CYCL'EAU FRESH

Lycée La Côtière 2018

Sciences à l'École

Amélie ANGLARD, Laetitia LAPORTE
Lisa SANDLER, Mathilde LENOEL

Intervenants :
Mme. Moreno
M. Mazure

FONDATION CGENIAL

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

académie Lyon

Région académique
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

LYCEE DE LA COTIERE
270 chemin du Grand Casset – BP 30069
LA BOISSE – 61122 MONTLUEL Cedex
Tél. 04 72 25 30 00 – Fax 04 72 25 11 94
Mel : ce.0011326l@ac-lyon.fr

SOMMAIRE

Résumé 2
Introduction et problématique 2
I. Etude fonctionnelle 3
Analyse du besoin 3
Diagramme d'interaction 3
Chaîne d'énergie 4
Schéma général du système 4
II. Choix des constituants 4
Choix du contenant 4
Choix du système de refroidissement 5
Choix du dissipateur thermique 5
Choix de la batterie 5
Choix de la génératrice 5
III. Etude thermique de la gourde 6
Apports théoriques 6
Identification de la résistance thermique et de la capacité thermique 6
Réchauffement de l'eau par la température extérieure 7
Puissance de refroidissement nécessaire 8
Conclusion 9
IV. Refroidissement de l'eau 10
Apports théoriques 10
Choix du module peltier 10
Modélisation 10
Mesure expérimentale des performances du module Peltier 11
Conclusion 12
V. Alimentation électrique du système 12
Apports théoriques 12
Caractérisation de la batterie 13
Modélisation 15
Mesure expérimentale des performances de la batterie 16
Conclusion 17
VI. Recharge par dynamo 17
Apports théoriques 17
Mesure des performances de la dynamo 18
Conclusion 20
VII. Bilan sur le cahier des charges 21

VIII. Etude Marketing 21
Industrialisation d'une innovation 21
Avis d'un potentiel commercialisateur 23
IX. Perspectives 24
X. Conclusion du groupe 24

Résumé

Nous réalisons le système « Cyl'eau fresh » dans le cadre du projet pluridisciplinaire de terminale (filière SI).

Nous avons souhaité améliorer le confort du cycliste puisque le vélo est un moyen de transport durable de plus en plus utilisé. Nous avons donc créé un système nommé « Cycl'eau fresh » permettant de refroidir l'eau contenue dans la gourde du cycliste.

Le refroidissement est obtenu en transformant l'énergie électrique en une différence de température grâce à un module peltier. L'eau refroidit et la chaleur est dissipée dans l'air extérieur. Le module thermoélectrique est alimenté par une batterie dont l'autonomie peut être augmentée avec une dynamo moyeu sur la roue du vélo.

Nous avons réalisé notre projet en différentes étapes. Nous avons réfléchi à la problématique puis analysé le besoin lors de l'étude fonctionnelle. La mise au point de notre prototype s'est faite grâce à des modélisations que nous avons ensuite confronté à des mesures expérimentales. Nous avons enfin terminé par une étude marketing.

Introduction et problématique

« La vie c'est comme une bicyclette, il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre » Albert Einstein

Einstein nous propose d'avancer, mais comment ne pas perdre l'équilibre lorsque, sous un soleil radieux, la déshydratation nous guette car l'eau du bidon est devenue trop chaude ? Nous avons décidé d'améliorer le confort du cycliste grâce aux sciences appliquées.

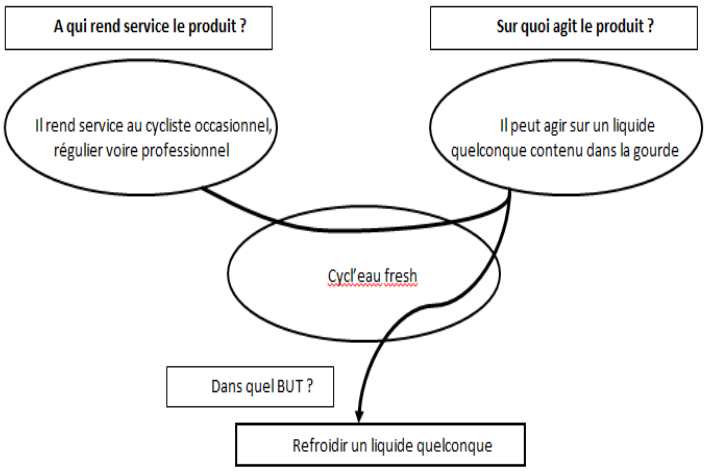
Nous avons choisi de réfléchir à : Comment refroidir l'eau de la gourde du cycliste ?

Nous avons souhaité créer un système qui va au-delà de la simple conservation de la température de l'eau. Il permet de la refroidir en même temps que le cycliste roule grâce à l'énergie stockée dans une batterie ou produite par le cycliste lui-même.

Dans ce dossier, nous présentons tout d'abord une étude fonctionnelle du système puis l'étude technique réalisée au cours de projet. Nous abordons ensuite les différentes parties qui composent notre système puis nous analysons les perspectives que ce projet offrirait.

I. Etude fonctionnelle

Analyse du besoin



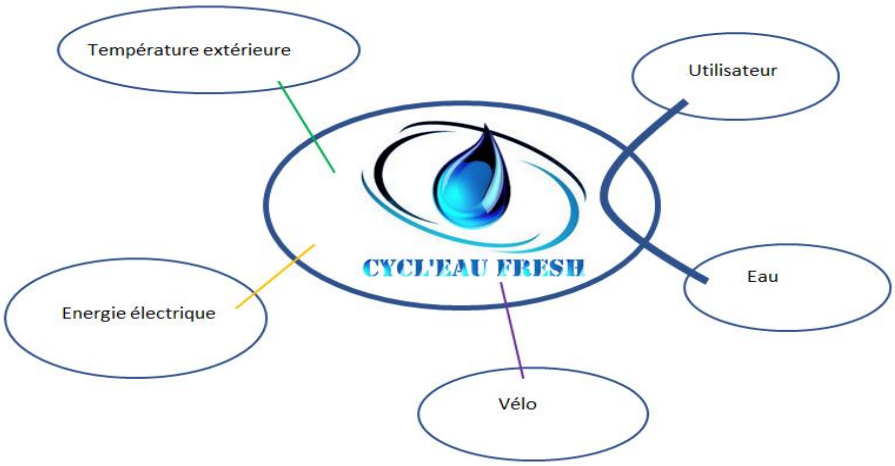
Pourquoi le besoin existe ?

Boire de l'eau fraiche pendant l'effort, une eau qui sans « cycl'eau fresh » se réchauffe avec le soleil, une gourde« isotherme » ne permet pas de boire une eau rafraîchissante.

Qu'est ce qui pourrait faire évoluer le besoin ? Quels sont les risques de voir disparaître le besoin, concurrencer le produit ?

Des systèmes de refroidissements non-électriques de longue-durée pourraient être plus économiques et faciles à utiliser.

Diagramme d'interaction



Cahier des charges :

Milieu extérieur	Fonction de service	Critères et niveaux
Utilisateur et eau	FI : Permettre au cycliste de refroidir l'eau de sa gourde	Température initiale de l'eau : 17°C. Température souhaitée : entre 13°C et 19°C
Température extérieure	FA1 : Optimiser l'isolation de la gourde	Conductivité thermique néoprène : 0,2 W.m-1K-1 Conductivité thermique aluminium : 225 W.m-1K-1 Température extérieure : entre 24 et 36°C
Energie électrique	FA2 : Permettre une autonomie suffisante	Autonomie sans recharge : 3h Autonomie ajoutée avec dynamo : 1h30
Vélo	FA3 : Etre adapté au vélo	Poids maximum : 2kg Branchements faciles

