page d'accueil.....	32
IV.2.3	Lancement du programme	33
IV.2.4	Le prérequis	34

IV.3	PAGE DU COURS.....	45
V	CONTENU DU COURS ET SIMULATIONS.....	46
V.1	BILAN ÉNERGÉTIQUE SUR DANS LE MOTEUR ÉLECTRIQUE.....	46
V.1.1	Transfert d'énergie dans un circuit simple	47
V.1.2	Manipulation du multimètre	48
V.1.3	Bilan énergétique dans le moteur électrique.....	50
V.1.4	Schéma équivalent du moteur.....	54
V.1.5	Flux magnétique dans le moteur électrique.....	60
VI	EXERCICE D'APPLICATIONS.....	63
VI.1	QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES.....	65
	CONCLUSION.....	68
	BIBLIOGRAPHIE	69
	ANNEXE	71
	ANNEXE 1	72
	ANNEXE 2	75
	ANNEXE 3	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Conducteur filiforme plongé dans un champ magnétique.....	3
Figure 2 : Rail de Laplace.....	3
Figure 3 : Conducteur de longueur l plongé dans un champ magnétique.....	5
Figure 4 : Expérience de Faraday.....	6
Figure 5 : Sens du courant électrique dans la bobine.....	7
Figure 6: Rails de Laplace.....	8
Figure 7: Conducteur AD qui se déplace dans un champ magnétique.....	10
Figure 8 : Flux magnétique embrassé par une spire.....	10
Figure 9: Expérience montrant l'établissement du flux maximum.....	11
Figure 10 : Schéma de l'expérience d'Oersted en 1820.....	12
Figure 11 : a) Enroulement de fil conducteur soumis à un courant électrique. b) La règle de la main droite indique le pôle nord de la bobine.....	13
Figure 12: Un électroaimant avec une bobine artisanale.....	14
Figure 13: a) bobine parcourue par un courant b) bobine parcourue par un courant avec un noyau en fer doux.....	14
Figure 14 : a) Stator du moteur à aimant permanent, b) stator du moteur à inducteur bobiné alimenté en courant continu.....	15
Figure 15 : ligne neutre.....	16
Figure 16 : Différents types de rotor du moteur à courant continu.....	17
Figure 17 : Collecteur d'une machine à courant continu de faible puissance.....	17
Figure 18: Balais des premières machines à courant continu.....	18
Figure 19 : production de couple dans un moteur à courant continu.....	19
Figure 20 : schéma résumant le fonctionnement du moteur c.c.....	19
Figure 21: Production d'une f.é.m.....	20
Figure 22: Schémas électriques équivalents d'un moteur à courant continu.....	21

Figure 23:Modèle équivalent de l'induit en fonctionnement moteur a)Modélisation en régime permanent.b) Modélisation en régime transitoire.	21
Figure 24Convention récepteur du moteur électrique.....	24
Figure 25Courbe de U en fonction de I pour un récepteur actif.	24
Figure 26:conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique	25
Figure 27:Bilan de puissance.	26
Figure 28 : Dossier contenant la page web du didacticiel.....	34

LISTE DES ORGANIGRAMMES

Organigramme 1 : organigramme présentant l'architecture du didacticiel.....	31
Organigramme 2 : Blocage de la scène en prérequis.	36

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Face à l'avancée technologique et à l'insuffisance de laboratoire de physique, le numérique reste une solution efficace pour porter de l'innovation sur le domaine de l'enseignement de la physique. Dans ce contexte, nous avons décidé de concevoir avec Macromedia flash 8 et Macromedia Dreamweaver8 un didacticiel sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique dans le cas du moteur électrique courant continu. En effet, les logiciels de simulation sont considérés a priori comme des outils privilégiés pour montrer aux élèves en simultané l'aspect pratique et théorique du cours. En matière d'initiation à la recherche en didactique au centre d'étude et de recherche en physique chimie à l'école normale supérieure d'Antananarivo, de nombreuses recherches ont été développées sur la conception de didacticiel pour l'enseignement de la transformation de l'énergie. Leurs centres d'investigations se focalisent sur la proposition de l'utilisation de la technologie de l'information et de communication au service de l'enseignement d'une part et la recherche de solution sur l'insuffisance de laboratoire de physique d'autre part. Mais tous ces étudiants s'accordent sur l'importance de l'enseignement de la transformation de l'énergie.

Entrant dans l'analyse plus détaillée de ces travaux de recherche. Pour commencer, analysons le mémoire de Ranaivoarison en 2012. Dans sa problématique, il a dit que : « le thème nous permet de montrer aux élèves que la physique n'est pas que de la théorie. Grâce à une application très intéressante de l'action d'un champ magnétique sur un circuit : le moteur à courant continu nous accordera une très grande attention à ce lien qui existe entre théories et la pratique dans notre didacticiel ». D'après cette affirmation, on peut dire que son objectif est le plus proche de notre travail, c'est dans ce contexte que nous avons aussi conçu notre didacticiel. En revanche, il s'intéresse à l'action d'un champ magnétique sur un circuit et son application au moteur à courant continu. Alors qu'on s'intéresse à la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique. Ensuite, le mémoire de Faissoil en 2013 qui s'intéresse à la transformation de l'énergie thermique en énergie électrique. Il a pris le cas de la géothermie dans sa partie théorique avant l'élaboration de son didacticiel. Ce travail est fait dans le cadre de l'explication rationnelle de l'exploitation de l'électricité par l'énergie issue de l'énergie de la terre qui est convertie en chaleur. Il s'appuie sur l'importance capitale des énergies renouvelables dans le contexte mondial et national. Enfin, le mémoire de Mbe en 2009 sur la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans son étude, il a pris de cas de

l'éolienne ; puis, il a proposé dans son travail une solution aux problèmes énergétiques dans le cadre de l'enseignement de la physique chimie au lycée et à la recherche d'une nouvelle méthode d'apprentissage de la physique chimie afin qu'elle soit devenue intéressante. Selon ses propos : « le problème d'énergie devient un problème universel parce que l'énergie est une des principales bases de l'évolution technologique pour l'amélioration de la vie humaine ». Dans ce même contexte, on va concevoir un didacticiel sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique. Un cas particulier du cycle de transformation énergétique que l'on peut observer dans un moteur électrique. Dans notre travail, on émet l'hypothèse suivante : la conception et l'utilisation du didacticiel qui portent sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique cas du moteur à courant continu permettent de fournir un outil d'aide supplémentaire à la compréhension de la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique pour les élèves de la classe terminale scientifique.

Méthodologies

Après une première partie consacrée à des recherches documentaires et bibliographiques sur le web et des ouvrages scientifiques qui s'intéressent à l'amélioration de l'enseignement de l'énergie, on va concevoir le didacticiel intitulé : transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique dans un moteur électrique cité précédemment. Puis, on montrera comment utiliser le didacticiel dans le chapitre.

PREMIÈRE PARTIE : PARTIE THÉORIQUE

I NOTION D'ÉLECTROMAGNÉTISMES

Les moteurs à courant continu transforment l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Mais, ils peuvent également servir de générateur d'électricité en convertissant une énergie mécanique de rotation en énergie électrique. Les fonctionnements dans les deux sens sont basés sur l'électricité et le magnétisme. Dans cette partie, nous allons expliquer le principe de fonctionnement du moteur électrique ; puis, des études du bilan énergétique du moteur seront proposées.

I.1 FORCE ÉLECTROMAGNÉTIQUE EXERCÉE SUR UN ÉLÉMENT DE CONDUCTEUR

I.1.1 Force de Laplace

(Bramand, Faye, & Thomassier, 1983) (Delva, Leclercq, & Trannoy, 1994)

« Une portion rectiligne de conducteur, de longueur l est placée dans un champ magnétique uniforme \vec{B} , est soumise à des forces réparties d'origine électromagnétique équivalente à une force unique \vec{F} appliquée au milieu de cette portion. » (Bramand, Faye, & Thomassier, 1983) Cette loi est exploitée pour faire fonctionner le moteur électrique. Selon (Delva, Leclercq, & Trannoy, 1994) « La force engendrée par les composants électriques, crée un couple de rotation et actionne le moteur. La norme de cette force est de $F = ILB \sin \alpha$. de cette expression, on observe que les forces électromagnétiques convertissent l'énergie électrique qui apparaît sous forme de déplacement du courant dans le conducteur en énergie mécanique qui se manifeste par le déplacement du conducteur ». En fait, si l'on considère un conducteur rectiligne filiforme rigide (figure1), longueur $l = PM$ parcouru par un courant électrique d'intensité I et placé dans un champ magnétique B perpendiculaire à PM . Il subit l'effet des forces électromagnétiques. Ce qui nous intéresse dans ce cas, c'est la force de Laplace, car c'est elle qui fournit du travail. Cette force possède une caractéristique bien particulière. Voici ses caractéristiques :

- Point d'application : appliquée au milieu de la portion de circuit plongé, dans \vec{B} ,
- Direction : la force est toujours orthogonale au plan formé par le conducteur et le champ \vec{B} ,
- Sens : la force est telle que le trièdre $\vec{l}, \vec{B}, \vec{F}$ est direct, et \vec{l} a le sens du courant (figure1),

- Norme de \vec{F} : $F = ILB \sin \alpha$ (α est l'angle non orienté formé par les directions du conducteur et du champ)

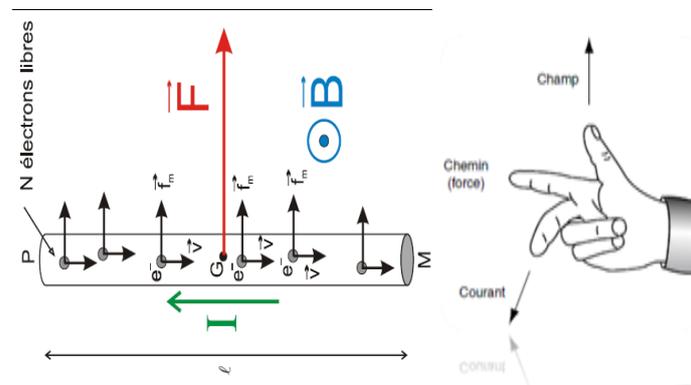


Figure 1 : Conducteur filiforme plongé dans un champ magnétique.

Règle des trois doigts de la main droite pour trouver la direction des forces.

(Fabrice,n.d)

I.1.2 Rails de Laplace

(Delva, Leclercq, & Trannoy, 1994) (Djelouah, 2012)

Le dispositif de l'expérience suivante est un moteur rudimentaire, appelé les rails de Laplace (figure2). Ce conducteur mobile est placé entre deux rails horizontaux connectés à un accumulateur, et dans le champ magnétique d'un aimant en U. (Djelouah, 2012)

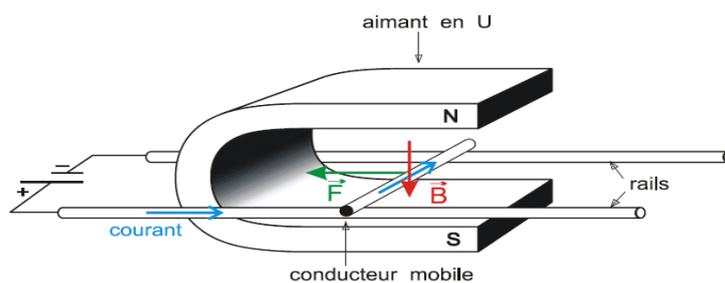


Figure 2 : Rail de Laplace.

[<http://www.lnw.lu/Departements/Physique/personnel/larje/3iemeADG/02%20Force%20de%20Lorentz.%20Force%20de%20Laplace.pdf>]

Lorsque le courant passe ; le conducteur mobile roule vers la gauche ou vers la droite selon le sens du courant et selon le sens du champ magnétique. D'après un modèle simplifié, on peut considérer que le courant électrique est constitué d'innombrables électrons qui se déplacent tous avec la même vitesse \vec{v} dans le sens opposé au sens conventionnel du courant. Ces électrons se déplacent donc dans un champ magnétique \vec{B} de sorte que chaque électron est soumis à une même force de Lorentz. Comme les électrons sont retenus par les atomes du réseau cristallin constituant le conducteur, c'est finalement le conducteur tout entier qui est sollicité par une force appelée force électromagnétique de Laplace. Cette force est égale à la résultante de toutes les innombrables forces de Lorentz qui s'exercent sur les électrons en mouvement qui constituent le courant électrique (annexe 1).

I.1.3 Travail des forces électromagnétiques

(André, 2013) (Epinal, 2006) (MOREL) (Jean, 2005)

Étant donné que, la force de Lorentz ne travaille pas, c'est la force de Laplace qui assure la conversion d'énergie, cette réflexion a été expliquée, par Jean (2005). En effet, la puissance développée par une force en mécanique classique est définie comme étant le produit du vecteur force par le vecteur vitesse. C'est-à-dire que le vecteur force est assigné : soit à la force de Lorentz, soit à la force de Laplace. Si l'on considère en premier lieu la force de Lorentz (Gaucheron, 2004) la puissance s'écrit : $P = (q\vec{v} \wedge \vec{B})\vec{v}$ dans cette expression, la vitesse n'est pas celui de l'électron, mais celle du conducteur plongé dans B ; la puissance de la force de Lorentz est nulle. Cela signifie que le travail est aussi nul car la puissance et le travail sont proportionnels. C'est donc la puissance de la force de Laplace qui est prise en compte. La question se pose alors comment s'exprime le travail de force électromagnétique ? (André, 2013) Pour évaluer le travail, considérons un conducteur de longueur l , traversé par une intensité I et baigné dans un champ magnétique uniforme \vec{B} se déplaçant (figure3) d'une distance d sous l'effet de la force de Laplace. Le travail s'écrit : $= Fd \cos \beta$ où β l'angle entre \vec{F} et \vec{d} lors du déplacement du conducteur, selon la figure, le circuit est soumis à une variation de flux. On note $\Delta\Phi$ tel que :

$$\Delta\Phi = B(S_{final} - S_{initial}) .$$

Dans cette dernière expression, on remarque que la différence de surface correspond à $x dl$. D'où $\Delta\Phi = Bdl$ et, l'expression du travail W devient :

$$W = I\Delta\Phi$$

Ainsi, tout circuit traversé par une intensité I et baignant dans un champ magnétique se déforme afin d'augmenter le flux embrassé (André, 2013).

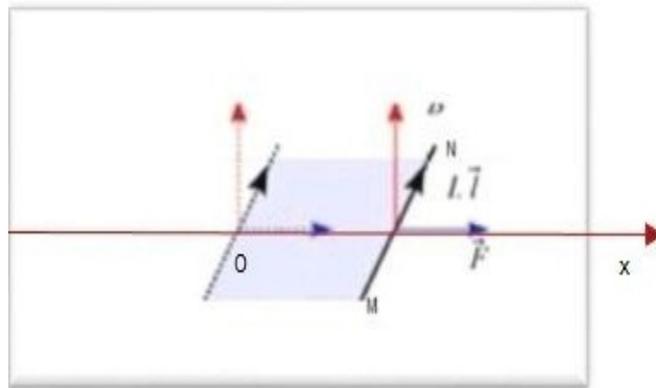


Figure 3 : Conducteur de longueur l plongé dans un champ magnétique.

(John, 2014)

I.2 INDUCTION ÉLECTROMAGNÉTIQUE

(MOREL) (Djelouah, 2012) (Epinal, 2006)

Un courant électrique produit un champ magnétique. Le processus inverse est-il également possible ? Joseph Henry (en 1830) et Michael Faraday (en 1831) réalisèrent indépendamment des expériences qui montrèrent qu'il est possible de produire des effets électriques à partir des champs magnétiques. Ce phénomène, appelé induction électromagnétique, fut une des majeures découvertes en vue de la production de l'électricité utilisée dans la vie de tous les jours.

I.2.1 Mise en évidence de l'induction électromagnétique

(André, 2013)

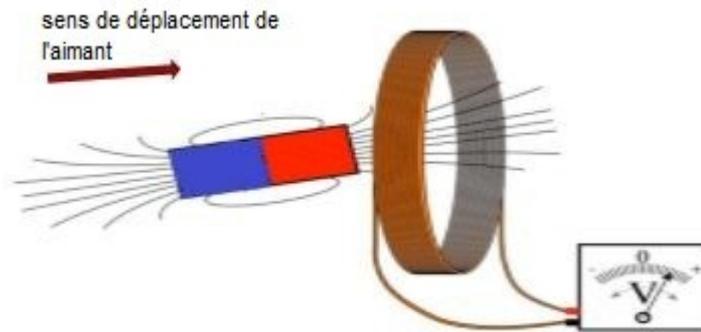


Figure 4 : Expérience de Faraday.

[\[http://www.lnw.lu/Departements/Physique/personnel/larje/3iemeADG/02%20Force%20de%20Lorentz.%20Force%20de%20Laplace.pdf\]](http://www.lnw.lu/Departements/Physique/personnel/larje/3iemeADG/02%20Force%20de%20Lorentz.%20Force%20de%20Laplace.pdf)

Dans cette expérience (figure4), si l'on approche l'aimant vers la bobine, l'aiguille du voltmètre dévie dans un sens. On constate que, le champ généré par l'aimant, est la source du courant électrique sur le circuit, car l'aiguille du voltmètre a bougé. Considérons la même expérience, mais cette fois-ci on approche l'aimant vers la bobine plus rapidement. L'aiguille du voltmètre dévie dans le même sens et, avec une déviation plus grande. De plus, dès que le mouvement de l'aimant s'arrête, le voltmètre affiche 0 et si l'on éloigne l'aimant de la bobine, l'aiguille du voltmètre dévie dans l'autre sens. Lorsque l'aimant est en mouvement, on observe une tension aux bornes de la bobine : la bobine se comporte comme un générateur. Or, si le mouvement de l'aimant cesse, la tension aux bornes de la bobine est nulle : la tension aux bornes de la bobine existe s'il y a une variation de mouvement. On peut dire donc que lorsque l'aimant se déplace, la bobine embrasse un flux magnétique qui varie suivant la position de l'aimant : la bobine est soumise à un flux variable. En conclusion, plus l'aimant se déplace rapidement, plus la tension aux bornes de la bobine est importante. (Saison, et al. 1980). Bref à chaque manœuvre de l'inducteur, le voltmètre dévie, ainsi il y a entre ses bornes une tension due à l'induction d'une f.é.m. dans la bobine. Cette f.é.m. fait circuler un courant dans le circuit bobine, voltmètre : c'est un courant induit. Pour tout circuit soumis à une variation de flux magnétique, il se crée à ses bornes une f.é.m. induite qui est proportionnelle aux variations du flux. Le circuit qui est soumis aux variations de flux est appelé l'induit, il s'agit de la bobine et le circuit qui crée le flux magnétique variable est appelé l'inducteur, il s'agit de l'aimant qui se déplace. Maintenant, on se demande comment trouver le sens du courant induit évoqué précédemment.

