

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE d'ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TECHNOLOGIE



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME MASTER II EN ELECTROTECHNIQUE
OPTION : RESEAUX ELECTRIQUES**

Thème

**Conception d'un générateur portable
fonctionnant à partir des mouvements
naturels de la marche**

Présenté par :

Mr. Mahdjoubi Abderrahmane

Membres de jury :

Président :

Mr. Chabachi Salem Univ.d'ADRAR

Encadré par :

Pr .Bentouba Said Univ.d'ADRAR.

Examineurs :

Mr. Ouledali Omar Univ.d'ADRAR

2017/2018



Remerciement

*Nous tenons à remercier vivement
Dr BENTOUBA Saïd pour son aide précieuse
et ses conseils qui ont été largement utiles.*

*Nous remercions également les membres du jury
ainsi que tous les enseignants de l'Institut
national spécialisée en formation
professionnelle n ° 1*

*Je remercie également le directeur de l'Institut
national spécialisée en formation
professionnelle n ° 1
(Insfp) a son global soutien*

Dédicace

Au nom d'Allah le clément et le miséricordieux,

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

- L'ame de mes très chers parents, la liserecorde de dieux sur eux, sans oublier mes frères.*
- Ma grande famille mehdjoubi.*

MAHDJOUBI Abderrahmane

SOMMAIRE

Liste des figures.....	h
Nomenclatures.....	k
Liste des tableaux.....	l
Introduction générale.....	1

Chapitre I

Dispositifs électromécaniques permettant l'exploitation de l'énergie des mouvements humains

I-1 Introduction	3
I-2 Estimation des sources potentielles d'énergie du corps humain.....	3
I-3 Estimation de la consommation de quelques appareils	4
I-4 Les dispositifs électromagnétiques	5
I-4-1- Les appareils portatifs	5
I-4-2- Les générateurs d'usage général	8
I-4-3- Les applications spécifiques aux téléphones portables	9
I-4-4- Les applications spécifiques aux ordinateurs portables	10
I-4-5- Les nouveaux débouchés	11
I-4-6- Les recherches actuelles	12
I-5 Conclusion	13

Chapitre II

Caractéristiques de batterie de téléphone mobile

II-1 Introduction	19
II-2 Historique des technologies de la batterie	19
II-3 les caractéristiques d'une batterie	22
II-4 La technologie Ni MH	24
II-5 La technologie Lithium-ion	26
II-6 Tendances	27
II-7 Conclusion	28

Chapitre III

Réalisation pratique

III-1-Introduction	32
III-2-Etude théorique	32
III-2-1-Flux d'induction ou flux magnétique	32
A. Cas d'un champ magnétique uniforme	32
B. Cas général	33
C. L'induction propre	33
III-2-2-Caractérisation des mouvements de la marche	35
III-2-2-1-Caractérisation des mouvements à la hanche de la marche... ..	35

III-2-3 Prédétermination d'un générateur linéaire	36
III-2-3-1- Principe et modélisation	36
III-2-3-2- Mise en équations mécaniques	37
III-2-3-3- Equations électriques	38
III-2-3-4- Structure électromagnétique proposée	38
III-3 Etude pratique	39
III-5 Conclusion	59
Conclusion générale	64
Annexe A: Les propriétés fondamentales des aimants et bobines	a
Annexe B : Doubleur de tension	g
Bibliographie	i

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

De nos jours, le téléphone mobile joue un rôle très important dans le domaine de télécommunication, il est devenu un élément nécessaire à notre vie quotidienne car il sert à faciliter les contacts humains.

Et comme nous savons, le téléphone mobile a besoin de charger sa batterie d'un moment à l'autre, donc il est nécessaire d'avoir un chargeur qui lui donne l'énergie suffisante pour ses fonctions. Actuellement, les chargeurs les plus répandus et les plus abondants sur le marché sont les chargeurs secteur c'est-à-dire ils se basent sur le principe de recharge de la batterie à partir d'un adaptateur de tension alternative du secteur à une tension continue.

C'est pour cela, nous avons pensé à la possibilité de réaliser un chargeur de batterie à mouvement en utilisant le mouvement humain pour produire l'énergie et servir le chargement du batterie.

- Le premier chapitre est consacré à l'étude des dispositifs électromécaniques permettant l'exploitation de l'énergie des mouvements humains, nous nous intéressons plus particulièrement aux dispositifs existants ou en cours d'étude exploitant l'énergie des mouvements humains.
- le deuxième chapitre fera l'objet sur les caractéristiques et les technologies de la batterie de téléphone mobile, Nous allons développer les différentes problématiques liées aux téléphones portables, puis nous allons examiner le cas des constructeurs avec des produits allant de l'entrée à haute gamme et après nous nous intéresserons à deux types de technologies largement utilisées qui sont le nickel métal hydride et le lithium- ion.
- Et enfin, dans le troisième chapitre qui est la partie cruciale de notre projet, on démontre la réalisation pratique –« Conception d'un générateur portable fonctionnant à partir des mouvements naturels de la marche »-. En Outre, On illustre les paramètres suivants : la production d'énergie, la conception bobinage et les résultats pratiques obtenus.

Chapitre I

***Dispositifs électromécaniques permettant
l'exploitation de l'énergie des mouvements humains***

**I-1 Introduction :**

Le corps humain stocke, dissipe et peut produire une énergie considérable eu égard à la consommation de nos appareils électroniques portables habituels. Il convertit de l'énergie constamment (mouvements, respiration, chaleur...), et on peut considérer qu'il s'agit d'une énergie renouvelable, non polluante et de durée de vie élevée. Même si, bien sûr, une faible part de cette énergie est exploitable, il semble que l'énergie associée aux mouvements du corps humain peut permettre d'approvisionner bon nombre d'applications. Cela requiert de convertir en électricité une partie de l'énergie dépensée, par des moyens à déterminer en fonction des ressources, des solutions technologiques envisageables et des besoins. L'idée d'utiliser l'énergie mécanique de l'homme pour alimenter les systèmes électriques portables n'est pas nouvelle mais elle connaît un regain d'intérêt depuis l'explosion du marché des appareils électroniques portables, soit depuis la fin des années 1990. De nombreuses études et/ou systèmes utilisant l'énergie mécanique humaine existent pour essayer d'améliorer, de réduire, voire supprimer les problèmes de recharge et de dépendance aux réseaux électriques ou aux piles. Dans ce chapitre, nous nous intéressons plus particulièrement aux dispositifs existants ou en cours d'étude exploitant l'énergie des mouvements humains.

I-2 Estimation des sources potentielles d'énergie du corps humain : [1]

Avant de présenter les différentes applications liées à la récupération de l'énergie humaine ("Human Power"), il est intéressant de rappeler que le corps humain transforme de l'énergie chimique, de l'énergie thermique, de l'énergie mécanique et, dans une moindre mesure, de l'énergie électrique.

Déjà en 1996, T. Starner, étudiant au M.I.T., analysait plusieurs sources potentielles d'énergie du corps humain qui peuvent être utilisées pour la conversion électrique.

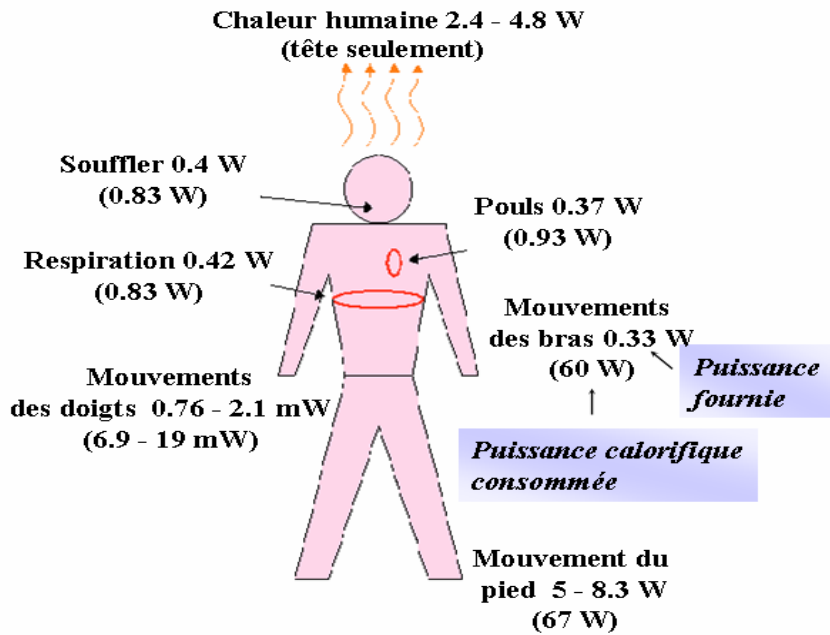


Fig.I-1 : Quelques valeurs de puissances produites par le corps humain. [1]

Il en a conclu que les mouvements des membres inférieurs, marcher et courir sont les sources de puissance les mieux adaptées pour produire une puissance de quelques watts comme le montre la Fig.I-1. Depuis, l'université de Delft aux Pays-bas s'intéresse à l'énergie produite par l'être humain par rapport à la consommation de certains appareils électroniques.

C'est ainsi qu'en 1999, A. Jansen détermine et publie les tableaux suivants (Tab.I-1) :

Action	Puissance (W)
Appui sur un bouton avec le pouce	0.3
Action de serrer/desserrer avec la main	6
Tourner une manivelle	21
Faire du vélo à 25 Km/h	100

Tab.I-1 : Puissance mécanique de quelques activités musculaires. [1]

I-3 Estimation de la consommation de quelques appareils : [1]

Afin de situer les différents dispositifs au niveau de l'utilisation de l'énergie humaine, quelques ordres de grandeurs de la consommation électrique de petits appareils portables sont donnés dans le Tab.I-2.



Appareil	Puissance électrique consommée
Petite radio FM	30 mW
Walkman en play	60 mW
Appel Téléphone portable	2 mW
Veille	35 mW
Lampe électrique de poche	4 mW

Tab.I-2 : Puissance consommée par quelques appareils électriques portables. [1]

II-4 Les dispositifs électromagnétiques : [1]

Rappelons que de tels appareils ne sont pas nouveaux : les dynamos de vélos pour l'éclairage et les dispositifs à balancier dans les montres génèrent de l'énergie à partir du corps humain par simple prélèvement sur des mouvements naturels. Les pionniers de ces dispositifs pour s'affranchir des piles sont les montres à énergie cinétique "kinetics" (Fig.I-2). Mais une montre ne consomme que très peu d'énergie ! D'où l'apparition d'une nouvelle problématique de recherche, fin des années 1990 : chercher à mieux utiliser l'énergie humaine dans les appareils portables.



Fig.I-2 : Système Kinetics de Seiko. [1]

Quelques sociétés et laboratoires de recherche travaillent sur cette problématique.

I-4.1- Les appareils portatifs : [1] [2]

Il s'agit en général de lampes de poche ou de petites radios. La plus simple des lampes ne contient pas de stockage d'énergie donc pas de batterie. La lumière est produite par simple



action mécanique de la poignée métallique qui se rétracte lorsque l'on appuie dessus (Fig.I-3). Cette lampe de poche appelée Forever flashlight est fabriquée aux Etats-Unis et ne pèse que 227g.



Fig.I-3 : Forever flashlight. [1] [2]

La société Applied Innovative Technology (Etats Unis) commercialise des lampes (Fig.I-4) conçues pour la plongée sous-marine qui fonctionnent sur le principe suivant : en secouant la lampe, un aimant se déplace à l'intérieur d'une bobine et crée un courant qui est stocké dans une capacité (Fig.I-4).

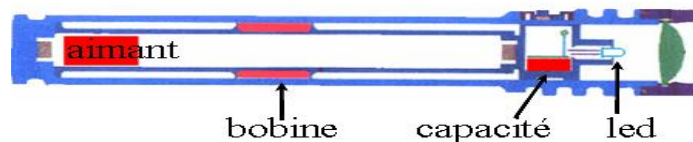


Fig.I-4: Lampe Nightstar flashlight. [1] [2]

L'inventeur S. Veterino a choisi de réaliser l'éclairage par une LED, car elle permet de supporter des températures extrêmes, et sa durée de vie est de l'ordre de 100 000 heures.

30 secondes de secousses (avec environ 3 secousses par seconde) créent 5 minutes de lumière intense puis 2 minutes de lumière plus faible. Cette lampe pratiquement incassable pèse environ 390g.

La société Free play Energy (Grande- Bretagne) créé des appareils fonctionnant de manière totalement autonome tels que récepteurs radio, lampes torches et envisage d'autres produits. Cette société s'est lancée dans l'aventure de l'énergie autonome il y a quelques années afin notamment de permettre aux pays africains en voie de développement de ne plus



être coupés du monde faute de piles ou de réseau de distribution, en mettant à leur disposition une radio fonctionnant grâce à l'énergie humaine.

Un remontage par manivelle accumule de l'énergie mécanique dans un ressort (Fig.I-5) qui la restitue ensuite via un générateur électrique. Une partie peut être stockée temporairement dans un accumulateur électrochimique, non représenté sur la Fig.I-5.

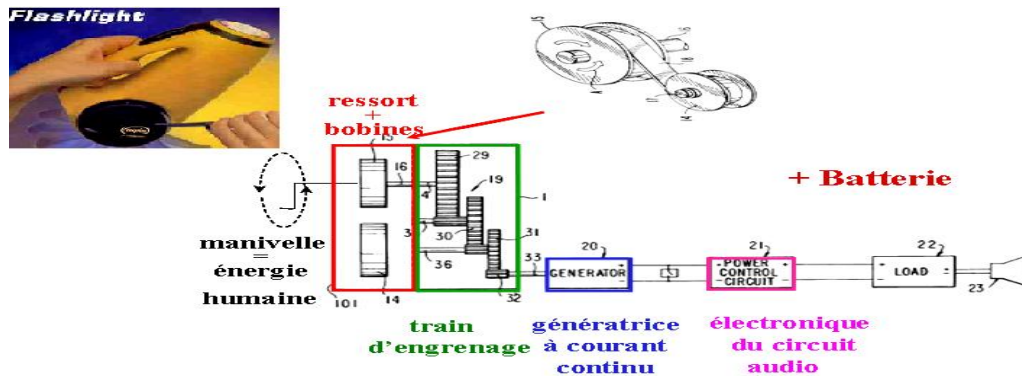


Fig.I-5 : Principe de fonctionnement des produits

Ces appareils entièrement basés sur des systèmes manuels (éventuellement complétés par une génération solaire photovoltaïque) existent depuis 1995. Ils fonctionnent sans aucune pile. Un générateur à ressort se remonte en 20 secondes à l'aide d'une manivelle située au dos pour fournir l'énergie nécessaire à l'écoute de la radio ou à l'éclairage d'une lampe de torche.

On peut citer pour exemples : La radio S360 (Fig.I-6) fonctionne selon le principe d'un générateur à ressort. Elle est dotée en plus d'une petite batterie rechargeable qui permet de fournir jusqu'à 15h d'écoute lorsqu'elle est totalement rechargée.



Fig.I-6 : Radio Freeplay S360. [1] [2]

Trois sources d'énergie peuvent recharger l'accumulateur : remonter le ressort, recharge sur le secteur ou capteur solaire. Il est à noter qu'il faut environ 12 à 14 heures pour recharger de façon complète l'accumulateur à l'aide de l'adaptateur 4.5v, 100mA. Cette petite radio pèse environ 850g.



La lampe Supernova, représentée à la Fig.I-7 fonctionne sur le même principe de générateur à ressort. Lorsque la batterie est pleine, elle fournit 2 heures d'éclairage en mode *normal* ou 1 heure en mode *maximal* grâce à une ampoule au xénon à double filament. L'énergie libérée par le générateur à ressort peut également alimenter directement l'ampoule en mode *normal* pour 4 minutes d'éclairage instantané à partir de 60 tours de manivelle (environ 20 secondes).



Fig.I-7 : Lampe Supernova. [1] [2]

Cette lampe est également dotée d'une prise de sortie qui permet d'alimenter tout autre appareil fonctionnant avec deux piles 1.5v. Sa masse est d'environ 2Kg !

I-4.2- Les générateurs d'usage général : [1] [2]

Ce sont des générateurs – chargeurs de batterie qui permettent de recharger différents appareils portables. Ces dispositifs de recharge sont créés par la société Nissho Engineering (Japon) . A notre connaissance, deux de leurs dispositifs existent pour l'instant sur le marché. Le dispositif appelé Aladdin Power fonctionne, comme le montre la Fig.I-8, en serrant et relâchant un levier qui actionne un train d'engrenages et amplifie la vitesse de rotation de la génératrice. Celle-ci tourne à 1000 tours par minute.

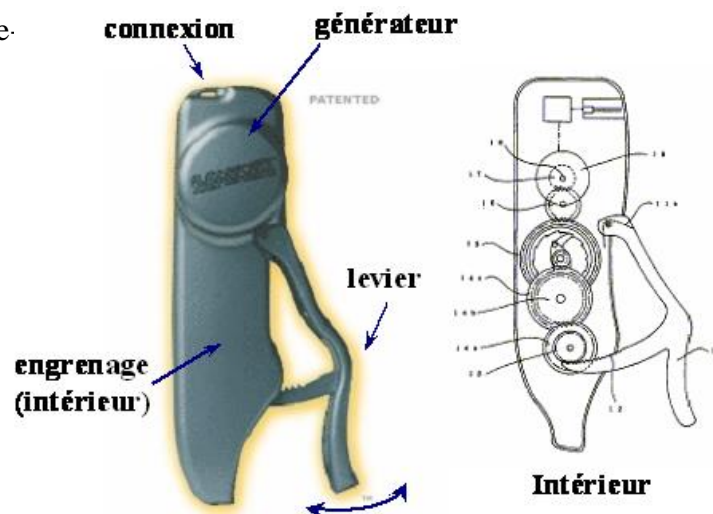


Fig.I-8 : L'Aladdin Power et son principe de fonctionnement [1] [2]



Si l'on prend l'exemple d'un téléphone portable, 3 minutes de mouvements permettent de générer environ 20 minutes d'appel. Cet appareil pèse 111g et sa liaison avec un téléphone se fait par un cordon allume cigare. Le Stepcharger basé sur le même principe, permet (Fig.I-9) de générer une puissance de sortie comprise entre 0 et 6W pour une tension continue de 18v, en actionnant la pédale avec le pied.