Chaîne d'énergie

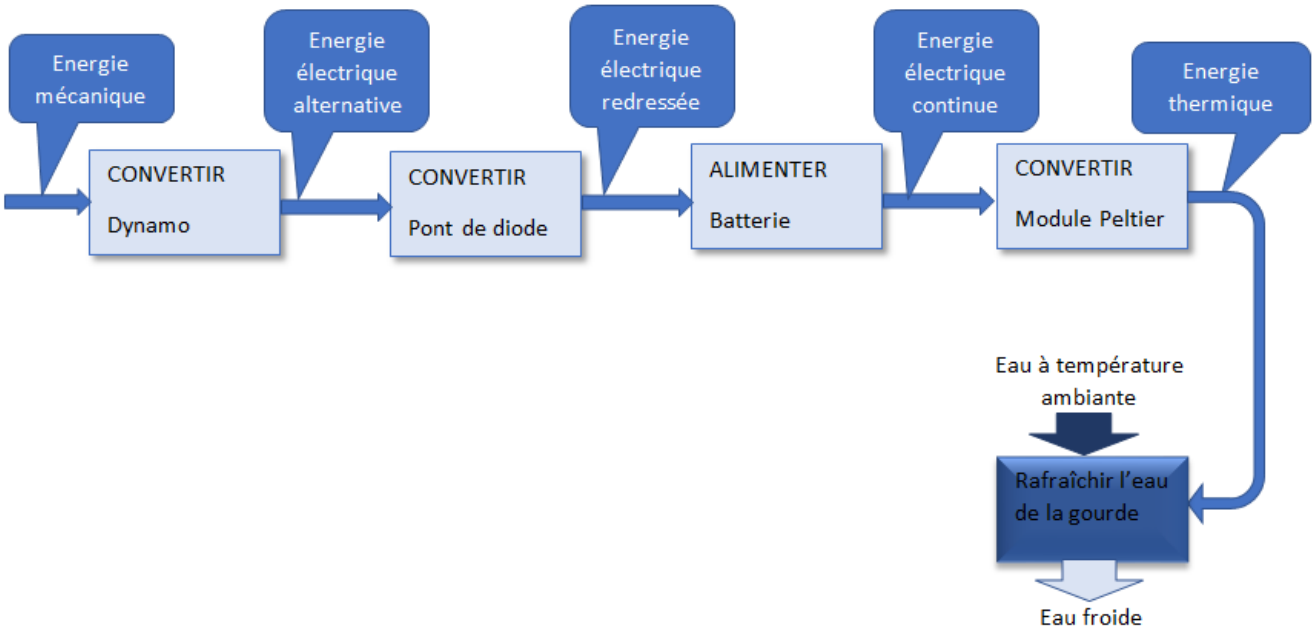
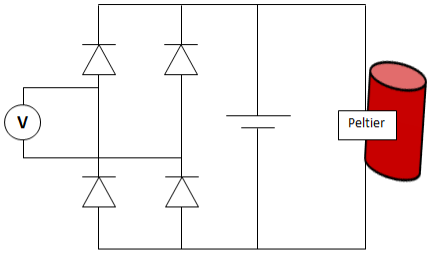
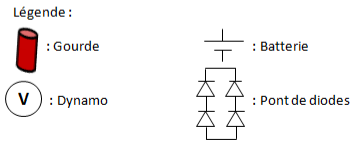


Schéma général du système





II. Choix des constituants

Choix du contenant

638 cm2

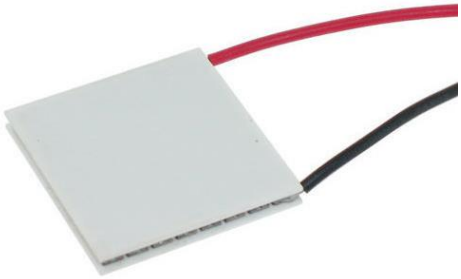
jusqu'à 1L

isolation en néoprène e=0,4mm

Nous avons choisi une gourde en aluminium pour favoriser le transfert thermique avec la face du module thermoélectrique. L'aluminium ayant une conductivité thermique élevée (225 W.m-1K-1), toute l'eau de la gourde pourra bien être rafraichir.

Cependant, il ne faut pas que l'eau se réchauffe trop rapidement avec la chaleur extérieure. C'est pour cette raison que la gourde possède une enveloppe en néoprène (conductivité thermique plutôt faible : 0,2 W.m-1K-1).

Choix du système de refroidissement



Nous avons choisi d'utiliser la thermoélectricité pour refroidir l'eau de la gourde. On utilise pour cela les modules Peltier qui transforment un courant électrique en une différence de température.

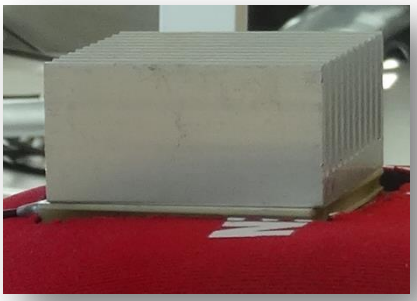
Le module Peltier présente de nombreux avantages dans son utilisation. En effet les modules peuvent être utilisés pendant très longtemps sans entretien particulier, leur coût est faible, ils ne produisent ni bruit, ni vibration et ont une taille et un poids réduits.

Le module Peltier est habituellement utilisé pour sa capacité à refroidir par exemple dans le domaine informatique pour conserver le processeur à une température constante. On retrouve aussi ce système thermoélectrique dans certaines glacières.

Choix de ce module peltier de référence : ET-161-12-14-E : voir III.

Choix du dissipateur thermique

Pour optimiser le refroidissement de l'eau, nous avions besoin de dissiper la chaleur produite par la face chaude du module Peltier, auquel la face chaude réchaufferait la face froide et renduirait l'efficacité de notre système.



De plus, comme nous voulons garantir une autonomie suffisante pour notre système, le composant recherché ne doit pas non plus être alimenté électriquement. Pour cette raison, nous avons choisi de ne pas utiliser un ventilateur électrique. Nous avons alors acheté un dissipateur aux dimensions du module peltier : 4cm/4cm. Le dissipateur thermique permet d'augmenter la surface d'échange. Avec la vitesse du cycliste, il sera facilement ventilé.

Choix de la batterie

Nous avions à notre disposition deux batteries pour alimenter le module Peltier : Une batterie Yuasa (à gauche) et une batterie arduino (à droite). Après avoir réalisé quelques expériences afin de les caractériser, nous avons choisi la batterie Yuasa.

Choix de la génératrice

Si le cycliste souhaite augmenter l'autonomie du système, celui-ci peut être rechargeable par dynamo sur le vélo. Nous avons choisi une dynamo moyeu plutôt qu'une dynamo classique. En effet, même si elle est plus chère, elle a une plus grande durée de vie. De plus, son rendement est meilleur que celui d'une dynamo classique car elle ne frotte pas la roue.

III. Etude thermique de la gourde

Apports théoriques

Transferts thermiques dans notre système

Nous avons essayé de comprendre comment l'eau de la gourde se réchauffe naturellement avec la chaleur extérieure. Nous avons distingué les trois types d'échange de chaleur :

• l'échange par conduction : échange par contact sans déplacement de matière,

• échange par convection : échange par mouvement de matière,

• échange par rayonnement : échange à l'aide d'ondes électromagnétiques.

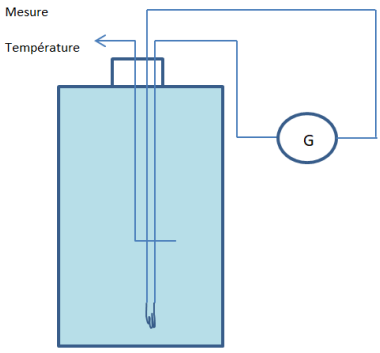
Dans notre système, il y a **échange par convection** (mouvement de l'eau à l'intérieur de la gourde) et **par conduction** (paroi d'aluminium en contact avec l'air ambiant par exemple)

Loi exponentielle de l'évolution de la température de l'eau en modifiant brusquement son équilibre

Si l'on modifie brusquement les conditions d'équilibre de la gourde remplie d'eau à température ambiante (21°C), l'évolution de la température du système en fonction du temps T(t) se fera vers une autre température d'équilibre T2.

T(t) peut être décrit par une loi exponentielle : $T(t) = T1 + (T2 - T1)(1 - e^{(-t/\tau)})$ avec T1 température à l'instant t = 0 , T2 température lors du palier et τ constante de temps d'inertie thermique du système. Cette caractéristique va nous permettre dans la partie suivante de déterminer la capacité thermique de notre système en chauffant l'eau, ce qui modifie cet équilibre.

Identification de la résistance thermique et de la capacité thermique



Nous avons voulu réaliser un modèle nous permettant de faire des simulations sur le réchauffement de l'eau contenue dans la gourde par le soleil ainsi que sur la puissance de refroidissement nécessaire. Pour cela nous avons eu besoin de connaître la résistance thermique et la capacité thermique de notre système.
Celui comporte une gourde en aluminium avec 1L d'eau à l'intérieur ainsi qu'une couverture en néoprène.

Nous avons créé une résistance avec du fil de cuivre et de fils. La résistance, ainsi qu'une sonde de température sont plongées dans la gourde remplie d'eau. Nous avons branché la résistance chauffante à un générateur délivrant une puissance de 36.65W.