Si la bobine est insérée dans un circuit électrique, nous savons que la f.é.m. induite est la cause de la circulation d'un courant induit. Ce courant donne, évidemment, naissance à un champ magnétique. Le voltmètre étant un appareil polarisé : nous allons repérer le sens du courant induit et en déduire le sens du champ magnétique produit par le courant induit (figure5).

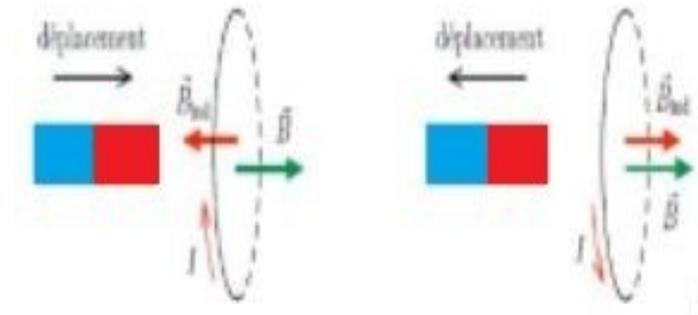


Figure 5 : Sens du courant électrique dans la bobine.

Lorsque la bobine et l'aimant sont en mouvement relatif, un courant électrique d'intensité I circule dans la bobine. Le sens du courant électrique dans la bobine change si :

- le sens du déplacement est inversé
- les pôles de l'aimant sont permutés.

I.2.2 Loi de Faraday- Lenz

(André, 2013) (Mérat & Moreau, 1994)

Tout circuit soumis à une variation de flux ; soit par variation du champ magnétique, soit par déplacement du circuit dans un champ magnétique, est le siège d'une f.é.m. induite (Mérat & Moreau, 1994). On déplace une tige conductrice à vitesse constante sur deux rails conducteurs horizontaux et parallèles (figure6); le tout est plongé dans un champ magnétique vertical constant. Les électrons de la tige subissent l'effet de la force de Lorentz.

$$F_y = ev_x B$$

Cela provoque une accumulation de charges négatives sur un rail et une accumulation de charges positives sur l'autre. Il y a donc une différence de potentiel induite entre les deux rails.

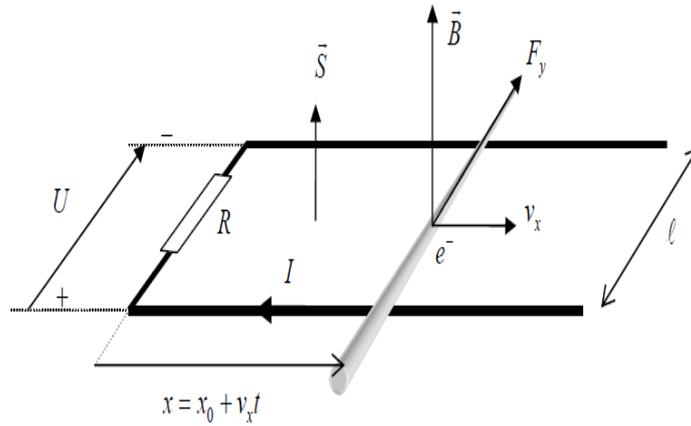


Figure 6: Rails de Laplace

(Mérat & Moreau, 1994)

Si l'on relie les rails par une résistance R , il y a apparition d'un courant. En régime stationnaire, le travail effectué par la force de Lorentz $F_y l$ sera dissipé dans la résistance. On a donc, pour un électron :

$$F_y l = e v_x B l = e U$$

Aux bornes de la résistance : $U = B v_x l$ donc, à tout instant, la surface du circuit est égale à

$$S = x l = l(x_0 + v_x t)$$

$$\frac{dS}{dt} = l v_x$$

$$U = B \frac{dS}{dt}$$

Si B est constant, la tension aux bornes de la résistance est égale à la dérivée du flux.

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$

Sur la fig. 6, le courant s'écoule dans le sens de la flèche lorsque $v_x > 0$. Compte tenu du sens \vec{S} choisi pour calculer le flux, le courant induit doit être compté positivement s'il laisse \vec{S} à gauche. Sur la figure, il laisse \vec{S} à droite. Pour cela on a :

$$I_{ind} = -I \text{ et } U_{ind} = -U$$

Ainsi, on retrouve bien

$$U = -\frac{d\Phi}{dt}$$

Lorsque la surface de la spire augmente, il apparaît donc un courant induit qui engendre un champ magnétique de sens opposés à celui du champ \vec{B} , le courant induit s'oppose donc à la variation du flux. Ceci est connu sous le nom de loi de Lenz ou loi de Faraday-Lenz. Le sens du courant induit est tel qu'il tend à s'opposer à la variation de flux magnétique. Le raisonnement ci-dessus a été fait avec un champ \vec{B} constant et une spire (circuit) de surface variable, mais la loi de Faraday-Lenz est également valable lorsque le champ \vec{B} varie avec le temps.

$$U_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(BS) = -\frac{dS}{dt} = -S\frac{dB}{dt}$$

I.2.3 Expression de la f.é.m. induite pour un conducteur

(André, 2013) (MOREL)

Un conducteur de longueur $l = AD$ se déplace à la vitesse constante v sur un rail où règne entre les deux rails un champ magnétique uniforme B . Établir l'expression de la f.é.m. induite « e » qui se crée aux bornes du conducteur. Expression du flux : lorsque le conducteur se déplace, il balaie le flux $d\Phi$ pendant l'instant dt . Par définition, $d\Phi = \vec{B}\vec{S}$ où \vec{S} est le vecteur surface. Dans notre cas, B et S sont colinéaire alors on a : $\Phi = BS$ avec S et B constant.

$$e(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = B\frac{dS}{dt}$$

Expression de l'élément dS en fonction de v et l est, $v(t) = -\frac{dx}{dt}$ où dx représente le déplacement du conducteur pour un instant dt .



Figure 7: Conducteur AD qui se déplace dans un champ magnétique.

(MOREL)

I.3 LE FLUX MAGNÉTIQUE

I.3.1 Définition du flux magnétique

(Djelouah, 2012) (John, 2014)

Soit un contour (C) fermé et orienté et ce contour forme une surface S.

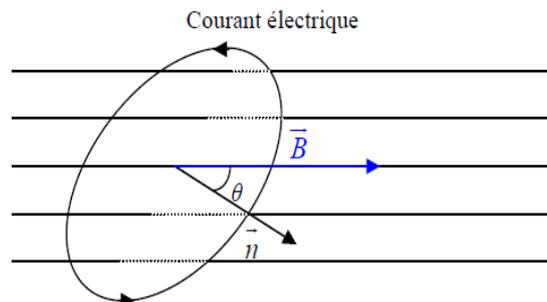


Figure 8 : Flux magnétique embrassé par une spire.

On définit la normale \vec{n} comme étant un vecteur unitaire perpendiculaire à la surface de la spire et dont le sens est fixé par la règle du tire-bouchon. Le flux Φ du champ B créé à travers la spire est donné par la formule :

$$\Phi = BS \cos \theta$$

Φ en weber (Wb), B en tesla (T), S en mètre carré (m²). Pour une bobine plate de N spires, le flux Φ est donné par.

$$\Phi = NBS \cos \theta$$

I.3.2 Règle du flux maximum

(MOREL) (Mérat & Moreau, 1994)

Comme l'illustre la figure 9, un solide est dans une position d'équilibre stable si les forces et les moments auxquels il est soumis tendent à le ramener vers cette position s'il en est écarté. D'après le théorème de Maxwell (voir annexe) si la position est stable, cela signifie que l'opérateur doit fournir un travail, autrement dit un déplacement $d\vec{r}$ dans le sens contraire de la force qui sera une force de rappel. Si l'on considère l'expression suivant ;

$$dW = Id\Phi = I(\Phi_{final} - \Phi_{initiale}) = \vec{F} \cdot \vec{r} \text{ On a, } dW < 0 \text{ c'est-à-dire, } \Phi_{final} < \Phi_{initiale}$$

On peut conclure qu'un circuit tend toujours à se placer dans des conditions d'équilibre stable, où le flux du champ est maximum (Mérat & Moreau, 1994). C'est-à-dire que, tout conducteur délimitant une surface, parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tend à s'orienter de façon à ce que le flux au travers de la surface soit maximum (en valeur absolue et positive). Cette règle est une autre forme de la loi de Laplace, car ce sont des forces électromagnétiques qui agissent sur le conducteur pour l'orienter. Les interactions entre deux sources de champ magnétique sont telles que le flux devient maximum. Cette règle permet d'expliquer la rotation des moteurs électriques comme le moteur à courant continu et le moteur pas à pas.

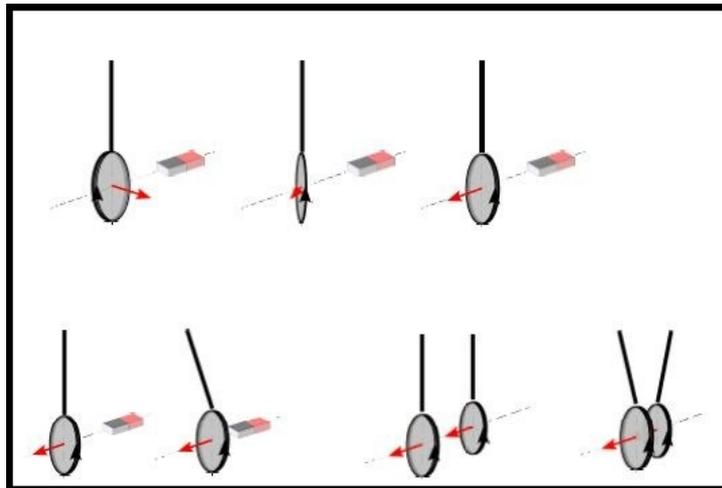


Figure 9: Expérience montrant l'établissement du flux maximum.

(MOREL)

I.4 CRÉATION D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE PAR UN COURANT ÉLECTRIQUE

I.4.1 Expérience d'Oersted

<http://energiein.e-monsite.com/pages/55-moteur-a-aimant-permanent.html>

En étudiant les effets du courant électrique dans un fil, Oersted a remarqué que le passage du courant a influencé l'orientation d'une boussole placée à proximité (figure10). Oersted étudie ensuite systématiquement ce phénomène : lorsque l'on inverse le sens du courant, l'aiguille s'oriente dans l'autre sens ; lorsqu'on coupe le courant, l'aiguille indique à nouveau le nord géographique (André, 2013). Cette expérience met en évidence la création d'un champ magnétique à proximité d'un fil conducteur. Tout déplacement de charge électrique, que ce soit dans le vide ou dans une matière conductrice crée donc un champ magnétique comme les aimants naturels.

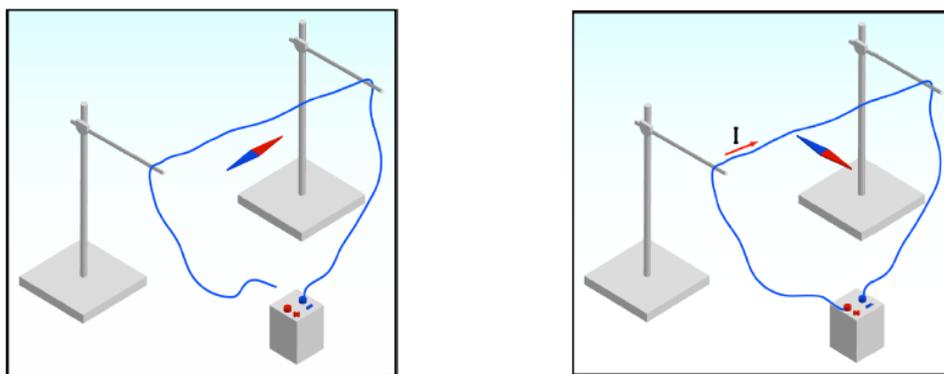


Figure 10 : Schéma de l'expérience d'Oersted en 1820.

(André, 2013)

Il y a donc d'après cette expérience une relation étroite entre magnétisme et électricité.

I.4.2 Électroaimant

notions_d_electromagnetisme.pdf

<http://energiein.e-monsite.com/pages/55-moteur-a-aimant-permanent.html>

Le principe d'un électroaimant réside sur la création de champ magnétique dans un enroulement bobiné avec un noyau ferromagnétique. Un enroulement de fil conducteur appelé bobine, ou

solénoïde (figure 11) qui soumis à un courant électrique réagit comme des aimants en ayant un champ magnétique avec un pôle Sud et un pôle Nord, d'où le nom d'électroaimant. Pour trouver la polarité de l'électroaimant, il suffit d'utiliser la règle tire-bouchon de Maxwell.

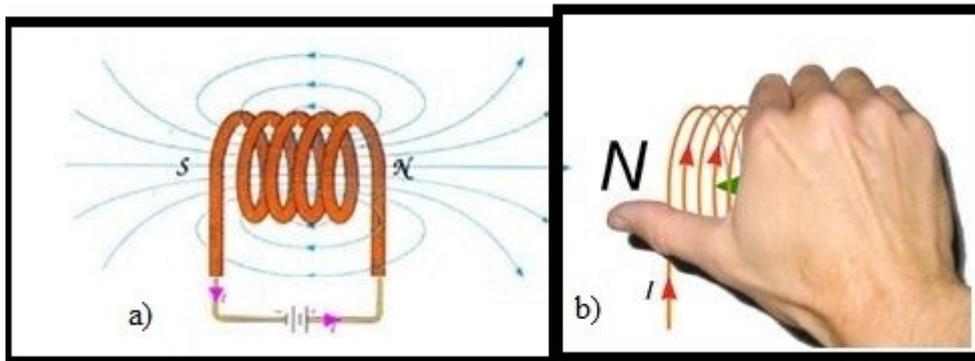


Figure 11 :a) Enroulement de fil conducteur soumis à un courant électrique. b) La règle de la main droite indique le pôle nord de la bobine.

Si la bobine possède une longueur l et une répartition uniforme de N spires. Le champ magnétique s'exprime de la façon suivante :

$$B = \frac{\mu_0}{l} NI$$

μ_0 est la perméabilité du vide ou de l'air, l en mètres (m) ; I en ampères (A) ; N nombre de spires. D'après la formule, si le nombre d'enroulements ou l'intensité du courant augmente alors le champ magnétique augmente aussi. Si l'on place un noyau ferromagnétique¹ dans la bobine, le champ sera plus intense.

¹ Alliage à base de fer.



Figure 12:Un électroaimant avec une bobine artisanale.

Revenons dans la formule précédente, si le vide est remplacé par un milieu ferromagnétique, μ_0 sera remplacé par la perméabilité du matériau. Donc on obtient la formule suivante :

$$B = \frac{\mu}{l} NI$$

μ est la perméabilité du matériau et μ est beaucoup plus grand que μ_0 . Ceci peut être vérifié expérimentalement. Dans la figure a, on voit que l'aiguille alimentée dévie à peine. Quand on a introduit un noyau ferromagnétique, on peut interpréter que le champ est renforcé et se manifeste par le renforcement de l'attraction de l'aiguille.

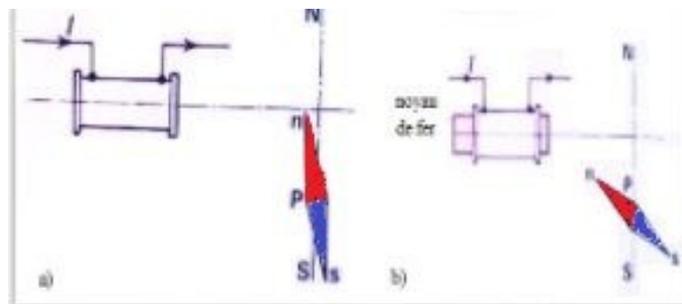


Figure 13:a) bobine parcourue par un courant b) bobine parcourue par un courant avec un noyau en fer doux.

(Saison, et al., 1980)

On voit bien d'après cette expérience que le champ magnétique a été accentué lorsqu'on a introduit un noyau ferromagnétique à l'intérieur de l'enroulement de fil conducteur.

II MOTEUR À COURANT CONTINU

II.1 CONSTITUTION D'UNE MACHINE À COURANT CONTINU

II.1.1 L'inducteur ou stator

(Djelouah, 2012) (Fabrice)

Le stator est la partie statique du moteur électrique ; généralement en forme cylindrique. À l'intérieur (figure14), des aimants permanents ou des électroaimants sont fixés. (Djelouah, 2012). La structure qui sert de fixation pour ces composants s'appelle carcasse du stator. Elle assure à la fois des fonctions magnétiques et mécaniques. Le rôle du stator est de créer le champ magnétique appelé : inducteur B_s . Il magnétise le moteur en créant un flux magnétique Φ dans l'entrefer. Cette capacité de créer l'induction par des pôles magnétiques bobinés ou par des aimants naturels nous permet aussi de nommer le stator en inducteur. Ce flux magnétique est canalisé par une structure ferromagnétique qui compose le circuit magnétique du stator dans le cas du moteur à inducteur bobiné (Claude, 1997). Le flux magnétique est maximal au niveau des pôles magnétiques.



Figure 14 : a) Stator du moteur à aimant permanent, b) stator du moteur à inducteur bobiné alimenté en courant continu.

(http://denis.rabaste.free.fr/ressources/cours_base/V_moteur%20simpl.pdf)

Pour mieux répartir le flux magnétique dans la machine, ce moteur possède deux paires de pôles inducteurs nord et sud (figure. 14). D'où, les lignes de champ magnétique vont du pôle Nord vers le pôle Sud. Si les inducteurs ne sont pas des aimants permanents, la configuration des pôles est donnée pour un sens du courant inducteur. À l'inversion du courant qui alimente l'inducteur, le pôle Sud devient un pôle Nord et le pôle Nord devient pôle Sud. L'obtention du sens du champ inducteur se fait facilement en utilisant la règle de tire-bouchon mentionnée dans la partie électromagnétisme. On constate d'après ce qu'on d'expliquer que c'est une possibilité

pour inverser le sens de rotation du moteur, mais elle est peu utilisée. Lorsque la spire, ou section de l'induit est sur la ligne neutre qui est représentée en trait discontinu sur la figure 15, les forces électromotrices induites dans les conducteurs sont nulles et la spire est en court-circuit par les balais (Gaucheron, 2004).

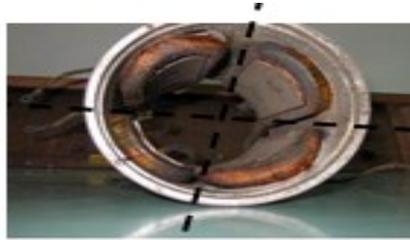


Figure 15 : ligne neutre

Dans le cas du moteur à aimant permanent, le champ d'excitation fournit et reste constant. Le stator comporte 2 pièces polaires diamétralement opposées qui enveloppent chacune le rotor sur un angle de $\frac{\pi}{2}$. Au moyen d'aimants permanents, les pièces polaires deviennent des pôles N et S fixes : les lignes d'induction ainsi engendrées se referment par la carcasse du stator et à travers le rotor.