Fig.I-9 : Stepcharger. [1] [2]

I-4.3- Les applications spécifiques aux téléphones portables : [2]

Deux sociétés concurrentes travaillent sur des dispositifs réservés à la recharge des téléphones portables. D'une part, les sociétés Freeplay Energy et Motorola se sont associées pour développer une source d'énergie manuelle afin de recharger les téléphones portables. La mise en vente était prévue fin 2001 (Fig.I-10). 45 secondes de tours de manivelle permettent de produire 3 à 6 minutes d'appel et plusieurs heures de veille (3 à 4h). Cette "alimentation" de la taille d'un téléphone portable a une masse de 200g, et sera vendue avec un cordon de liaison.



Fig.I-10 : FreeCharge. [2]



D'autre part, la société Nissho Engineering propose une génératrice constituée d'une ficelle enroulée autour d'un tambour, fonctionnant tel un lanceur de moteur de tondeuse à gazon sans batterie.

Le dispositif (Fig.I-11) peut être utilisé soit en lampe de poche grâce à la présence d'une LED, où soit pour recharger les téléphones portables par connexion directe au niveau de l'adaptateur des téléphones. Il contient une batterie optionnelle Li-ion qui se recharge en 500 mouvements. Si le mécanisme est actionné 60 fois par minutes, il fournit une puissance comprise entre 2,5 et 3,5W. Ce nouvel appareil est protégé par un brevet.



Fig.I-11 : Tup Power. [2]

I-4.4- Les applications spécifiques aux ordinateurs portables : [1] [2]

La société Compaq Computer Corporation à Houston a déposé un brevet pour un clavier d'ordinateur. Chaque touche est munie à sa base d'un aimant qui, lorsqu'on appuie sur la touche, s'enfonce dans une bobine et joue le rôle de mini-générateur de courant permettant la charge d'un condensateur (Fig.I-12).

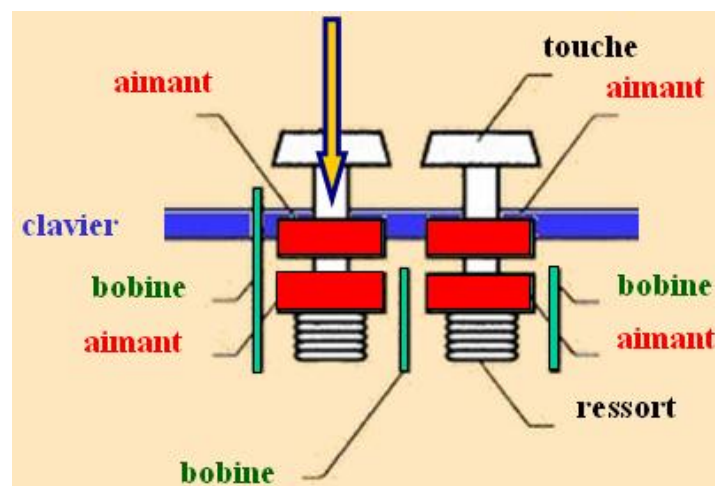


Fig.I-12 : Brevet Compaq. [1] [2]



Les promesses de ce système sont :

- une durée d'utilisation du portable de 10 heures pour une seule charge de batterie (contre 2h30 de durée actuellement) ;
- une diminution du poids des ordinateurs grâce à une batterie moins volumineuse (1,5kg au lieu de 1kg).

I-4.5- Les nouveaux débouchés : [1] [2]

Le système d'énergie cinétique utilisé dans les montres sans piles (autoquartz) de la marque japonaise Seiko depuis 1988 ou les micro générateurs à système "kinetic" de la société néerlandaise Kinetron utilisés depuis 1989 dans plusieurs marques de montres (Swatch, Omega, Tissot, Longines, Bulova et Jean d'Eve) n'ont plus à faire leurs preuves. A travers le projet WEOS, la firme Seiko démontre que le système basé sur l'énergie cinétique peut trouver de nouvelles applications en dehors de la montre. En effet, en 2002, les baleines bleues suivies dans le cadre du projet international WEOS (Whale Ecology Observation Satellite System) porteront une sonde développée par l'Institut Technologique de Chiba au Japon.

Le mouvement mécanique continu créé par la nage des baleines permettra de recharger, via un générateur électrique, une batterie de 5 W. La sonde émettra pendant 2 ou 3 ans avant de se détacher d'elle-même. De la même façon, la société concurrente Kinetron recherche de nouveaux champs d'application, et réalise des études sur les aides auditives, les pacemakers, les serrures électroniques ou certains types d'appareils portables. Pour l'instant, une de leurs nouvelles applications est l'utilisation d'une micro génératrice placée dans la pédale d'une bicyclette, qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique afin de réaliser l'éclairage par des LED (Fig.I-13).



Fig.I-13 : Pedal-light. [1] [2]

**I-4.6- Les recherches actuelles : [1] [2]**

Les chercheurs du M.I.T ont testé un système magnétique : un générateur rotatif, placé dans la semelle de la chaussure (Fig.I-14). Certes la puissance récupérée atteint 60mW, mais le dispositif est complexe, fragile et cher. De plus, il présente une gêne pour l'utilisateur.

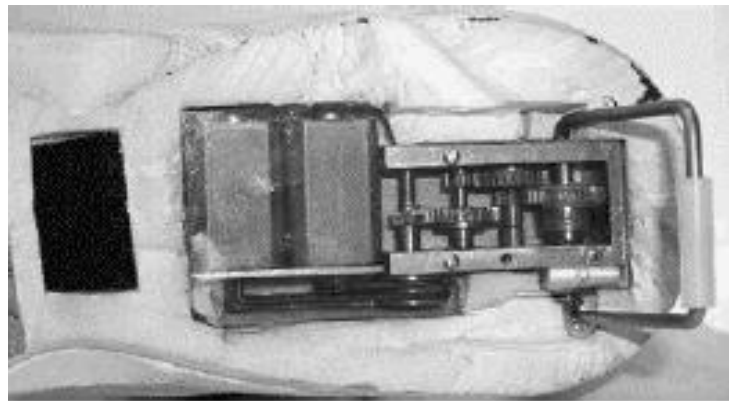


Fig.I-14 : Générateur rotatif du M.I.T. [1] [2]

L'électrique Shoe Company a été créée par T.G. Baylis (l'inventeur de la radio "à ressort" Freeplay) en collaboration avec DERA et Texon International (J. Grantham), un fabricant mondial de matériaux pour les chaussures. Un projet d'étude vient de démarrer : il s'agit d'un appareil électromécanique miniature, tel une dynamo dans le talon de la chaussure, qui tournerait lors du choc de la chaussure sur le sol.

**I-5- Conclusion:**

L'expansion des appareils portables et de leurs domaines d'utilisation sont devenus omniprésents aujourd'hui. La possibilité de réaliser de tels systèmes ils nécessitent des solutions technologiques innovantes et performantes

Ce pendant L'alimentation en énergie des objets portables représente un véritable défi en termes d'autonomie et d'ergonomie.

Chapitre II

Caractéristiques de batterie de téléphone mobile

**II-1 Introduction [3] :**

Votre mobile est prêt à recevoir un appel... Ça n'a l'air de rien, mais pour que cela soit possible, des processus chimiques complexes sont mis en oeuvre. Où ça ? A l'intérieur de la batterie. Dans un téléphone mobile, la batterie n'est qu'un petit bloc de plastique de quelques millimètres d'épaisseur, et qui ne pèse que quelques dizaines de grammes. Petit, mais costaud, car ce bloc suffit à alimenter l'appareil pendant plusieurs jours.

L'ensemble des constructeurs de téléphonie mobile accorde une grande importance aux choix des batteries dans un téléphone portable. Le choix est dicté par trois critères par ordre d'importance :

- 1) le coût
- 2) le poids et le volume
- 3) l'autonomie.

Sur la figure II-1, on peut voir l'évolution de la production de Sanyo entre 1990 et 2000. On voit une nette progression de la production des batteries de type Nickel Métal Hydride.

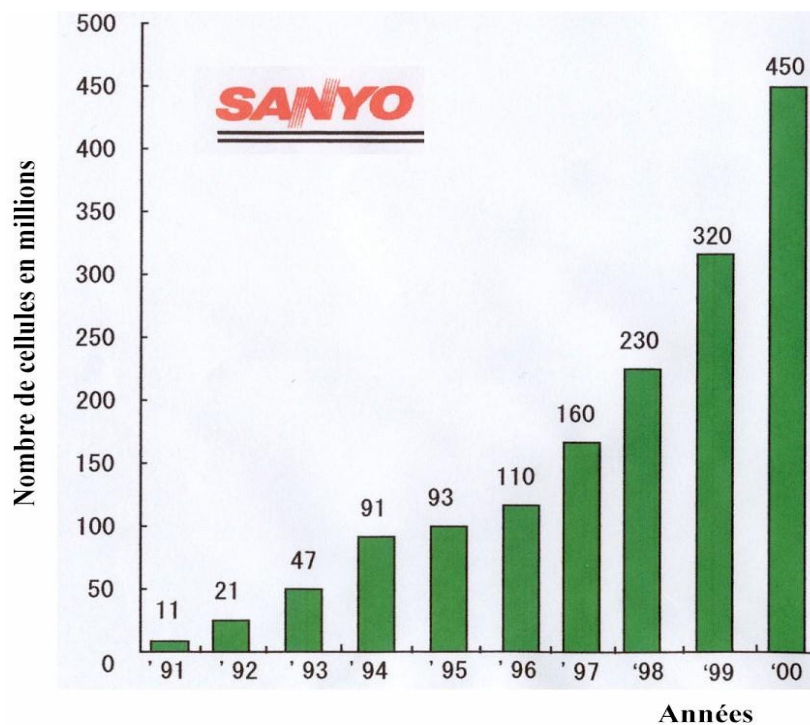


Fig. II-1 : Production de Sanyo en batterie Ni-MH [3].

II-2 Historique des technologies de la batterie : [3]

Deux technologies sont à l'heure actuelle largement utilisées par les constructeurs : la technologie Nickel métal hydride (Ni MH) et la technologie Lithium-ion. Cette première



technologie a été utilisée dès les années 1990 avec l'avènement des premiers téléphones portables. A l'heure actuelle c'est la technologie Lithium-ion qui est en forte progression.

Le graphique qui suit montre l'intérêt de cette dernière. Le Lithium-ion met en oeuvre des batteries beaucoup moins lourdes que le Ni-MH avec des performances égales. Le coût de cette technologie reste néanmoins plus important.

On voit également sur ce graphique que le Nickel Cadmium est complètement dépassé dans ces applications dans les applications liées aux téléphones portables.

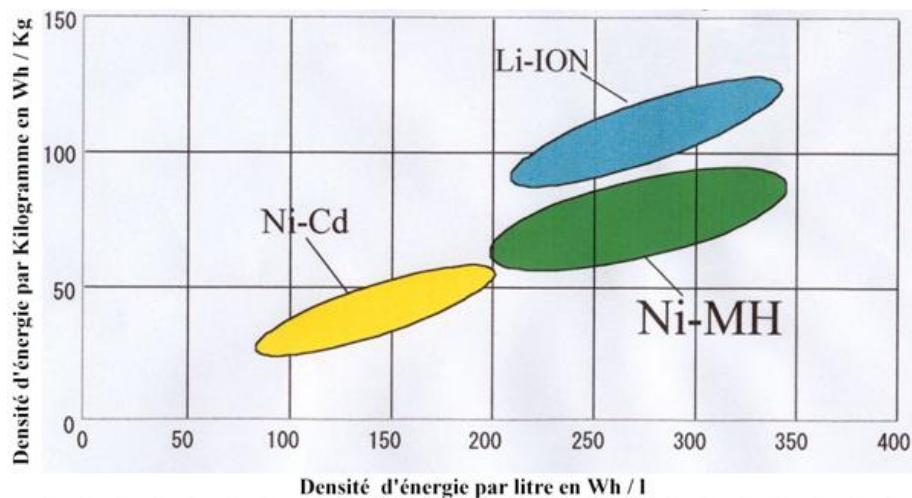


Fig. II- 2 : Comparaison entre les batteries nickel cadmium, nickel métal hydride et lithium-ion. [3]

Les fonctionnalités de la batterie sont toujours contrôlées très étroitement. L'optimisation de l'autonomie est un souci constant et un savoir-faire jalousement protégé. Le choix des composants et la façon de les piloter sont un facteur clé.

La fonction «power saving » dans le système d'exploitation embarqué dans les portables est très importante. Ainsi Mitsubishi a développé son propre système d'exploitation.

La figure II-3 présente un synoptique de la batterie dans l'environnement du portable.

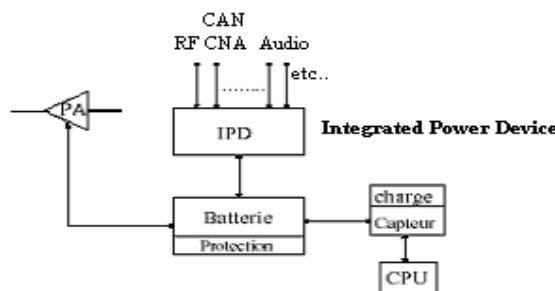


Fig. II-3 : La batterie dans l'environnement du téléphone portable. [3]



La batterie est directement gérée par le processeur du portable. Les tensions d'alimentation de la plupart des composants sont aujourd'hui de l'ordre de 1,8v. On pense à l'avenir utiliser des tensions de 1,1v pour les processeurs. Le plus gros consommateur est l'amplificateur de puissance. Il faut pour ce composant une tension de 3,6v et il est directement alimenté par la batterie. Il semble peu probable que la tension d'alimentation de ce composant diminue (un intérêt supplémentaire pour le Lithium-ion). L'évolution des capacités moyennes a peu évolué dans le temps. Il y a quelques années, il était nécessaire d'avoir une capacité moyenne de 900mAh maintenant on est plutôt à 800mAh. Les nouvelles applications dans les téléphones avec par exemple les services multimédias ne vont pas faire diminuer les besoins en capacité des batteries. Les constructeurs sont toujours confrontés à trouver le compromis entre le coût, le poids et le volume et l'autonomie. Il est à noter qu'il existe une certaine incertitude sur les capacités désirées pour les téléphones de troisième génération.

D'énormes progrès ont été faits dans l'autonomie des portables. Dans les années 1990 l'autonomie était d'environ 24h en veille, à l'heure actuelle on arrive à plus de 200h. Ceci est dû aux très importants progrès réalisés dans la technologie des composants et dans l'intégration des différentes fonctionnalités. Le nombre de cycles de charge et décharge atteint maintenant plus de 500 cycles pour une batterie Lithium-ion (85 % de la capacité initiale). Cela correspond à une durée de vie de 3 à 4 ans.

Ceci représente la durée de vie du téléphone portable pour un consommateur moyen

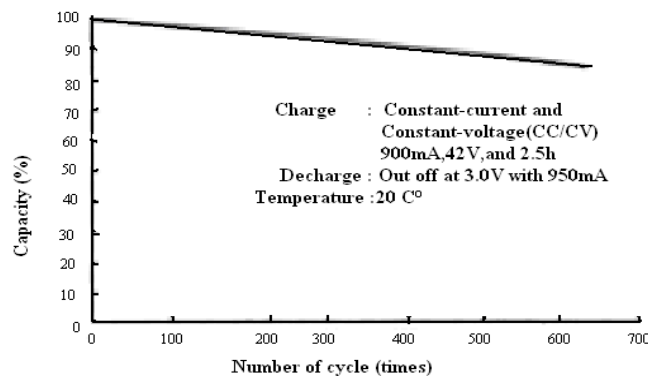


Fig. II-4 : Cycle de vie d'une batterie Lithium-ion. [3]

La sécurité est aussi un aspect important dans la mise en oeuvre d'une batterie pour portable. Toutes les batteries sont équipées de protection électronique et d'interrupteur fonctionnant avec les caractéristiques courant-tension. Le processeur garde toujours un oeil sur le fonctionnement de la batterie notamment dans le cycle de charge de la batterie. Des



tests très sévères sont réalisés pour homologuer ces batteries. Les critères de pollution et d'environnement sont aussi pris en compte par la plupart des constructeurs.

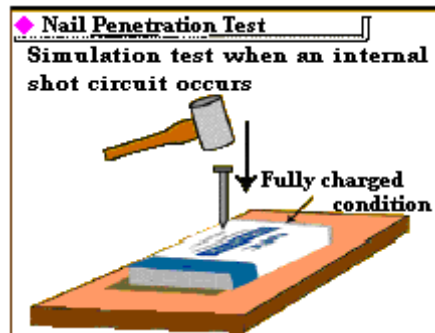


Fig. II-5 : Un exemple de test de batterie, [3]

La pénétration d'un clou dans la batterie.

On peut noter également que la plupart des constructeurs de batteries sont des japonais ou des coréens (Samsung, Toshiba, Sanyo, Nec, ...).

II-3 les caractéristiques d'une batterie et son fonctionnement : [4]

Sur l'étiquette d'une batterie figurent généralement deux valeurs : la capacité, exprimée en milliampères-heure (mAh), et la tension, indiquée en volts (v). Pour la tension, une batterie de téléphone mobile affiche une valeur de 3,6 à 3,7 volts. C'est la tension moyenne d'une cellule dans une batterie Li-ion. Ça fonctionne à l'intérieur est un peu comme une usine chimique miniature. Prenons l'exemple d'une batterie Lithium-ion (Li-ion). A l'intérieur, on trouve deux électrodes en métal ou en matériau composite (à base de carbone, par exemple), qui baignent dans un liquide conducteur (l'électrolyte). L'ensemble forme ce que l'on appelle une cellule. Et l'assemblage de plusieurs cellules forme la batterie. Quand celle-ci est chargée et qu'on y branche un appareil à alimenter, le circuit électrique de l'ensemble est bouclé. Cela déclenche une réaction chimique qui provoque la circulation de particules ionisées d'une électrode à l'autre, entraînant la production d'électrons aux bornes de la batterie, c'est-à-dire la production de courant. En revanche, si on branche un chargeur aux bornes de la batterie, c'est le processus chimique inverse qui se produit. Les particules circulent alors en sens inverse, et la batterie se charge.

Ainsi, grâce à la nature réversible de la réaction chimique, la batterie peut alternativement se remplir ou se décharger, ce qui la différencie d'une simple pile. Charge et décharge complètes forment un cycle.