Nous avons utilisé une carte d'acquisition pour mesurer l'évolution de la température de l'eau de la gourde au fil de la journée. Nous pouvons choisir lors de chaque expérience le nombre de points à acquérir et à quel intervalle de temps. Nous avons branché la carte d'acquisition sur la platine des entrées analogiques, lui-même branché à l'ordinateur. Nous avons acquis 4744 points pendant 3 heures et 57 minutes avec un intervalle de temps régulier = 720 ms. Avec LatisPro, nous lissons la courbe puis suivre le modèle d'une fonction exponentielle. La température a augmenté de 17,36 °C à 81.56 °C.

Nous avons réalisé les calculs suivants :

- On sait que R=Δtempérature/Φ

Avec R, la résistance thermique du système en °C/W
Δtempérature en °C, la différence de température entre la température à son palier et la température au début de l'expérience à température ambiante.
Φ la puissance en W que le générateur apporte à la résistance chauffante.

- On sait que τ=R*C, donc C =τ/R

Avec τ, la constante de temps d'inertie thermique en s
R, la résistance thermique du système en °C/W
C, la capacité thermique du système en J/°C

Résistance thermique=81.56-17.36/36.65= **1.75 °C/W**
T= 63/100*64.2=40.45°C, 40.45+17,36=57.81°C. On regarde sur la courbe avec le pointeur l'instant où la température est de 57.81°C. τ= 9480s
Capacité thermique=9480/1.75=**5418 J/°C**

Calcul théorique : Capacité thermique= masse aluminium*Caluminium+ masse eau*Ceau + massenéoprène*Cnéoprène.
Donc **Capacité thermique** = 150*10^-3*880+1*4185+55*10^-3*2140=**4435 J/°C**

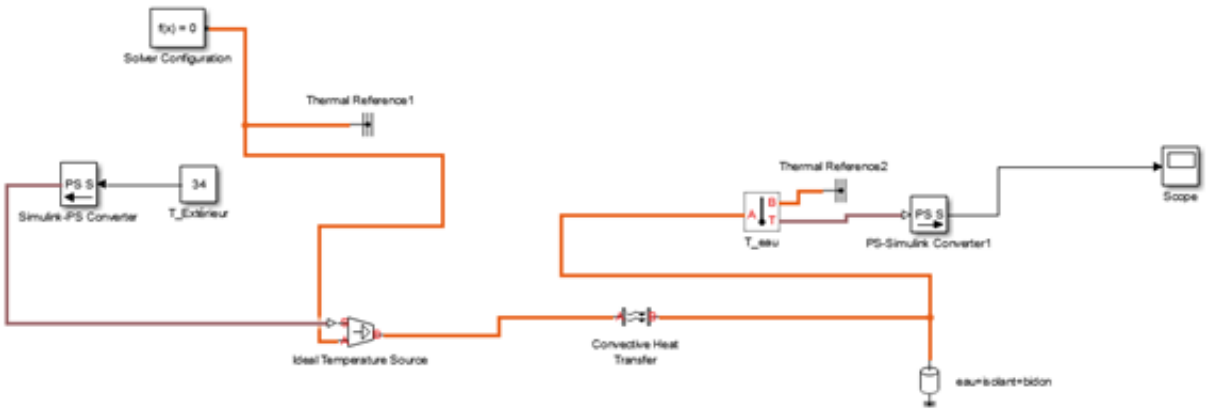
$$Ecart\ relatif = \frac{Cexxp - Cthéo}{Cthéo}$$

Donc écart relatif= (5418-4435)/4435**= 22%**
L'écart relatif étant important, nous avons utilisé la valeur théorique dans la modélisation.

Réchauffement de l'eau par la température extérieure

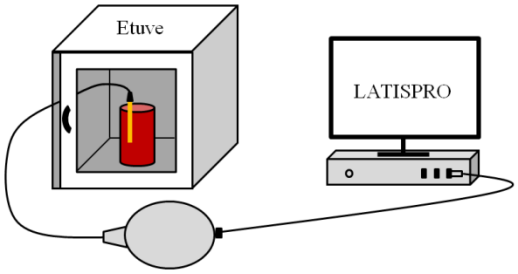
Modélisation

Nous avons choisi le logiciel Matlab pour modéliser tout d'abord le **réchauffement naturel de l'eau par l'air extérieur.** En effet, il faut tout d'abord que le système de refroidissement compense le réchauffement par la température extérieure.



Température initiale de l'eau : 17°C (cf cahier des charges)	
Température exterieur (en °c)	Temps pour atteindre 19°(gagner 2°c)
22	1h21
24	51min36
26	39min36
28	31min48
30	25min12
32	22min48
34	19min48
36	15min36
38	14 min20
40	**13min15=795s**

La température extérieure est fixée chaque simulation par le bol T_Extérieur à gauche. Elle est ici fixée à 34°C. La masse thermique en bas à droite est caractérisée par ces paramètres : « specific heat », la capacité thermique de notre système qui a été identifiée plus haut et le poids du système : environ 1kg. Ce bloc nous permet aussi de régler la température initiale de l'eau à 17 °C. Le phénomène de convection est modélisé par le bloc « convective heat transfer ».



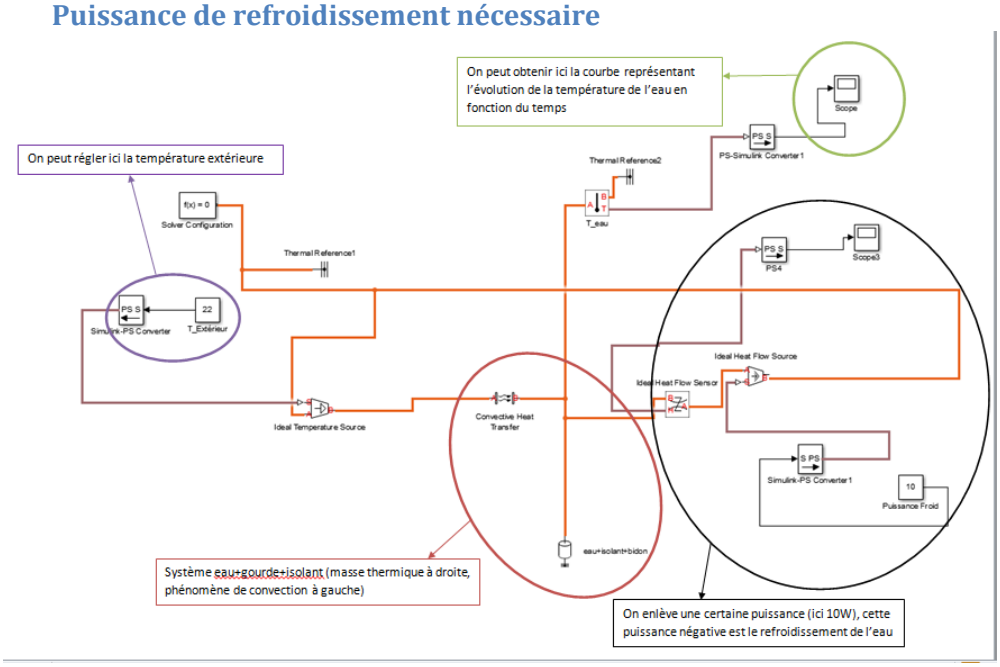
Mesure expérimentale des performances de la gourde

Nous avons souhaité comparer le modèle avant l'ajout de la puissance de refroidissement avec la réalité. Pour cela nous allons placer la gourde dans une étuve avec une température à l'intérieur de 40°C. Nous mesurons l'évolution de la température grâce à Latis Pro.

L'eau a mis **12 min (720s) pour passer de 17°C à 19°C.**

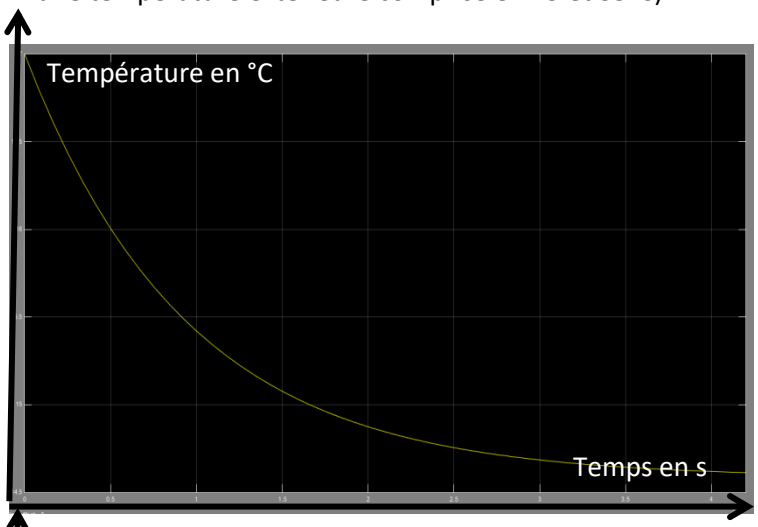
Comparaison avec le modèle : écart relatif=$\frac{\text{Texp}-\text{Tthéo}}{\text{Ttheo}}$ Donc écart relatif= (720-795)/795=8.8 %. **L'écart relatif est donc d'environ 9%.** Le modèle est donc validé il nous permet de connaître le réchauffement de l'eau avec la température extérieure.