II.1.2 Induit ou rotor

Le rotor est la partie mobile du moteur électrique. C'est un cadre mobile constitué d'un ensemble de bobines identiques réparties uniformément autour d'un noyau cylindrique, il est monté sur un arbre et tourne entre les pôles de l'inducteur. L'induit ou rotor constitue un ensemble de conducteurs qui coupent les lignes de champ magnétique. Les bobines sont disposées de telle façon que leurs deux côtés coupent respectivement le flux provenant de pôle Nord et d'un pôle Sud de l'inducteur. Les conducteurs de l'induit sont parcourus par le courant absorbé ou débité par la machine. Ils sont isolés du noyau par des couches de feuilles isolantes, et peuvent varier selon le type du moteur, voir figure 16.

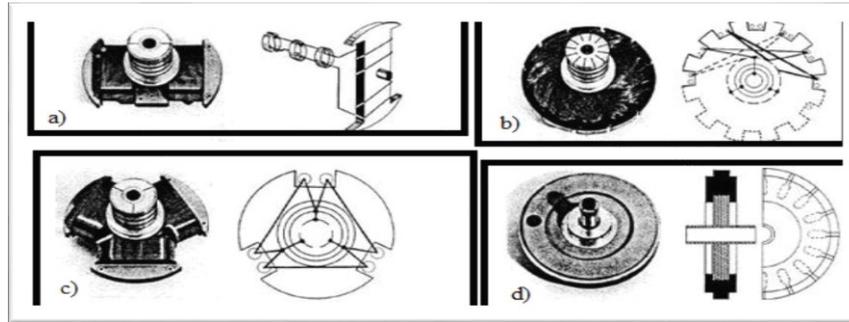


Figure 16 : Différents types de rotor du moteur à courant continu.

Le rotor bipolaire (Fig. 16-a) se présente sous forme d'un double T muni d'un enroulement continu dont les extrémités sont connectées aux bagues collectrices et aux deux ponts de collecteur. Dans le cas du rotor tripolaire. (Fig. 16- b), les extrémités de deux bobines voisines sont reliées en commun à une bague collectrice et à un pont collecteur. Le rotor en tambour de la Fig. 16-c est composé 12 enroulements de 80 spires raccordées en série. Les connexions aux ponts de collecteur et aux bagues collectrices sont indiquées sur le schéma. Le rotor en court-circuit (Fig.16-d) est constitué par des tôles en fer dans lesquelles on a coulé du métal léger.

II.1.3 Le collecteur et les balais

Le collecteur est un ensemble de lames de cuivre où sont reliées les extrémités du bobinage de l'induit. Il est frotté par le balai et alimente les conducteurs de l'induit. Le balai et le collecteur forment le dispositif de transmission du courant dans le moteur électrique.



Figure 17 : Collecteur d'une machine à courant continu de faible puissance.

(Delva, Leclercq, & Trannoy, 1994)

Le collecteur est monté sur l'arbre de la machine, mais isolé de celui-ci. Les deux fils sortant de chaque bobine de l'induit sont successivement et symétriquement soudés aux lames du collecteur. Dans une machine bipolaire, deux balais (figure18) fixes et diamétralement opposés appuient sur le collecteur. Ainsi, ils assurent le contact électrique entre l'induit et le circuit extérieur.



Figure 18: Balais des premières machines à courant continu.

(Gaucheron, 2004)

Le point de contact entre les balais et le collecteur constitue le point faible du moteur à courant continu. En effet, à ce point faible, outre le problème d'usure du graphite la commutation (inversion du sens du courant dans l'enroulement) s'opère en créant des micros-arcs entre les lamelles du collecteur ; un des grands risques de dégradation des collecteurs étant leur mise en court-circuit par usure. Si le système balais-collecteurs n'était pas présent, la spire s'arrêterait de tourner en position verticale sur un axe appelé communément "ligne neutre". Le système balais-collecteurs a pour rôle de faire commuter le sens du courant dans les deux conducteurs au passage de la ligne neutre.

II.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR À COURANT CONTINU

Nous avons déjà expliqué le rôle, l'importance de chaque composant électrique et mécanique du moteur. Maintenant, on se demande comment fonctionne un moteur à courant continu. Évidemment, le principe réside sur la force de Laplace, mais, comment obtient-on un couple de rotation ? Comment expliquer le couple développé par le moteur ? Intéressons-nous aux phénomènes physiques qui se déroulent à l'intérieur du moteur. (Gaucheron, 2004). Comme l'illustre la figure 18, lorsque l'inducteur est alimenté ; il crée un champ magnétique dans l'entrefer. Ceci est dirigé suivant les rayons de l'induit. Ce champ magnétique rentre dans

l'induit du côté du pôle nord de l'inducteur et sort de l'induit du côté du pôle sud de l'inducteur (Jean, 2005).

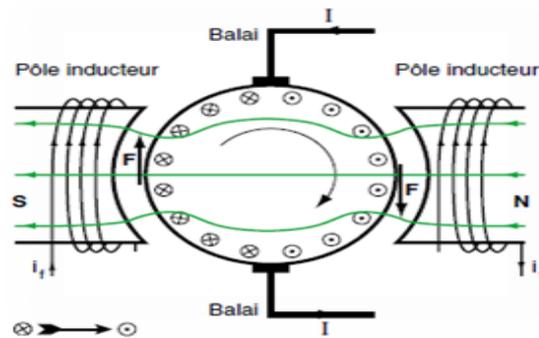


Figure 19 : production de couple dans un moteur à courant continu

(Gaucheron, 2004)

Le sens du courant dans l'induit est indiqué par des points si l'on se trouve à la pointe du vecteur indiquant le sens du courant induit dans le cas contraire, l'autre extrémité est indiquée par une croix. Quand l'induit est alimenté par un courant continu, tous les conducteurs situés sous un même pôle inducteur sont parcourus par des courants de même sens. D'après la loi de Laplace, ces pôles inducteurs sont soumis de part et d'autre à une force de même intensité et de sens opposés. Les deux forces créent un couple qui fait tourner l'induit du moteur. Car si, le courant étant inversé, les forces motrices sur les conducteurs le sont aussi, permettant ainsi de poursuivre la rotation de la spire.

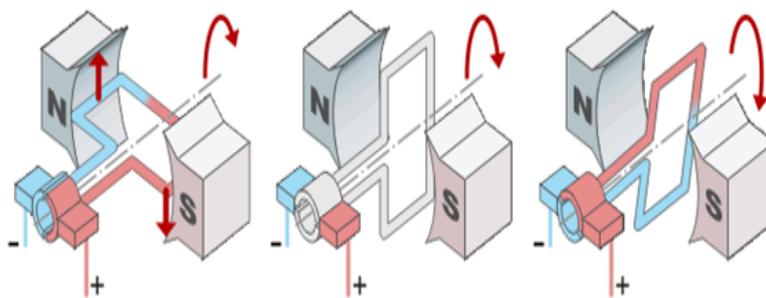


Figure 20 : schéma résumant le fonctionnement du moteur c.c

(Jean, 2005)

II.2.1 F.é.m. de la génératrice à courant continu ou f.c.é.m. du moteur

Selon (Mérat & Moreau, 1994) (Delva, Leclercq, & Trannoy, 1994) : « Nous savons qu'une bobine en mouvement dans un champ magnétique voit apparaître à ses bornes une force électromotrice f.é.m. donnée par la loi de Faraday. Sur ce principe, la machine à courant continu est le siège d'une f.é.m. induite E ». E est la tension produite par le rotor (l'induit) lors de sa rotation dans le flux magnétique produit par la partie fixe (l'inducteur). Elle dépend des éléments de construction de la machine. La valeur moyenne de E de cette f.é.m. est proportionnelle à la vitesse angulaire de rotation du rotor, au flux maximal du champ magnétique créé par l'inducteur à travers une spire et à un constant K qui dépend des caractéristiques de la conception du moteur.

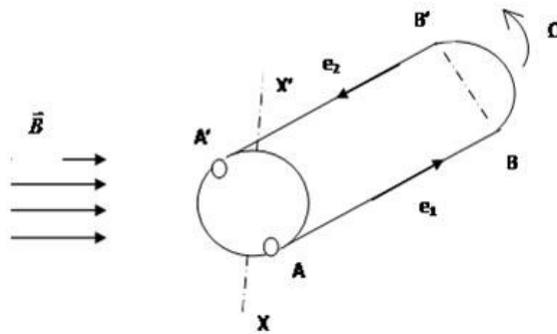


Figure 21: Production d'une f.é.m.

(Claude, 1997)

En effet, si on fait tourner un conducteur (A, B) autour d'un axe (X, X') à une vitesse angulaire et si on exerce un champ magnétique uniforme \vec{B} . On constate que $e(t)$ est alternative, elle change son sens chaque fois que le conducteur passe par l'axe (X, X') appelé aussi la ligne de neutre. Une spire est constituée par l'association de deux conducteurs (A, B) et (A', B') . La force électromotrice aux bornes de la spire est $e = e_1 + e_2$

$$E = \frac{n}{2\pi a} p \Phi \Omega = K \Phi \Omega \text{ (Détaille dans l'annexe 1)}$$

II.2.2 Schémas électriques équivalents d'un moteur à courant continu

On appelle schéma électrique équivalent d'un circuit, un schéma permettant de rendre compte du comportement électrique de ce circuit à l'aide de générateurs et de composants simples. Pour permettre de comprendre le comportement électrique d'un moteur électrique à courant continu, les composants du moteur électrique sont modélisés électriquement par la figure 21 :

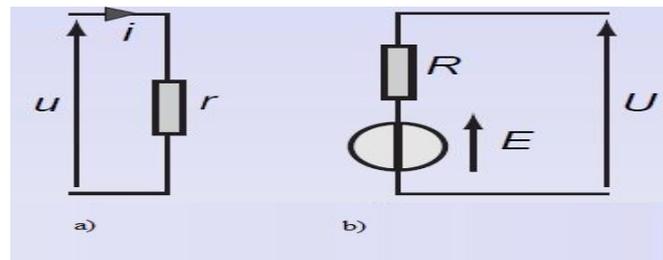


Figure 22: Schémas électriques équivalents d'un moteur à courant continu.

[cours1_machines_electriques.pdf]

Ces deux représentations indiquent en totalité les composants électriques du moteur à courant continu (figure22-a) et (figure22-b). D'un point de vue électrique le moteur est équivalent au schéma de la figure 22. De ce fait, on peut écrire la loi d'ohm électrique.

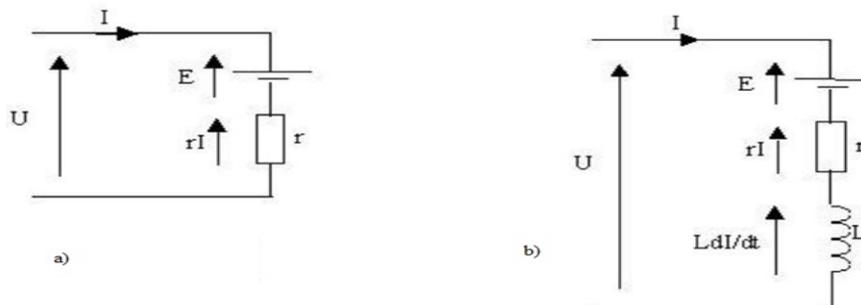


Figure 23: Modèle équivalent de l'induit en fonctionnement moteur a) Modélisation en régime permanent. b) Modélisation en régime transitoire.

(CPGE TSI) (Gaucheron, 2004)

Dans la figure 23-b : U est égale à $E + rI + L \frac{di}{dt}$. mais, en régime permanent le courant qui circule dans le moteur est constant donc la chute de tension aux bornes de l'inductance interne

du moteur est nulle donc $L \frac{di}{dt} = 0$. Ce qui veut dire que la loi d'ohm assignée au régime permanent est tout simplement :

$$U = E + rI.$$

Dans cette expression la résistance des matériaux ferromagnétiques de la machine est supposée linéaire (pas de saturation). Donc, la résistance totale (câble, balais, lame de collecteur et enroulement d'induit) est représentée comme un seul conducteur ohmique.

II.2.3 Couple électromagnétique et puissance électromagnétique du mcc

(CPGE TSI)

Si l'induit présente une f.é.m. E et s'il est parcouru par le courant I , il reçoit une puissance électromagnétique. Cette puissance électromagnétique donne naissance à un couple électromagnétique, il y a donc une relation entre ces deux grandeurs. Pour parvenir à établir l'expression du couple et la relation entre ces deux grandeurs, on va partir du travail de force électromagnétique. En effet, pour n conducteurs actifs de l'induit on a $W = nI\Phi$. De cette expression du travail, on peut exprimer la puissance électromagnétique du moteur en fonction du nombre de tours par seconde.

$$P_{em} = nI\Phi t$$

et comme $t = \frac{1}{N}$, on peut écrire $P_{em} = nI\Phi N$ on aperçoit dans cette expression la f.é.m.

$$P_{em} = EI$$

D'après le principe de conservation de l'énergie, cette puissance est égale à la puissance développée par le couple électromagnétique :

$$P_{em} = EI = C_{em}\Omega$$

On en déduit de cette relation l'expression de la couple :

$$C_{em} = \frac{n}{2\pi a} p\Phi I$$

II.2.4 Conséquences pour la variation de vitesse en régime établi

La vitesse de rotation s'exprime :

$$\Omega = \frac{U - RI}{K\Phi}$$

Visiblement dans cette formule, on peut agir sur deux grandeurs afin de varier la vitesse Ω d'un moteur à courant continu. La tension U aux bornes de l'induit, en supposant la charge constante, le terme RI ne change pas, varie, donc la vitesse de rotation varie aussi. La puissance varie, mais le couple reste constant. On dit alors que l'on fait de la variation de vitesse à couple constant. En vertu de la relation qui donne l'expression de Ω , le moteur accélère lorsque le flux d'excitation F diminue, mais le couple diminue. On dit alors que l'on fait de la variation de vitesse à puissance constante.

III BILAN ÉNERGÉTIQUE DANS UN MOTEUR ÉLECTRIQUE À COURANT CONTINU

[Explication sur l'électricité et l'énergie - Solutions Energies.html](#)

Un système possède de l'énergie s'il est capable de fournir du travail mécanique ou son équivalent. Un moteur électrique exerce des forces qui peuvent déplacer des objets : il fournit du travail mécanique donc il possède de l'énergie. Cette énergie provient du générateur qui fait circuler le courant c'est-à-dire qui met en mouvement les charges électriques par sa force électromotrice. Puis, le moteur la transforme en énergie mécanique. Avant de voir l'équation qui traduit cette transformation d'énergie, nous allons nous intéresser à l'expression de l'énergie électrique reçue par le moteur.

III.1 Énergie électrique reçue par le moteur

(Jean, 2005)

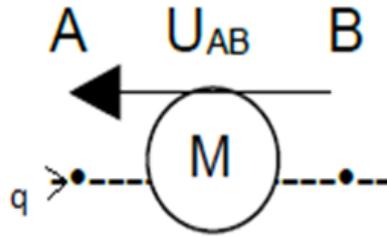


Figure 24 Convention récepteur du moteur électrique.

L'énergie électrique est l'énergie potentielle électrique échangée entre les charges et les générateurs ou récepteur qu'elle traverse. Considérons une charge $q > 0$ traversant le moteur dans les bornes A vers B (figure 24). Les deux bornes possèdent chacune une énergie potentielle électrique, dont l'expression est qV : Donc, l'énergie électrique reçue par le moteur vaut :

$$E_{el} = q(V_A - V_B) = IU_{AB}\Delta t$$

III.1.1 Caractéristique intensité-tension du moteur électrique

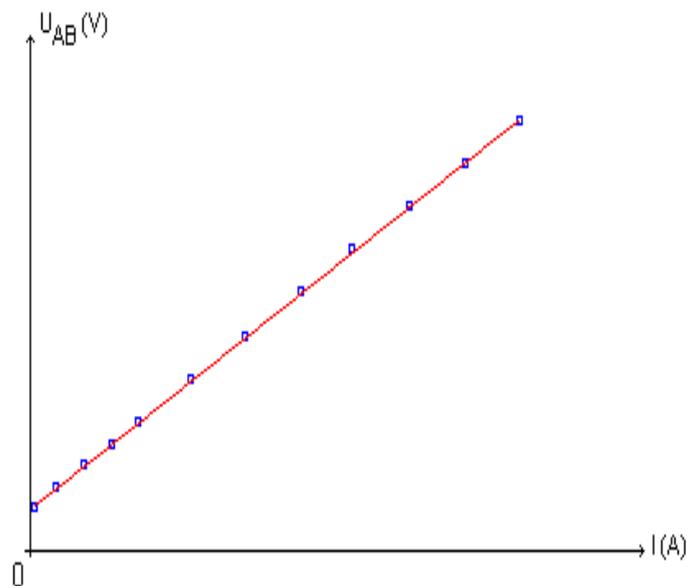


Figure 25 Courbe de U en fonction de I pour un récepteur actif.

Récepteurs et générateurs électriques

(<http://www.web-sciences.com/fiches1s/fiche21/fiche21b.php>)

Le moteur est un appareil électrique caractérisé par deux grandeurs E' et r' . En mesurant pour différentes intensités de courant I , la tension U aux bornes du moteur en question, on obtient la courbe intensité-tension caractéristique du moteur électrique. Cette courbe joue un rôle important pour l'étude énergétique du moteur électrique, d'ailleurs, on a vu que l'énergie électrique est fonction de ces deux grandeurs tension et intensité.

À partir de cette droite, on obtient une équation qui traduit la loi d'ohm dans le moteur. Le coefficient directeur n'est autre que la résistance r' . Cette courbe est caractéristique des récepteurs actifs qui ne transforment pas toute son énergie en énergie thermique. Alors, nous allons voir la transformation énergétique.

$$U_{AB} = E + r'I$$

Si $U < E$ alors le moteur ne fournit pas de puissance mécanique (il ne tourne pas ! et $E = 0$). Le moteur se comporte alors comme un résistor de résistance r puisque $U = rI$ l'intensité I devient alors très élevée, et le moteur risque d'être détérioré.