Pour mieux comprendre le principe de fonctionnement en prend un exemple d'un accumulateur au Lithium : En cours d'utilisation, donc lors de la décharge de l'accumulateur,



le lithium relâché par l'électrode négative (matériau d'intercalation hôte < H >) sous forme ionique Li^+ migre à travers l'électrolyte conducteur ionique et vient s'intercaler dans le réseau cristallin du matériaux actif de l'électrode positive (composé d'insertion du lithium de type oxyde métallique < Mli >).Le passage de chaque ion Li^+ dans le circuit interne de l'accumulateur est exactement compensé par le passage d'un électron dans le circuit externe, générant ainsi un courant électrique. La densité d'énergie massique libérée par ces réactions est à la fois proportionnelle à la différence de potentiel entre les deux électrodes et à la quantité de lithium qui se sera intercalé dans le matériau d'insertion. Elle est également inversement proportionnelle à la masse totale du système. Or le lithium est en même temps le plus léger (avec une masse molaire atomique de 6,94g) et le plus réducteur des métaux : les systèmes électrochimique qui l'emploient peuvent atteindre des tensions de 4v, contre 1.5v pour les autre systèmes. Il permet ainsi aux batteries au lithium d'offrir les plus importantes densités d'énergie massique et volumique (typiquement plus de 160Wh/kg et 400Wh/l), supérieurs en moyenne de plus de 50% à celles des batteries conventionnelles.

Le Principe de fonctionnement d'un accumulateur au Lithium est le même selon qu'est utilisée une électrode négative de lithium métallique ou à base de carbone. Dans ce deuxième cas, la filière technologique est appelée **lithium-ion**, car le lithium n'est jamais sous forme métallique dans l'accumulateur, et fait "yo-yo" entre les deux composés d'insertion du lithium contenus dans les électrodes positive et négative à chaque charge ou décharge de l'accumulateur.

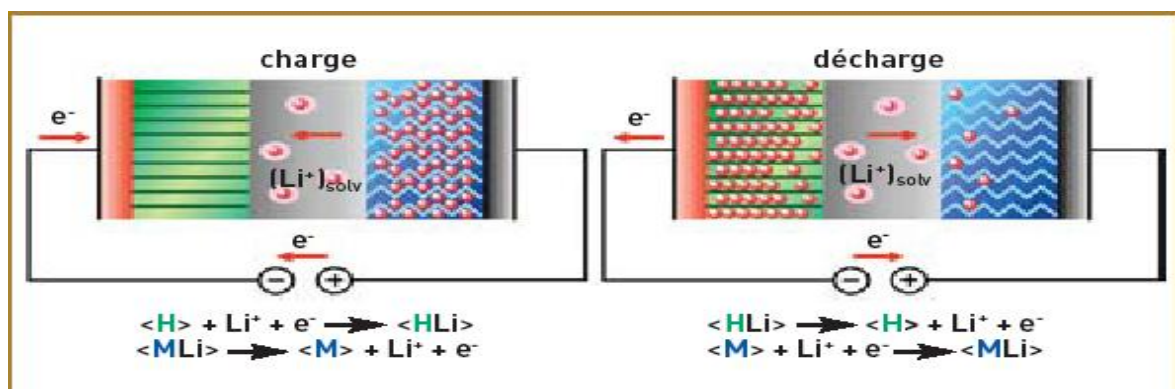


Fig.II-6 : Principe de fonctionnement d'un accumulateur au Lithium. [4]



II-4 La technologie Ni MH : [3]

La réaction chimique mise en oeuvre dans cette technologie est présentée sur la figure II-7.

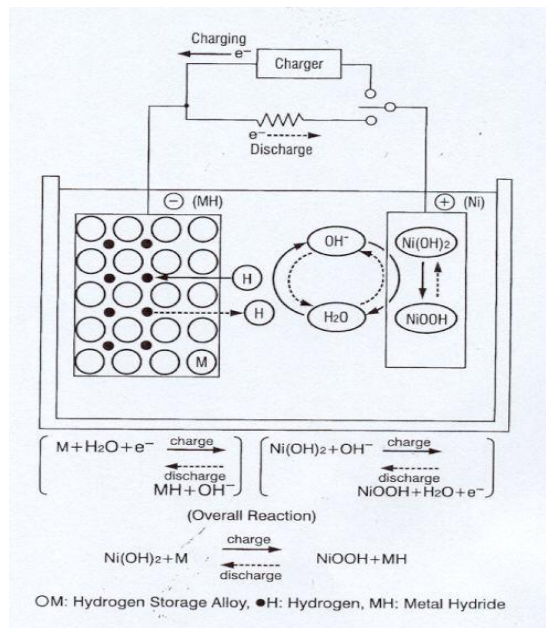


Fig. II-7 : La réaction chimique dans une batterie Nickel Métal Hydride. [3]

Les principaux composants de ce type de batterie sont : l'électrode positive qui est à base de nickel et l'électrode négative qui est un alliage de métal pouvant capter ou rendre un atome d'hydrogène.

C'est le mouvement de cet atome qui va déterminer le processus de charge ou de décharge de la batterie.

L'électrode négative (alliage métallique) est surdimensionnée de façon à permettre une grande capacité de stockage tout en évitant les problèmes de pression de l'hydrogène dans sa gamme de température de fonctionnement. On utilise une solution alcaline comme électrolyte.

Les batteries se présentent sous forme de cylindre ou de parallélépipède comme le montre la figure II-8.

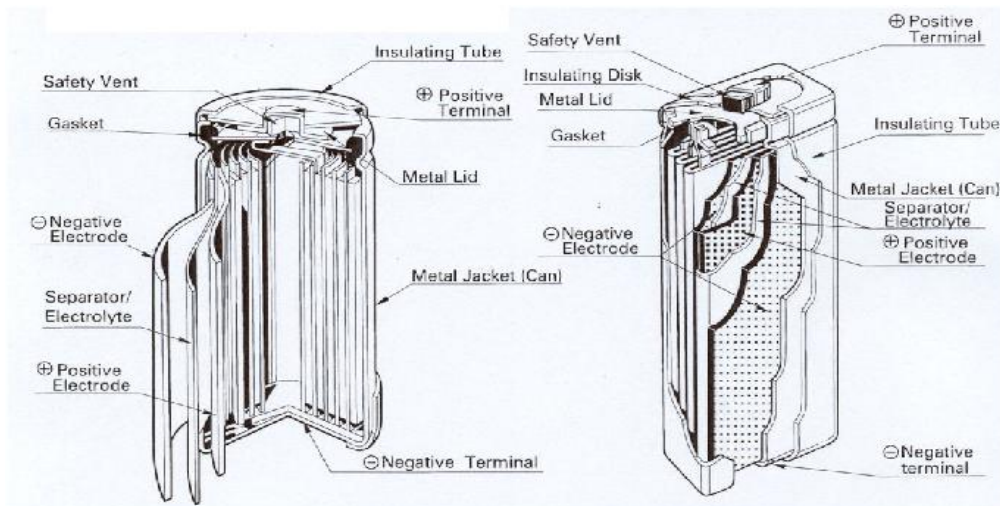


Fig. II-8 : Les batteries NI MH. [3]

Les avantages de ce type de batterie sont : une grande capacité dans un volume raisonnable pour un téléphone portable, une tension par cellule de 1,2v (dans nos applications les batteries sont composées de 3 éléments), une faible impédance interne, une large gamme d'utilisation en fonction de la température, une recharge rapide, un cycle charge décharge supérieur à 500 cycles, un respect de l'environnement avec l'absence de cadmium, plomb et mercure, une batterie sûre dans son utilisation même dans des cas exceptionnels, un coût raisonnable.

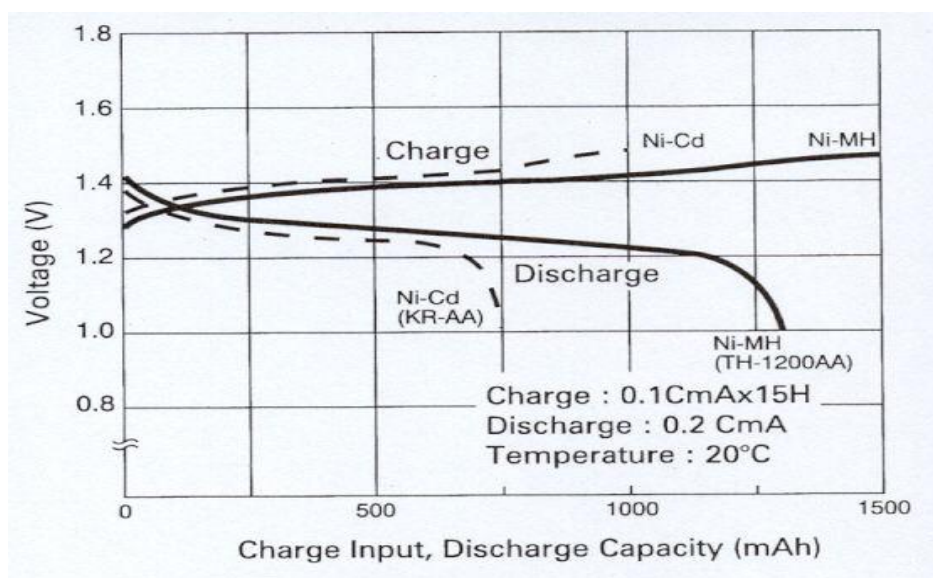


Fig.II-9 : Charge et décharge d'une batterie Ni MH. [3]



II-5 La technologie Lithium-ion : [3]



Fig. II-10 : Des batteries Lithium de Sanyo sous différentes formes pour diverses applications. [3]

On note un fort développement de cette technologie. Son attrait est le poids de ce type de batterie car le lithium est le plus léger des métaux. Il est dangereux à utiliser sous forme métallique, c'est pourquoi on s'est orienté vers des batteries utilisant plutôt l'ion lithium. La première batterie lithium-ion est commercialisée en 1991 par Sony.

Le principe de la batterie Lithium-ion est présenté sur la figure II-11.

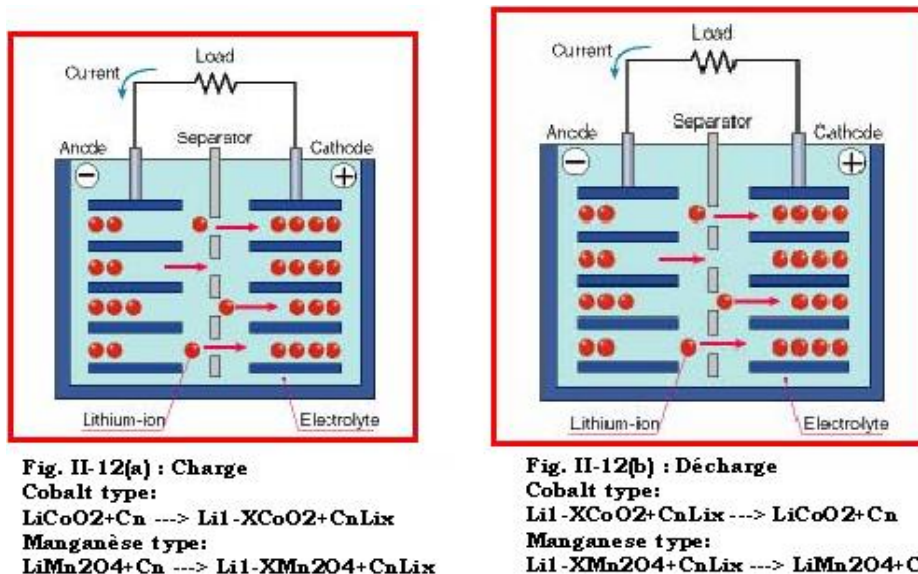


Fig.II-11 : Le principe de la batterie Lithium-ion

-(a) charge (b) décharge-[3]

C'est l'ion lithium qui migre vers l'anode ou la cathode suivant que l'on est en phase de charge ou de décharge. On rencontre deux types de batterie Lithium-ion, une à base de cobalt et l'autre à base de manganèse. L'électrode positive ou cathode a un élément actif à base de lithium cobalt (Li CoO₂) ou à base de lithium manganèse (LiMn₂O₄). L'anode est composée



généralement de graphite. L'électrolyte est un sel de lithium dissout dans un solvant organique.

Les avantages de ce type de batterie sont le poids beaucoup plus léger que le NiMH, une grande capacité, un voltage élevé (une cellule a une tension moyenne de 3,7v), pas d'effet de mémoire donc rechargeable à 100% de sa capacité, des cycles de charge décharge au-delà de 500 cycles, une bonne rapidité de charge, peu de pollution avec l'absence de cadmium, plomb et mercure.

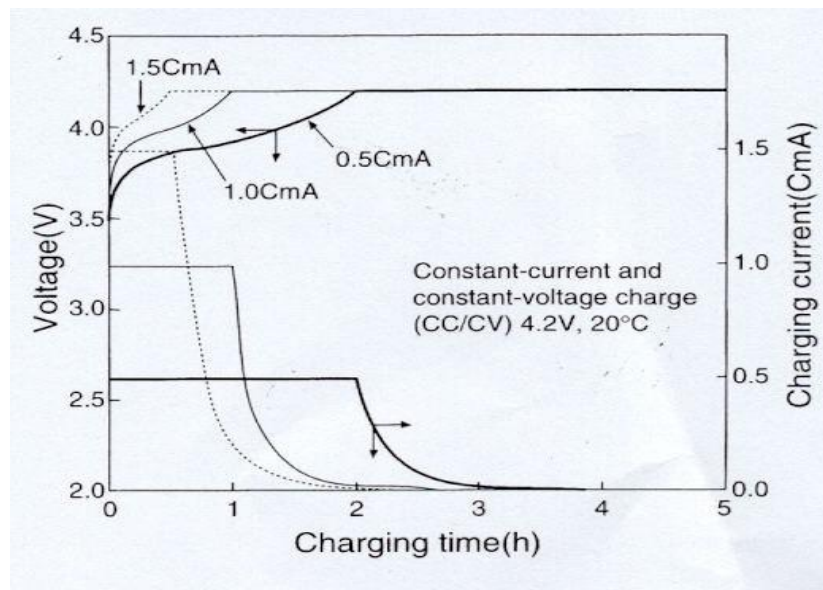


Fig. II-12 : Cycle de charge d'une batterie Lithium-ion[3]

II-6 Tendances : [3]

Les développements sur le Lithium-ion intéressent beaucoup les constructeurs de téléphones portables, l'électrolyte est remplacé par un polymère solide. On arrive alors à une batterie qui peut avoir une forme malléable tout en gardant les mêmes caractéristiques électriques et les mêmes avantages au niveau du poids et du volume. Le coût de ces batteries est encore élevé, mais la miniaturisation, le poids toléré et les formes des portables vont entraîner une baisse des coûts de ces produits.

**II-7 Conclusion :**

Les batteries en lithium-ion s'imposent sur le marché des téléphones portables, les atouts de cette technologie sont le faible poids et volume pour les performances souhaitées. Les téléphones de troisième génération auront besoin des mêmes capacités que ceux de la deuxième génération si l'on tient compte des nombreux services et fonctionnalités supplémentaires qu'ils auront. D'autres technologies pour les batteries peuvent peut être envisagées mais pas dans un avenir proche. Du point de vue des constructeurs de portables, il faut des produits matures et fiables pouvant être fabriqués en grande quantité.

Chapitre III

Réalisation pratique



III-1 Introduction :

Le corps humain possède trois éléments pouvant être utilisés pour produire l'énergie nécessaire à une batterie, qui sont : la température, le battement cardiaque et le mouvement (marche).

Toutefois on éliminera la température et le battement cardiaque en raison de leur faible rendement et puissance. Dans notre étude on ne prendra en compte que le mouvement du corps tel que la marche pour charger une batterie.

On prend comme exemple, une personne qui porte un téléphone portable dont la batterie est chargée. Il a l'habitude d'utiliser massivement son téléphone, brusquement la batterie s'épuise, au moment où il attendait une communication très importante, malheureusement il n'a pas de chargeur sur lui et ne se trouve pas à proximité une source électrique. Comment aurions pu éviter ce problème ?

Afin de pouvoir résoudre ce problème, nous avons à créer un chargeur de batterie par mouvement, et pour réaliser ce projet, nous avons fait deux études, la première est théorique et la seconde est pratique.

III-2 Etude théorique :

III-2-1- Flux d'induction ou flux magnétique : [5]

A. Cas d'un champ magnétique uniforme : [5]

Considérons une surface plane et choisissons un sens de parcours sur le pourtour :

On appelle vecteur surface \vec{S} un vecteur :

- Porté par la normale à la surface ;
- Dirigé vers la gauche d'un observateur couché sur le pourtour vers l'intérieur ;
- De module égal à l'aire S de la surface.

Supposons cette surface placée dans un champ magnétique uniforme, d'induction \vec{B} .

Par définition, le **flux d'induction** ou le **flux magnétique** qui traverse cette surface est le produit scalaire du vecteur induction \vec{B} par le

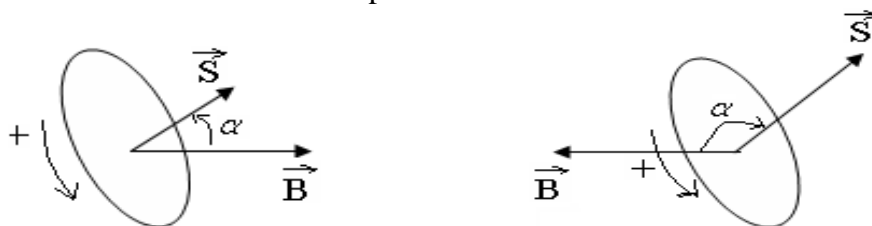


Fig.III-A Flux magnétique [5]



Si on désigne par α l'angle que fait le vecteur \vec{S} avec le vecteur \vec{B} , on a évidemment :

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \cdot \cos \alpha$$

Le flux est positif si $\alpha < \pi/2$ c'est-à-dire si \vec{B} et \vec{S} sont de même côté de la surface ; il est négatif dans le cas contraire, si $\alpha > \pi/2$ (Fig.III-A).