Puissance de refroidissement nécessaire

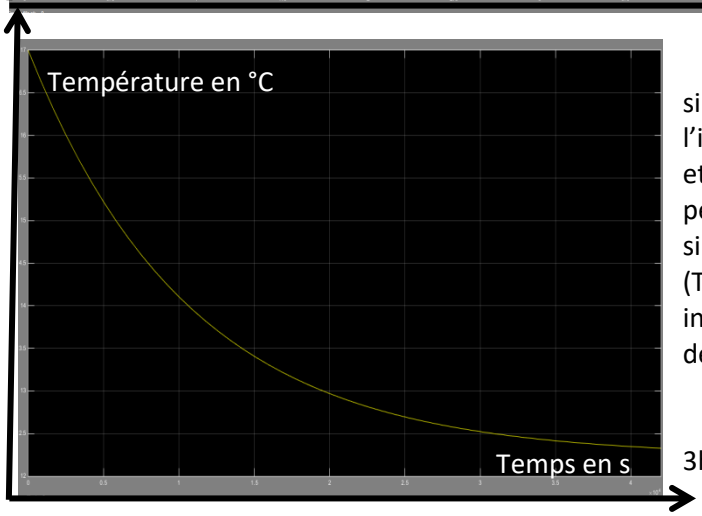


Nous avons voulu améliorer ce modèle afin de connaître la puissance thermique de refroidissement nécessaire pour remplir le cahier des charges. Il s'agira donc de la puissance que le module Peltier devra enlever à l'eau pour qu'elle refroidisse. Voir le modèle réalisé sur la page précédente.

Nous avons réalisé des simulations pour une température initiale de l'eau de 17°C et pour différentes températures extérieures allant de 24°C à 36°C. Nous avons procédé par essais, avec différentes puissances de refroidissement. La puissance de refroidissement la plus adaptée au cahier des charges est donc **10W.** (Elle permet une température de l'eau comprise entre 13 et 19°C pour une température extérieure comprise en 25 et 35°C)



Voici un exemple de simulation nous permettant d'obtenir l'évolution de la température de l'eau contenue dans la gourde. Lors de cette simulation l'eau est initialement à 17°C. La température extérieure est de 32°C. La température passe 17°C à 14.6°C en 8h. Au bout de 3h, l'eau est à 15.2°C. Nous avons vérifié pour toutes les températures extérieures, la **température atteinte par l'eau est toujours comprise entre 13 et 19 °C (cf cahier des charges).**



Enfin, nous avons réalisé de nouvelles simulations afin de savoir si l'amélioration de l'isolation du système serait vraiment efficace et quels matériaux seraient les plus performants. Nous réalisons effet une simulation avec les mêmes paramètres (Température extérieure : 32°C, Température initiale de l'eau : 17°C) mais en ajoutant une deuxième couverture de néoprène.

Nous obtenu cette courbe. Au bout de 3heures, la température de l'eau est 14°C.

Nous avons enfin réalisé une simulation avec 5mm de polystyrène, sa conductivité thermique étant faible, c'est un bon isolant. Nous avons remarqué que l'eau atteint 8°C au bout de 3 heures. Dans ce cas-là, la puissance de refroidissement fournie par le module peltier pourrait être moins importante, ce qui améliorerait les performances du système. Il serait donc intéressant d'améliorer l'isolation de la gourde.

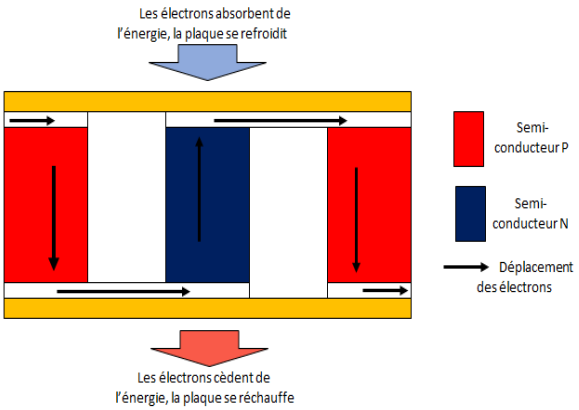
Conclusion

Une puissance thermique de refroidissement est nécessaire pour remplir le cahier des charges avec ce système. Le module Peltier devra donc enlever une puissance de 10W à l'eau de la gourde. Cependant, nous pourrions continuer d'étudier l'isolation de la gourde car les performances du système pourraient être significativement améliorées. Une puissance de refroidissement moins importante serait alors nécessaire.

IV. Refroidissement de l'eau

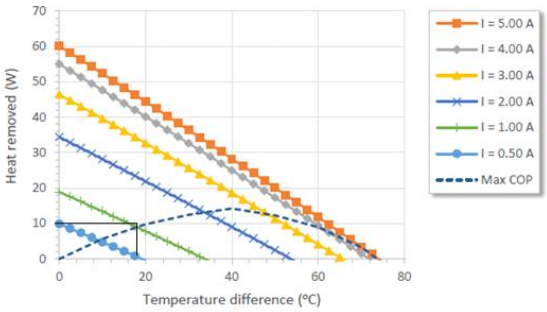
Apports théoriques

Un module Peltier est un matériau composé de deux plaques et entre ces deux plaques se trouvent des semi-conducteur P et N placé par alternance.



Lorsque l'on fait passer un courant à travers le module, on observe des transferts d'énergie au niveau des plaques. C'est l'effet Peltier. Lorsqu'un électron passe du semi-conducteur N au semi-conducteur P, il cède de la chaleur au niveau de la plaque, ce qui la réchauffe. Inversement, lorsqu'un électron passe dus semi-conducteur P au semi-conducteur N, il absorbe de l'énergie au niveau de la plaque ce qui la refroidit.

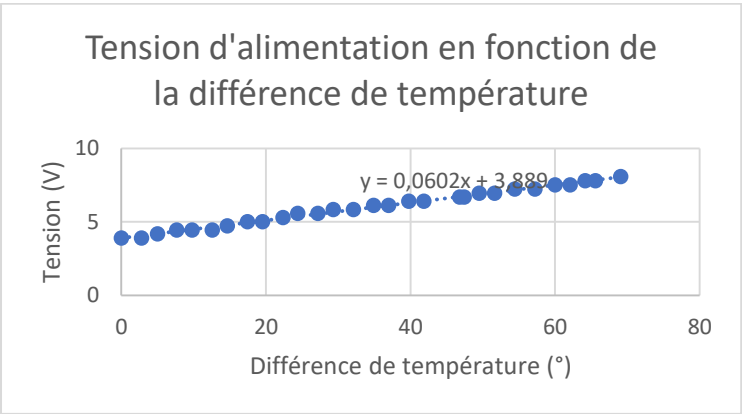
Choix du module peltier



D'après notre modèle, nous avons besoin d'un module Peltier qui aient une puissance de refroidissement de 10W. Il s'agit de « heat removed » sur les documents du fournisseur. Nous avons choisi ce module car il avait le point de puissance de refroidissement 10W avait un très bon coefficient de performance pour une alimentation à 1A. Nous avons en effet cherché un module que nous pourrions alimenter avec un courant relativement faible afin augmenter l'autonomie du système.