III.1.2 Conversion de l'énergie électrique reçue par le moteur

[Explication sur l'électricité et l'énergie - Solutions Energies.htm cours-MCC.pdf](#)

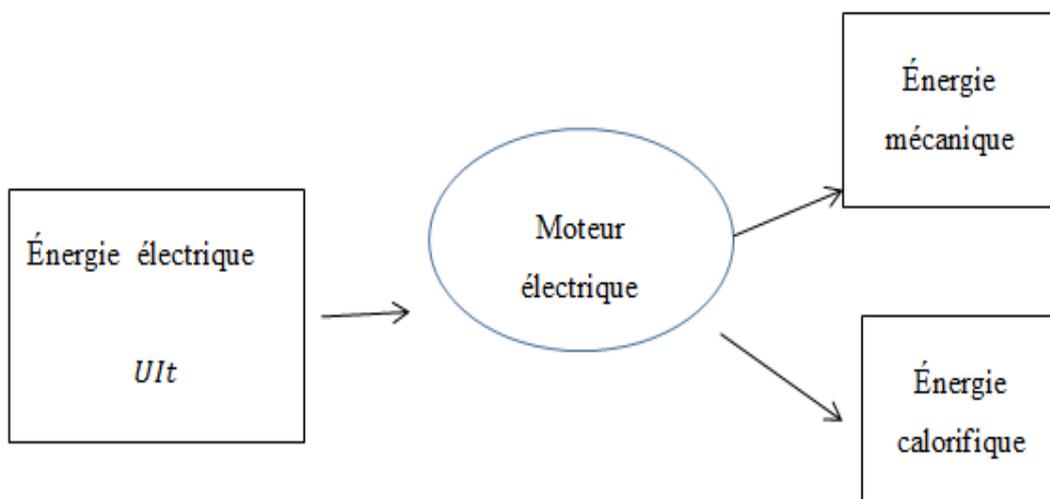


Figure 26: conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique .

(Claude R. J., 2003)

Compte tenu du principe de la conservation de l'énergie, l'énergie ne se perd pas au cours d'une transformation. Elle se conserve. Le moteur reçoit de l'énergie électrique du générateur et cède de l'énergie mécanique et de l'énergie thermique. L'expression de ces deux types d'énergie est obtenue en remplaçant la valeur de U_{AB} , dans l'expression de l'énergie électrique précédente.

On obtient la somme deux termes : $EI\Delta t$ et $r'I^2\Delta t$. En fait, la quantité d'énergie $EI\Delta t$ se répartie en travail utile W_u , récupéré sur l'axe du moteur pour entraîner un objet, et en énergie perdue W_{pertes} due aux pertes énergétiques autres que l'effet Joule (frottements mécaniques, phénomènes électromagnétiques). le terme $r'I^2\Delta t$ représente l'énergie dissipée par effet joule sous forme de chaleur ou de rayonnement.

$$EI\Delta t = W_{pertes} + W_{utiles}$$

[4] Un autre organigramme nous permet de voir plus clair et plus détailler le bilan. L'expression EI représente la puissance qui disparaît de la forme électrique pour réapparaître sous la forme mécanique et représente l'échauffement par pertes Joule de l'induit et des balais.

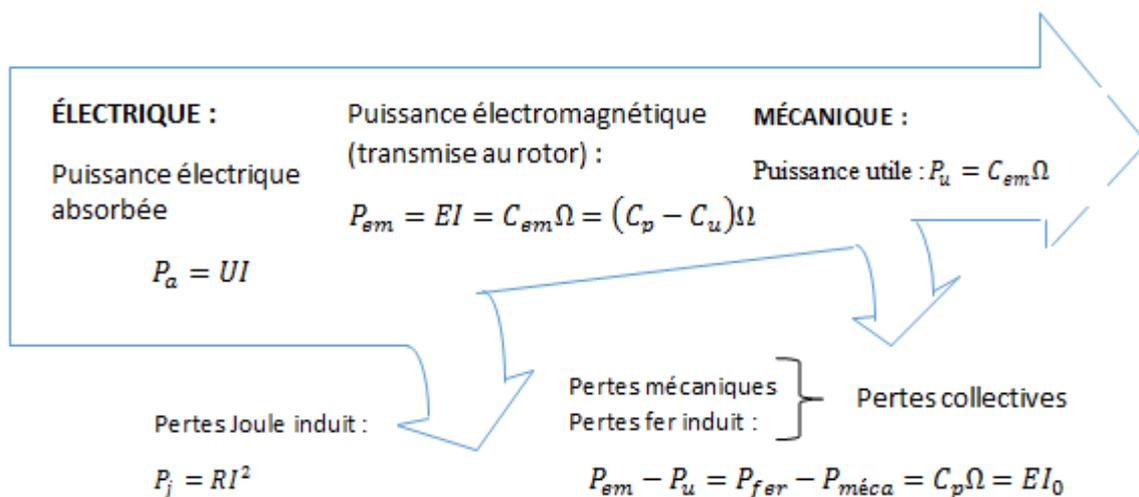


Figure 27: Bilan de puissance.

Le moteur électrique est un convertisseur électromécanique, capable de transformer une puissance électrique en puissance mécanique disponible sous forme d'un couple et d'une vitesse de rotation. La puissance absorbée P_a est donc électrique tandis que la puissance utile est mécanique. Comme le montre la figure 27, au cours de la transformation, le système subit des

perdes. Elles sont dues aux phénomènes d'hystérésis et de courants de Foucault dans la masse du circuit ferromagnétique de l'induit.

III.2 Rendement

Le rendement d'un récepteur noté η est défini comme le rapport de la puissance utile par la puissance électrique reçue par le récepteur, soit :

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{électrique}}} = \frac{EI}{EI + RI^2}$$

Le rendement est sans unité et s'exprime généralement en pourcentage. La puissance utile pour celle du moteur électrique correspond à la puissance mécanique du moteur. Du fait de ces différentes pertes, le rendement d'une machine à courant continu varie entre 80 et 95 %. Alors, pour obtenir un meilleur rendement, il faut minimiser toutes les puissances perdues dans la machine telle que les pertes Joule de l'inducteur, les pertes Joule de l'induit, ainsi que les pertes mécaniques dues aux frottements, vibrations, ventilation et les pertes fer dû aux matériaux ferromagnétiques qui composent la machine. Il faut donc éviter l'échauffement par ventilation du bobinage de l'induit ou de l'inducteur, puis utiliser de roulements et de lubrifiants pour réduire les frottements des diverses pièces en mouvement.

DEUXIÈME PARTIE : ÉLABORATION DU DIDACTICIEL

IV ÉLABORATION DU DIDACTICIEL

IV.1 PRÉSENTATION DES LOGICIELS UTILISÉS POUR LA CONCEPTION DU DIDACTICIEL

Le didacticiel a été conçu avec trois logiciels contenant des langages spécifiques qu'on a efforcé d'apprendre en effectuant des lectures des cours en lignes et des tutoriels pendant toute la conception du didacticiel. Nous avons passé surtout beaucoup de temps à l'apprentissage de Dreamweaver et à la compréhension de ces multiples fenêtres en partant de zéro. La durée de cet apprentissage est de un mois et demi.

IV.1.1 MACROMÉDIA FLASH8

Le logiciel Macromedia Flash8 est une plate-forme multimédia utilisée pour ajouter l'animation, la vidéo et l'interactivité le plus souvent à des pages Web. Il manipule des vecteurs et des images tramées pour fournir des animations de texte, de dessins et d'images fixes. Il prend en charge le streaming audio et vidéo, il peut aussi capturer des entrées utilisateurs via la souris. De plus, Flash contient un langage orienté objet, appelé Action script. Ce code est rédigé pour contrôler le comportement des éléments de média. Un exemple de conception d'animation avec Macromedia flash 8 est proposé dans annexe 3.

IV.1.2 MACROMÉDIA DREAMWEAVER8

Macromedia Dreamweaver est un éditeur HTML professionnel qui permet de concevoir et de gérer visuellement des sites et des pages web. On peut choisir le contrôler manuel de codage HTML ou travailler dans un environnement d'édition visuel, Dreamweaver facilite la mise en œuvre et fournit les outils appropriés pour élargir notre expérience dans le domaine de la conception web. Dreamweaver inclut de nombreux outils et fonctions de codage : une référence HTML, CSS et JavaScript, un débogueur JavaScript et des éditeurs de code c'est-à-dire le mode Affichage de code et l'inspecteur de code qui nous permettent de modifier les documents JavaScript, XML et autres documents texte directement dans Dreamweaver. Nous pouvons, par ailleurs, paramétrer Dreamweaver pour qu'il nettoie et reformate le code HTML au moment voulu. Les fonctions d'édition visuelle de Dreamweaver nous permettent également d'enrichir rapidement la conception et les fonctionnalités de la page sans avoir à écrire une seule

ligne de code. Nous pouvons afficher tous les éléments ou actifs de notre document et les faire glisser directement d'un panneau. Avec Dreamweaver, on peut ajouter facilement des objets Flash créés directement dans Dreamweaver ou crée dans un projet flash.

IV.1.3 Audacity

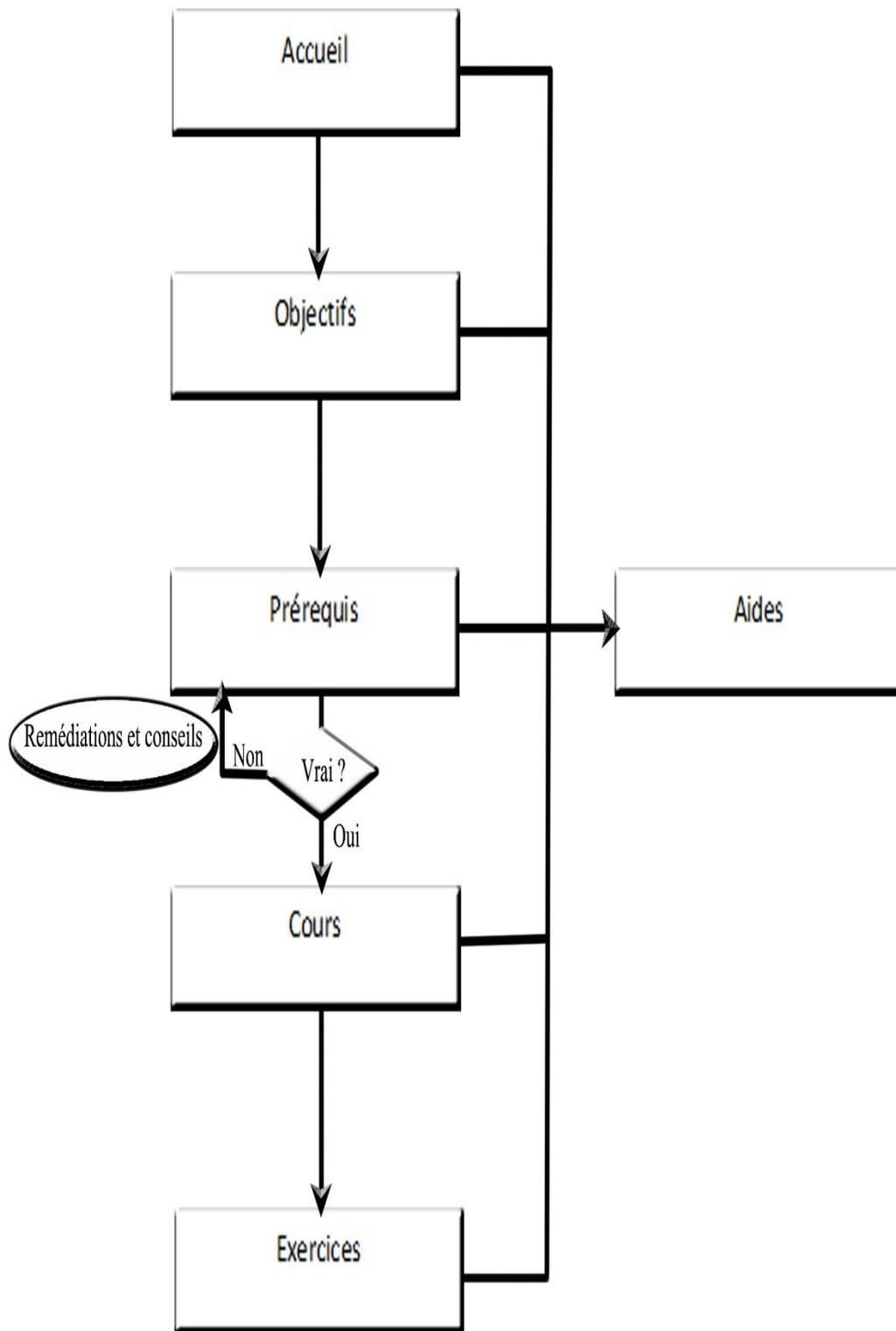
Audacity permet de faire des traitements de son, d'enregistrer du son numérique par le biais des entrées ligne/micro/cd des cartes sons. Il permet d'éditer (copier, coller, sectionner,...) les sons sur plusieurs pistes, et il est accompagné de divers filtres et effets : pitch, tempo, réduction de bruit, égaliseur, filtres de Fourier, augmentation de fréquences précises, compression, amplification, normalisation.

IV.2 PRÉSENTATION DU DIDACTICIEL

Le didacticiel que nous allons concevoir est à la fois; un tuteur intelligent, et exerciceur. Son élaboration répond à l'une des missions de l'université qui est notamment de faciliter le cheminement des étudiants des cycles secondaires. Par rapport aux autres supports de cours, l'avantage de ce présent didacticiel est de permettre de regrouper simultanément des informations textuelles et graphiques importants pour couper la monotonie d'une suite de textes. En effet, pendant toute la durée de la manipulation, l'élève écrit, mémorise, manipule, lit, écoute, calcul, découvre et interprète-les informations. D'ailleurs, ceci évite la monotonie et favorise le processus d'emmagasinage de la connaissance par l'alternance de passivité (écoute, lecture...) ou d'activité (exercice, discussion, travaux pratiques...). Des outils d'aide, de consigne et d'information supplémentaire sont ajoutés pour faciliter la tâche aux utilisateurs.

IV.2.1 Architecture du didacticiel

L'organigramme 1, nous donne un aperçu global du didacticiel à partir de la page d'accueil. Quand la page d'accueil est ouverte, le visiteur peut accéder directement dans les objectifs spécifiques qu'on doit atteindre à l'issue de l'utilisation du didacticiel. Un système de mot de passe bloque l'accès au prérequis si le visiteur tente de le lire sans passer à la page des objectifs. De la même façon, le code d'accès au cours est affiché à la fin du prérequis et quand le prérequis est terminé, le visiteur peut passer au cours. Dans le cas contraire, des conseils et des remédiations apparaissent sur l'écran.



Organigramme 1 : organigramme présentant l'architecture du didacticiel.

IV.2.2 Page d'accueil

MOTEUR

file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Terminale scientifique

Bonjour et bienvenue sur mon didacticiel cher apprenant et enseignant .

Ce didacticiel met à la disposition :

Des notions de cours portant sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique dans un moteur électrique à courant continu. exercices qui permettent à l'apprenant de s'autoévaluer, des vidéos et animations interactives qui vous permettent de découvrir, d'avoir une idée claire sur le processus de transformation énergétique dans le moteur électrique. Pour pouvoir travailler facilement sur cette outil, nous vous conseillons vivement de consulter l'aide en cliquant sur l'option aide dans le menu. Souhaitez-vous le visiter cliquez ici [objectifs spécifiques](#) pour tester vos connaissances avant d'entamer l'étude énergétique dans un moteur électrique en courant continu

[Accueil](#)

[pré-requis](#)

[cours](#)

[exercices](#)

[aide](#)

[objectifs pédagogiques](#)

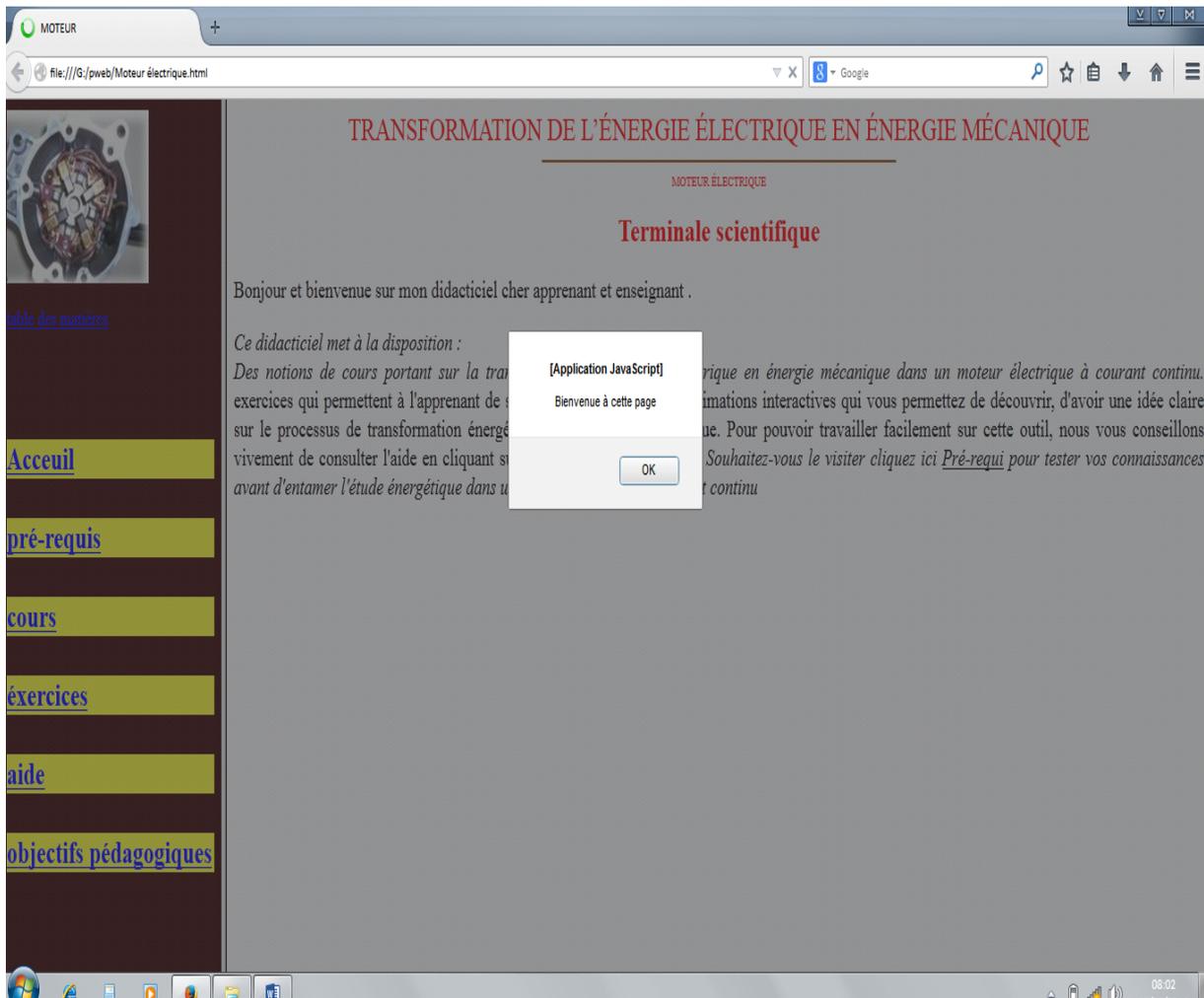
file:///G:/projet didacticiel/accueil.html

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie X

12:53
20/12/2016

La page d'accueil sert généralement, à donner des informations sur le contenu du didacticiel, c'est elle qui nous renseigne sur le but, le contenu, le thème et le public visé. On indique sur cette page la manière dont on doit procéder pour utiliser le didacticiel à des fins éducatives. Cette page de renseignement générale doit être donc claire, attrayante et compréhensible. Comme la montre la figure, à gauche de l'écran est disposée la table de matière généralisée. De cette manière, on peut voir rapidement les différents liens accessibles du didacticiel. La page à droite nous renseigne sur le titre, le public visé et un bref résumé sur le contenu du didacticiel. Pour craie plus d'interaction avec l'utilisateur, nous avons intégré des pages JavaScript. Ces pages vont nous servir de message d'instruction, ou tout simplement de décore interactif qui maintient l'attention des étudiants.