Pour une surface donnée est dans un champ magnétique donné, le flux d'induction est maximal quand la surface est perpendiculaire au vecteur induction ($\alpha = 0$), et il est nul quand elle est parallèle à ce vecteur ($\alpha = 90^\circ$) (fig.III-B).

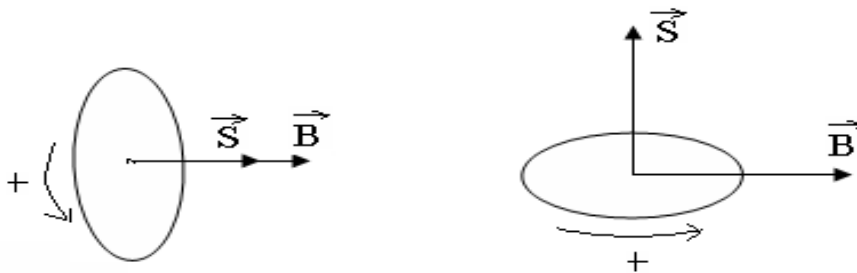


Fig.III-B:Flux magnétique [5]

Pour rendre moins abstraite cette notion, on peut se servir d'une représentation imagée : le flux magnétique est d'autant plus grand que

la surface est traversée par un plus grand nombre de lignes d'induction. On le voit nettement en faisant varier soit la direction, soit le module du vecteur \vec{S} .

B. Cas général :

Si la surface n'est pas plane et si l'induction magnétique varie d'un point à l'autre, on définit le flux de la façon suivante : on décompose la surface en aires assez petites pour être

assimilables à des éléments de plans et pour que \vec{B} puisse être considéré comme constant

pour chacune d'elle ; le flux correspondant à l'élément de vecteur $\vec{\Delta S}$ est donné par la

$$\text{formule précédente : } \Delta\Phi = \vec{B} \cdot \vec{\Delta S} \text{ [5]}$$

Le flux total à travers la surface est la somme de tous les flux élémentaires : $\Phi = \sum \vec{B} \cdot \vec{\Delta S}$ [

C. L'induction propre :

Considérons d'abord le cas le plus simple, celui d'une spire. Supposons qu'elle soit parcourue par un courant variable ; si un sens positif a été choisi sur la spire, l'intensité à la date t a la valeur algébrique i ; en chaque point de l'espace, l'induction \vec{B} créée par ce courant a une direction constante, un sens qui dépend du signe de i et un module



proportionnel à la valeur absolue de i , il en résulte que le flux propre à travers la spire est aussi proportionnel à l'intensité i . On pose : $\Phi = Li$

Les conventions adoptées impliquent que φ et i ont le même signe ; L est donc une grandeur positive, on l'appelle **l'induction propre** de la spire, on dit aussi **le coefficient de self-induction**, ou plus simplement, **la self**.

Il est facile de justifier ces noms. Si, dans la spire, le courant varie avec le temps, il en est de même du flux propre φ ; la spire est le siège d'une force électromotrice d'induction :

$$e = -\frac{d\varphi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad [5]$$

Le signe « - » rappelle que cette f.é.m d'auto-induction s'oppose à la variation de l'intensité i : plus l'inductance propre est grande, plus il est difficile de faire varier le courant dans la spire.

On peut généraliser cette notion et définir l'inductance propre d'une portion de circuit, notamment d'une bobine : si i est l'intensité du courant, φ le flux total qui traverse alors toutes les spires de la bobine et « e » la force électromotrice d'auto-induction, l'inductance

« L » de la bobine est définie par l'une de deux formules : $\varphi = Li$, $e = -L \frac{di}{dt}$ [5]

Notons que la définition de l'inductance propre « L » suppose que le flux propre φ est proportionnel à l'intensité « i » du courant. Cette condition n'est pas réalisée pour une bobine à noyau de fer, puisque la perméabilité dépend de la valeur qu'aurait l'induction en l'absence de fer. En toute rigueur, on ne peut donc pas définir l'inductance propre d'une telle bobine ; cependant, il est parfois commode d'attribuer une inductance « L » à une bobine à fer ; on peut ainsi rendre compte des phénomènes observés, au moins en première approximation.

Concluons en insistant sur la formule importante donnant la force électromotrice d'auto-induction « e » dans un circuit d'induction propre L où le courant a l'intensité « i » (e et i sont des grandeurs algébriques, ce qui suppose le choix d'un sens positif sur le circuit) :

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad [5]$$

Actuellement nous allons exposer deux études théoriques, pour pouvoir réaliser un chargeur portable par mouvement (marche).

Dans celle-ci nous étudierons deux points qui sont les principes et la modélisation.



III-2-2 Caractérisation des mouvements de la marche : [6]

III-2-2-1- Caractérisation des mouvements à la hanche de la marche : [6]

Si l'on considère le buste en 3 dimensions (figure III-1), délimité par des marqueurs infrarouges, on peut relever les mouvements selon les trois composantes x, y et z.

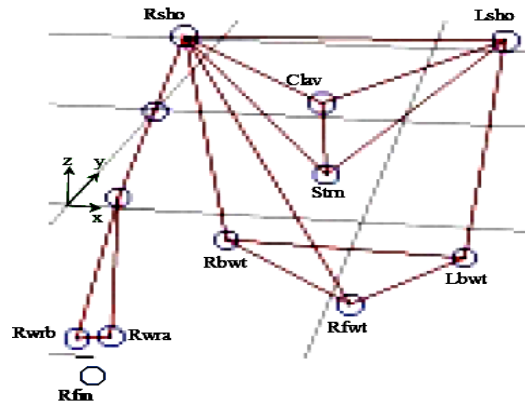


Fig.III-1 : Positions des marqueurs sur la partie supérieure du corps pour la mesure des composantes du mouvement pendant la marche. [6]

Le mouvement selon la composante " z " (mouvements verticaux) est le plus significatif (figure III-2) lorsqu'un individu marche et c'est d'abord sur cette composante que nous envisageons une conversion électromécanique d'énergie. Notons qu'il existe une composante intéressante en " y " lors d'une marche rapide

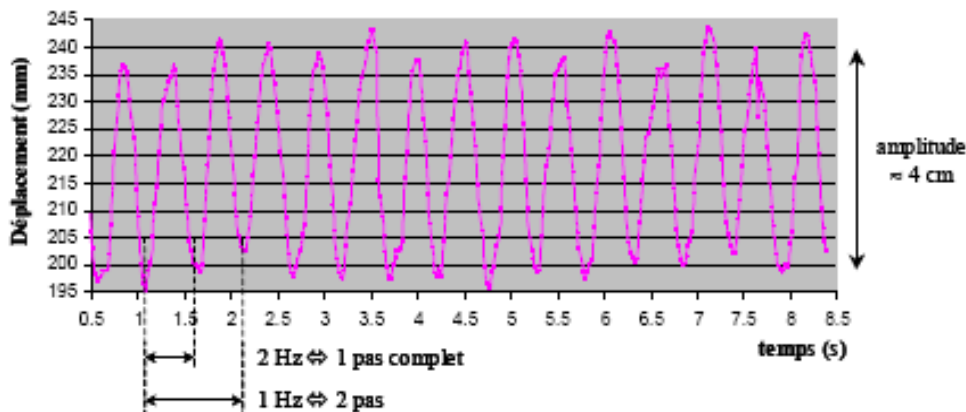


Fig.III-2 : Mouvements verticaux (composante z) au niveau de la hanche droite lors de la marche à 5km/h. [6]



On peut considérer les mouvements verticaux de la hanche comme une source de mouvement sinusoïdale telle que :

$$h(t) = X_M \cdot \cos(\omega_{pas} \cdot t) \quad \text{avec} \quad X_M = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \text{et} \quad f_{pas} = 2 \text{ Hz}$$

Plusieurs générateurs électromécaniques sont envisageables en fonction du type de mouvement exploité :

- translation (sur la composante z)
- rotation (permettrait d'exploiter mieux les 2 composantes y et z)

C'est la première solution que nous envisageons car, bien qu'elle pose plus de difficultés sur le plan des performances, elle nous semble avoir deux avantages en termes de fiabilité (entraînement direct permettant la suppression d'une mécanique complexe) et scientifique (conception d'un générateur de structure originale bien adaptée à cette application).

Au niveau de la hanche : [6]

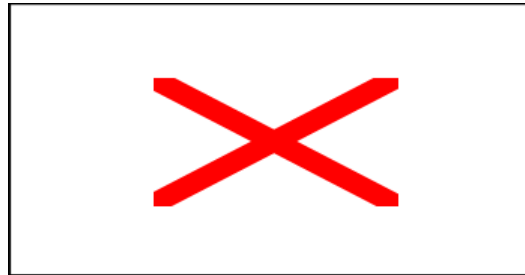


Fig.III-3 : Caractérisation des mouvements de la marche. [6]

La fréquence des oscillation varie peu : 2 à 3Hz. (fig.III-3)

Marche :

Course : maxi

- Amplitude : 4cm.
- Fréquence : 2Hz à 1 pas/s

Amplitude : 10cm.

Fréquence : 5Hz.

III-2-3- Prédétermination d'un générateur linéaire :

III-2-3-1- Principe et modélisation : [6]

On considère un boîtier solidaire du corps humain (figure III-4), placé au niveau de la hanche. Une masselotte, supportant la partie mobile du générateur électromécanique, se déplace verticalement entre deux ressorts sous l'action du déplacement du boîtier et peut ainsi entrer en résonance avec le mouvement.

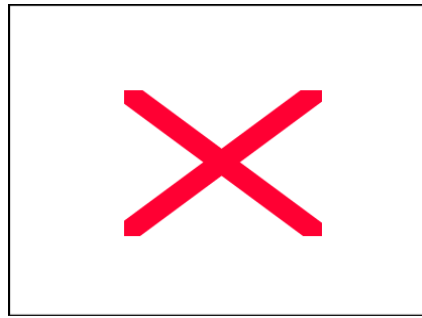


Fig.III-4 :Générateur linéaire. [6]

Ce schéma élémentaire permet une approche mécanique simplifiée du dispositif soumis à des déplacements verticaux. Par commodité, nous avons représenté une masselotte extra-plate sachant qu'elle sera, en réalité, parallélépipédique.

III-2-3-2- Mise en équations mécaniques : [6]

Nous ne considérons donc qu'une seule dimension à la fois pour l'excitation et pour le mouvement de la masselotte.

Les forces qui s'exercent sur la masselotte sont :

- son poids : $P = -m.g$ [6]

- traction ou répulsion des ressorts : si la longueur du ressort supérieur diminue, il repousse la masselotte vers la bas, et réciproquement : $F_R = k \cdot (L - L_0)$ avec $k = 2.k'$ [6]

- une force qui correspond au transfert d'énergie et à la charge électrique, que l'on peut traduire, en toute première approximation, par un frottement visqueux. Si la longueur du ressort supérieur diminue, sa dérivée est négative et la force est bien vers le bas et réciproquement donc : $F = \lambda \cdot \frac{dL}{dt}$ [6]

On peut écrire l'équation fondamentale de la dynamique :
soit finalement :

$$m \cdot \ddot{L} = m \cdot \ddot{h} - m \cdot g - \lambda \cdot \dot{L} - k \cdot L + L_0 \quad [6]$$

$$\sum F = m \cdot \ddot{x}$$

$$m \cdot \ddot{x} = -m \cdot g + k(L - L_0) + \lambda \cdot \dot{L} \quad \text{avec} \quad x(t) = h(t) - L(t)$$

En posant $L_1(t) = L(t) - L_0 - \frac{m}{k} \cdot g$,

on peut écrire finalement : $m \cdot \ddot{L}_1 = m \cdot \ddot{h} - \lambda \cdot \dot{L}_1 - k \cdot L_1$ [6]



III-2-3-3- Equations électriques : [6]

Afin de récupérer le maximum de puissance, nous cherchons à accorder la résonance du système sur la fréquence d'excitation (fréquence de la marche) soit $w_{res} = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Si l'on considère une masselotte de 50g, le coefficient de raideur du ressort à la résonance vaut :

$$k_{res} = (2.\pi.2)^2 . 50.10^{-3} \quad \text{soit} \quad k_{res} = 7.89 \text{ N / m}$$

$$F = \lambda . \dot{L}(t)$$

$$P = F.v \quad \text{soit} \quad P(t) = \lambda \left[\dot{L}(t) \right]^2$$

Les travaux, qui seront menés dans la suite de ce travail, concernent la recherche de l'influence des différents paramètres de conception de ce système notamment :

- l'amplitude du mouvement de la masselotte à l'intérieur du boîtier ;
- la masse de la masselotte.

Cela permettra d'évaluer la puissance maximale récupérable à partir d'un objet de masse et d'encombrement donnés...

III-2-3-4- Structure électromagnétique proposée : [6]

Diverses architectures de générateur linéaires sont envisageables, nous avons retenu dans un premier temps celle de la figure III-5, car elle permet d'éviter d'avoir des contacts mobiles (les bobinages sont fixes) et d'éliminer les efforts de détente (aucune encoche) qui pourraient nuire à l'excitation du système. Mais il faudra pousser les travaux de recherche pour optimiser ce choix car cette architecture, si elle élimine quelques inconvénients, en présente d'autres comme un bobinage de grande longueur, donc plus résistif.

En outre, il est indispensable de considérer l'association avec un convertisseur électronique pour étudier et optimiser le comportement de l'ensemble. Une attention particulière devra être portée à l'électronique de contrôle dont la consommation devra rester extrêmement faible de façon à ne consommer qu'une faible part de l'énergie produite.

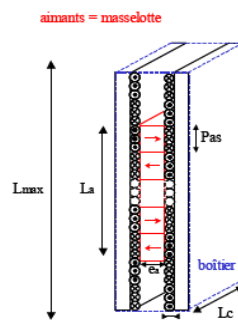


Fig.III-5 : Générateur linéaire à aimants permanents[6]



III-3 Etude pratique :

Dans cette étude nous avons procédé à trois expériences pratiques importantes. Avant d’entamer l’expérience, on a testé des bobines trouvée dans laboratoire, pour connaître l’influence de l’aimant et sa vitesse (fréquence) sur la tension et l’intensité du courant ainsi que le rapport entre le nombre de sphères et la tension et entre le nombre de sphère et l’intensité

Les résultats sont représentés par les courbes suivantes :

1^{ère} Etape

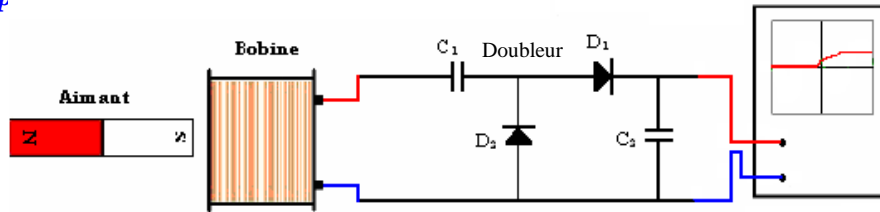


Fig.III-6: Testé de 1bobine

Résultat par oscilloscope :

- $N = 250 \text{ spires}$
- $L \approx 2,2 \text{ mH}$
- $R \approx 0,6 \Omega$
- $I_{\text{max}} = 5 \text{ A}$
- $f = 4 \text{ Hz}$
- $V_{\text{max}} = 74,5 \text{ mv}$

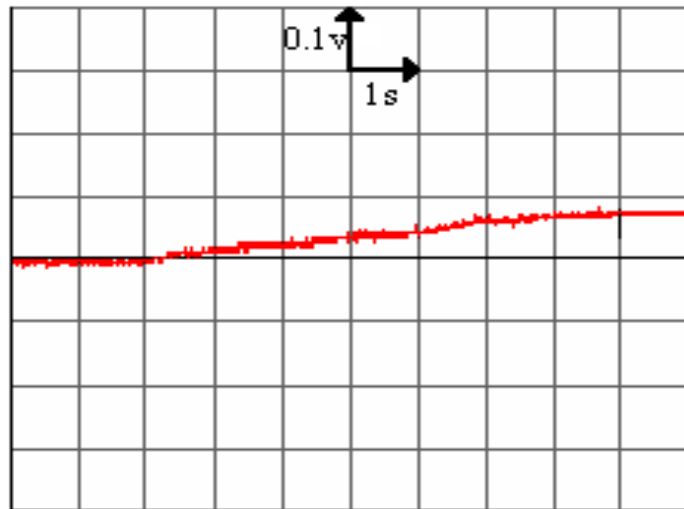


Fig.III-6-1: Résultat par oscilloscope

On remarque que la tension est très faible, cela est dû au exigüité du nombre de spires (fig.III-6-1)



2^{ème} Etape : Même expérience mais pour une bobine N=500 spires.

Résultat par oscilloscope :

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 500 \text{ spires} \\ L \approx 9 \text{ mH} \\ R \approx 2,5 \Omega \\ I_{\max} = 2,5 \text{ A} \end{array} \right.$$

- f = 4 Hz

- V_{max} = 0,6 mV

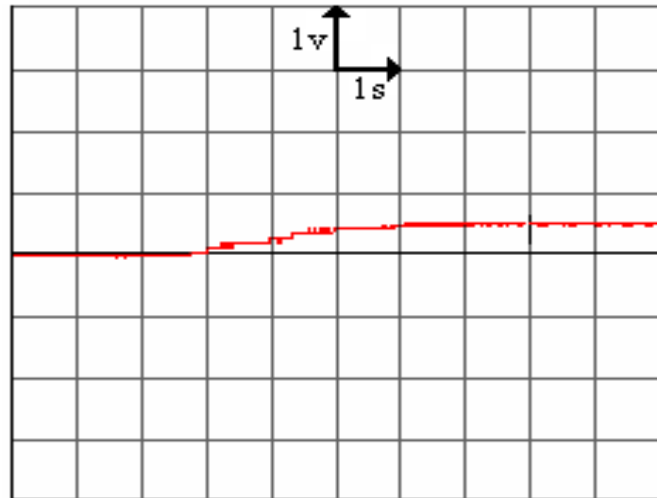


Fig.III-6-2: Résultat par oscilloscope

Lorsqu'on augmente le nombre de spires, la tension s'élève (fig.III-6-2).

3^{ème} Etape : Même expérience mais pour une bobine N=1000 spires.