Modélisation

Les courbes du fournisseur nous ont servi de modèle. Nous utilisons les courbes qui correspondent à une utilisation du module à 1A, c'est le point de fonctionnement avec la batterie (voir partie V).
Pour une face chaude à 50°C et une intensité de 1A :

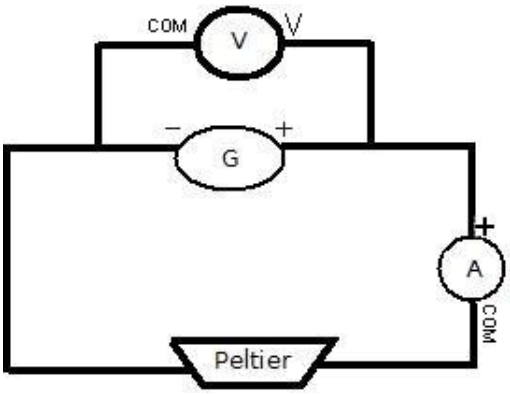


Mesure expérimentale des performances du module Peltier

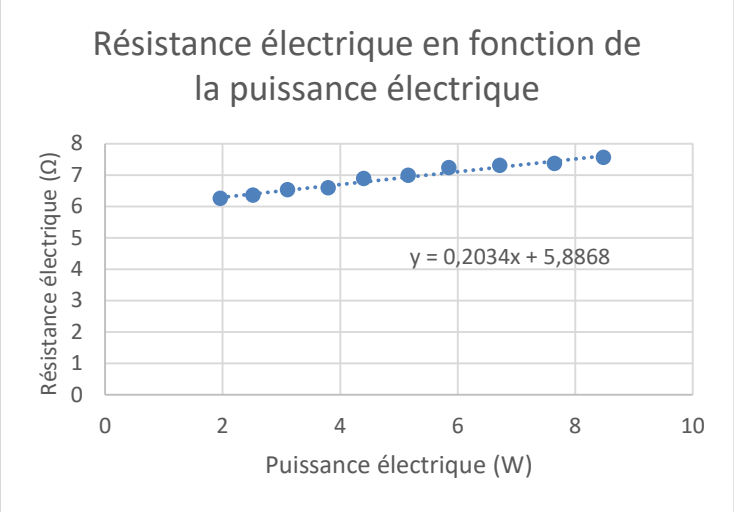
Le modèle ci-dessus nous a interpellées : Selon le modèle, à un courant fixé (1A), la tension d'alimentation augmente. Cela signifierait que la résistance électrique du module ne serait pas constante. **Or, il est important de connaître la résistance électrique du module peltier afin de déterminer la décharge de la batterie.**

Protocole : Avec un générateur, on modifie la puissance apportée au module, puis on en déduit la résistance électrique. U=RI donc R=U/I

Schéma électrique :

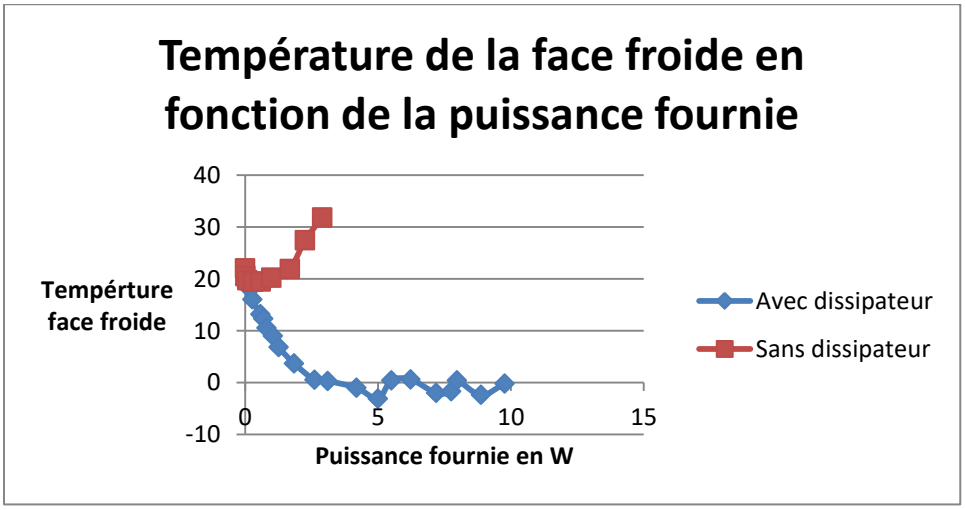


Résultats :



Les propriétés des composants thermiques peuvent varier en fonction de la température. Dans le cas du modèle Peltier, ce paramètre doit être pris en compte car les variations de températures sont élevées. C'est pourquoi nous avons cherché à déterminer la variation de la résistance en fonction de la variation de puissance apportée au module Peltier.

<u>Importance de la dissipation</u>

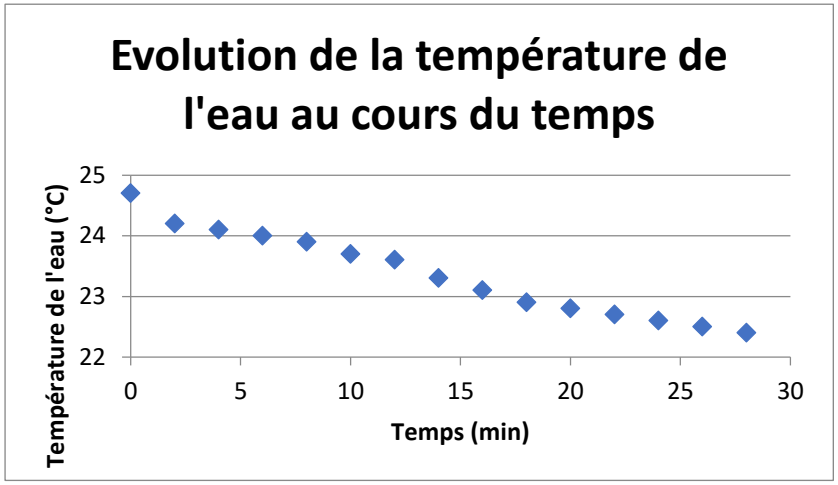


Nous mesurons la température de la face froide en augmentant la puissance d'alimentation au fur et à mesure. Sans dissipateur, la face chaude réchauffe la face froide qui ne refroidit plus. Avec le dissipateur, la température de la face froide descend sous 0°C. Nous avons donc constaté que pour que les performances du module soient compatibles avec les données du constructeur, il convient de dissiper l'énergie thermique produite sur la face chaude du module.

Mesure de la température de l'eau du bidon avec le module peltier :

Nous avons réalisé des mesures en simulant un fonctionnement réel. Nous avons alimenté notre module Peltier avec la batterie et nous avons créé un flux d'air avec un ventilateur que nous avons placé en face du dissipateur thermique.

Protocole : Nous plaçons un ventilateur en face du dissipateur thermique pour créer un flux d'air puis nous relevons la température de l'eau contenue dans la gourde à l'aide d'un thermocouple. Les mesures sont réalisées toutes les deux minutes



Nous avons commencé notre expérience avec une eau à température ambiante : 24.7°C. Elle est finalement descendue à 22.4°C au bout de seulement une demi-heure. Le système paraît donc assez efficace.

Conclusion

Le module Peltier est un composant particulièrement adapté à notre système. Avec un dissipateur thermique sur la face chaude, le module permet un refroidissement relativement important.

V. Alimentation électrique du système

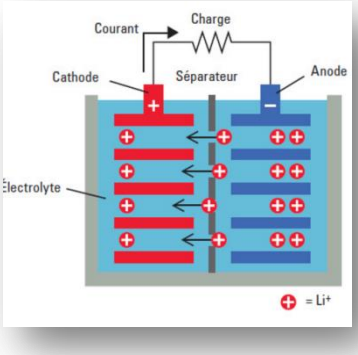
Apports théoriques

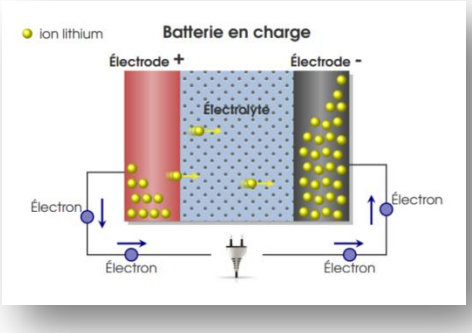
Nous avons cherché à comprendre le fonctionnement d'une batterie. Le courant est créé par un mouvement d'électrons qui se déplacent de l'électrode négative à l'électrode positive en passant par un fil conducteur pour alimenter le module. Les ions issus de ce transfert d'électrons traversent l'électrolyte partant de l'anode pour rejoindre la cathode. La batterie se décharge.

Lorsque que l'on charge la batterie avec la dynamo, les électrons se déplacent de l'électrode positive à l'électrode négative et les ions lithium retournent à l'électrode négative. C'est alors la charge de la batterie.

A l'anode la demi-équation d'oxydation est : $xLi^+ + xe^- + 6C \leftrightarrows Li_xC_6$

A la cathode la demi-équation de réduction est : $LiCoO_2 \leftrightarrows Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe^-$



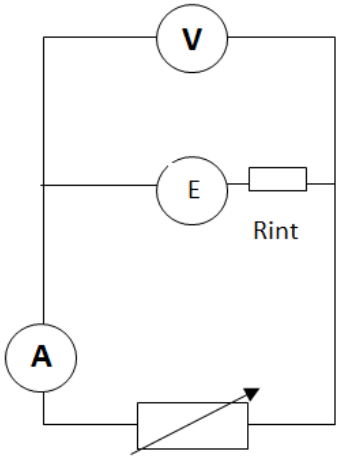


Les deux électrodes baignent dans l'électrolyte, liquide ou sous forme de gel. C'est la réaction entre la solution et les électrodes qui est à l'origine du déplacement des électrons et des ions dans la solution. Un séparateur permet de séparer les deux électrodes tout en laissant les ions se déplacer.