IV.2.3 Lancement du programme

Tout d'abord, on installe flash8, puis on met les dossiers contenant les fichiers sources et le dossier de la page web sur le bureau. Les dossiers sources qui stockent les différents éléments qui composent le didacticiel sont regroupés dans un dossier et placés au même endroit que celle du dossier contenant le didacticiel. Quand ces deux conditions sont réunies, il suffit de lancer le programme et tous les liens apparaîtront sur la page d'accueil et seront accessibles.

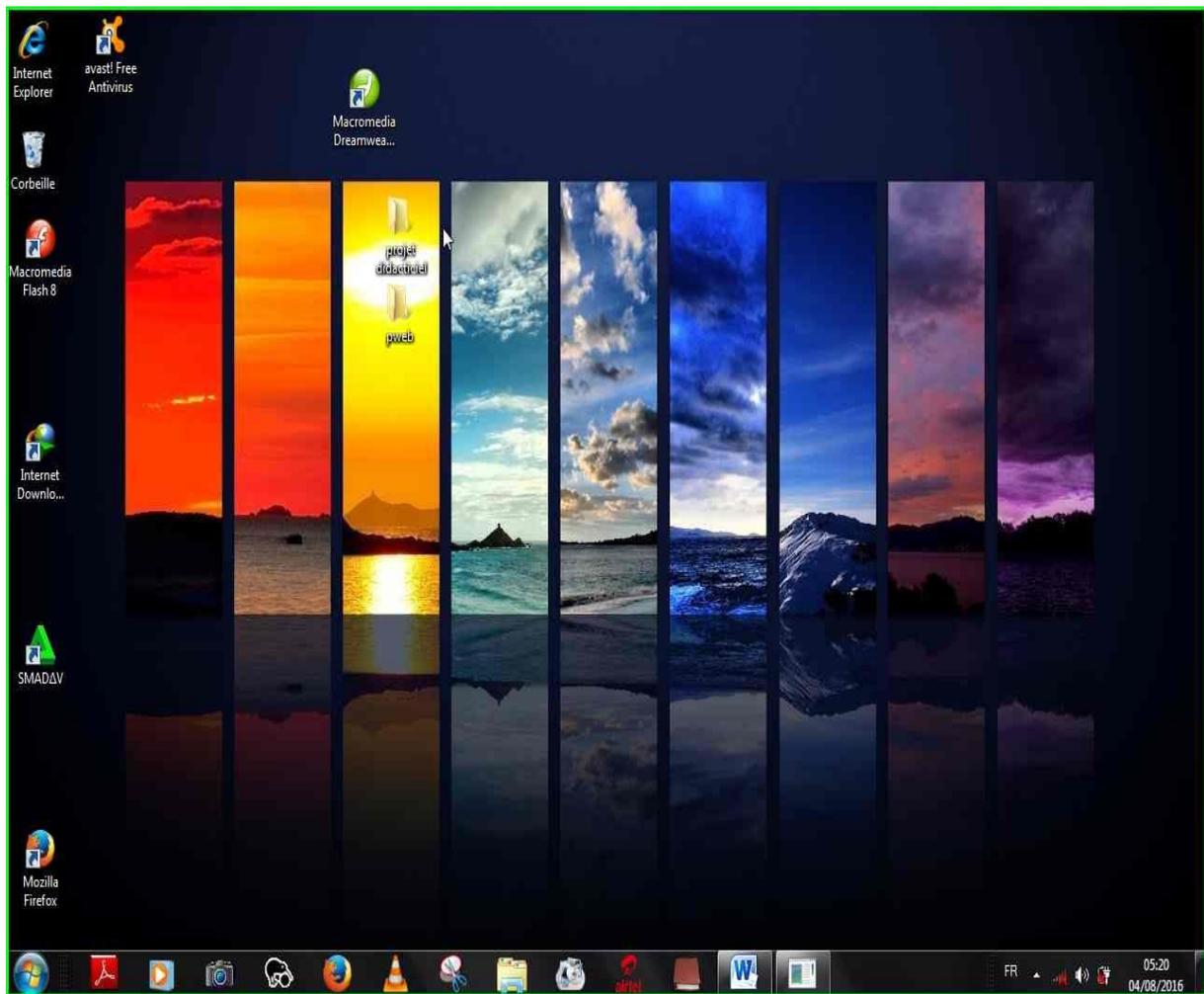


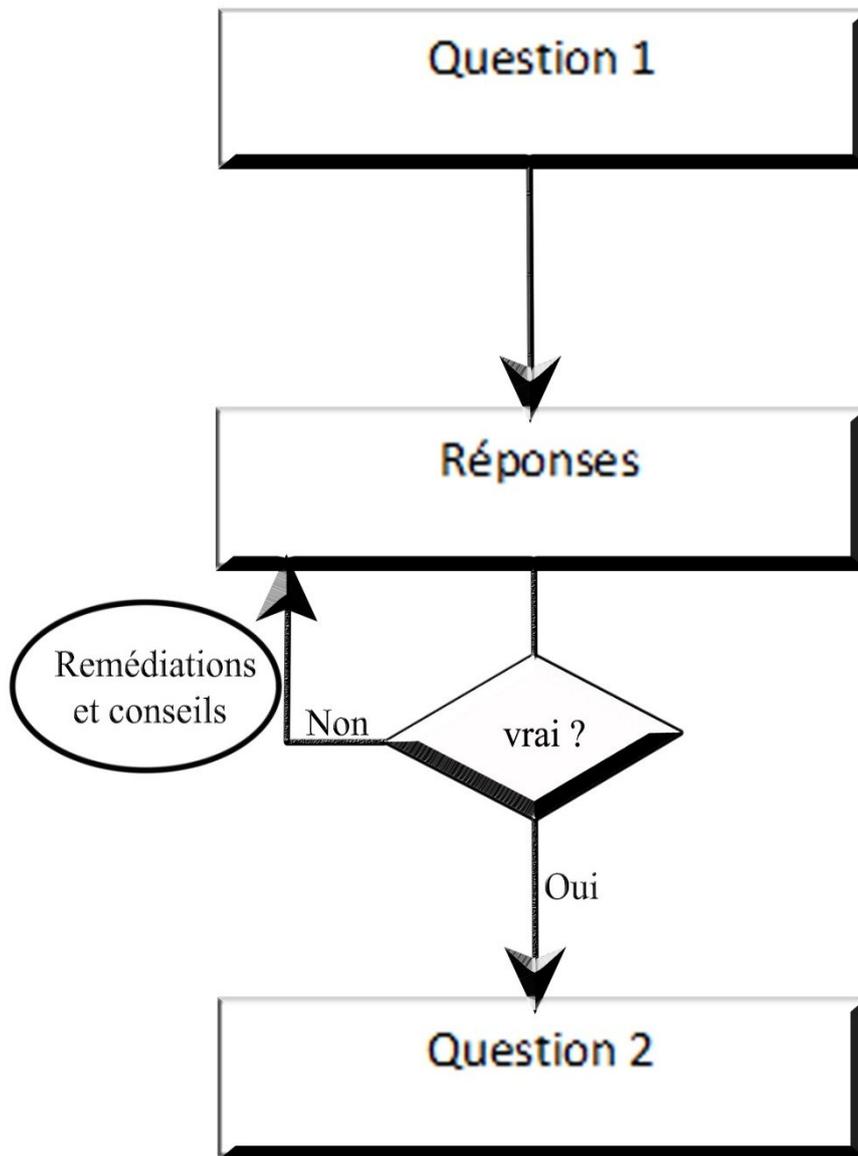
Figure 28 : Dossier contenant la page web du didacticiel.

IV.2.4 Le prérequis

Les prérequis sont, les connaissances et compétences que doivent maîtriser suffisamment et préalablement par un apprenant pour pouvoir commencer à étudier une nouvelle notion ou, acquérir de nouvelles compétences. Pour organiser le planning des activités sur le plan timing, et contrôle des tâches assignées aux élèves, on a programmé un compte à rebours qui commence dès que l'élève lance le coup d'envoi en cliquant sur le bouton commencer. En effet, le prérequis est prévu dans 30 minutes comptées à rebours à partir du clic du coup d'envoi. On a aussi programmé un compteur de clic, chaque clic est comptabilisé sur l'écran. De cette manière, le professeur peut contrôler le dynamisme des élèves pendant le déroulement de l'activité proposée.

Dans la transformation d'énergie électrique en énergie mécanique, on parle beaucoup de tension, d'intensité, de circuit électrique, de composant électrique, d'énergie. Si on se réfère aux programmes d'électricité de la classe seconde et première (annexe), on voit que ces termes ont été déjà abordés sur le chapitre du générateur récepteur. On va faire donc une évaluation diagnostique sur le générateur récepteur. Pour ce faire, on ne donne pas de note, mais des feedbacks et des remarques sur les points importants à retenir. Parfois le root est bloqué si l'élève n'a pas trouvé la bonne réponse, cet événement survient si le contenu est d'une

importance capitale pour la compréhension du cours. De cette façon l'élève peut faire appel au professeur qui va lui donner la réponse juste. Pour avoir une idée de ce qu'on vient de dire, raisonnant à partir du diagramme suivant :



Organigramme 2 : Blocage de la scène en prérequis.

Revenons au contenu du prérequis, on propose aux élèves des séries d'exercices, d'animation interactive qui se défilent d'étape en étape sur la scène. Pour commencer, nous allons faire des séries d'exercices sur les générateurs et récepteurs. L'élève est amené à remplir les cages vides

par les réponses aux questions. Puis on va demander aux élèves de trouver expérimentalement l'énergie et la puissance fournie par la lampe comme l'illustre.

The screenshot shows a web browser window displaying a page titled "Énergie électrique". The browser's address bar shows the file path "file:///G:/pweb/Moteur électrique.html". The page has a sidebar on the left with yellow buttons for "Accueil", "pré-requis", "cours", "exercices", "aide", and "objectifs pédagogiques". The main content area is green and contains the following elements:

- At the top right, there are statistics: "remarques" (empty), "temps" (1059), and "nombres de clique" (Vous avez cliqué fois).
- A paragraph: "En classe de première vous avez étudié le bilan énergétique dans un récepteur et générateur."
- Question 1: "1. Donner l'expression de l'énergie électrique et la puissance reçue par le dipôle AB." Below it, a text prompt: "Saisir la réponse ici, puis cliquer sur le bouton valider pour valider votre réponse:". There are two input fields: $E_{el} = \square \square t$ and $P_{el} = \square$.
- Question 2: "2. Compléter la conversion . 1watts-heures joule". Below it is a "valider" button.
- Question 3: "3. Trouver de manière expérimentale l'énergie consommée par la lampe." Below it, a text prompt: "Calibrer le multimètre sur 600V en courant continu." To the right is an illustration of a multimeter and a circuit diagram with a battery, a lamp, and connecting wires.
- An illustration of a teacher character with a speech bubble is positioned between the first and second questions.

The browser's status bar at the bottom shows the time "06:46" and the date "21/12/2016".

Lorsque l'élève trouve les réponses exactes tout en remplissant les cages vides, il peut aborder le TP cours sous la question écrite en jaune pour indiquer aux élèves la première action à faire.

Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

remarques temps nombres de clique

Mesurer une tension continue

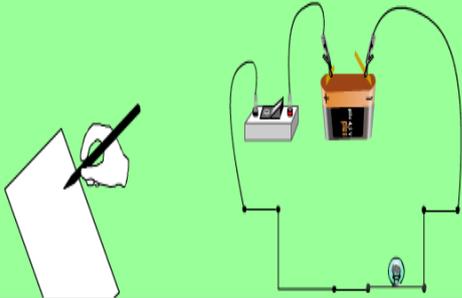
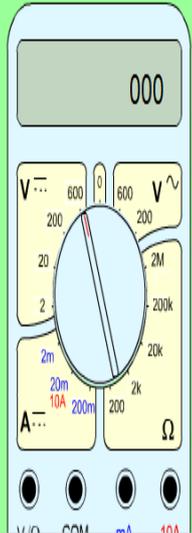
994 Vous avez cliqué 1 fois

Allumer la lampe et mesurer la tension aux bornes (600V est le plus grand calibre. Si on ne connaît pas la tension, on commence par cette valeur)

Ecrire la mesure que vous avez trouvé aux bornes de la lampe:

valeur de la tension:

valider

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

06:47 21/12/2016

Usina quit explicaton-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

remarques

temps 935

nombres de clique Vous avez cliqué fois

Mesurer une tension continue

Allumer la lampe et mesurer la tension aux bornes (600V est le plus grand calibre. Si on ne connaît pas la tension, on commence par cette valeur)

Ecrire la mesure que vous avez trouvé aux bornes de la lampe:

valeur de la tension:

valider

Dans cet exemple, on apprend que la tension aux bornes de la lampe est d'ordre de 4V. On apprend que le meilleur choix de calibre est 20 V

004

V... 600 200 20 2 2m 20m 10A 200m 200k 20k 2k 200 Ω

A... 200 200

06:40 21/12/2015

Dans la figure qui illustre la simulation de la mesure de la tension, on voit apparaître l'indication qui guide l'élève à trouver le bon calibre. Quand l'élève tombe sur le bon calibre, il peut écrire la valeur trouvée et valider si la réponse est juste, un feedback apparaît sur le champ de texte dynamique suivi de la prochaine étape à suivre. Maintenant, on va mesurer l'intensité. On indique à l'élève de pointer le curseur sur la borne de connexion appropriée. S'il tombe sur les bornes appropriées, il peut effectuer la mesure. Dans le cas contraire, le bouton interrupteur est invalide et la lampe ne s'allume pas. Tant que la lampe ne s'allume pas, aucune mesure ne peut être effectuée alors que pour passer à l'autre question, il faut que l'élève possède la réponse correcte.

Usina quit explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

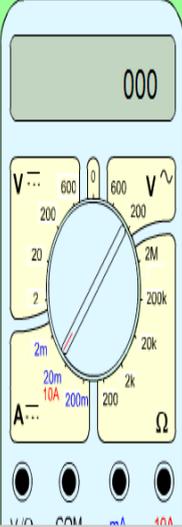
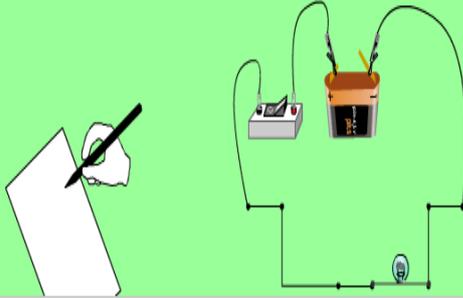
file:///G:/pweb/Moteur électrique.html Google

remarques 845 nombres de clique Vous avez cliquéfois

Mesurer l'intensité en courant continu

2 Mesurer l'intensité de la lampe
(pointer le curseur sur l'endroit où il faut brancher le fil aux bornes de connexion)

valeur de l'intensité:



Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie X

06:49

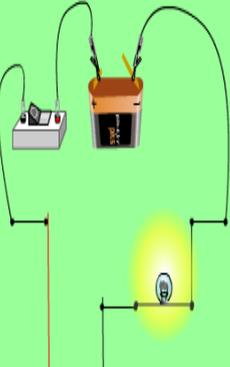
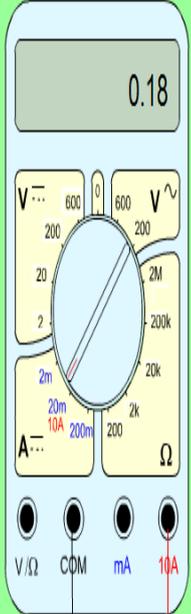
Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Mesurer l'intensité en courant continu

2 Mesurer l'intensité de la lampe
(pointer le curseur sur l'endroit où il faut brancher le fil aux bornes de connexion)

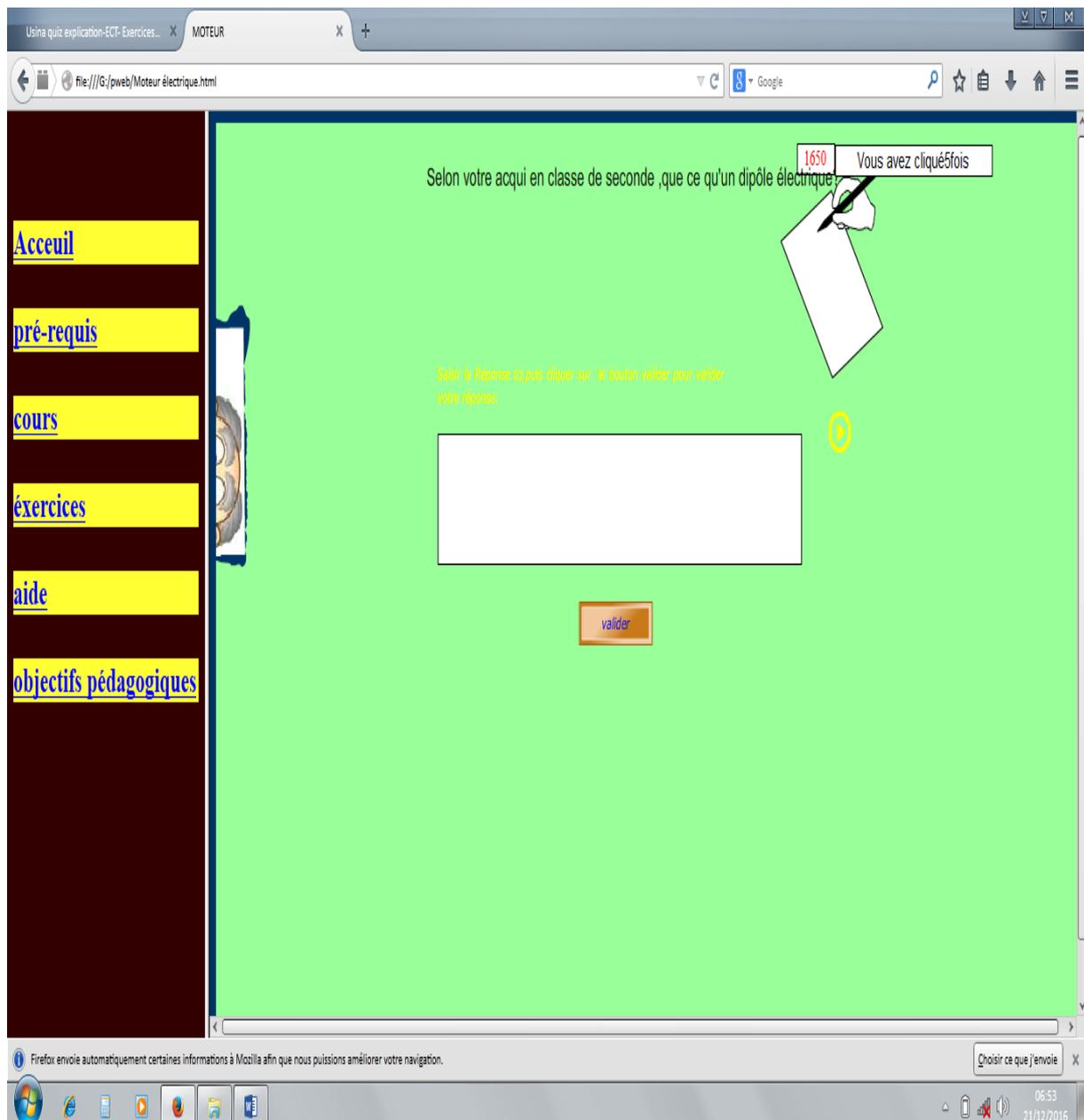
valeur de l'intensité:



Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

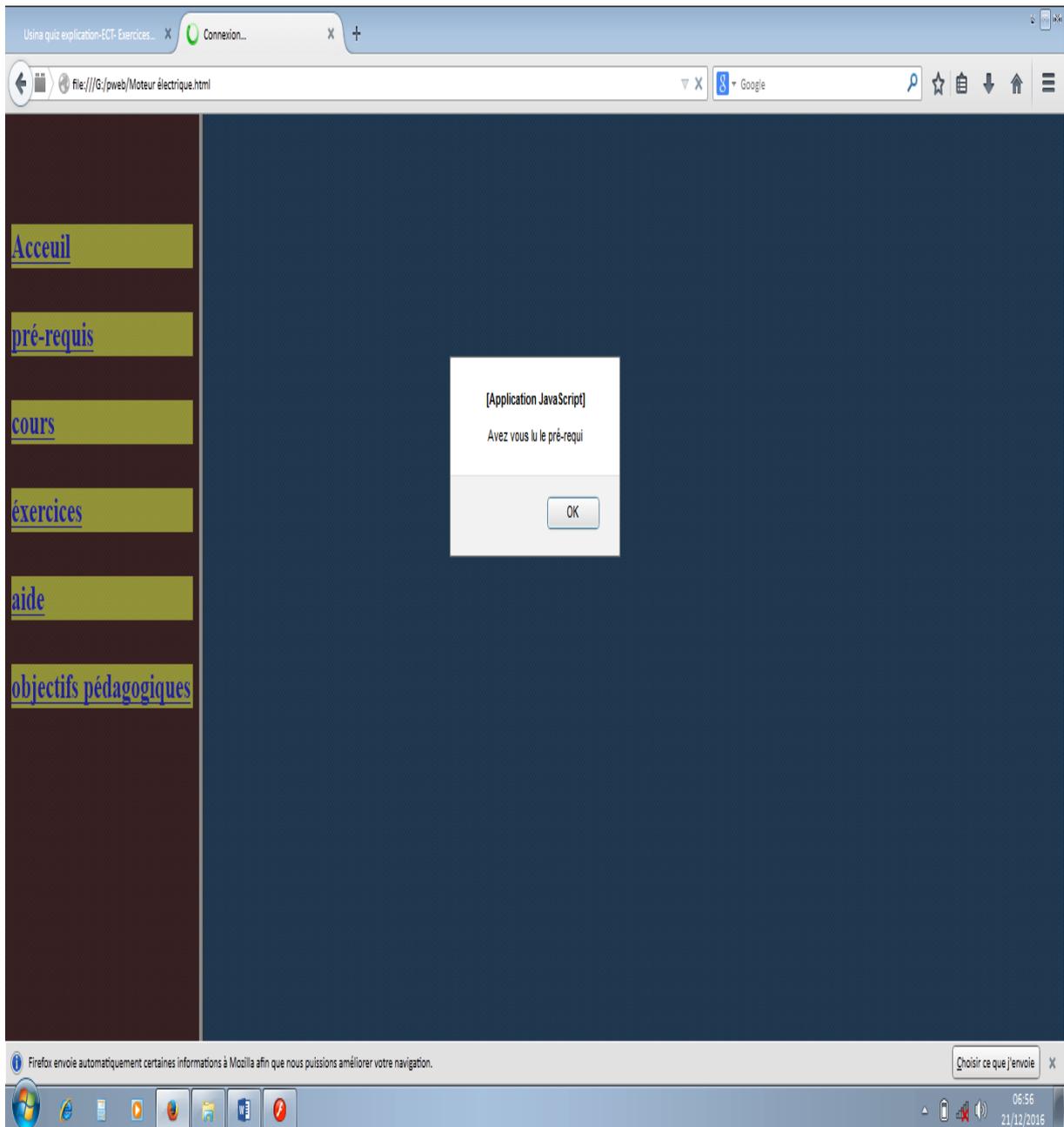
Choisir ce que j'envoie X

05:51
21/12/2016



Le prérequis est un test de diagnostic de 30 minutes. Pendant cet intervalle de temps, une série de tests de diagnostic défile sur l'écran. L'élève doit effectuer le test en fonction de ses connaissances. Dès que l'élève lance le coup d'envoi, un compte à rebours de 30 minutes commence. Si la réponse est juste, un feed-back positif apparaît sur l'écran. Dans le cas contraire, la réponse juste s'affiche sur l'écran et l'élève peut prendre des notes. Pour contrôler l'élève pendant le test, nous avons intégré un compteur de clic, c'est-à-dire qu'à chaque fois que l'élève clique sur le bouton valider, le nombre de clics s'affiche automatiquement.

Le prérequis est une étape cruciale dans le processus d'enseignement. Il regroupe les connaissances minimales, que les apprentis doivent avoir pour aborder le thème de travail, donc c'est une étape obligatoire pour chaque apprenant.



IV.3 Page du cours

Sur la scène on a trois textes de saisi et deux boutons de validation. De cette façon, l'élève ne pourra accéder au contenu qu'à partir du moment où il aura saisi le bon mot de passe fournit par le professeur. Le centre de commande est protégé par un mot de passe, l'enseignant peut en accédant dans le centre de commande verrouillé des boutons.

MOTEUR

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Le moteur électrique à courant continu sert à transformer l'énergie électrique en énergie mécanique. Son principe de fonctionnement est basé sur la notion de magnétisme et d'électricité. Pour relier la théorie et le cours nous allons faire des TP.

Élèves

Professeur:
(Accès aux centres de commande)

centre de commande

Validez remplir les cages puis, cliquez sur le bouton valider pour accéder au didacticiel.

table des matières

Accueil

pré-requis

cours

exercices

aide

objectifs pédagogiques

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

12:08 20/12/2016

V CONTENU DU COURS ET SIMULATIONS

V.1 Bilan énergétique sur dans le moteur électrique

On commence par un travail pratique qui a pour but de faire le bilan énergétique dans le moteur. Les buts la manipulation, les matériels utilisés et le montage que devra effectuer l'élève est indiqué sur cette page.

MOTEUR

file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Bilan énergétique dans un moteur à courant continu

menu

Buts de la manipulation:

- Établir la loi d'ohm dans un moteur électrique à courant continu
- Faire le bilan énergétique dans un moteur électrique

Matériels utilisés:

- Un moteur électrique à courant continu
- Un générateur à tension réglable
- 2 multimètres

Montage 1 :

Câblons le moteur à étudier, en série avec un ampèremètre, un interrupteur et un générateur de tension réglable. Un voltmètre indique la tension U aux bornes du moteur et branché en dérivation. En mesurant pour différentes intensités de courant I à travers un moteur électrique la tension U aux bornes du moteur.

Prérequis

Vous avez cliqué 8 fois

Générateur à tension variable

Moteur électrique

U

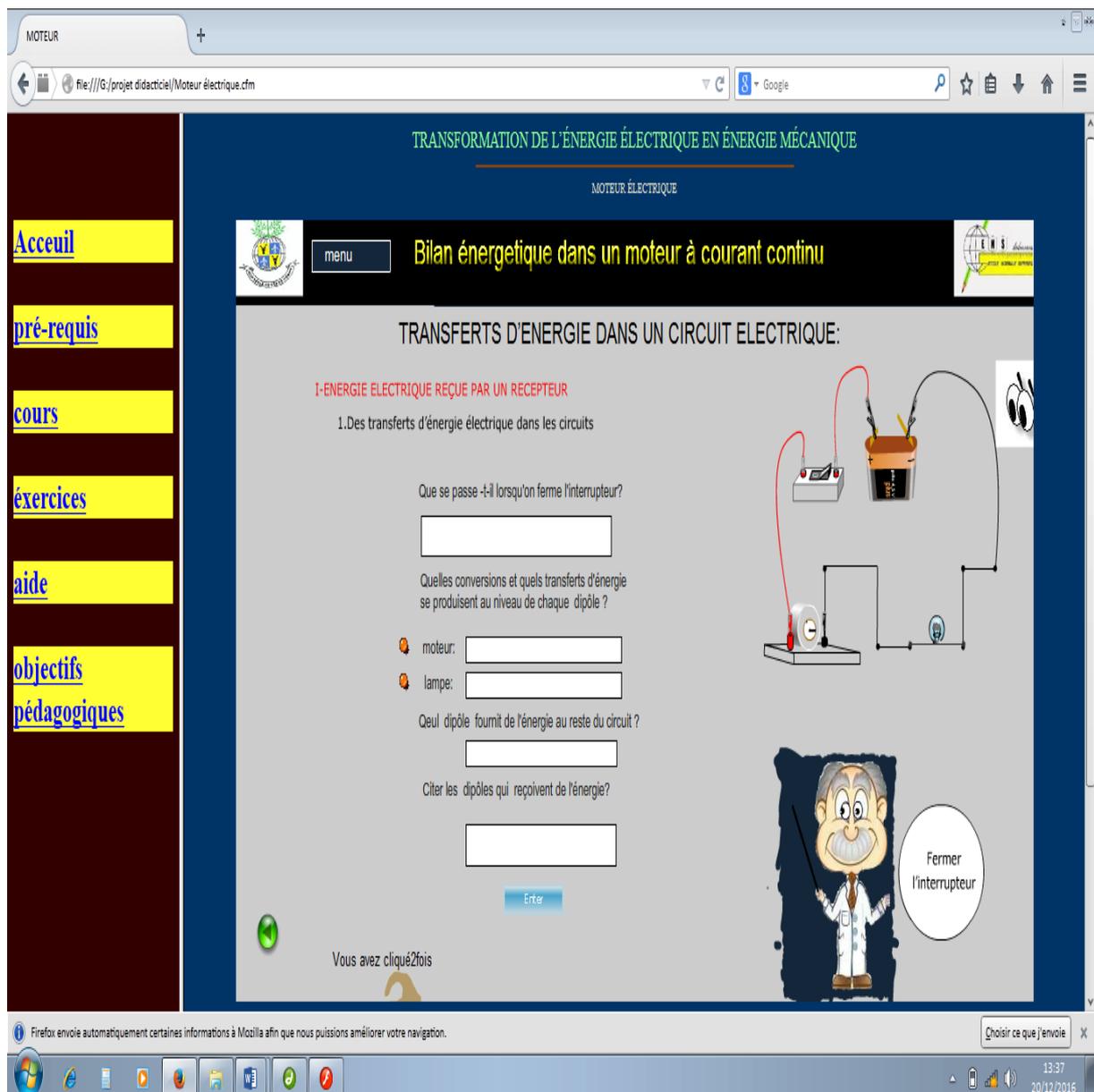
I

V

A

V.1.1 Transfert d'énergie dans un circuit simple

Dans cette page, on invite l'élève à interpréter la simulation du dispositif qui met en évidence le transfert d'énergie dans un circuit. Ils doivent remplir les cages de textes de saisi vide par leur propositions de réponse puis valider leur réponse en appuyant sur le bouton de validation. En cas de réponse fausse, la réponse s'affiche sur la scène dans un nouvel onglet. Le bouton  ne s'affiche pas que lorsque le bouton de sorti de l'onglet affichant la correction soit appuyé.



MOTEUR

file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

menu

Bilan énergétique dans un moteur à courant continu

TRANSFERTS D'ÉNERGIE DANS UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE:

1-ÉNERGIE ÉLECTRIQUE REÇUE PAR UN RECEPTEUR

1.Des transferts d'énergie électrique dans les circuits

Que se passe-t-il lorsqu'on ferme l'interrupteur?

Quelles conversions et quels transferts d'énergie se produisent au niveau de chaque dipôle ?

moteur:

lampe:

Quel dipôle fournit de l'énergie au reste du circuit ?

Citer les dipôles qui reçoivent de l'énergie?

Enter

Vous avez cliqué2fois

Fermer l'interrupteur

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

13:37 20/12/2015

V.1.2 Manipulation du multimètre

Comme le multimètre est un appareil sensible aux fausses manipulations, on va tester l'élève s'il est capable de brancher les fils conducteurs aux bornes de connexions des deux multimètres. Il doit mettre les fils dans les bornes qui conviennent pour la mesure et les Croix-Rouge sur les bornes qui ne conviennent pas. S'il réussit le teste, le bouton qui indique la page suivante sera activé un feedback positif apparaît sur la scène. Dans le cas contraire, le bouton reste verrouillé.

MOTEUR

file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

menu

Bilan énergétique dans un moteur à courant continu

On veut mesurer une tension de 0 à 12 V et une intensité de 5A aux maximaux

Calibres des appareils de mesure : Voltmètre = 20 V et Ampèremètre = 10 A

Prérequis

Déplacer le fil de connexion aux bornes aux multimètre

Vérification

Vous avez cliqué 5 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

13:49
20/12/2016

Quand le test est réussi, le bouton est déverrouillé et on passe à l'animation suivante.

MOTEUR

File:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Accueil

pré-requis

cours

exercices

aide

objectifs pédagogiques

menu

Bilan énergétique dans un moteur à courant continu

On veut mesurer une tension de 0 à 12 V et une intensité de 5A aux maximaux
Calibres des appareils de mesure : Voltmètre = 20 V et Ampèremètre = 10 A)

Prérequis

BRAVO, toutes vos réponses sont correctes !

Déplacer le fil de connexion aux bornes aux multimètre

Vérification

Vous avez cliqué 14 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

13:48
20/12/2016

V.1.3 Bilan énergétique dans le moteur électrique

Maintenant, on propose aux élèves de tracer la caractéristique intensité-tension du moteur. Pour se faire, l'élève doit appuyer sur l'interrupteur et faire varier la tension. Au moment où l'élève appuie sur l'interrupteur, un tableau apparaît sur la scène et ce tableau contient des cages vides qui correspondront à l'intensité relative à chaque valeur de la tension. Les données recueillies sur le tableau vont permettre de tracer le graphe en appuyant sur le bouton tracer la courbe.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm'. The main content area has a dark blue header with the text 'TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE' and 'MOTEUR ÉLECTRIQUE'. Below this is a simulation of an electrical circuit. On the left, a multimeter displays '3.00'. In the center, another multimeter displays '0.00'. To the right, there is a variable power supply unit with a dial and a switch. A motor is connected to the circuit. A 'menu' button is located in the top left of the simulation area. A notepad icon with a pen is on the right, with a yellow button labeled 'tracer la courbe' next to it. A sidebar on the left side of the browser contains several yellow buttons with blue text: 'Accueil', 'pré-requis', 'cours', 'exercices', 'aide', 'objectifs', and 'pédagogiques'. At the bottom of the simulation area, the text 'Vous avez cliqué 7 fois' is visible. The browser's status bar at the very bottom shows a Firefox notification: 'Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.' and a 'Choisir ce que j'envoie' button.

Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur_electrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

[Accueil](#)

[pré-requis](#)

[cours](#)

[exercices](#)

[aide](#)

[objectifs pédagogiques](#)

menu

tracer la courbe

Cliquer ici pour varier la tension.

5.00

6.00

8.00

10.00

12.00

Remplir le tableau suivant :

U(V)	3.00	4.50	5.00	6.00	8.00	10.00	12.00
I(A)	<input type="text"/>						

Vous avez cliqué 9 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

06:59 21/12/2015

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Remplir le tableau suivant :

U(V)	3.00	4.50	5.00	6.00	8.00	10.00	12.00
I(A)	<input type="text"/>						

Vous avez cliqué 10 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie

07:33
21/12/2015

Quand les points sont placés sur les coordonnées respectives, on obtient une courbe qui traduit les caractéristiques intensité-tension du moteur. Maintenant, dans la page suivante on a mis une série de questions qui a pour but de guider l'élève afin de dégager une interprétation de la courbe obtenue.

MOTEUR

file:///G:/projet didacticiel/Moteur électrique.cfm

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE




La représentation de $U = f(I)$ est

A l'aide du graphique :

Déterminer la f.é.m du récepteur : $E =$

Déterminer la résistance interne du récepteur : $r =$

Compléter l'expression littérale suivant pour le moteur: $U =$ $I +$

En déduire : Bilan énergétique: $U_{AB} I \Delta t =$ $\Delta t +$ Δt Appuyez ici pour valider votre réponse

Quelle est la signification de chaque terme ? valider

$U_{AB} \Delta t$ représente l'énergie électrique W_e reçue par le dipôle AB

est l'énergie Joule W_J dissipée par le récepteur

Δt est l'énergie pouvant être convertie en partie en énergie mécanique W_u (moteur)

Exprimer le Rendement: $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} = \frac{\quad}{\quad + \quad}$

Vous avez cliqué 10 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie X

14:41
20/12/2016

Usina quit explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

faul,chercher encore

Vos réponses
corrections

La représentation de $U = f(I)$ est une droite croissante

A l'aide du graphique :

Déterminer la f.é.m du récepteur : $E =$ 3V

Déterminer la résistance interne du récepteur : $r =$ 2.5A

Compléter l'expression littérale suivant pour le moteur : $U =$ $I +$ $U=rI+E$

En déduire : Balan énergétique $U_{AB} \Delta t =$ $\Delta t +$ Δt $EI+rI^2$

Quelle est la signification de chaque terme ?

$U_{AB} \Delta t$: représente l'énergie électrique W_e reçue par le dipôle AB rI^2

est l'énergie Joule W_J dissipée par le récepteur

EI Δt est l'énergie pouvant être convertie en partie en énergie mécanique W_u (moteur)

Exprimer le Rendement: $P_{\text{utile}} =$ EI

$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} = \frac{\text{}}{\text{ + }}$ $EI+rI^2$

Vous avez cliqué 13 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie

07:05 21/12/2015

V.1.4 Schéma équivalent du moteur

Après l'étude énergétique du moteur, on fait remarquer aux élèves que le moteur peut être schématisé électriquement.

