



Etat de l'art

Sources d'énergie pour ampoule LED

ULTRA ORDINAIRE



SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
INTRODUCTION.....	2
I. ÉNERGIE NECESSAIRE ET SOURCES DE DEPERDITION	3
A. AMPOULES LED	3
B. SOURCES DE DEPERDITION DANS LA MAISON	4
II. SOLAIRE	5
A. PANNEAUX SOLAIRES ORDINAIRES.....	5
B. CONCENTRATION SOLAIRE : RAWLEMON	5
C. PANNEAUX SOLAIRES INTEGRES DANS L'HABITAT	6
III. MAGNETIQUE.....	7
A. MOUVEMENT PERPETUEL	7
IV. THERMIQUE	8
A. DIFFERENCE DE TEMPERATURE.....	8
V. CINETIQUE.....	10
A. ENERGIE VIBRATOIRE	10
B. MOUVEMENT DES PORTES	10
C. MOUVEMENT DE L'EAU.....	11
CONCLUSION	12
BIBLIOGRAPHIE	13

INTRODUCTION

Dans le cadre de notre projet de dernière année en coopération avec **Ultra Ordinaire**, nous avons pour but de trouver une nouvelle source d'énergie autonome (autant que possible) pour une lampe de bureau utilisant une ampoule LED.

Pour cela, nous devons tout d'abord effectuer des recherches sur toutes les sources possibles et évaluer la faisabilité de chaque solution puis les proposer à Mme Nathalie Bruyère qui donnera son avis et ses préférences.

Dans ce rapport, nous définirons d'abord la puissance, le courant et la tension nécessaires à l'allumage de cette ampoule. Nous pourrons ensuite considérer les différentes sources d'énergie possibles.

Lorsque nous serons parvenus à définir la ou les meilleures solutions, nous essaierons de créer des prototypes dans le but de finir l'étude des solutions et de choisir la solution finale à implémenter.

I. Énergie nécessaire et sources de déperdition



A. Ampoules LED

Nous savons d'ores et déjà que notre source d'énergie sera limitée puisqu'elle sera autonome (indépendante du secteur). Nous avons donc commencé par chercher les sources d'éclairage les moins énergivores.

Les ampoules LED ont été une évidence. Il existe plusieurs types de LED, allant de la LED haute puissance à la LED « indicateur lumineux ». Les lampes fluocompactes et les lampes à LEDs émettent principalement dans le spectre visible (de 400 à 650 nm environ), tandis que les lampes à incandescence présentent une forte émission dans l'infrarouge. Pour notre prototype, nous souhaitons utiliser une LED qui éclaire suffisamment pour une lumière d'ambiance.

Pour comparer la luminosité des LEDs, nous utilisons le lumen ou la candela.

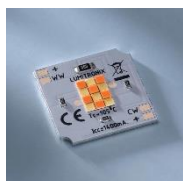
La candela mesure l'intensité lumineuse (éclat perçu par l'œil humain). Le lumen, lui, prend en compte l'angle d'émission du flux lumineux. Ainsi, 1 lumen correspond à un flux lumineux émis avec intensité lumineuse de 1 candela dans une angle solide de 1 stéradian.

Ainsi, un flux lumineux classique pour de l'éclairage est d'environ **450 lm** (correspondant à une ampoule à incandescence de 40-50W).

Sachant que notre source d'énergie sera en courant continu (DC), nous avons comparé la consommation de 3 LED pour nous rendre compte de la puissance nécessaire selon le flux lumineux.

Table 1: Comparatif de la consommation de trois LED à luminosité différente

LED d'éclairage 1



LED d'éclairage 2



LED « indicateur lumineux »



Flux lumineux	800 lm	500 lm	15 lm
Tension	9 V	24 V	3.4 V
Courant	700 mA	200 mA	20 mA
Puissance	6 W	5 W	0.068 W
Source	https://www.lumitronix.com/fr_fr/smartarray-q12-tunable-white-led-module-quadratique-2000k-6500k-30777.html	https://www.lumitronix.com/fr_fr/smartarray-q1-led-module-quadratique-blanc-chaud-2700k-24v-32019.html	https://www.conrad.fr/p/huiyuan-led-cms-5050-1603162

On se rend compte que pour un flux lumineux de 500 lm (éclairage classique), la puissance nécessaire de l'ordre du Watt.