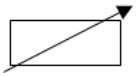
Caractérisation de la batterie

Le module peltier doit être alimenté avec l'énergie électrique, c'est pour cette raison que nous avons choisi une batterie. Nous avions à notre disposition deux batteries que nous avons étudiées afin de choisir la plus adaptée à notre système. Pour cela nous avons réalisé l'expérience suivante deux fois afin de caractériser les deux batteries.

Schéma de l'expérience :



Légende :



: Potentiomètre

Protocole :

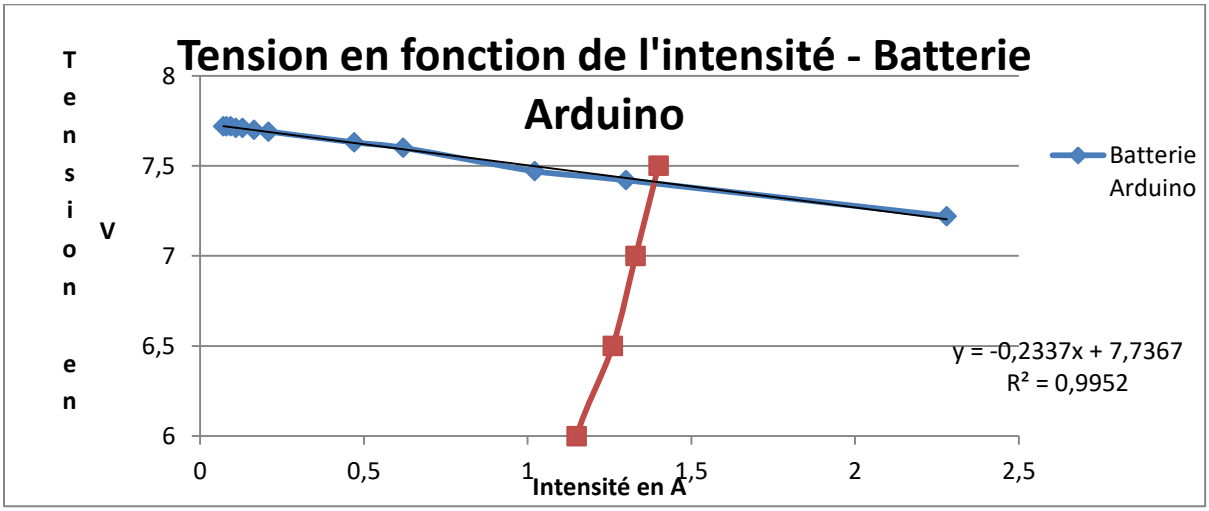
Pour chaque position du potentiomètre, effectuer le protocole suivant :

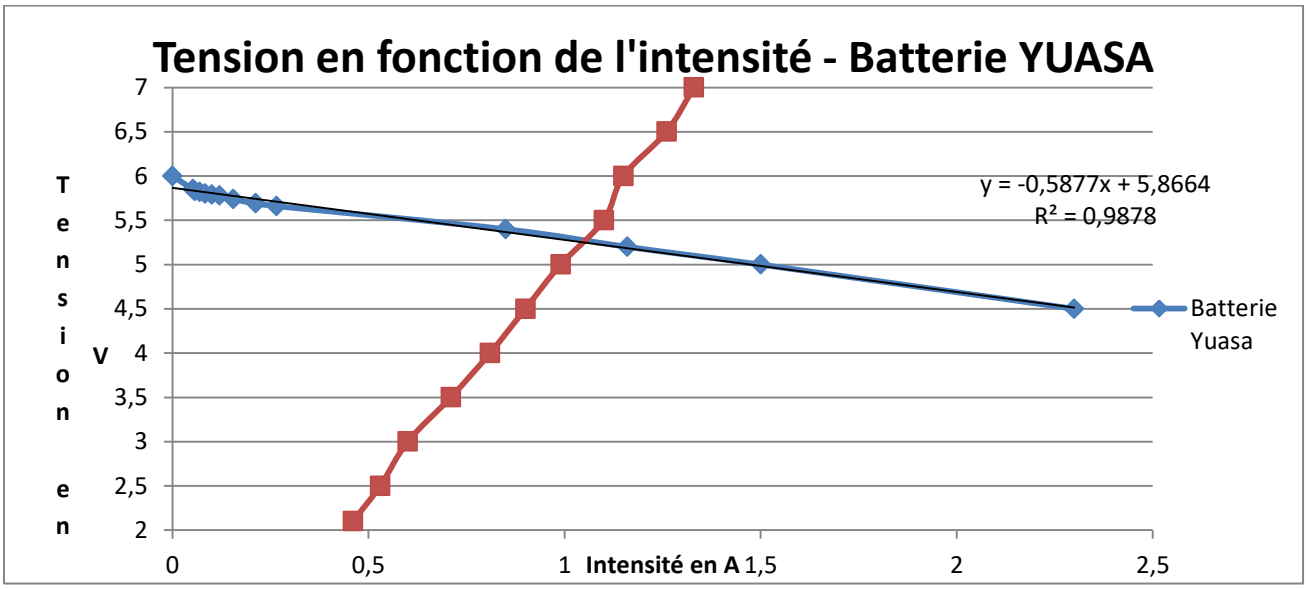
1) Relever la valeur U_0 de la batterie à vide
2) Relever la valeur U_x et la valeur I_x quand la batterie est relié au potentiomètre
3) Tracer la courbe Ux=f(Ix) pour obtenir l'équation de la batterie.

Réaliser les différentes mesures très rapidement afin que la batterie ne se décharge pas.

Voici les courbes obtenues. Nous avons superposé la tension en fonction du courant d'alimentation du module peltier afin de définir le point de fonctionnement. La caractéristique du module est obtenue en l'alimentant avec un générateur. On augmente par étapes la tension d'alimentation et on mesure avec un ampèremètre le courant pour chaque tension.

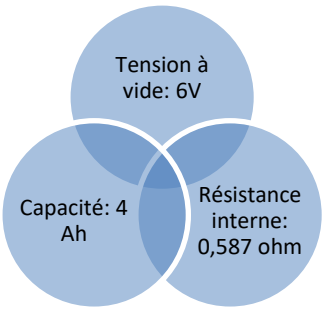
<u>Résultats pour la batterie arduino :</u>





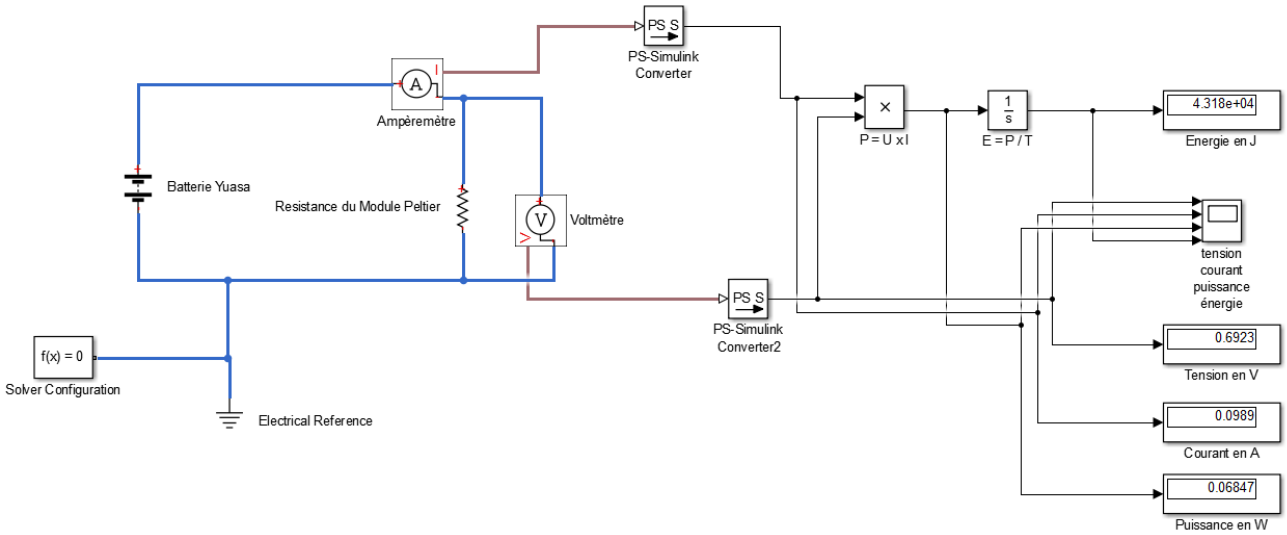
On obtient les équations suivantes de la forme U=E-rI Pour arduino : U = -0,2337I + 7,7367, pour Yuasa : U = -0,5877I + 5,8664

Le **point de fonctionnement avec la batterie Yuasa se situe à If=environ 1A**, ce qui est inférieure au courant de fonctionnement avec la batterie arduino. Le courant de décharge étant moins important, la batterie aura une plus grande autonomie. De plus, le module peltier a un très bon rendement à 1A. (Voir partie II). Notre batterie sera donc la **batterie Yuasa** qui a les caractéristiques suivantes :



Modélisation

Voici le modèle réalisé avec matlab de notre batterie afin de calculer son rendement et son autonomie théorique. Le module Peltier est modélisé par résistance électrique. Nous avons modélisé avec R=7ohms, c'est la résistance électrique lors d'un écart de température moyen).