Dans cette partie, on insiste sur l'étude approfondie des phénomènes électriques et électromagnétiques qui régissent dans le moteur afin d'obtenir le mouvement. Sur l'animation illustrée sur la figure ci-dessous, on fait la description du composant de base du moteur électrique. Les boutons servent respectivement à visualiser l'animation en fonction de l'état de l'interrupteur, voire l'onglet qui explique chaque composant du moteur.

Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

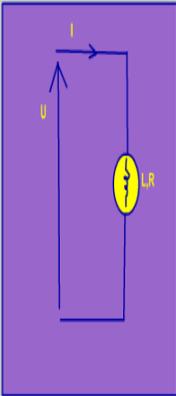
TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Schémas électriques équivalents d'un moteur à courant continu

L'induit est constitué d'inducteurs bobinés

Modèle équivalent de l'induit



Vous avez cliqué 15 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que l'envoie

07:07
21/12/2016

Usina quiz explication-ECT- Exercices... X MOTEUR X +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE



Approfondissements



[Accueil](#)

[pré-requis](#)

[cours](#)

[exercices](#)

[aide](#)

[objectifs pédagogiques](#)

Le moteur à courant continu est un appareil qui transforme l'énergie électrique(courant électrique) en énergie mécanique(mouvement de rotation).

I.1 constituions:

Si on regarde à l'intérieur du moteur, on distingue:

- le stator : partie fixe, statique
- le rotor : élément entrant en rotation

La loi de LAPLACE:

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminée par la règle des trois doigts de la main droite.

Vous avez cliqué 16 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie X

07:10
21/12/2016

Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE



Approfondissements



[Accueil](#)

[pré-requis](#)

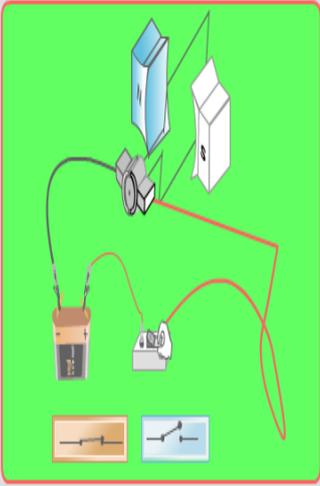
[cours](#)

[exercices](#)

[aide](#)

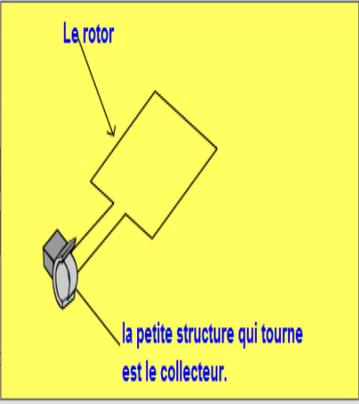
[objectifs pédagogiques](#)

Le moteur à courant continu est un appareil qui transforme l'énergie électrique(courant électrique) en énergie mécanique(mouvement de rotation).



I.1

Le rotor



la petite structure qui tourne est le collecteur.

sortir

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminée par la règle des trois doigts de la main droite.

Vous avez cliqué 20 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

07:12
21/12/2016

MOTEUR

file:///D:/Memoire/corps du document/memoire fidimahery/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Approfondissements

Le moteur à courant continu est un appareil qui transforme l'énergie électrique (courant électrique) en énergie mécanique (mouvement de rotation).

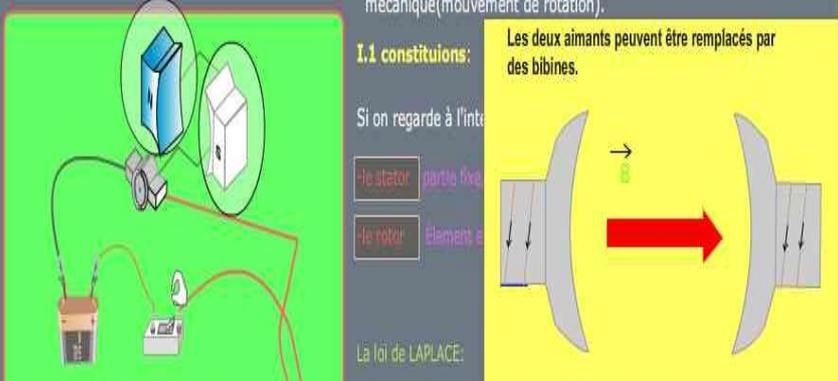
I.1 constituions:

Si on regarde à l'intérieur...

Le stator : partie fixe

Le rotor : élément en mouvement

Les deux aimants peuvent être remplacés par des bibines.



La loi de LAPLACE:

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminé par la règle des trois doigts de la main droite.

durée du cours: 2H

FR 06:27 02/10/2011

Dans l'animation de la figure, on explique le principe de fonctionnement du moteur et les termes utilisés dans le bilan énergétique.

Usina quiz explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

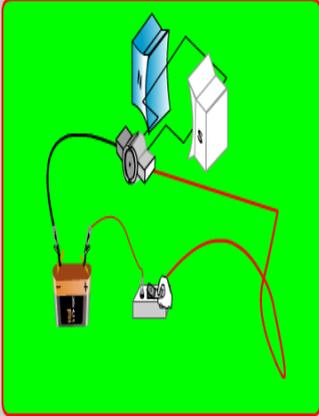
Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Approfondissements

Principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu.



Lorsque l'on place une spire parcourue par un courant (grâce aux balais et au collecteur) dans un champ magnétique, il apparaît un couple de forces. Ce couple de forces crée un couple de rotation qui fait dévier la spire de plus ou moins 90 degrés par rapport au plan vertical, le sens du courant restant inchangé dans la spire, au cours de ce déplacement, le couple de rotation diminue constamment jusqu'à s'annuler après rotation de la bobine de plus ou moins 90 degrés (zone neutre, la spire se trouve à l'horizontale et perpendiculaire aux aimants naturels). Afin d'obtenir une rotation sans à coup, l'enroulement d'induit doit être constitué d'un nombre élevé de spires similaires. Celles-ci seront réparties de façon régulières sur le pourtour du rotor (induit), de manière à obtenir un couple indépendant de l'angle de rotation. Après le passage de la zone neutre, le sens du courant doit être inversé simultanément dans chacune de ces spires.

L'inversion du courant est opérée par l'inverseur ou commutateur (collecteur) qui, associé au balais, constitue l'élément assurant la transmission du courant de la partie fixe à la partie tournante du moteur.

Explication

Vous avez cliqué 21 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

07:13
21/12/2016

V.1.5 Flux magnétique dans le moteur électrique

Dans cette animation, on montre quand on a un flux maximal

Usina quit explication-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Approfondissements

A) Le flux magnétique:

Le flux magnétique représente la quantité de lignes de champ qui traverse une spire.

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos(\theta)$$

$\phi = 0$ web

B) Expression de la f.e.m induite dans un conducteur

Tout circuit soumis à une variation de flux, est le siège d'une f.é.m induite qui a pour expression:

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

Vous avez cliqué 22 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

07:14
21/12/2015

Usina quiz explanation-ECT- Exercices... X MOTEUR X +

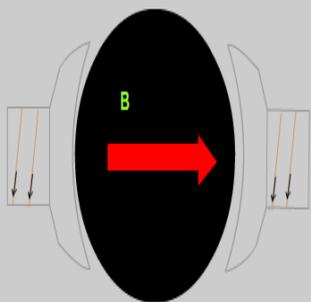
file:///G:/pweb/Moteur électrique.html Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE




Force électromotrice induite



$$\Delta\phi = +p\phi - (-p\phi) = 2p\phi$$

$$e = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = 2p\phi\Omega$$

Les n conducteurs sont organisés en $2a$ voies parallèles, de $\frac{n}{2a}$ conducteurs en série chacune. On en déduit la f.e.m. à vide E totale

$$E = \frac{n}{2a} e \text{ et comme } N = \frac{n}{2\pi} \text{ d'où l'expression de la f.e.m.}$$

$$E = \frac{n}{2\pi a} p\phi\Omega = K\phi\Omega,$$

Vous avez cliqué 23 fois

Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie X

07:15
21/12/2016

Usina quit explicacion-ECT- Exercices... x MOTEUR x +

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Accueil

pré-requis

cours

exercices

aide

objectifs pédagogiques

Couple électromagnétique

Couple électromagnétique: $T_{em} = K\Phi I$ en Newtons.mètres (N.m) K est la même constante que dans la formule de la f.é.m.: $E = K\Phi\Omega$

Puissance électromagnétique d'un moteur

Travail fourni par un conducteur de long l sur une distance d .

$W = Fd = BIl d$ avec $Id = S$, $W = BIS$; avec $BS = \Phi$ alors $W = \Phi I$

Expression de la puissance électromagnétique d'une machine bipolaire
Si l'induit présente une f.é.m. E et s'il est parcouru par le courant I, il reçoit une puissance électromagnétique $P_{em} = E.I$ D'après le principe de conservation de l'énergie cette puissance est égale à la puissance développée par le couple électromagnétique.

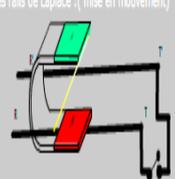
$P_{em} = T_{em}\Omega = EI$

En un tour un conducteur coupe 2Φ soit $\Delta\Phi = 2\Phi$
D'où le travail fourni en un tour est $W = 2\Phi I/2 = \Phi I$;
Pour N conducteurs actifs $W = N\Phi I$ Puissance électrique
 $P_{em} = W/t$ avec $t = 1/n$ (temps mis pour faire un tour)

$P_{em} = N\Phi I = n N\Phi I$ $P_{em} = n N\Phi I 1/n$ Par comparaison avec l'expression générale
 $P_w = UvIA$ d'où $n N\Phi$ est en volt

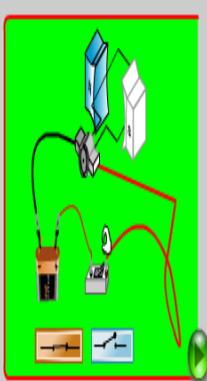
C'est la f.c.e.m $E' = n N\Phi$ d'où $P = E' I$

Expérience
Expériences: Les rails de Laplace (mise en mouvement)



1)

fermer l'interrupteur ouvrir l'interrupteur



2)

Vous avez cliqué 24 fois

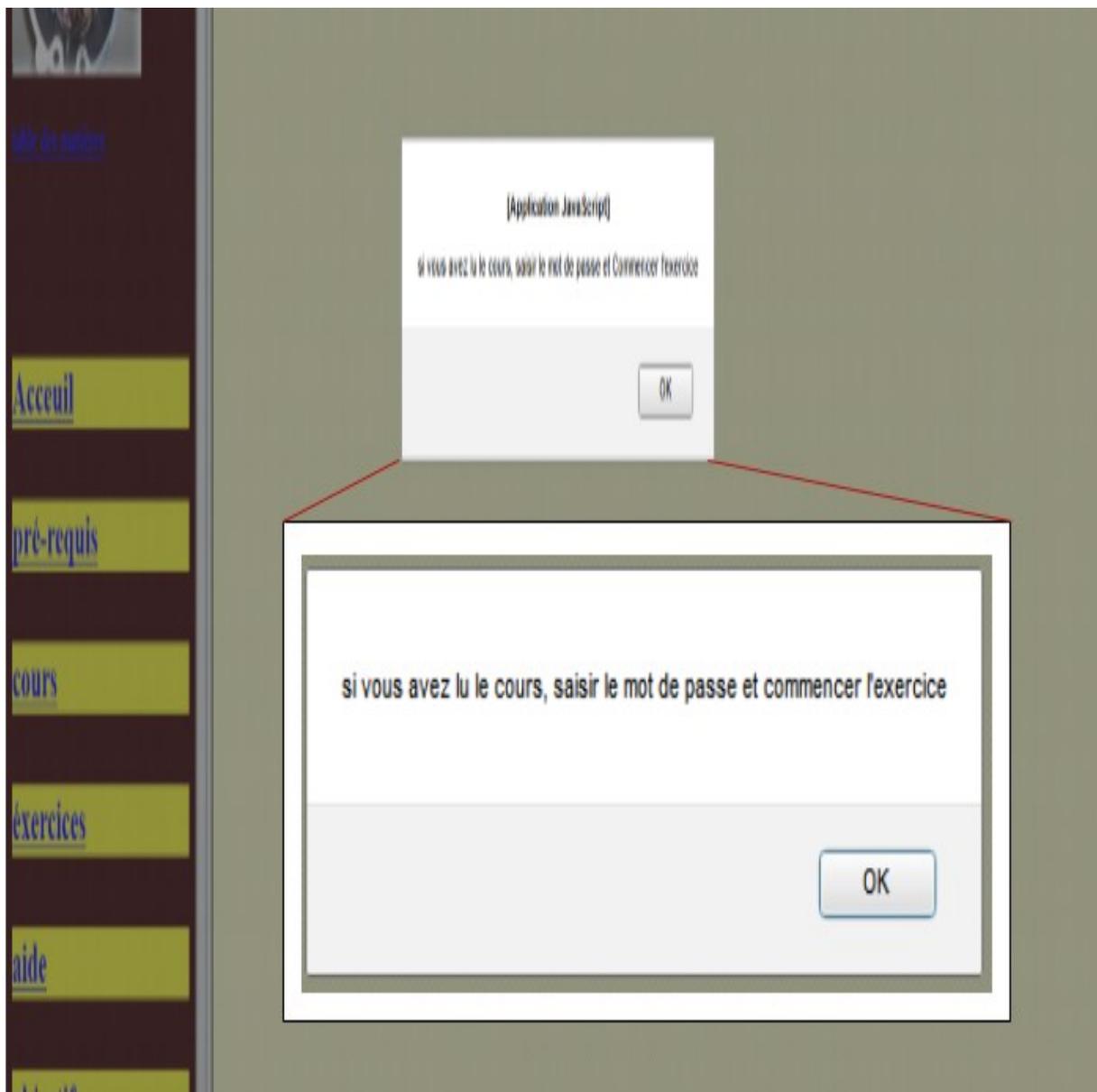
Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie

07:15
21/12/2016

VI EXERCICE D'APPLICATIONS

Avant de commencer l'exercice, une fenêtre JavaScript s'affiche sur l'écran, pour avertir le visiteur au cas il n'a pas lu, le cours. Pour éviter ce problème, nous avons mis un système de mot de passe qui bloque l'accès au contenu de l'exercice. En fait, le mot de passe est affiché à la fin du contenu du cours.



MOTEUR

file:///G:/pweb/Moteur%20%C3%A9lectrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

veuillez saisir le mot de passe

exercices

table des matières

[Accueil](#)

[pré-requis](#)

[cours](#)

[exercices](#)

[aide](#)

[objectifs](#)

[pédagogiques](#)

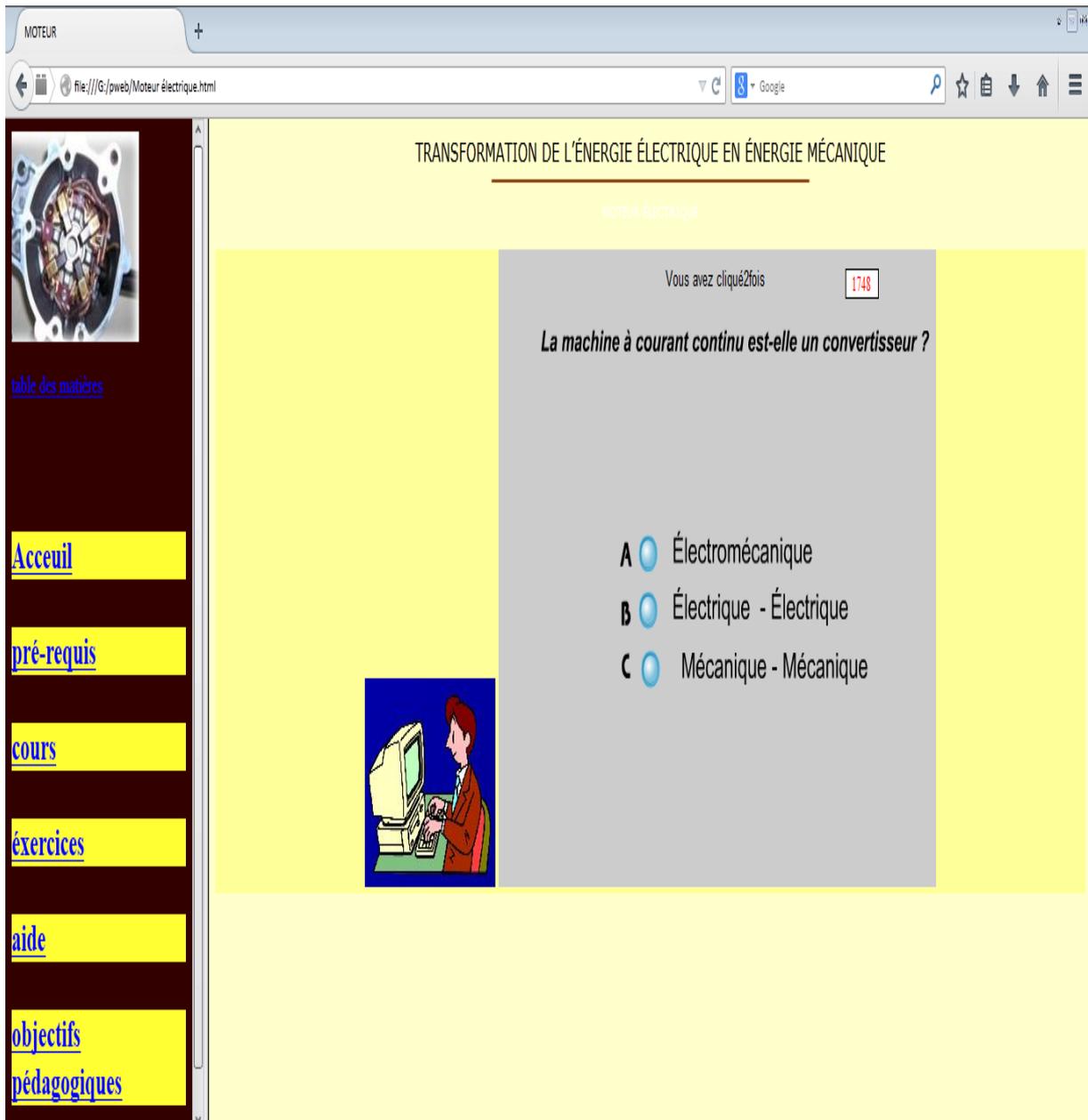
Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation.

Choisir ce que j'envoie X

04:45
20/12/2016



VI.1 Questions à choix multiples.