Malheureusement, comme nous allons le voir dans les prochaines parties, la puissance produite par les sources autonomes en énergie sont plutôt de l'ordre du **milliwatt** (nous parlons ici d'une récupération d'énergie sur un volume maximum d'un mètre cube, qui soit installable dans une pièce d'habitation).

Nous adapterons donc l'utilisation de la lampe à la puissance produite par la source, élément limitant. Nous garderons en tête que la **puissance minimum nécessaire** pour avoir une lumière, même faible, est de l'ordre de la soixantaine de milliwatt.

Il est aussi possible d'augmenter la luminosité avec des lentilles, des miroirs et/ou des réflecteurs. En contrepartie, l'angle de diffusion diminue.

B. Sources de déperdition dans la maison

Nous avons recherché les sources possibles de déperdition d'énergie dans la maison que nous pourrions utiliser.

Une première source qui nous a paru évidente est **l'énergie solaire** qui passe par les fenêtres, que l'on peut récupérer avec des panneaux solaires. Cette source d'énergie sera étudiée dans la partie II.

Les **différences de température** peuvent également être exploitées à l'aide de modules Peltier. Par exemple, il serait possible de récupérer la chaleur produite par les ordinateurs fixes ou portables, l'arrière du réfrigérateur, ou encore l'eau chaude évacuée de la douche.

Quelques sources de chaleur dans la maison et leur température sont :

Objet	Température
Corps humain :	32-34 °C
Chargeur de console (Nintendo Switch)	30 °C
Radiateur électrique tiède-chaud au toucher	62°C

Il est à noter qu'utiliser la chaleur d'un radiateur ou d'un tuyau d'arrivée d'eau n'est pas pertinent puisque cette chaleur est voulue et utile : de l'énergie a été dépensée uniquement pour chauffer. Les modules Peltier seront étudiés en partie IV.

Une troisième source possible est **l'énergie cinétique**, par exemple, **l'eau qui s'écoule dans les tuyaux d'évacuation, l'ouverture et la fermeture des portes, fenêtres, volets, les pas dans la maison, mais encore la dynamo manuelle**. Il existe des capteurs piézo-électriques qui transforment l'énergie vibratoire (de mouvement) en énergie électrique. Cette source d'énergie sera étudiée dans la partie V.

Enfin, une dernière possibilité est la récupération **d'ondes électromagnétiques** WiFi qui sont produites par les Box WiFi et qui circulent toute la journée dans la maison [1]. Cette technologie étant encore peu développée, nous ne la détaillerons pas ici car nous ne pourrions pas l'utiliser. En revanche, nous détaillerons la possibilité d'utiliser l'énergie magnétique à base en partie III après avoir été orientés sur cette piste par notre client.

II. Solaire



A. Panneaux solaires ordinaires

Un panneau solaire doit être placé en extérieur avec une bonne exposition pour capter le maximum de lumière possible. Placé à l'intérieur, proche d'une fenêtre bien exposée il est aussi possible de l'utiliser avec un rendement limité.

Les panneaux solaires, même petits, peuvent délivrer une puissance d'une soixantaine de milliwatts. Il existe de nombreuses applications et projets open-source sur l'utilisation de panneaux solaires comme source d'alimentation.

Table 2: Avantages et Inconvénient d'un panneau solaire pour notre projet

Avantages	Inconvénients	Puissance produite
Peut être petit : 2,5*4,5 cm [2] Peu cher Facilité de mise en œuvre : de nombreux projets open-source bien documentés [3], [4]	Le panneau solaire se verra à l'extérieur de la lampe.	Dépend de la surface du panneau. Pour un panneau de 2.5*4.5 cm, la puissance max est : $P = 20 \text{ mA} * 3V = 60 \text{ mW}$ Il est possible d'assembler les panneaux en série/parallèle (augmenter la surface exposée) pour augmenter respectivement la tension/le courant.

Par la suite, nous allons aborder quelques idées innovantes en relation avec les panneaux solaires.

B. Concentration solaire : Rawlemon

Rawlemon est un projet de concentration des rayons solaires pour augmenter le rendement des panneaux solaires [5]–[7] .