Résultat par oscilloscope :

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1000 \text{ spires} \\ L \approx 36 \text{ mH} \\ R \approx 9,5 \Omega \\ I_{\max} = 1,25 \text{ A} \end{array} \right.$$

- f = 2 Hz

- V_{max} = 1,2 v

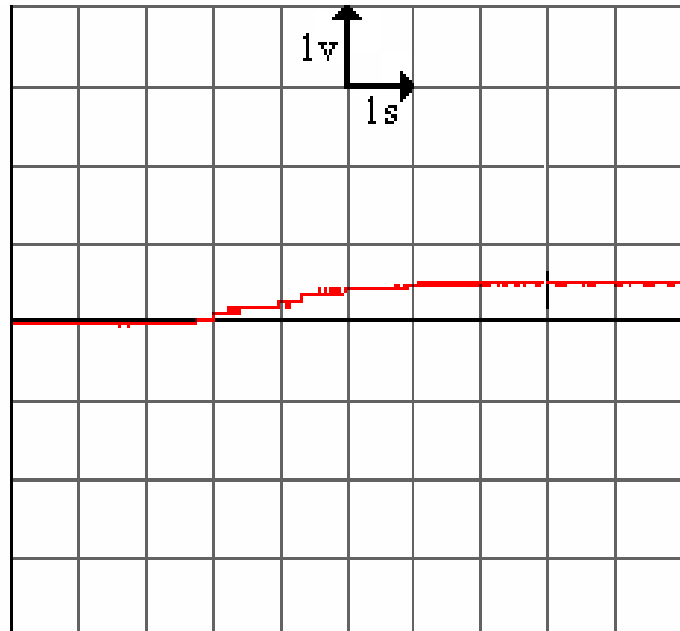


Fig.III-6-3(a): Résultat par oscilloscope

Quand le nombre de spires augmente, l'intensité du courant s'amplifie (fig.III-6-3(a)).



4^{ème} Etape : Même expérience pour une bobine N=1000 spires, mais maintenant on change la fréquence(c-à-d de vitesse plus rapide que la précédente).

Résultat par oscilloscope :

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 1000 \text{ spires} \\ L \approx 36 \text{ mH} \\ R \approx 9,5 \Omega \\ I_{\max} = 1,25 \text{ A} \\ - f = 3 \text{ Hz} \\ - V_{\max} = 1,7 \text{ V} \end{array} \right.$$

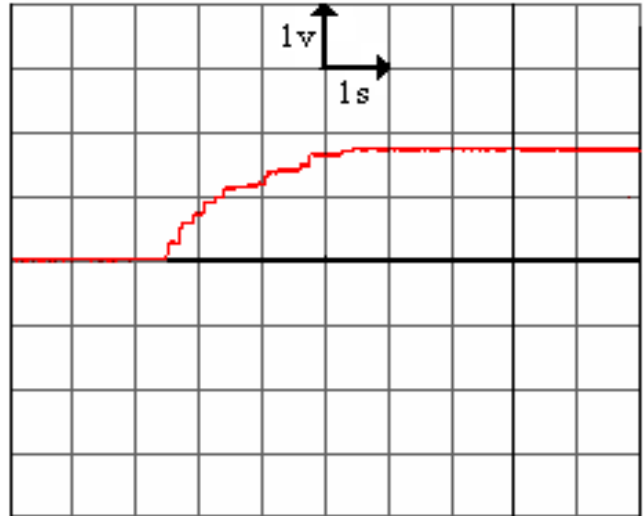


Fig.III-6-3(b): Résultat par oscilloscope

La fréquence augmente avec l’augmentation de la tension (fig.III-6-3(b)).

5^{ème} Etape : Pour une bobine N=10000 spires.

Résultat par oscilloscope :

$$\left\{ \begin{array}{l} N = 10000 \text{ spires} \\ L \approx 4,46 \text{ mH} \\ R \approx 1350 \Omega \\ - f = 4 \text{ Hz} \\ I_{\max} = 0,1 \text{ A} \end{array} \right.$$

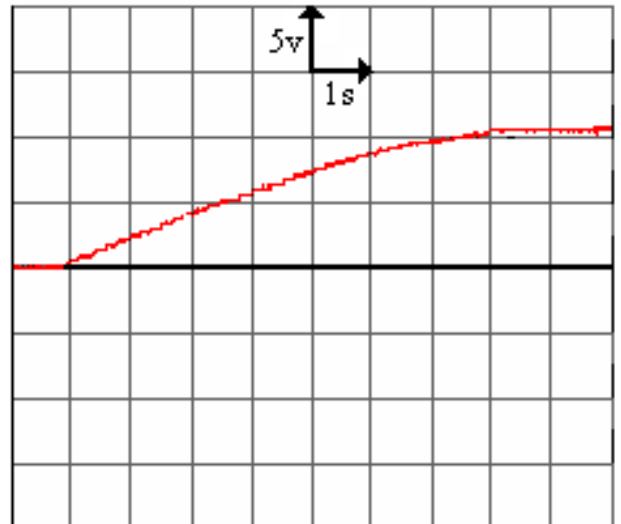


Fig.III-6-4: Résultat par oscilloscope

Le graphe montre que la tension a un rapport avec le nombre de spires et la vitesse de l’aimant dans la bobine (fig.III-6-4).

Remarque importante [I] :

Les résultats précédents permettent de conclure que la vitesse de l’aimant et le nombre de spires a un grand impacte sur la tension et l’intensité.



Malgré que la tension élevée l'intensité du courant est faible, et elle est insuffisante pour charger la batterie du téléphone mobile parce que la résistance de la bobine est grande.

6^{ème} Etape :

➤ On prend 3 bobines en série, qu'on lie avec un doubleur de tension, les résultats sont donnés par la courbe ci-dessous :

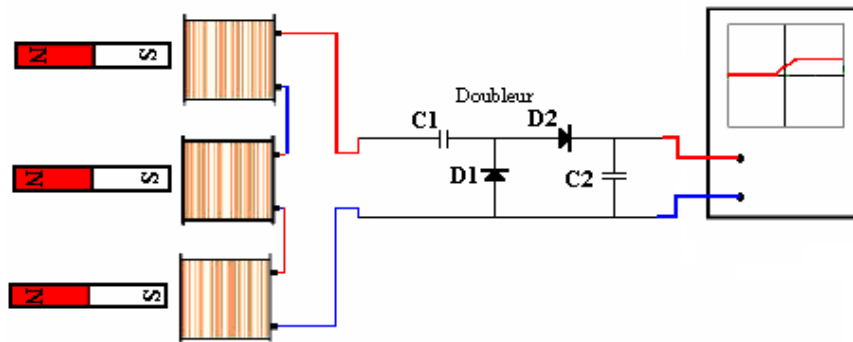


Fig.III-7 : Testé des 3 bobines en série

Résultat par oscilloscope :

- Nombre de spires N = 1000 spires (Pour chaque bobine).
- $f = 4\text{Hz}$
- $V_{\text{max}} = 5\text{v}$

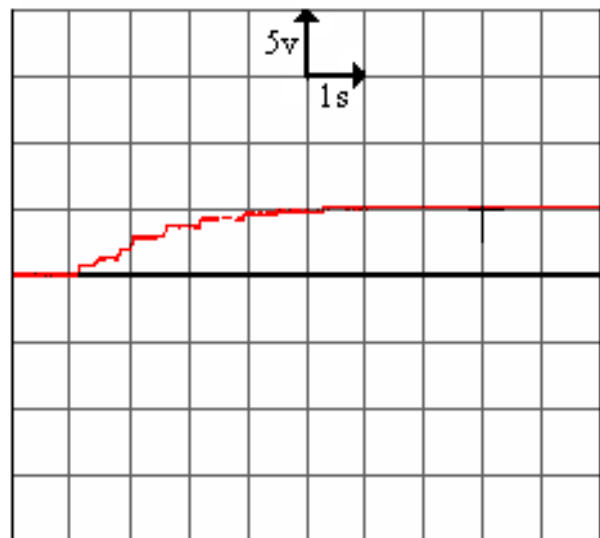


Fig.III -7-1: Résultat par oscilloscope

La tension augmente avec l'augmentation de la vitesse de l'aimant pour atteindre une valeur maximale (fig.III-7-1).



7^{ème} Etape :

- Dans cette expérience, on met chaque bobine en relation avec un doubleur et on relie la sortie du doubleur en série comme le représente la figure suivante :

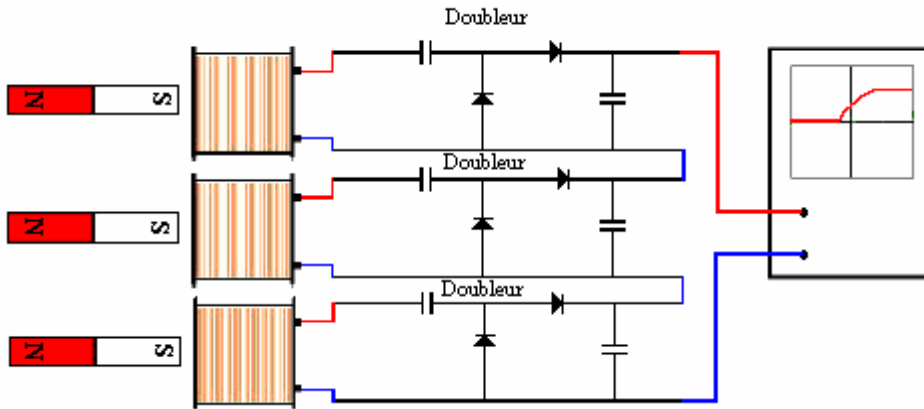


Fig.III-8 : Testé chaque bobine en relie avec un doubleur

Résultat par oscilloscope :

- Nombre de spires $N = 1000$ spires.
(Doubleur pour chaque bobine).
- $f = 4\text{Hz}$
- $V_{\text{max}} = 11\text{v}$

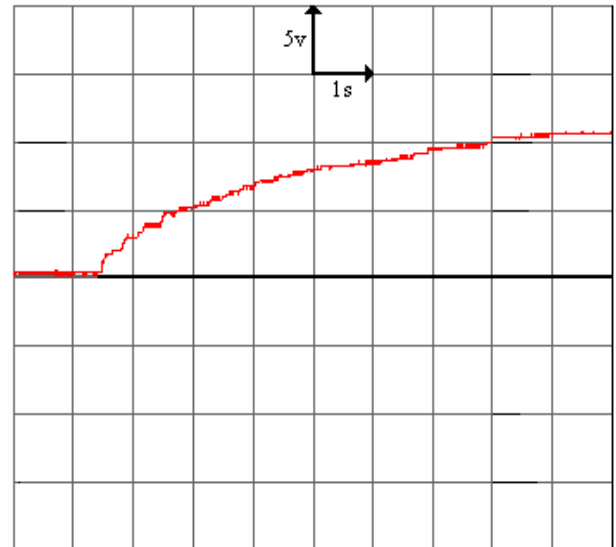


Fig.III -8-1: Résultat par oscilloscope

D'après le schéma, il est clair que la tension est beaucoup plus grande que celles des autres cas (fig.III-8-1).

Remarque importante [II] :

Donc on conclut que le doubleur relié en série à un rôle important dans l'augmentation de la tension et la puissance, ainsi que l'intensité du courant, et ça c'est le but recherché.



Expérience N°01 :

On prend un tube ($\varnothing_{\text{tube}}= 2\text{cm}$, $L_{\text{bobine}}=8\text{cm}$, $L_{\text{tube}}=15\text{cm}$) sur lequel on enroule 4 bobines, chaque bobine comportant 2000 spires, le diamètre du fil utilisé est de 0.25mm. On fait pénétrer dans le tube un aimant et on le fait bouger. On étudie la vitesse de ce mouvement et ce en trois étapes en ce basant sur le mouvement minime et d'intensité maximale pour obtenir une fréquence continue et filtrée à la fois. On utilise un doubleur de tension.

Dans cette expérience et dans celles qui suivront, nous lierons les bobines en série et on mesurera la tension dans le circuit puis nous lierons chaque bobine à un doubleur de tension, et l'on mesurera à nouveau la tension dans le circuit et on comparera les résultats interprétés à partir de la courbe prise de l'oscilloscope.

1^{ère} Etape : On prend au début juste 3 bobines (N=2000 spires pour chaque bobine) et on relie chaque bobine par un doubleur de tension comme le représente la figure suivante :

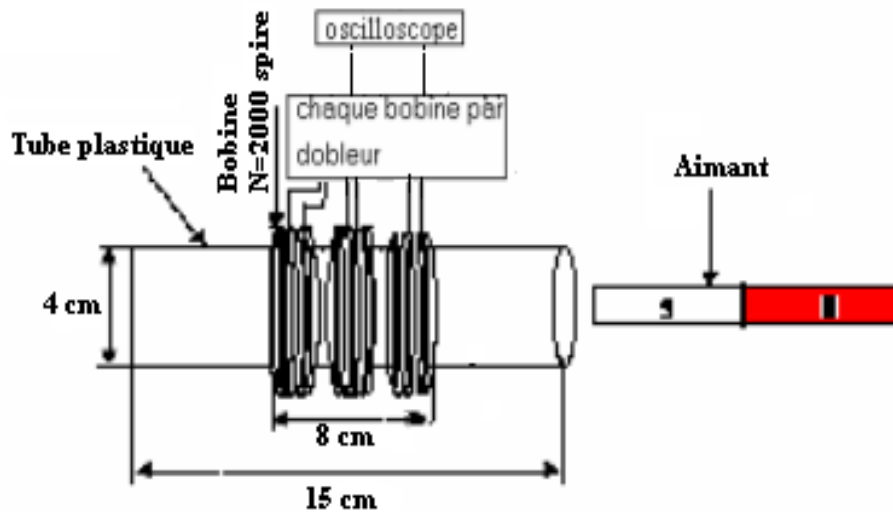


Fig.III -9: Relie chaque bobine par un doubleur



Résultat par oscilloscope :

- 3 bobines, chacune a un nombre de spires $N = 2000$ spires.
- Doubleur en série
- $f = 4\text{Hz}$
- $V_{\text{max}} = 13.5\text{v}$

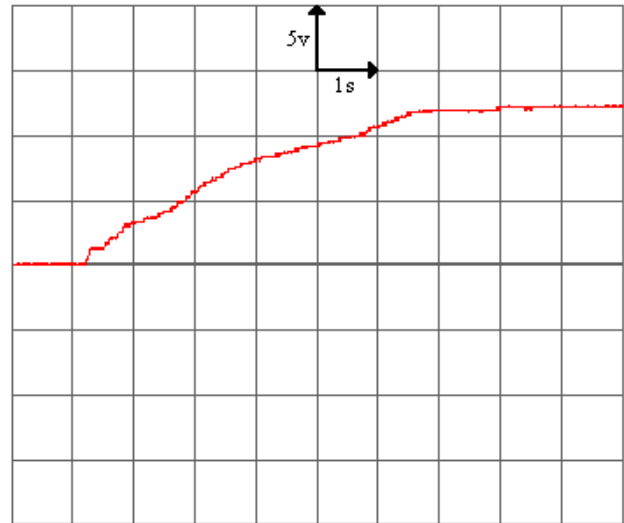


Fig.III -9-1: Résultat par oscilloscope

L'augmentation de la fréquence et du nombre de spires entraîne automatiquement l'augmentation de la tension (fig.III-9-1).

2^{ème} Etape :

4 bobines, chacune a un nombre de spires $N= 2000$ spires.

❖ **Bobine en série :**

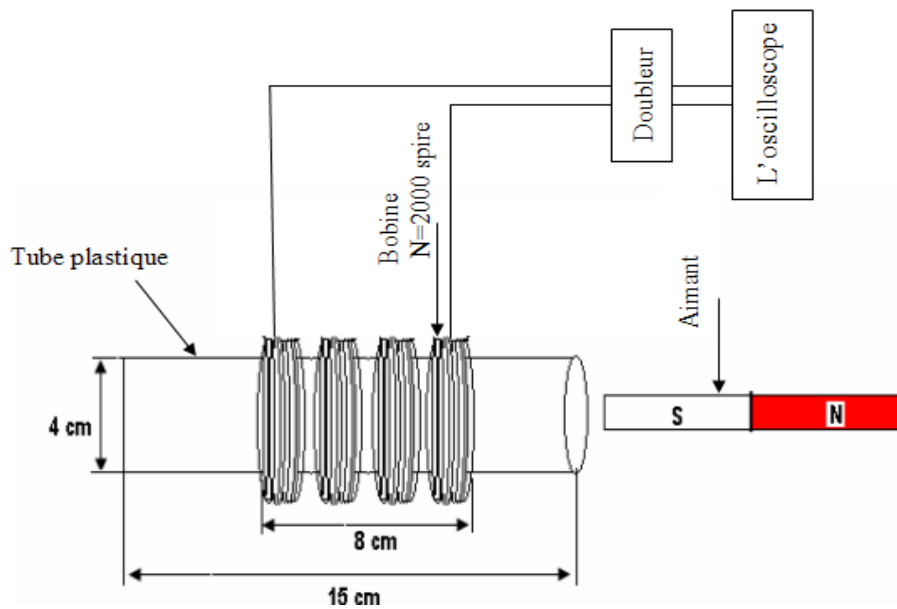


Fig.III -9-2: Testé des 3 bobines en série



Résultat par oscilloscope :

- $f = 2 \text{ Hz}$
- $V_{\text{max}} = 11,5 \text{ v}$

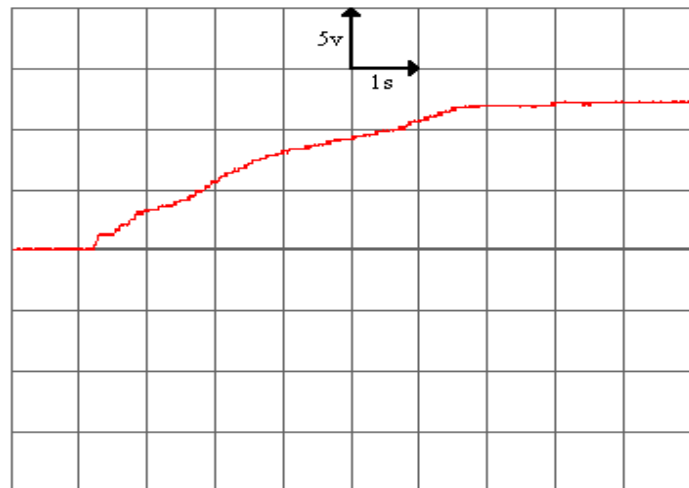


Fig.III -9-3: Résultat par oscilloscope

Ce graphe nous amène à conclure que la tension obtenue avec une fréquence de 2Hz est suffisante pour permettre le chargement d'une batterie de téléphone mobile (fig.III-9-3).