The screenshot shows a web browser window with the title "MOTEUR". The address bar contains the file path "file:///G:/pweb/Moteur électrique.html". The page content is titled "TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE" and "MOTEUR ÉLECTRIQUE". A question is displayed: "La machine à courant continu est-elle un convertisseur ?". Below the question are three radio button options: A Électromécanique, B Électrique - Électrique, and C Mécanique - Mécanique. A small illustration of a person at a computer is visible in the bottom left of the question area. A feedback message at the top right of the question box says "Vous avez cliqué 2 fois" and "1748". On the left side of the browser, there is a vertical navigation menu with links: "table des matières", "Accueil", "pré-requis", "cours", "exercices", "aide", "objectifs", and "pédagogiques".

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

Vous avez cliqué 2 fois 1748

La machine à courant continu est-elle un convertisseur ?

A Électromécanique

B Électrique - Électrique

C Mécanique - Mécanique

table des matières

Accueil

pré-requis

cours

exercices

aide

objectifs

pédagogiques

Dans la question à choix multiple, le visiteur choisit une réponse puis passe à la seconde, à la fin il peut recommencer en améliorant sa performance.

MOTEUR

file:///G:/pweb/Moteur électrique.html

Google

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

MOTEUR ÉLECTRIQUE

relier les points en tirant sur le curseur.

note: $\frac{4}{5}$

remarque:

rotor

collecteur

Stator

balai

transférer l'énergie du rotor vers le stator

inducteur

inverseur de courant, transmission du courant

induit



Firefox envoie automatiquement certaines informations à Mozilla afin que nous puissions améliorer votre navigation. Choisir ce que j'envoie X

Pour réaliser cette animation, nous avons donc utilisé 8 occurrences (les pastilles noires) intitulées p1 à p4 et r1 à r4 que nous avons réparties en deux colonnes. Nous avons ensuite placé des textes statiques à l'extérieur de ces pastilles. Nous avons également placé une occurrence de clip contenant le mot « Gagné » et l'avons nommée messageFin. Pour finir, afin de comptabiliser le nombre de bonnes réponses, nous avons ajouté une dernière variable intitulée vScore, située en haut à droite de la scène.

CONCLUSION

La réalisation du présent didacticiel fournit un outil privilégié aux élèves et aux professeurs grâce à sa richesse en interactivité et d'animation interactive. Il regroupe des travaux pratiques intéressants et des théories qui vont permettre aux élèves d'enrichir leur connaissance surtout sur le plan énergétique et technique qui sont tout les deux enjeux économique et scientifique sur le plan initiation à la recherche scientifique et développement. Comparée aux systèmes éducatifs traditionnels et aux manques de laboratoire dans l'enseignement de la physique à Madagascar, l'utilisation de ce didacticiel est indispensable. Bref, la réalisation du présent didacticiel comme outil privilégié à l'enseignement permet de donner aux étudiants d'avoir des connaissances rationnelle et approfondie sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique. La conception et la réalisation de ce didacticiel ont été faites pendant quatre mois.

Ce didacticiel sera dans un premier temps expérimenté dans plusieurs lycées pour récolter des informations supplémentaires sur son utilisation. Après, nous récolterons ces informations pour son amélioration.

Plusieurs mémoires de CAPEN ont traité ce thème, mais notre didacticiel a ses spécificités pour aider les apprenants à comprendre les phénomènes physiques étudiés et aide aussi les enseignants à bien mener une méthode didactique très proche du présentiel. Nous avons présenté le didacticiel avec toutes les fonctionnalités possibles (recherche de documents, navigabilités dans les contenus, interactivités avec l'utilisateur, aide pour se retrouver dans les nouvelles exploitations.

Ce didacticiel est loin d'être parfait. Il peut être amélioré par d'autres programmes plus approfondis et par d'autres logiciels plus récents. Nous laissons à nos cadets de continuer ce travail qui mérite des améliorations dans la forme de cet outil et dans le fond du programme étudié.

Bibliographie

- André, P. (2013). *physique 2 électromagnetisme*. Consulté le juillet 27, 2015, sur <http://www.iai.heig-vd.ch/fr-ch/Enseignement/Supports/PHY2/PHY2-EM.pdf>
- Bramand, p., Faye, p., & Thomassier, G. (1983). *physique*. Paris: hachette. Consulté le aout 05, 2015
- Claude, D. (1997). *Moteur à courant continu*. Consulté le juillet 14, 2015, sur sc.univ-evry.fr/~hoppenot/enseignement/cours/.../Cours%20MCC.pdf
- CPGE TSI. (s.d.). *conversion électromécanique*. Consulté le juillet 02, 2015, sur <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/lyc-riquet-saint-orens/CPGESII/6-Convertir%20l%27energie/MCC/MCC.pdf>
- Delva, Leclercq, & Trannoy. (1994). *Physique appliquée, terminale génie électrotechnique*. :Hachette éducation.
- Diego, G. (s.d.). *fonctionnement du moteur électrique*. Consulté le septembre 15, 2015, sur [perso.neuf: http://diego-gutierrez.perso.neuf.fr/tpc/fonctionnement.html](http://perso.neuf.fr/diego-gutierrez.perso.neuf.fr/tpc/fonctionnement.html)
- Djelouah, H. (2012). *Electromagnétisme cours et exercice*. Consulté le septembre 03, 2015, sur http://www.cours_electromagnetisme_djelouah.pdf
- Électromagnétisme chapitre7*. (s.d.). Consulté le aout 05, 2015, sur www.al.lu/physics/deuxieme/robinet/magnetisme.pdf
- Epinal. (2006). *Notes de Cours d' Electrostatique chapitre1*. Consulté le aout 05, 2015, sur [gps.ijl.univ-lorraine.fr: gps.ijl.univ-lorraine.fr/Groupe_Physique_Statistique/.../magnt.pdf](http://gps.ijl.univ-lorraine.fr:gps.ijl.univ-lorraine.fr/Groupe_Physique_Statistique/.../magnt.pdf)
- Fabrice, S. (s.d.). *cours de magnétisme*.
- Faissoil, A. (2013). Transformation de l'énergie thermique en énergie électrique. (Mémoire de CAPEN, École Normale Supérieure, Antananarivo)
- Force de Lorentz. Force de Laplace*. (s.d.). Consulté le octobre 03, 2015, sur <http://www.lnw.lu/Departements/Physique/personnel/larje/3iemeADG/02%20Force%20de%20Lorentz.%20Force%20de%20Laplace.pdf>
- Gaucheron, E. (2004). *les moteurs électrique pour mieux les piloter et les protéger ct207.pdf*. Consulté le juillet 27, 2015, sur [schneider-electric: http://schneider-electric.com](http://schneider-electric.com)
- Jean, H. (2005). *Moteurs et génératrices électriques*. Consulté le septembre 25, 2015, sur http://www.phys.ens.fr/~hare/agreg/Moteurs_Hare_05.pdf
- John, M. (2014). *Electromagnetisme*. Consulté le juin 02, 2015, sur [EM.pdf](#)

- Kasper, S. (2015). *Efficacité énergétique des bâtiments tertiaires*. Consulté le janvier 01, 2016, sur <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11529>
- Kitaigorosk, A. (1979). *La physique à la portée de tous*. Moscou: mir.
- Lycée polyvalent Louis Couffigna. (2006). Consulté le juillet 27, 2015, sur electrocouffigna.site.ac-strasbourg.fr: www.electrocouffigna.site.ac-strasbourg.fr/site-php/cours2007/mcc.pdf
- Mérat, R., & Moreau, R. (1994). *Physique Appliquée, terminale électrotechnique*. Nathan technique.
- MOREL, Y. (s.d.). *Flux magnétique et induction électromagnétique*. Consulté le aout 06, 2015, sur fisik.free.fr/ressources/chap_7_flux_induction_laplace.pdf
- Mbe, M. (2010). Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique (mémoire de CAPEN, École Normale Supérieure, Antananarivo)
- Ranaivoarison. (2013). Didacticiel sur l'application d'un champ magnétique sur un circuit et son application au moteur à courant continu. (Mémoire de CAPEN, École Normale Supérieure, Antananarivo)
- Saison, A., Allain, G., blumeau, M., Duboc, J., herchen, C., merat, R., & niard, j. (1980). *physique*. Paris: fernan nathan. Consulté le juillet 24, 2015
- Sebastien, c. (2012). *La recherche scientifique face au défi de l'énergie*. Consulté le juin 05, 2015, sur [bibsciences: http:// www.bibsciences.org/bibsup/acad-sc/.../rapport-defis-energie.pdf](http://www.bibsciences.org/bibsup/acad-sc/.../rapport-defis-energie.pdf)
- Strelkov, S. (1975). *Mécanique*. Moscou: mir.

ANNEXE

ANNEXE 1

$\vec{F} = \sum q\vec{v} \wedge \vec{B} = -(\sum e)\vec{v} \wedge \vec{B}$. Le vecteur vitesse d'un électron s'écrit $\vec{v} = -v\vec{l}$, où \vec{l} est le vecteur unitaire parallèle au conducteur et orienté dans le sens du courant.

Il vient : $\vec{F} = (\sum e)v\vec{l} \wedge \vec{B}$ où la somme s'étend sur tous les électrons en mouvement dans la portion du conducteur. Cette charge Q va traverser la section délimitant le conducteur en un temps t :

$\sum e = Q = It$ ici t est le temps que met un électron pour traverser le conducteur : $t = \frac{l}{v}$ alors,

En remarquant que $\vec{l} = l\vec{l}$, l'expression de la force résultante devient :

$$\vec{F} = qv\vec{l} \wedge \vec{B} = Itv\vec{l} \wedge \vec{B} = Il\vec{l} \wedge \vec{B}$$

PROGRAMMES SCOLAIRES DE SUR L'ÉLECTRICITÉ À MADAGASCAR EN CLASSE DE PEREMIRE ET SECONDE ET TERMNINALE

Classe de seconde :

Objectif général : l'élève doit être capable de (d') :

- Interpréter le passage du courant électrique dans un conducteur métallique ;
- Définir l'intensité du courant électrique ;
- Tracer les caractéristiques de quelques dipôles ;
- Déterminer le point de fonctionnement d'un circuit ;
- Utiliser une diode électroluminescente (D.E.L.), une thermistance, une photorésistance et un transistor.

Objectifs spécifiques :	Contenus :	Observations :
<p>L'élève doit être capable de (d') :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpréter l'électrisation par frottement ; • Montrer que deux charges de même signe se repoussent et que deux charges de signes contraires s'attirent. • Interpréter le passage du courant électrique dans un métal 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Électrisation par frottement. Les deux espèces d'électricité et leur interaction. ❖ Nature courant électrique dans un métal. Sens conventionnel du courant. 	<ul style="list-style-type: none"> • À traiter après la leçon sur l'atome. • La loi de Coulomb n'est au programme. • Ne traiter que le cas du courant continu • Ce sens est purement conventionnel : il est dirigé, à l'extérieur du

<ul style="list-style-type: none"> • Représenter dans un circuit fermé le sens conventionnel du courant • Définir et mesurer l'intensité d'un courant électrique. • Mesurer la tension entre deux points d'un circuit électrique • Déterminer la résistance d'un conducteur ohmique équivalent à l'ensemble de deux conducteurs ohmiques montés en série ; • Déterminer la résistance d'un conducteur ohmique équivalent à 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Intensité d'un courant électrique. ❖ Tension électrique ou d.d.p. entre deux points d'un circuit électrique. ❖ Association en série des deux conducteurs ohmiques. ❖ Association en dérivation des deux conducteurs ohmiques 	<p style="text-align: right;">générateur, du pôle + vers pôle -.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir la quantité d'électricité Q traversant une section d'un conducteur pendant une durée t : $Q = n I t$ avec qe la charge d'un électro et n le nombre d'électrons traversant la section pendant la durée t. • Définir l'intensité I du courant $I = \frac{Q}{t}$ <p style="text-align: center;">Tenir compte des incertitudes des mesures :</p> $Incertitud = \frac{classe \times calibre}{100}$ <p>Un bon choix du calibre s'avère donc nécessaire pour avoir une mesure beaucoup plus précise</p>
---	---	---

<p>l'ensemble de deux conducteurs ohmiques montés en dérivation ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser une tension variable ; • Tracer la caractéristique • $U = f(I)$ ou $I = g(U)$ de chacun es dipôles suivants : conducteur ohmique, diode à jonction et diode Zener ; • Tracer la caractéristique $U = f(I)$ d'une pile ; • Déterminer le point de fonctionnement d'un circuit. • Définir et représenter une thermistance Définir et représenter une photorésistance ; • Définir et représenter une diode électroluminescente • Décrire et représenter un transistor • Expliquer les fonctions essentielles assurées par le transistor (interrupteur, amplificateur) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Existence de tensions variables. ❖ Dipôles : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Étude expérimentale des caractéristiques : intensité, tension ou tension interne de quelques dipôles passifs : conducteur ohmique, diode à jonction et diode Zener. ❖ Étude expérimentale des caractéristiques : intensité, tension d'un dipôle actif (pile). ❖ Point de fonctionnement d'un circuit. ❖ Exemples de dipôles commandés : <ul style="list-style-type: none"> - Par la température : thermistance - Par la lumière : photorésistance - Par une tension : cas de la diode électroluminescente ❖ Transistor 	
--	---	--

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser un transistor, une diode électroluminescente, une photorésistance et une thermistance. 	<p>-Exemples de montages utilisant un transistor</p>	
---	--	--

Classe de Première C & D

Objectifs des Sciences physiques :

À la fin de la classe de Premières C et De l'élève doit être capable de (d'):

- identifier et définir l'énergie sous différentes formes;
- énoncer et appliquer le théorème de l'énergie cinétique;
- définir l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie potentielle d'un ressort élastique, donner leurs expressions respectives;
- appliquer la conservation de l'énergie mécanique dans quelques exemples simples;
- distinguer la chaleur de la température;
- définir les termes suivants: chaleurs massiques, chaleurs latentes et chaleurs de réaction;
- appliquer l'étude énergétique en électricité;
- donner les caractères généraux des phénomènes vibratoires et leur propagation;
- interpréter des phénomènes d'interférences;
- montrer le caractère ondulatoire de la lumière

MÉCANIQUE

Objectifs généraux: L'élève doit être capable de (d'):

Identifier l'énergie sous différentes formes;

- énoncer et appliquer le théorème de l'énergie cinétique;
- définir l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie potentielle d'un ressort élastique, donner leurs expressions respectives-
- appliquer la conservation de l'énergie mécanique dans quelques exemples simples

ÉLECTRICITÉ

Objectifs généraux: L'élève doit être capable d':

- appliquer l'étude énergétique en électricité;
- effectuer le bilan énergétique d'un circuit.

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

ET DE L'ÉDUCATION DE BASE

ANNEXE 2

Démonstration qui permet d'obtenir l'expression de la f.é.m.

Au cours d'un tour, de durée $\Delta t = \frac{1}{N}$, un conducteur actif coupe p fois le flux $+\Phi$ et p fois le flux $-\Phi$. La variation totale de flux vue par un conducteur est la différence entre les deux :

$$\Delta\varphi = +p\Phi - (-p\Phi) = 2p\Phi$$

D'après la loi de Lenz-Faraday, chaque conducteur est donc le siège d'une f.c.é.m. On a :

$$e = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2p\Phi}{\Delta t}$$

D'autre part, les n conducteurs sont organisés en $2a$ voies parallèles, de $\frac{n}{2a}$ conducteurs en série chacune. On en déduit la f.c.é.m. à vide E totale est qui s'exprime comme suit :

$E = \frac{n}{2a}e = \frac{n}{2a}2p\Phi N$, et comme $N = \frac{\Omega}{2\pi}$, on peut écrire :

$$E = \frac{n}{2\pi a}p\Phi\Omega, E = K\Phi\Omega \text{ qui s'exprime en volt.}$$

ANNEXE 3

Exemple d'utilisation de Macromedia pour la conception du contenu du didacticiel

Création d'un circuit contenant une lampe et un interrupteur qui permet de l'éteindre et de l'allumer :

1. Crée un clip intitulé **lumière** et un clip intitulé **interrupteur**,
2. Dans la scène du clip interrupteur de l'image clé 1, on dessine l'état de l'interrupteur ouvert et dans l'image clé 2, on dessine l'état de l'interrupteur fermé.
3. Nommer les images clé 1 et 2 de la scène du clip interrupteur par x et y,
4. Dans la même scène de l'interrupteur crée un calque nommé action pour les deux images clé,
5. faire une clique droite sur chaque image clé et mettre le code **Stop()** ;
6. Revenir sur la scène principale, créer un calque nommé **action**,
7. utiliser le raccourci F9 pour aller à la fenêtre de code puis écrire le code suivant :

```
stop();
```

```
var etatClic = false;
```

```
lumiere._visible = etatClic;
```

```
interrupteur.onPress = function() {  
    etatClic = !etatClic;  
    if (etatClic) {  
        this.gotoAndStop("y");  
    } else {  
        this.gotoAndStop("x");  
    }  
    lumiere._visible = etatClic;  
    if (lumiere) {  
        lumiere._visible = etatClic;  
    }  
};
```

8. Ctrl+Entrée

Analyse du code :

Dans la ligne 1 du code, nous bloquons la scène à l'image 1. Puis nous initialisons notre première variable qui va justement contenir la valeur booléenne que nous allons changer au clic sur notre interrupteur. Dans la ligne 3, nous masquons initialement l'occurrence qui représente la grande lueur. Ensuite, la ligne 4 ce gestionnaire va inverser de façon alternative la valeur de notre variable **etatClic** à la ligne 5 .Ligne 6 un test vérifie donc la valeur de la variable et envoie l'occurrence intitulée **interrupteur** dans ses propres images clés nommées x et y.



rendu de l'exemple.

RÉSUMÉ

Ce mémoire de fin d'études consiste à la réalisation d'un didacticiel sur la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique pour la classe terminale scientifique. Le but de la conception de ce didacticiel est de fournir un outil d'aide afin d'enrichir la connaissance des élèves sur le plan énergétique et technique qui sont tout les deux des enjeux économiques et scientifiques sur le plan initiation à la recherche scientifique et développement. Ce mémoire est divisé en deux grandes parties :

La première partie consiste à faire des études théoriques en effectuant des recherches bibliographiques et webographies. Ensuite, la deuxième partie qui est consacrée à l'élaboration du didacticiel avec Macromedia flash8, Macromedia Dreamweaver8 et audacity.

Auteur : ANDRIANTSEHENO

Adresse : Lot IIID254 Antanambao Imerintsiasosika

Adresse électronique : fidmaher@yahoo.fr

Téléphone : 0348450017

Directeur de mémoire : Monsieur ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer professeur Titulaire, Maître de Conférences

Mots clés : didacticiel, énergie électrique, récepteur électrique, transformation d'énergie, bilan énergétique

Nombre de pages : 68

Nombre de figures : 28

Nombre d'annexes : 03