C'est une sphère en polymère acrylique remplie d'eau qui capte la lumière depuis toutes les directions et la concentre sur un panneau photovoltaïque hybride. Ce dernier transforme à la fois la lumière et la chaleur en électricité et tourne sur deux axes, permettant au dispositif de suivre la course du soleil (même avec un temps nuageux) et également de la lune afin de produire de l'électricité la nuit. La nuit, l'appareil peut aussi éclairer toute une zone en fonctionnant à l'inverse grâce à des LED incorporées et à la sphère amplificatrice de luminosité. Le plus grand modèle, sphère de 1.80 mètre de diamètre produit jusqu'à 3.4Kw d'électricité et coute 8500 € avec une garantie de 20 ans.



Figure 1: The Rawlemon, created by the architect André Broessel that concentrates 10 000 times the solar rays

Sur le même principe, il est possible d'utiliser des lentilles convergentes pour concentrer les rayons.

Table 3: Avantages et Inconvénient du principe du Rawlemon pour notre projet

Avantages	Inconvénients	Puissance produite
Grand rendement Panneaux solaires non visibles	Nécessite une grande sphère pour augmenter le rendement de manière significative. Difficultés de mise en œuvre : matériaux pour la sphère, entretien peut être délicat (incertitudes)	Dépend de la taille de la sphère, son matériau et de la surface du rayon concentré sur le panneau. Avec une sphère en plastique non lisse remplie d'eau du robinet, sous un ciel nuageux, l'augmentation de tension observée aux bornes d'un panneau solaire de basse qualité a été de 3% : $U_{\text{sans sphère}} = 515 \text{ mV}$ $U_{\text{avec sphère}} = 530 \text{ mV}$ C'est très peu. Cela peut être amélioré en augmentant la taille de la sphère et en utilisant une sphère lisse en verre.

C. Panneaux solaires intégrés dans l'habitat

Stores solaires

Il est possible de placer intelligemment les panneaux solaires dans la maison pour les rendre « invisible ». Par exemple, la start-up ukrainienne Solar Gaps a équipé des stores vénitiens de cellules photovoltaïques, permettant aux gens habitant dans des appartements d'avoir accès à l'énergie solaire [8].

Solar Window

On appelle Solar Window la technologie qui utilise une couche ultra fine de polymère photovoltaïque et transparent à coller sur la face intérieure des fenêtres [9]. Cela permet d'intégrer la production photovoltaïque directement dans la structure de l'habitat et de ne pas encombrer le toit de panneaux pas toujours esthétiques. Pas encore commercialisé, le rendement par rapport à la surface couverte semble similaire avec les solutions actuelles, et le coût est similaire à celui de l'installation d'une fenêtre « non solaire ».

Ces deux idées ne sont pas forcément applicables pour notre projet mais sont une source d'inspiration pour utiliser les panneaux solaires de manière inédite.

III. Magnétique



A. Mouvement perpétuel

Nous avons étudié la possibilité d'utiliser l'énergie produite par des aimants en rotation après avoir été aiguillé sur cette piste : <https://m.youtube.com/watch?v=6sAJzjJ6ujE>

Après avoir testé cette solution et cherché sur internet, nous avons trouvé que cette vidéo est un fake [10]. Tout d'abord car le ventilateur utilisé comme support est un moteur et ne fonctionne pas en mode générateur. Même si c'était le cas, les aimants atteignent un point de stabilité après un tour et le ventilateur s'arrête de tourner.

Il est très difficile de récupérer l'énergie d'aimants en mouvement quasi-perpétuel, justement parce qu'ils réutilisent l'énergie qu'ils produisent pour rester en mouvement.

Une idée pour rendre le transfert d'électricité plus « poétique » ou « mystérieuse » est d'utiliser le magnétisme de deux bobines dans lesquelles un courant circule pour réaliser un interrupteur magnétique [11]. Ici, les bobines sont alimentées par une source extérieure qui ne serait pas autonome ou renouvelable.

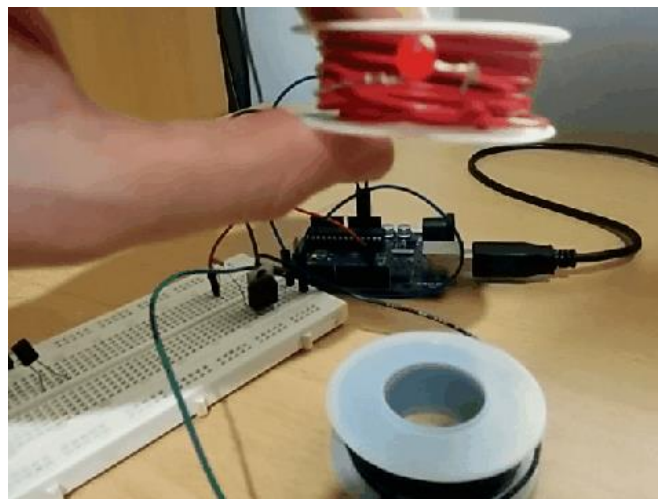


Figure 2: Lorsque l'on rapproche 2 bobines avec un courant qui circule, la LED s'allume