La batterie est à gauche, le module peltier est modélisé par une résistance électrique. Ce modèle matlab nous permet d'obtenir la Tension U grâce à un voltmètre, le courant I grâce à un ampèremètre, la Puissance P grâce à un multiplicateur (« Product », P=U*I). L'Energie E grâce à « integrator », on prend la primitive de la puissance

Le courant délivré par la batterie Ibat est de 0,8 A et la tension aux bornes de la batterie Ubat est de 5.535 V. La puissance consommée par la résistance est donc :

$$Ibat\ (A) \times Ubat\ (V) = P(W)$$

$$0.8 \times 5.535 = \mathbf{4.4\ W}$$

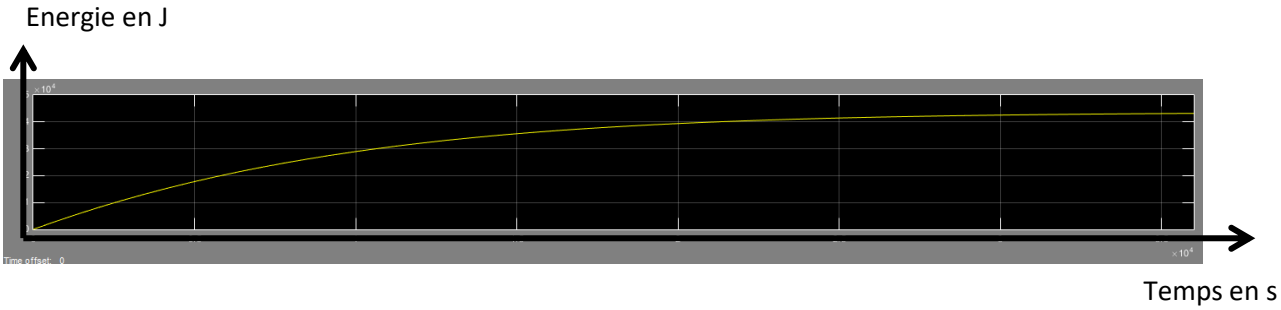
Puissance perdue par effet joule =Rinterne*I*I= 0.8*0.8*0.571=0.37W

$$Rendement = \frac{Puissance\ consommée\ par\ la\ résistance}{Puissance\ consommée\ par\ la\ résistance + Puissance\ perdue\ par\ effet\ joule}$$

Rendement = $\frac{4{,}4}{4{,}4+0{,}37}$ =0,92=**92%**

Simulation de l'autonomie de la batterie

Avec le scope, nous pouvons obtenir par simulation les courbes de la décharge de la batterie. Nous nous intéressons ici à l'énergie fournie par la batterie. A partir d'un certain moment, le stock d'énergie délivré est constant. La batterie étant déchargée, elle n'a plus d'énergie, l'énergie totale qu'elle a apporté n'augmente plus. La courbe ci-dessous est l'énergie totale délivrée par la batterie en fonction du temps, elle est obtenue grâce à matlab. (Energie en ordonnée, le temps en abscisse)



Pour calculer l'autonomie de la batterie, on divise cette énergie maximale par la puissance consommée.

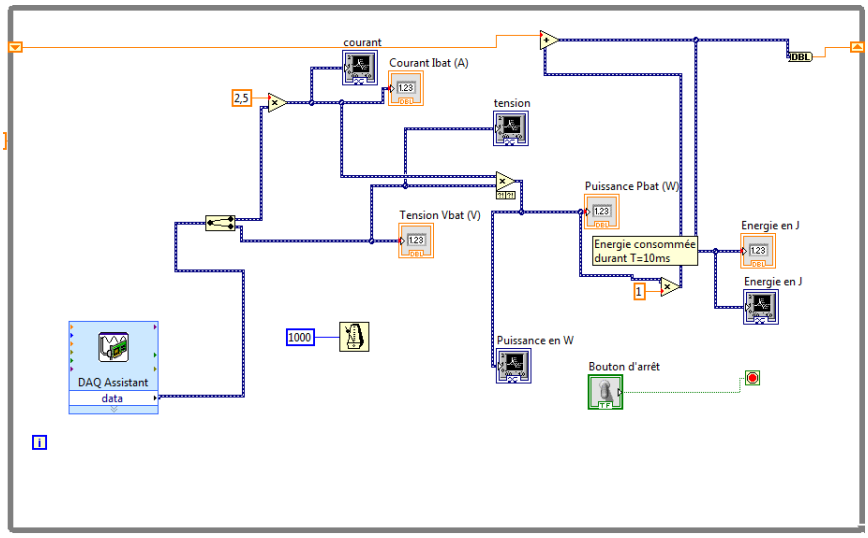
Energie= 6*10^4 J= 16.7 Wh et Puissance= 4.4 W (voir plus haut).

Autonomie = $\frac{Energie}{Puissance}$Donc Autonomie= 16.7/4.4=3.8h. Notre batterie a donc par **simulation** une **autonomie de 3.8h sans recharge par la dynamo.**

Mesure expérimentale des performances de la batterie

Nous avons voulu vérifier l'autonomie de la batterie en réalité.Pour cela nous l'avons déchargé avec le module Peltier. Nous avons utilisé Labview pour réaliser ces mesures.

Voici le schéma d'acquisition avec Labview :



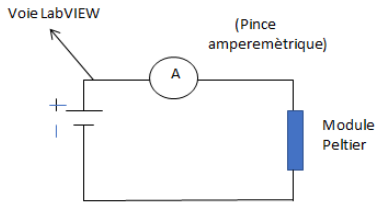


Schéma du montage électrique

En partant de la gauche du schéma d'acquisition, on remarque que nous acquérons la tension. Le facteur 2,5 est lié au fait que nous avons utilisé une pince ampère métrique (La pince ampèremétrique est constituée d'une pince entre les mâchoires desquelles on fait passer le fil traversé par le courant dont on souhaite mesurer l'intensité, elle mesure en réalité la tension). Le produit de la tension et de l'intensité nous permet de mesurer la puissance délivrée. Nous multiplions par le temps pour obtenir l'énergie. Nous acquérons les valeurs avec un intervalle de 10ms.

Lors ce que la batterie est déchargée, **l'énergie mesurée par labview est de 65342 J**. La puissance consommée est 5.5 W. Donc l' **autonomie expérimentale**= Energie/ Puissance = 11880s= **3,3h**

Ecart relatif entre autonomie théorique simulée et autonomie réelle= (Théo-Exp)/Théo=(3,8-3,3)/3,8=0.13

L'écart relatif est donc de 13 %. Cela peut être dû au fait que le module peltier soit un composant très particulier donc la résistance électrique varie en fonction de la différence de température. Le modèle matlab assimile le module peltier à une résistance électrique constante.

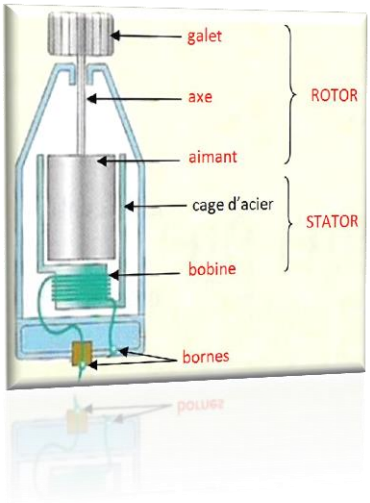
Conclusion

Le refroidissement avec module peltier pourrait donc avoir lieu pendant environ 3h20. Cela ne nous semble pas suffisant pour un cyclotouriste mais une batterie ayant une plus grande capacité serait plus lourde ce qui serait moins confortable pour le cycliste. Pour cela, nous avons imaginé un type de recharge de la batterie : une dynamo sur un vélo.