❖ Doubleur en série :

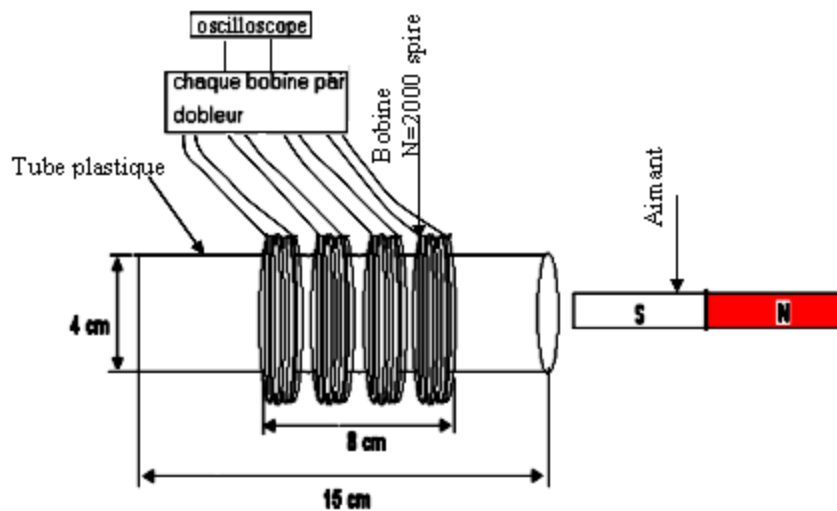


Fig.III -9-4: Testé on relie chaque bobine par un doubleur



Résultat par oscilloscope :

- $f = 4\text{Hz}$
- $V_{\text{max}} = 20,5\text{v}$

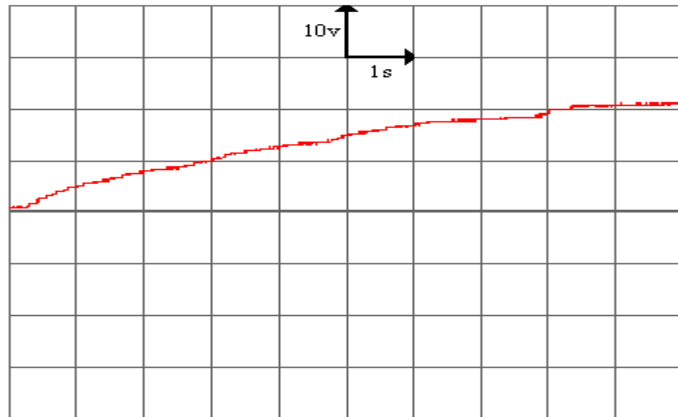


Fig.III -9-5: Résultat par oscilloscope

A partir de la courbe ci-dessus nous concluons que la tension est élevée, parce qu'on a augmenté la fréquence et utilisé un doubleur avec chaque bobine (fig.III-9-5).

Résultat important [I] :

D'après ce teste il résulte que la tension et l'intensité du courant continu d'une fréquence $f = 4\text{Hz}$ sont estimés par $V_{\text{max}}=20,5\text{v}$ et $I=10\text{mA}$, ce sont des valeurs suffisantes pour charger une Batterie d'un téléphone mobile.

Expérience N°02 :

On prend un tube de 2.5cm de diamètre et de 8cm de longueur; on met au dessus 3 bobines l'une sur l'autre chacune a 1000 spires donc la somme est 3000 spires. Le diamètre de fil est 0.25mm ; On fait pénétrer dans le tube un aimant mobile de 40g de poids, a l'extrémité inférieur du tube on fixe un aimant de 20g pour faciliter le mouvement de l'aimant mobile.

En premier lieu on place trois bobines en série avec un doubleur, puis on place chaque bobine avec son propre doubleur.

❖ **Bobines en série :**

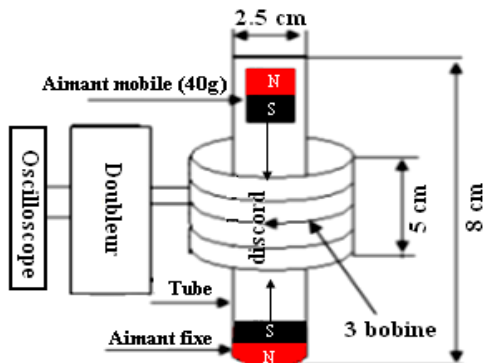


Fig.III -10(a): Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 5cm

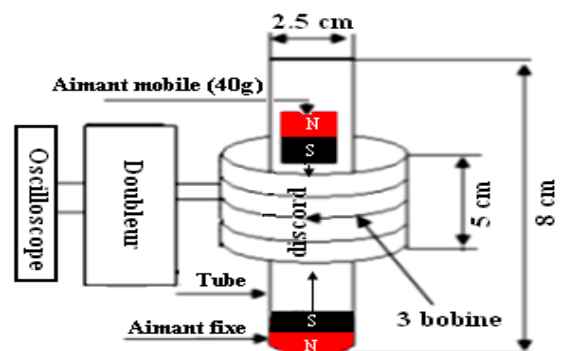


Fig.III -10(b): Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 5cm



Résultat par oscilloscope :

1^{ère} Etape :

- Longueur des bobines (5cm).
- N = 3000 spires.
- f = 2Hz.
- $V_{max} = 2,2v$

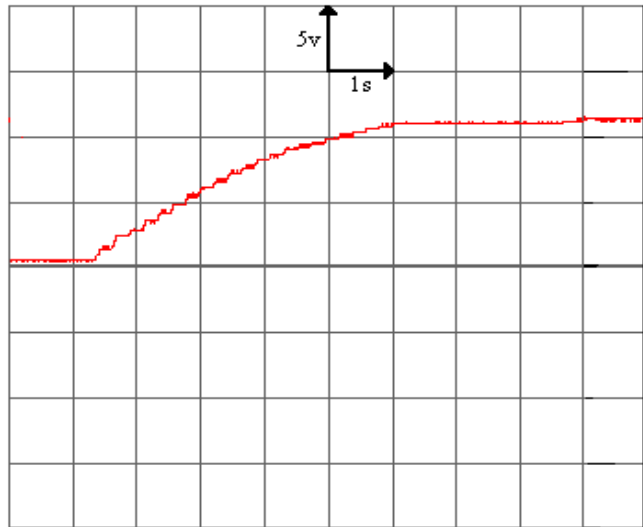


Fig.III -10-1: Résultat par oscilloscope

Dans ce cas la tension obtenue est très faible par rapport à la tension nécessaire au chargement d'une batterie (fig.III-10-1)

2^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (5 cm).
- N = 3000 spires.
- f = 3Hz.
- $V_{max} = 3v$

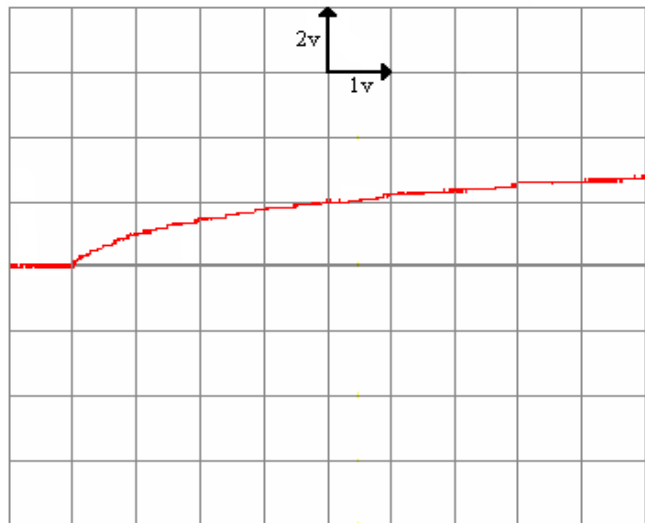


Fig.III -10-2: Résultat par oscilloscope

D'après la courbe on constate que quand on augmente la fréquence et la vitesse de mouvement de l'aimant, la tension augmente sans atteindre des valeurs intéressantes (fig.III-10-2).



3^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (5cm).
- N = 3000 spires.
- f = 5Hz.
- $V_{max} = 4,4 \text{ v}$

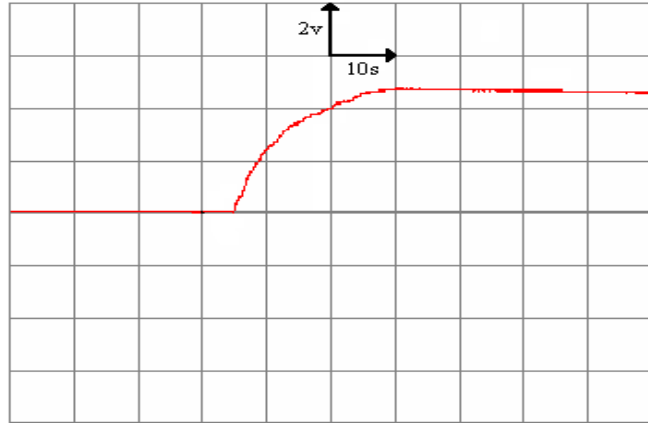


Fig.III -10-3: Résultat par oscilloscope

Bien que la tension augmente, le courant est insuffisant pour charger la batterie du téléphone mobile (fig.III-10-3).

❖ Doubleur en série :

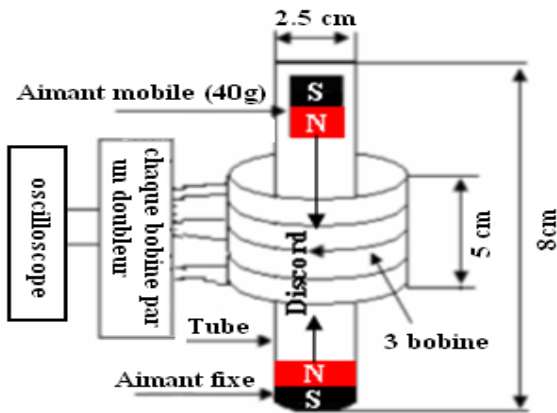


Fig.III -10-4(a): Testé on relie chaque bobine par un doubleur

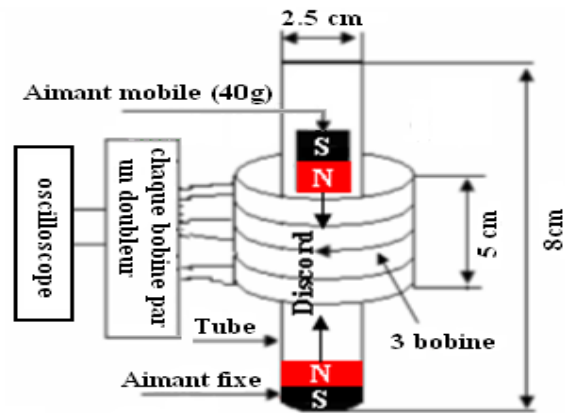


Fig.III -10-4(b): Testé on relie chaque bobine par un doubleur



Résultat par oscilloscope :

- Longueur des bobines (5cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 2\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 2,8\text{v}$

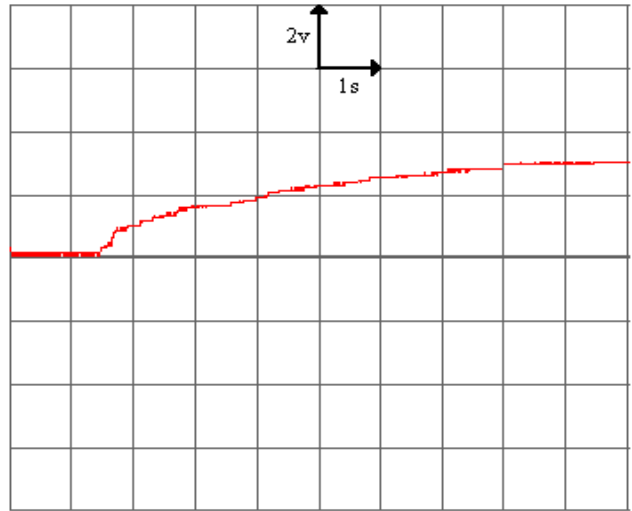


Fig.III -10-5: Résultat par oscilloscope

La valeur de la tension, dans ce cas, est légèrement plus élevée que dans le cas précédent (fig.III-10-5).

2^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (5 cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 3\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 4\text{v}$

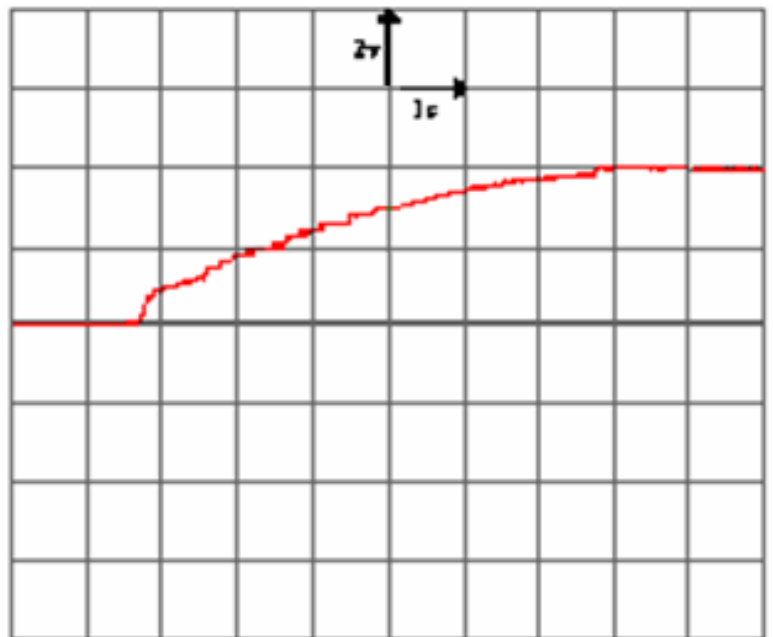


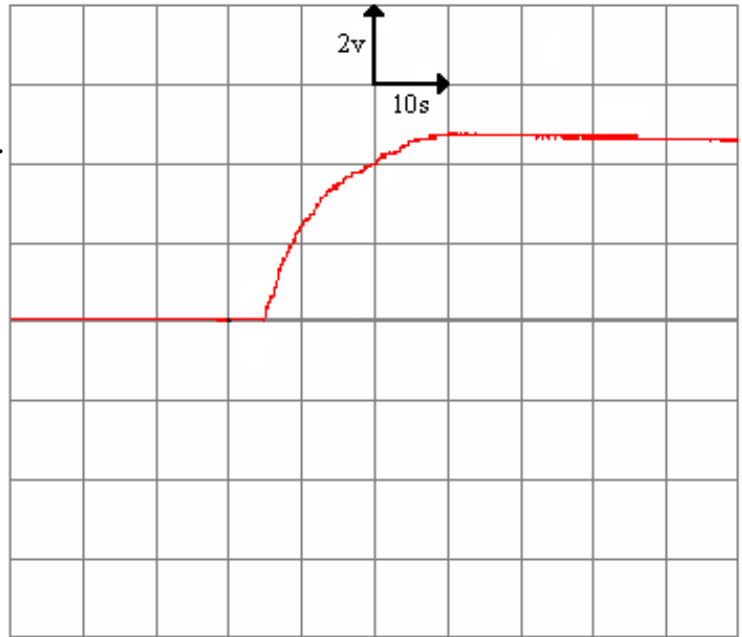
Fig.III -10-6 : Résultat par oscilloscope

D'après la courbe on constate quand on augmente la fréquence, la tension augmente (fig.III.10-6).



3^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (5 cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 4\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 4,4\text{v}$



- Fig.III 10-7: Résultat par oscilloscope

Malgré l'augmentation de la tension, le courant reste insuffisant pour le chargement d'une batterie (fig.III-10-7)

Expérience N°03 :

Dans cette troisième expérience, on fera varier les valeurs suivantes : la longueur de la bobine ainsi que son tube et on étudiera les mêmes étapes que celles de la deuxième expérience.

❖ Les bobines en série :

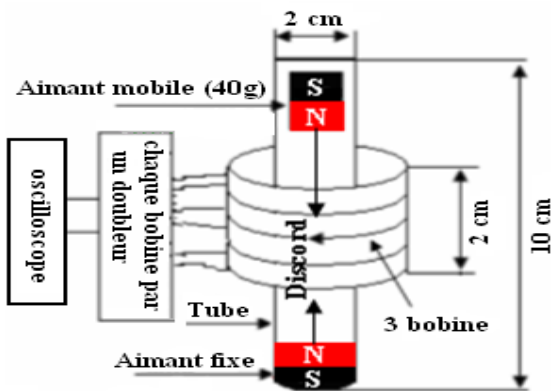


Fig.III -11(a) Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 2cm

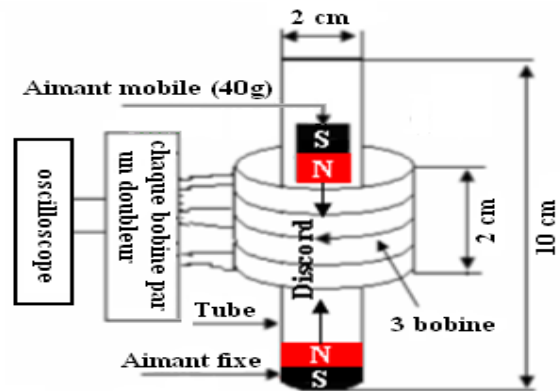


Fig.III -11(b): Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 2cm



Résultat par oscilloscope :

1^{ère} Etape :

- Longueur des bobines (2cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 2\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 3,4\text{v}$

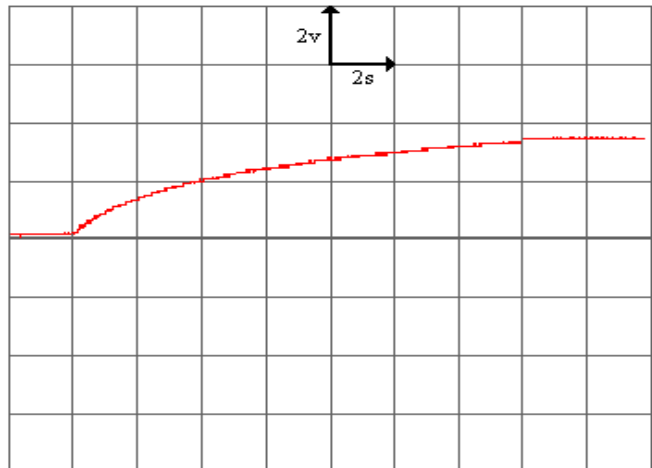


Fig.III - 11-1: Résultat par oscilloscope

Dans ce cas la tension obtenue est supérieure à la tension où $L = 5\text{cm}$ D'où la longueur de la bobine influe sur la tension obtenue (fig.III-11-1).