IV. Thermique



A. Différence de température

A partir d'une différence de température, il est possible de générer de l'électricité. Cela s'appelle l'effet Seebeck, et la technologie qui implémente ce phénomène physique s'appelle générateur thermoélectrique ou TEG (thermoelectric generator).

L'effet inverse (production d'une différence de chaleur à partir d'une source d'énergie), s'appelle l'effet Peltier, et la technologie associée est connue sous le nom de module Peltier. Un module Peltier peut se transformer en TEG simplement en lui appliquant une différence de température entre ses deux surfaces.



Figure 3: Module Peltier ou TEG

Par la suite, par abus de langage, nous ne ferons pas de distinction entre les termes TEG et module Peltier.

Une vue en coupe d'un module Peltier est présentée sur la figure suivante. Un module Peltier est constitué d'une multitude de jonctions P-N, et la génération d'électricité se fait par la circulation d'électrons entre ces jonctions, circulation engendrée par la différence de température [12].

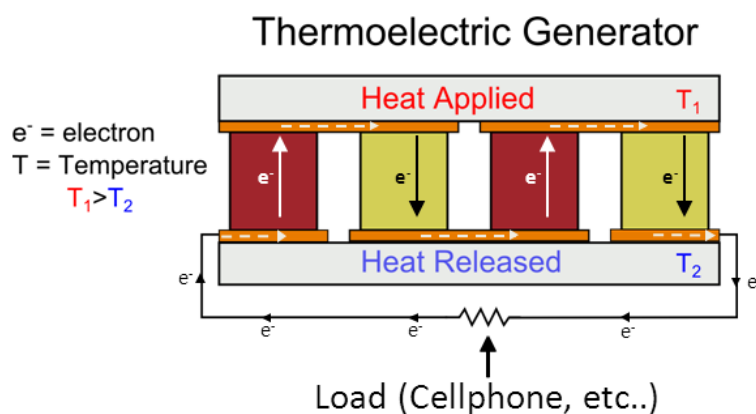


Figure 4: Principe de fonctionnement d'un TEG

Il existe quelques applications utilisant les modules Peltier pour la production d'électricité, dont une, *Lumen*, qui est une lampe de poche qui s'allume par la pression du doigt sur le boîtier de la lampe. Cela engendre une différence de chaleur de 4°C des deux côtés du module Peltier placé à l'intérieur et permet d'allumer une petite LED [13].

Avantages	Inconvénients	Puissance produite
<p>Petit</p> <p>Original (peu connu)</p>	<p>Il faut trouver une source de chaleur dans sa maison (voir partie I.B)</p> <p>Prix rapidement élevé (environ 20\$ par module Peltier)</p>	<p>Dépend de la différence de température appliquée.</p> <p>Dans le cadre de la lampe de poche <i>Lumen</i>, l'énergie produite est :</p> $P = 15mA * 3V = 45mW$ <p>Il est possible d'associer des modules en série/parallèle pour augmenter respectivement la tension/le courant.</p>

V. Cinétique



Le monde gaspille énormément d'énergie chaque jour. L'énergie cinétique est l'une des principales pertes car le mouvement fait partie entière de notre quotidien.

A. Energie vibratoire

Une première idée déjà bien développée est la récupération d'énergie due aux vibrations. Dans certaines discothèques les dalles sont entièrement équipées de cette technologie qui permet de générer du courant électrique à partir d'une quantité d'énergie relativement faible.

Il y a actuellement deux types bien distincts de moyens de récupération :

- L'utilisation de composants piézo-électriques (composants qui se polarisent électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique) [14]
- La récupération de la pression à l'aide d'un réservoir rempli de liquide [15]:

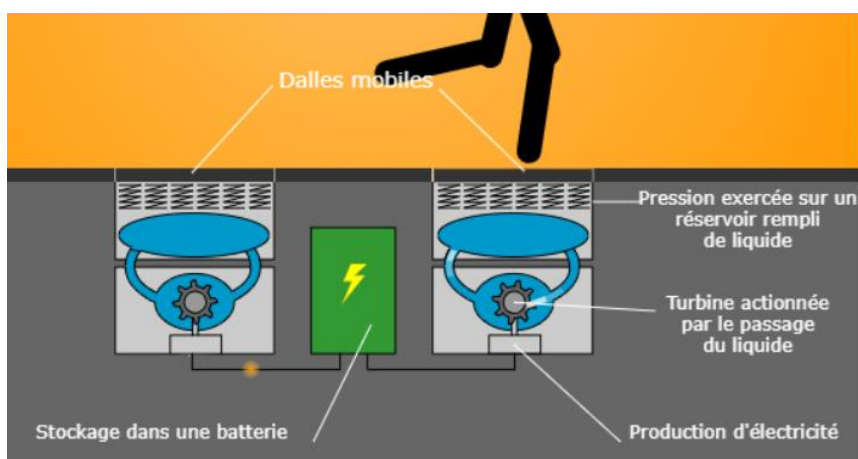


Figure 5: Principe de fonctionnement des dalles à pression

Basée sur le même principe, une technologie utilise l'énergie créée en appuyant sur les boutons d'une télécommande pour auto-alimenter cette télécommande en électricité [16].

B. Mouvement des portes

Lors de l'ouverture et la fermeture des portes ou fenêtres, de l'énergie mécanique est produite par le mouvement [17], [18]. Nous avons trouvé un brevet qui implémente un générateur piézo-électrique associé à un arbre de rotation, cet ensemble étant placé à la jonction entre le mur (fixe) et la porte (mobile).

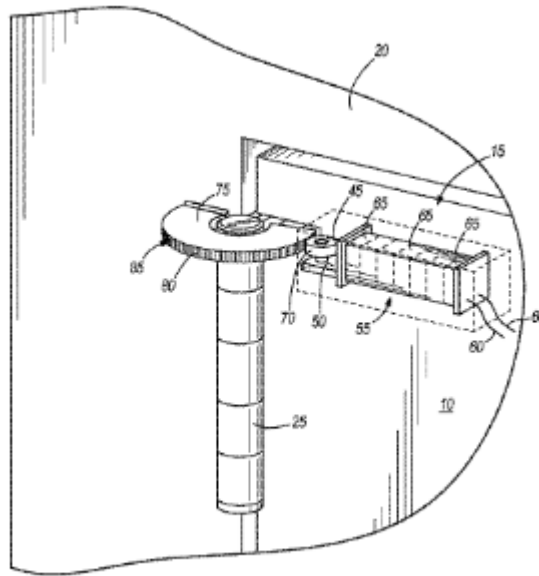


Figure 6: Exemple d'un système de génération d'électricité pour une porte from <http://www.freepatentsonline.com/9431927.pdf>

Le problème de l'énergie vibratoire et du mouvement des portes est que, même si on peut produire jusqu'à $1W$ par mouvement de porte, le temps sur lequel cette énergie est disponible est très petit et ne suffira pas à allumer une LED. Les portes d'une maison ne sont pas ouvertes et fermées assez souvent pour produire assez d'énergie. C'est pourquoi nous ne détaillerons pas plus la récupération de l'énergie du mouvement des portes.

C. Mouvement de l'eau

Une autre idée est de récupérer l'énergie dégagée après l'utilisation de l'eau dans une maison. Par exemple, on peut utiliser une turbine dans le syphon d'un lavabo ou d'une douche qui tournerait au fur et à mesure que l'eau s'écoule.

Les problématiques de filtres, d'installation, et de maintenance, plus complexes car à l'intérieur d'une tuyauterie, doivent être prises en compte lorsqu'on envisage de placer un système dans un milieu aquatique comme celui-ci.

CONCLUSION

Pour conclure, il faut tout d'abord comprendre qu'il faut obtenir de l'énergie de l'ordre de la soixantaine de milliwatt pour pouvoir allumer faiblement une LED. A partir de ceci, il est possible d'étudier différentes sources d'énergies pour définir quelle est celle qui correspond le mieux à nos attentes.

Pour cela, nous avons cherché les sources de déperditions dans la maison que nous pouvons récupérer afin de produire de l'électricité.

Nous avons vu que de nombreux moyens et techniques de récupération de l'énergie ambiante existent. Par exemple, l'énergie solaire qui passe par les fenêtres de la maison peut être récupérée par des panneaux solaires, l'énergie cinétique peut être récupérées par des capteurs piézo-électriques, ou encore l'énergie thermique peut être captée par des modules Peltier. Le choix de l'une ou l'autre de ces sources d'énergie dépendra de l'usage et de l'environnement.