2^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (2 cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 4\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 11\text{v}$

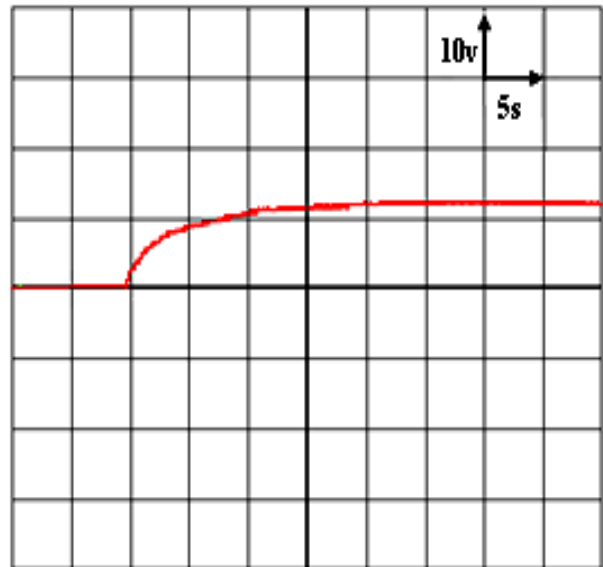


Fig.III - 11-2: Résultat par oscilloscope

On retiendra que quand la longueur de la bobine diminue, le champ magnétique est plus important (fig.III-11-2).



❖ Doubleur en série :

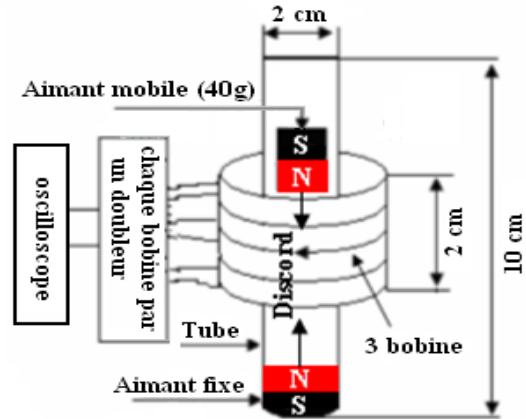
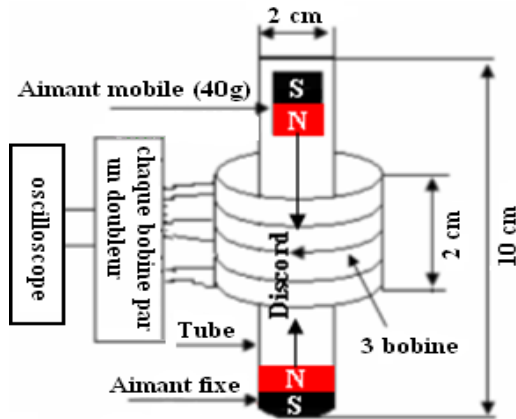


Fig.III -12(a): Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 5cm

Fig.III -12(b): Testé 3 bobines l'une sur l'autre long bobin 5cm

Résultat par oscilloscope

1^{ère} Etape :

- Longueur des bobines (2cm).
- $N = 3000$ spires.
- $f = 2\text{Hz}$.
- $V_{\text{max}} = 4,2\text{v}$ jusqu' à 6v

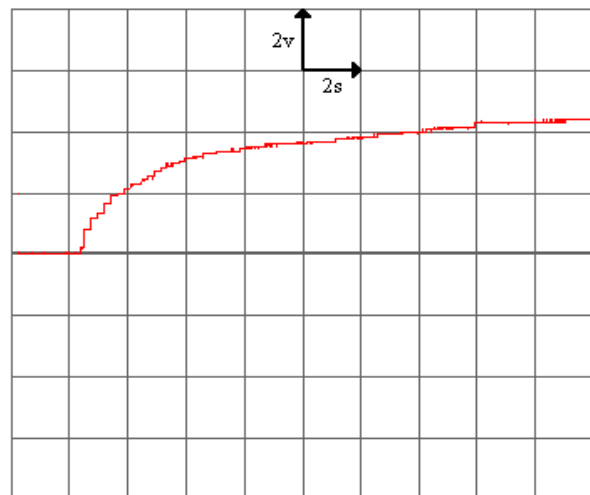


Fig.III -12-1: Résultat par oscilloscope

La tension obtenue est plus importante que dans le cas de bobines en série, tout en restant trop faible pour charger une batterie (fig.III-12-1)



2^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (2cm).
- N = 3000 spires.
- f = 3Hz.
- V_{max} = 4,8v jusqu' à 9v

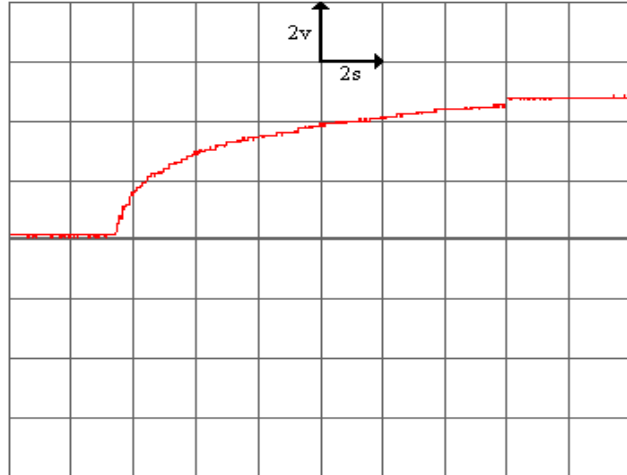


Fig.III -12-2: Résultat par oscilloscope

Lorsque en augmente la vitesse, la tension toujours augmente (fig.III-12-2)

3^{ème} Etape :

- Longueur des bobines (2cm).
- N = 3000 spires.
- f = 4Hz.
- V_{max} = 12,5v

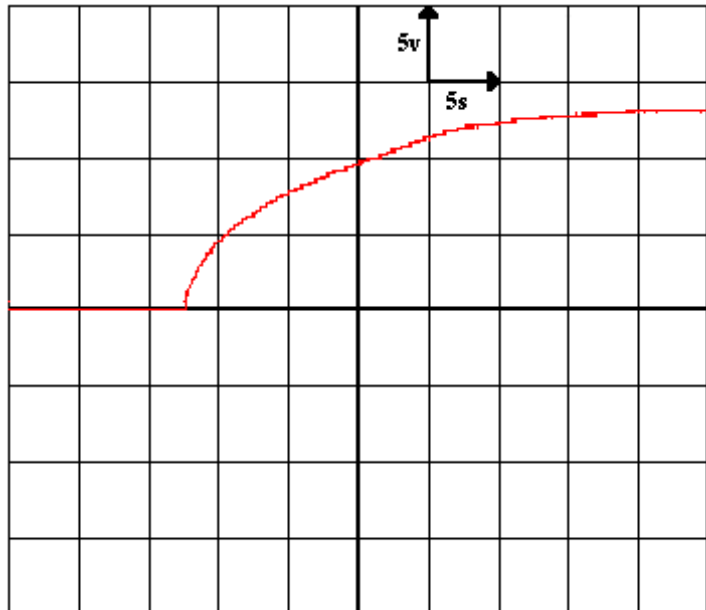


Fig.III -12-3: Résultat par oscilloscope

Quand le mouvement atteint une fréquence de 4Hz, la tension maximale est : $V_{MAX} \approx 12,5v$ (fig.III-12-3).

➤ Dans cette dernière expérience, lorsque $V = V_{MAX} \approx 12,5V$



On mesure l'intensité du courant par branchement d'une charge électrique (par exemple une résistance $R=1K\Omega$) à la sortie du doubleur.

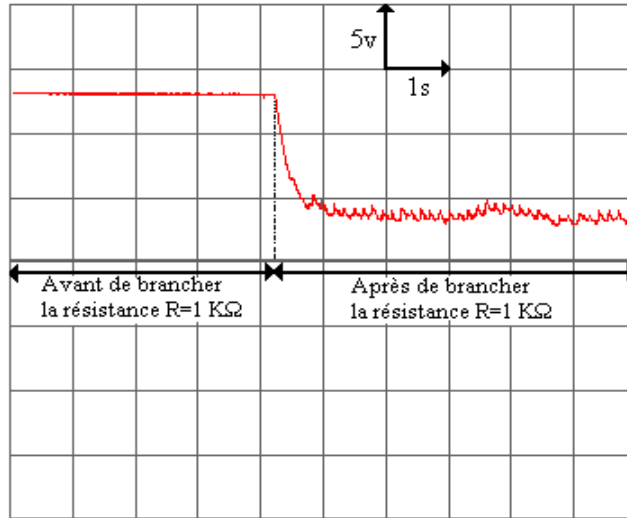


Fig.III -12-4: Résultat par oscilloscope

Après le branchement de la résistance on obtient la figure suivante :

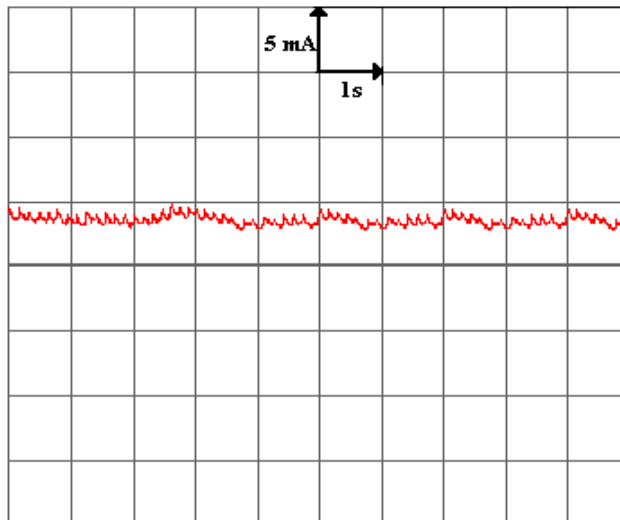


Fig.III -12-5: Résultat par oscilloscope Après le branchement de la résistance

A travers l'exploitation de cette courbe on constate que l'intensité du courant est varié entre 4mA à 5mA (fig.III-12-5).

Remarque :

A partir de ce résultat on peut conclure qu'il est possible de charger par cette technique une batterie du téléphone mobile.



Teste de la marche :

Nous avons étudié notre modèle pendant le mouvement du corps humain.

- Premièrement on teste pendant la marche normale on a obtenu le résultat suivante :

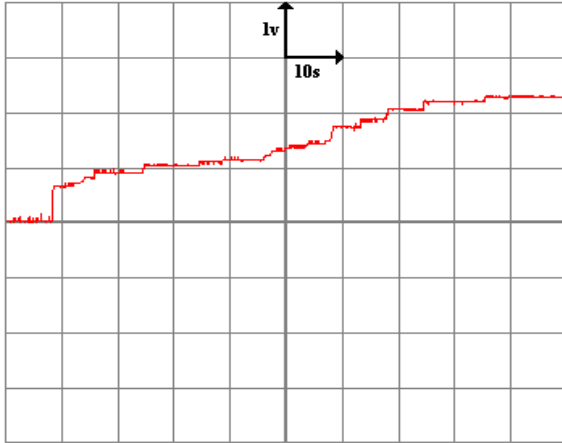


Fig.III -13(a) : Au début de la charge

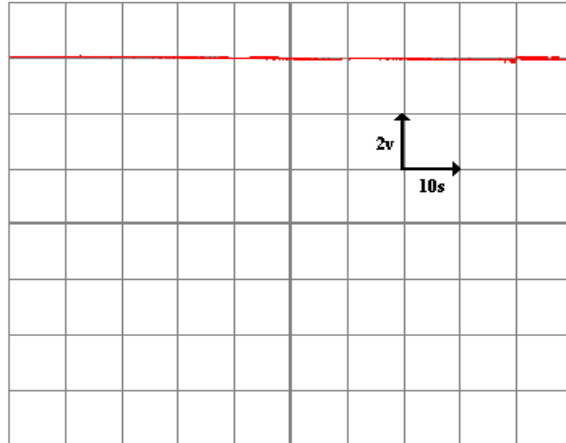


Fig.III -13(b) : Chargement Au maximum

On observe qu’au début le chargeur commence rechargé la batterie jusqu’à la valeur $V= 2.2v$ après une minute (Fig.III-13(a)) et augmente jusqu’à une valeur maximum $V= 6v$ (Fig.III-13(b)).

- Deuxièmement on fait tester pendant une marche rapide on obtient le résultat suivante :

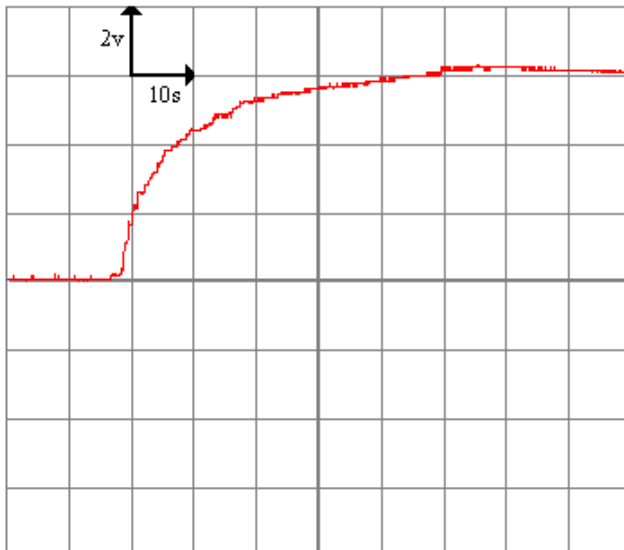


Fig.III -14(a) : Au début de la charge

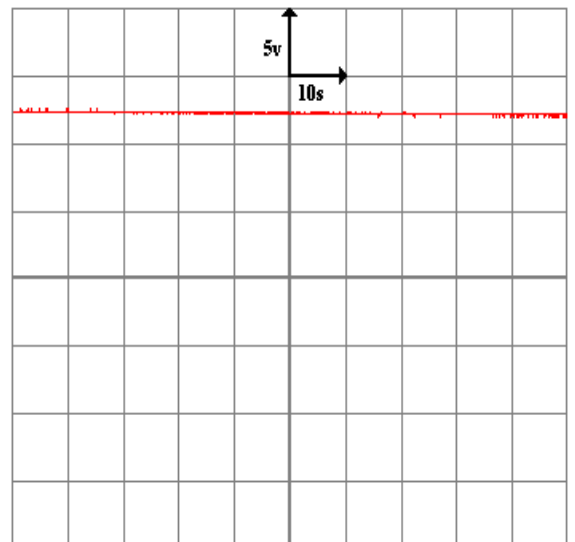


Fig.III -14(b) : Chargement Au maximum



On observe qu'au début le chargeur recharge la batterie jusqu'à la valeur $V = 6.2\text{v}$ après une minute (Fig.III-14(a)) et augmente jusqu'à une valeur maximum $V = 12\text{v}$ (Fig.III-14(b)).

Résultat important [III] :

On a aussi essayé d'avoir un générateur portable le plus petit que possible, et par teste on obtient un modèle qui fournit une tension et une intensité estimées respectivement par $V_{\text{max}} = 12,5\text{v}$ et $I_{\text{max}} = 5\text{mA}$ avec une fréquence $f = 4\text{Hz}$ ce sont des valeurs suffisantes pour charger une batterie du mobile.



Fig.III -15: Chargeur d'une batterie par le mouvement

❖ Finalement et malgré tout ces efforts, ce modèle contient des inconvénients et avantages :

- **Inconvénients :**

- 1)- La durée de recharge est longue.
- 2)- Les pertes joules
- 3)- l'intensité du courant est faible ainsi que la puissance.

- **Avantages :**

- 1)- Charger n'importe où, loin d'une source d'énergie électrique.
- 2)- Recharge la batterie lentement ce qui beaucoup aventureuse que la charge rapide par rapport les chargeurs de l'électricité.

**Le dernier résultat : (caractéristique d'un générateur portable par mouvement)**

- Plage de mouvement = 10cm.
- 3 Bobines de 1000 spires chacune, on met l'une sur l'autre.
- Le diamètre du fil 0.25mm.
- Poids de l'aimant 40g.
- La fréquence nominale $f = 4\text{Hz}$.
- $V = 12,5\text{v}$
- $I = 5\text{mA}$

**III-5 Conclusion :**

Il est connu que le rechargement de n'importe quelle batterie d'un téléphone mobile qui a un tension de 3.6v jusqu'à 3.7v et une intensité du courant 4mA en minimum, alors la tension et l'intensité obtenues dans les deux résultats précédents sont :

Résultat « 1 » $V_1 = 20,5v$, $I_1 = 10mA$

Résultat « 2 » $V_2 = 12,5v$, $I_2 = 5mA$

Donc ces courants sont suffisants pour charger une batterie avec une fréquence $f=4Hz$ d'un mouvement ordinaire d'une personne quelconque.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

On connaît trois sources d'énergie provenant du corps humain, la température du corps, le battement cardiaque et le mouvement (marche).

Le but de notre projet est de pouvoir utiliser cette énergie d'origine humaine à des moments où cette énergie est indispensable, par exemple pour charger une batterie de portable loin de toute source d'énergie électrique.

Les expériences précédentes ont montré que la seule source énergie dont la puissance est suffisante pour être utilisée dans le chargement d'une batterie est le **mouvement**.

Avant d'étudier le chargeur d'une batterie par le mouvement, nous avons présenté un point important concernant l'appareil téléphonique mobil 'qui est la batterie de cet appareil. La majorité des batteries disponibles sur le commerce sont à base de lithium ion. La tension moyenne de charge est comprise entre 3,6 et 3,7 Volt. Et l'intensité du courant de charge est de 4mA au minimum. Le problème de ces batteries est qu'on n'a pas pu réduire suffisamment leur taille.