A la suite de cet état de l'art nous nous sommes penchés sur deux solutions proposées ci-avant : un prototype basé sur le Rawlemon (énergie solaire), puis un prototype basé sur l'utilisation de modules Peltier (énergie thermique), que nous avons finalement adopté.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] "Convertir les ondes électromagnétiques ambiantes en électricité." [Online]. Available: <https://www.journaldunet.com/economie/energie/1136543-les-10-technologies-de-demain-pour-recuperer-l-energie-perdue/1136558-ondes-electromagnetiques>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [2] "Amazon.com : Small Solar Panel 3V 20mA : Garden & Outdoor." [Online]. Available: <https://www.amazon.com/Small-Solar-Panel-3V-20mA/dp/B002MAX0FS>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [3] O. G. EnergyFollow, "SOLAR POWERED ARDUINO WEATHER STATION," *Instructables.com*. [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/SOLAR-POWERED-ARDUINO-WEATHER-STATION/>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [4] "26 solar Projects - Arduino Project Hub." [Online]. Available: <https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/solar?page=1>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [5] "Les boules solaires Rawlemon commercialisées ! | Techniques de l'ingénieur." [Online]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/les-boules-solaires-rawlemon-commercialisees-30983/>. [Accessed: 14-Jan-2019]
- [6] "Ce globe en verre géant est quatre fois plus fort qu'un panneau solaire," *Détours*. 02-Aug-2017 [Online]. Available: <https://detours.canal.fr/globe-verre-geant-quatre-plus-fort-quun-panneau-solaire/>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [7] Futura, "Rawlemon, une sphère solaire plus forte que les panneaux photovoltaïques," *Futura*. [Online]. Available: <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/technologie-rawlemon-sphere-solaire-plus-forte-panneaux-photovoltaïques-60798/>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [8] "Des stores vénitiens pour générer de l'électricité solaire - Science - Les Clés de Demain - Le Monde.fr / IBM." [Online]. Available: https://lesclesdedemain.lemonde.fr/science/des-stores-venitiens-pour-generer-de-l-electricite-solaire_a-89-6147.html. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [9] "SolarWindow Technologies, Inc.," *SolarWindow Technologies, Inc.* [Online]. Available: <https://www.solarwindow.com>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [10] AfukTech, *Electricite gratuite et infinie pour tous - Explication du FAKE*. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=tRGXfTdGpZ8>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [11] "How to Build a Wireless Powered Led with Arduino – Uri Shaked – Medium." [Online]. Available: <https://medium.com/@urish/how-to-build-a-wireless-powered-led-with-arduino-7e6bb358f8c4>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [12] "thermoelectricity - Why does a thermoelectric generator need both p and n elements? - Physics Stack Exchange." [Online]. Available: <https://physics.stackexchange.com/questions/150295/why-does-a-thermoelectric-generator-need-both-p-and-n-elements>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [13] "Lumen, la lampe de poche qui n'a besoin d'aucune source d'énergie extérieur," *Survival Gear*. 22-Oct-2015 [Online]. Available: <https://www.survival-gear.fr/eclairage-et-optique/lampes-et-lanternes/lumen-lampe-de-poche-sans-pile.html>. [Accessed: 14-Jan-2019]
- [14] "La conversion de l'énergie cinétique en électricité," *nippon.com*. 20-Nov-2012 [Online]. Available: <https://www.nippon.com/fr/views/b01502/>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [15] "Innovations: comment peut-on récupérer l'énergie de la marche? - Sciences et Avenir." [Online]. Available: https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/innovations-comment-peut-on-recuperer-l-energie-de-la-marche_35325. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [16] "Quand nos mouvements se transforment en électricité," *RTL.fr*. [Online]. Available: <https://www.rtl.fr/actu/debats-societe/quand-nos-mouvements-se-transforment-en-electricite-7778697805>. [Accessed: 16-Jan-2019]
- [17] G. Cechmanek, "Small Scale Energy Harvesting For Use With An Electronic Door Strike," p. 61.
- [18] "Potential for harvesting electrical energy from swing and revolving door use: Cogent Engineering: Vol 5, No 1." [Online]. Available: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2018.1458435#_i5. [Accessed: 14-Jan-2019]