Les deux résultats obtenus ont des valeurs suffisantes pour pouvoir charger les batteries disponibles sur marché (batterie de téléphone mobile).

Pour améliorer ce chargeur nous proposons des modifications suivantes :

- augmenter l'induction magnétique.
- Placer un ressort pour faciliter le mouvement de l'aimant.

LES ANNEXES

ANNEXE A

Les propriétés fondamentales des aimants et bobines :

1- Les aimants :

1.1) Propriété fondamentale des aimants :

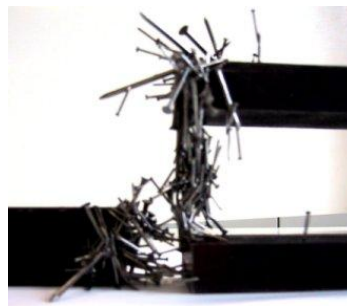
Les aimants ont la propriété d'attirer la limaille de fer.

L'attraction se manifeste dans une zone voisine des extrémités : **les pôles de l'aimant**. L'un des pôles est le **pôle nord**, qui est en général peint en rouge, l'autre est le **pôle sud**.



Aimant droit

aimant en U



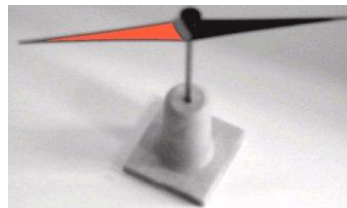
Attraction de pointes en alliage à base de fer :
Les pointes se rassemblent autour des pôles

1.2) Action sur une aiguille aimantée :

Une petite aiguille aimantée mobile dans un plan horizontal se dirige vers le pôle nord magnétique de la Terre si elle est éloignée de tout aimant.

Si on approche un barreau aimanté, l'aiguille dévie. Son pôle nord est attiré lorsqu'on approche un pôle sud et inversement.

Des interactions magnétiques se manifestent entre l'aiguille et le barreau aimanté.



1.3) Notion de champ magnétique :

Au voisinage du barreau aimanté, une aiguille aimantée est soumise à une action magnétique : **le barreau aimanté crée dans son voisinage, un champ magnétique**.

L'état magnétique d'un point M est décrit par le **vecteur champ magnétique \vec{B}** :

Le vecteur champ magnétique \vec{B} en un point M a la même direction que l'aiguille aimantée mobile placée en M, son sens va du pôle sud de l'aiguille vers son pôle nord.

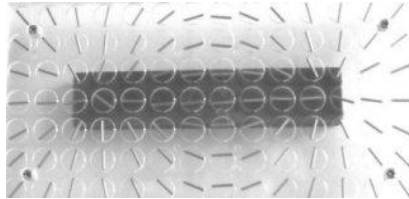


1.4) Spectres magnétiques :

Une ligne de champ magnétique est une ligne, qui, en chacun de ses points, est tangente au vecteur champ magnétique \vec{B} en ce point.

Un spectre magnétique constitue la représentation des lignes de champ magnétique.

Il est possible de le visualiser à l'aide de limaille de fer.



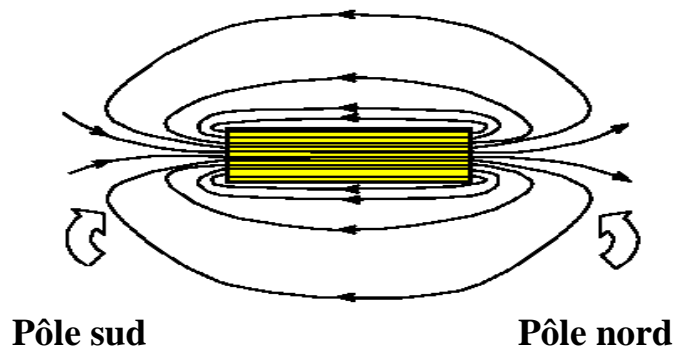
Les grains de limaille s'orientent suivant les vecteurs champ magnétique : ils visualisent les lignes de champ.



Les petites aiguilles aimantées fournissent la direction et le sens du champ magnétique; celui-ci sort donc par le pôle nord.

1-5) Flux magnétique :

Un aimant produit un champ magnétique qui est visualisé à l'aide des lignes des champs magnétiques. Les lignes des champ magnétique sortent par le pôle nord et entrent par le pôle sud .elles ne se croisent pas et elles forment des boucles fermées.



Flux magnétique

a) Détection du champ magnétique crée par un aimant droit :

On approche un aimant droit d'une petite aiguille aimantée mobile que l'on appelle habituellement une boussole.



Observations :

Lorsque l'aimant est approché de l'aiguille aimantée, celle-ci est déviée par rapport à sa position de repos.

Conclusion :

La perturbation de l'aiguille aimantée est due à la présence de l'aimant qui crée un champ magnétique.

On utilise l'aiguille aimantée pour détecter la présence d'un champ magnétique.

b) Spectre magnétique de l'aimant droit :

L'expérience se fera sur un rétroprojecteur. On place un aimant droit puis une plaque de verre sur la vitre du rétroprojecteur. On « saupoudre » de très fine limaille de fer.



Observations :

En présence d'un aimant, les grains de limaille de fer se positionnent d'une manière particulière, montrant l'effet perturbateur du champ magnétique.

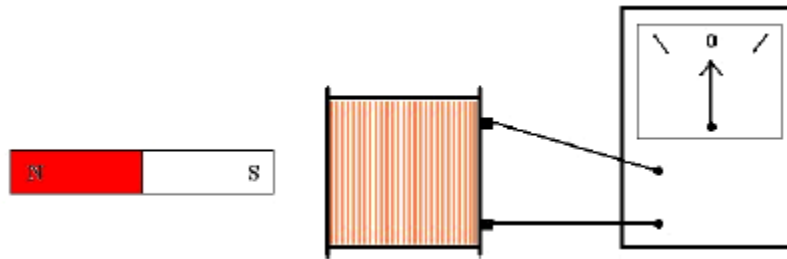
Conclusion :

Les grains de limaille de fer s'orientent selon des lignes appelées lignes de champ indiquant la direction du champ magnétique.

2- Propriétés de la bobine :

a) Mise en évidence du phénomène d'induction :

On déplace de diverses manières un aimant droit au voisinage d'une bobine reliée à un ampèremètre à cadran et à zéro central.



Observations :

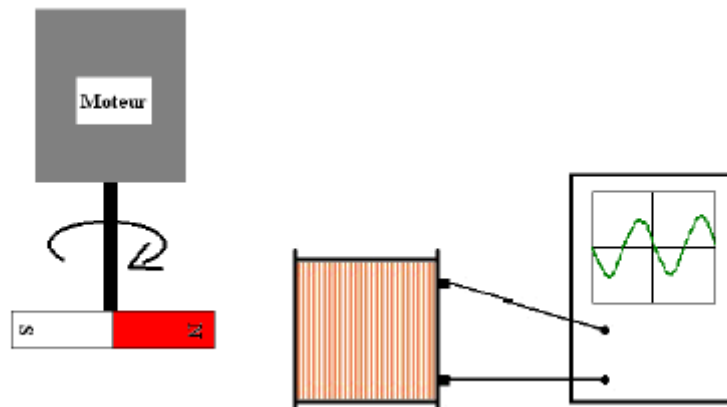
- Si l'aimant est immobile par rapport à la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre ne bouge pas.
- Si l'on approche l'aimant de la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre dévie donc un courant apparaît dans la bobine.
- Si l'on éloigne l'aimant de la bobine, l'aiguille de l'ampèremètre dévie dans l'autre sens donc le courant circulant dans la bobine change de sens.
- Plus le déplacement est effectué de manière rapide, plus la déviation de l'aiguille est grande donc plus le courant circulant dans la bobine est intense.
- Si l'aimant effectue un mouvement de va-et-vient, il circule un courant alternatif dans la bobine.

Conclusion :

Le déplacement d'un aimant au voisinage d'une bobine fait apparaître un courant électrique qui circule dans celle-ci : c'est le phénomène d'induction électromagnétique.

b) Aimant tournant devant une bobine :

A l'aide d'un moteur ou d'une perceuse, on fait tourner un aimant droit devant une bobine. On visualise la tension électrique aux bornes de la bobine grâce à un oscilloscope.



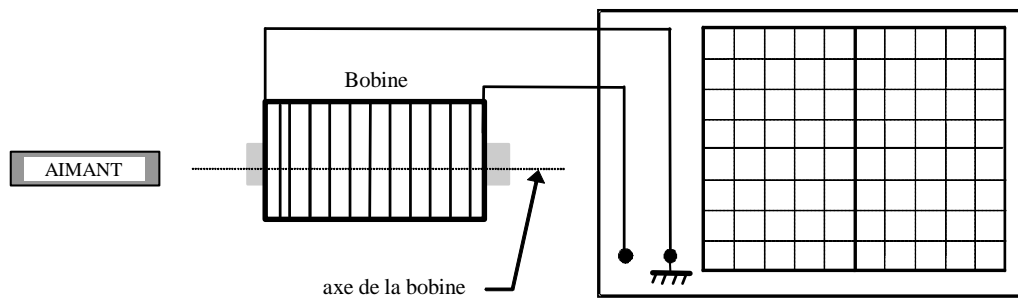
Observations :

Quand l'aimant tourne, il apparaît une tension alternative aux bornes de la bobine.

Conclusion :

Un alternateur est un convertisseur d'énergie mécanique en énergie électrique.

3-Produire une tension alternative :

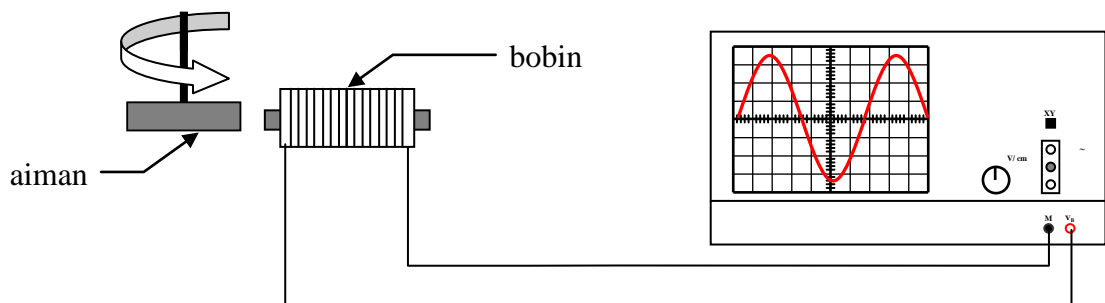


On branche une bobine aux bornes d'un oscilloscope puis on déplace assez rapidement l'aimant devant le noyau de la bobine.

En constatant que : Le spot monte quand on approche l'aimant puis redescend quand on s'en éloigne.

En déduisant que : Le déplacement d'un aimant devant une bobine produit une tension alternative aux bornes de cette bobine.

Et si on tourne un aimant devant une bobine.



A la sortie on observe une tension alternative sinusoïdale.

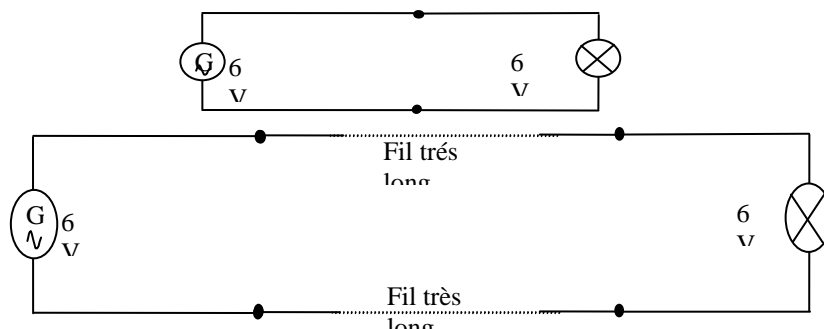
Conclusion :

Pour produire une tension alternative, il suffit de **déplacer un aimant devant une bobine.**

Les appareils avec lesquels on produit ce type de tension sont désignés par le mot **alternateur.**

4- Le transport et la distribution du courant :

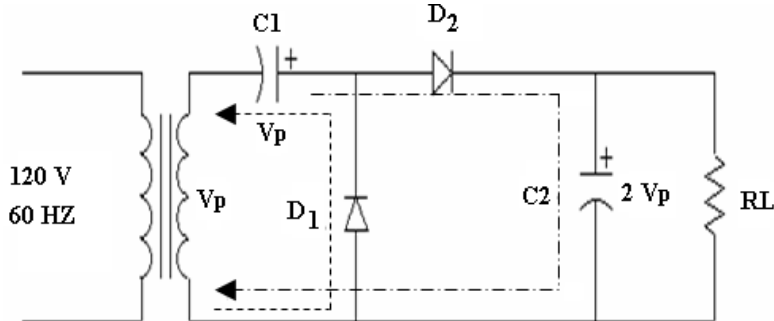
Le transport du courant s'effectue sur de longues distances. La figure suivante présente l'influence de la longueur des fils dans un circuit.



On constate que : Dans le premier montage, la lampe brille normalement, dans le deuxième elle brille faiblement. Donc les longs fils jouent le rôle d'une résistance.

ANNEXE B

Doubleur de tension -Onde :



Durant l'alternance négative du signal, le condensateur C1 se charge à la tension de crête (V_p). Durant l'alternance positive, le condensateur C2 se charge à travers la diode D2 à la tension $2V_p$ (V_p du transformateur en série avec V_p du condensateur C1). Si R_L a une faible valeur, le condensateur C2 risque de s'y décharger. La constante de temps $R_L C_2$ doit être grande devant la période du signal d'entrée. Un tel dispositif est appelé doubleur à une alternance ou demi- onde parce que le condensateur de sortie C2 ne se charge qu'une fois par cycle. La fréquence d'ondulation est donc de 60 Hz.

Exercice : on désire une tension de sortie de 24 volts avec une charge de $10K\Omega$. Déterminez la valeur de C.

$$I = V/R = 24/10000 = 2.4\text{mA}$$

$$V_{\text{ond}} = 10\% \text{ de } 24 \text{ volts} = 0.1 * 24 = 2.4\text{volts}$$

$$C = I_{\text{out}} / F * V_{\text{ond}} = 2.4\text{mA} / 60 * 2.4 = 16\mu\text{F} \text{ (} 22\mu\text{F normalisée).}$$

Doubleur de tension pleine onde:

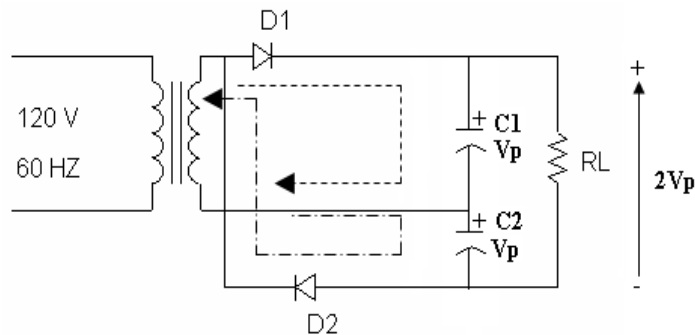
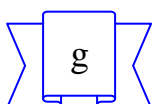


Fig-3-8

Durant l'alternance positive de la source, le condensateur C1 se charge à la tension de crête selon la polarité indiquée. Durant l'alternance suivante (négative), le condensateur C2 se charge jusqu'à V_p . On appelle ce circuit doubleur de tension pleine onde ou à deux alternances parce qu'un condensateur de sortie se charge durant chaque alternance. La fréquence d'ondulation est donc de 120Hz. Une telle fréquence est avantageuse, car son filtrage



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1]: « DISPOSITIFS ÉLECTROMÉCANIQUES PERMETTANT L'EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE DES MOUVEMENTS HUMAINS »
Site Web :
1-http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/ArticlesPDF/Turri_Poulin-EnergiePortable2002.pdf
2-http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/Diaporamas/Turri_Poulin-EnergiePortable2002.ppt
- [2]: « Etude bibliographique et état de l'art sur la récupération d'énergie mécanique
Site Web :
http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/ArticlesPDF/RapportCNRS_05sept2002.pdf
- [3]: « PROBLÉMATIQUE ET SOLUTIONS EN TÉLÉPHONIE MOBILE »
Jean-Marie Floch¹, Dominique Cyne², Thierry Breget²
1 IETR / INSA 20 avenue des buttes de coesmes 35043 Rennes
2 Mitsubishi Electric Telecom France SA 5 rue de la chataigneraie
Site Web :
1-http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/ArticlesPDF/Floch_Mitsubishi_EnergiePortable2002.pdf
2-http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/Diaporamas/Floch_Mitsubishi_EnergiePortable2002.ppt
- [4]: « Accumulateurs, piles et batterie : des performances en constante amélioration »
Site Web :
www.cea.fr/fr/Publications/clefs50/encadree.pdf
- [5]: Livre – « Physique » G.GUINIER et R.GUIMBAL -BORDAS-
Edition 1986
- [6]: « Prédimensionnement d'une maquette de générateur fonctionnant à partir de la marche » Partie D.
Antenne de Bretagne de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan : Sylvie TURRI (ATER), Bernard MULTON (PU), Hamid BEN AHMED (MC) et Dominique MILLER (PRAG).
Site Web :
http://www.satie.ens-cachan.fr/jeea2002/ArticlesPDF/RapportCNRS_05sept2002.pdf

Résumé

Le but de notre projet est de pouvoir utiliser cette énergie (mouvement la marche) d'origine humaine à des moments où cette énergie est indispensable, par exemple pour charger une batterie de portable (téléphone) loin de toute source d'énergie électrique.

Les expériences précédentes ont montré que la seule source d'énergie dont la puissance est suffisante pour être utilisée dans le chargement d'une batterie est le mouvement

ملخص

الهدف من مشروعنا هو استخدام هذه الطاقة (حركة المشي) ذات المنشأ البشري في الأوقات التي تكون فيها مصادر الطاقة الأخرى معدومة ، على سبيل المثال لشحن بطارية جهاز محمول (هاتف) بعيداً عن أي مصدر للطاقة الكهربائية.

وقد أظهرت التجارب السابقة أن مصدر الطاقة الوحيد الذي تكون قوته كافية لاستخدامه في شحن البطارية هو الحركة