VI. Recharge par dynamo

Apports théoriques

Nous avons étudié **le fonctionnement d'une dynamo de vélo** qui est en réalité un alternateur. Le schéma ci-dessous est celui d'une dynamo classique mais le fonctionnement théorique est le même que celui d'une dynamo moyeu.



Autour de la bobine, un conducteur en cuivre est enroulé.

Un aimant est situé au-dessus de la bobine mais ne la touche pas.

Un arbre relie l'aimant au galet de la dynamo. Grâce à ce dernier, lorsque le galet tourne, l'aimant aussi.

Quand l'aimant tourne, de l'électricité est produite dans la bobine. On parle alors d'induction électrique.

Comment expliquer que le courant à la sortie de la dynamo soit alternatif ?

La variation du flux de l'inducteur, l'aimant, crée une force électromagnétique dans la bobine selon la loi de Lenz-Faraday. C'est cette force qui permet d'induire un courant dans la bobine.

L'expression de la force motrice est : $e = -\frac{d\phi}{dt}$=k*sin(B,N)

C'est la loi de Lenz-Faraday, avec ϕ le flux de l'inducteur en weber, et t le temps en seconde.

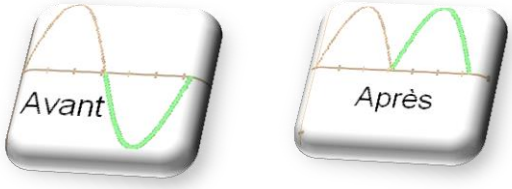
Dons e est une fonction sinusoïdale.

Le courant étant alternatif, il est important de redresser cette tension, c'est pourquoi nous avons aussi étudié **le fonctionnement du pont de diodes** permettant de résoudre ce problème.

Une diode est composé d'un semi-conducteur N et d'un semi -conducteur P. Ce type de jonction ne fait passer le courant que dans un sens, le sens PN. Le côté P est appelé l'anode et le côté N est appelé la cathode.

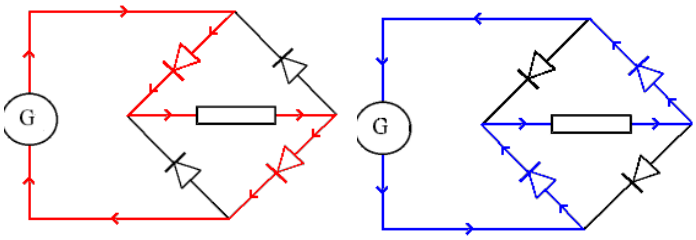
Lorsque la diode est correctement polarisée, le courant passe de l'anode à la cathode. Si elle est polarisée en sens inverse, le courant arrive à la cathode mais ne passe pas à l'anode.

Rôle du pont de diode : Le pont de diodes permet de fournir une tension unidirectionnelle.



Le pont de diodes a bloqué les alternances négatives car, à ce moment, elle a eu un potentiel plus élevé sur la cathode que sur l'anode.

Ucathode>Uanode



Mesure des performances de la dynamo

Mise en évidence expérimentale d'un courant alternatif

L'oscilloscope montre que le courant délivré par la dynamo est alternatif.

Les électrons circulent entre deux pôles alternativement dans un sens et dans l'autre. La fréquence de ce courant (exprimée en Hertz) correspond au nombre de changement de sens en une seconde.

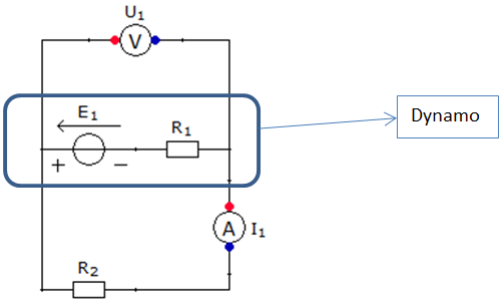
L'oscilloscope nous donne ici la tension Umax, la tension efficace, aussi égale à $\frac{Umax}{\sqrt{2}}$, ainsi que la fréquence du signal.

Rapport entre la vitesse du cycliste et le nombre de tours/min de la roue

Le périmètre de notre roue est : 2*PI*r, avec r=35cm, donc périmètre= 2,20m.

Nous calculons donc: x*2,20*10^-3*60=x*0,132.

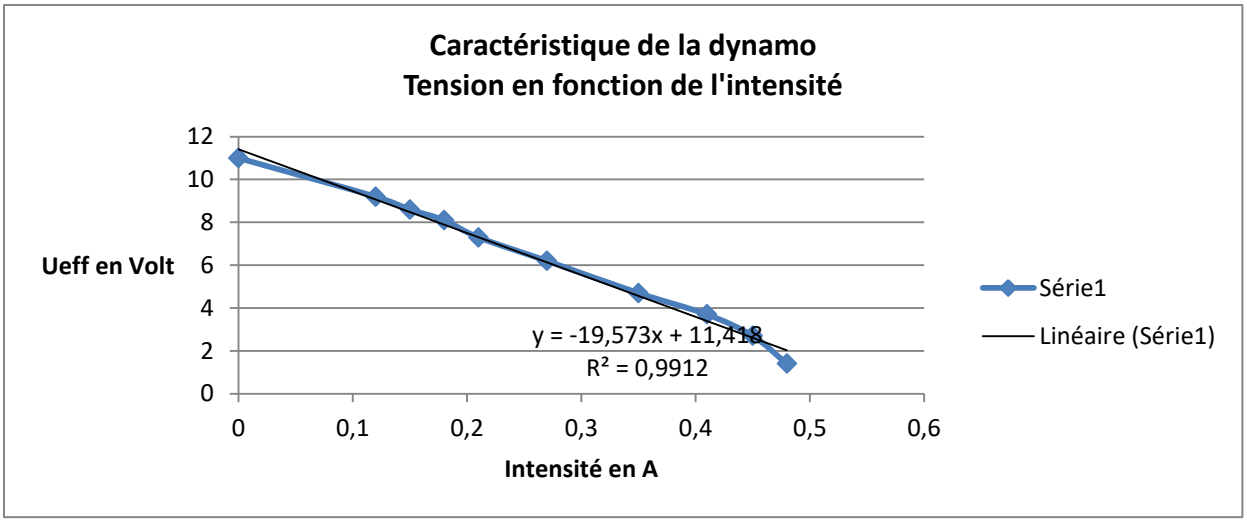
Lorsque la roue du cycliste réalise x tours/min, le cycliste roule à 0,132x km/h



Caractérisation de la dynamo

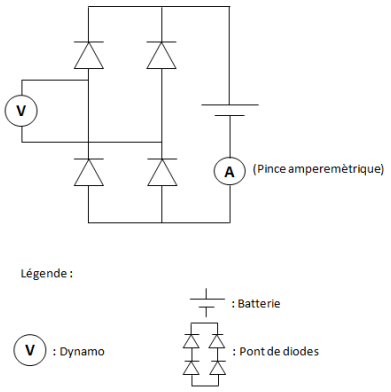
Nous caractérisons la dynamo comme une génératrice. Voici le schéma électrique :

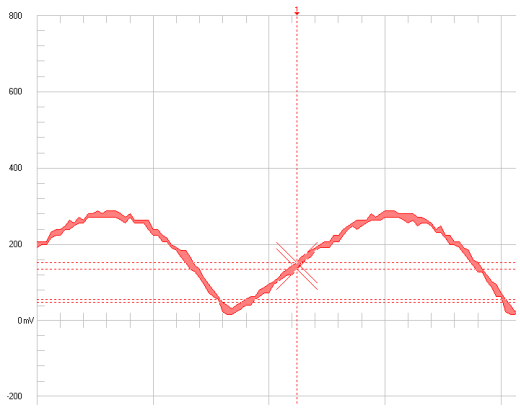
R2 est un potentiomètre donc nous faisons varier la résistance. On mesure U1 et I1 pour les différentes valeurs. On trace la courbe suivante d'équation U1=E1-R1*I1.



Avec la courbe de tendance, on obtient **R1=19,573Ω** et **E1=11,418V.** Cela signifie que la résistance interne de la batterie est de 19,6 Ω et la tension à vide de 11,4V.
Cette caractérisation est obtenue pour une vitesse de 110 tours/min, c'est-à-dire **14.5 km/h.**
Nous avons choisi cette vitesse car c'est la vitesse moyenne pour un cyclo-touriste qui pourrait utiliser Cycl'eau fresh sur des longues distances, et les valeurs de tension et intensité ne sont pas significativement différentes entre 10 et 20km/h. Pour cette raison, le graphique pourra servir de référence.

Mesure expérimentale de la recharge de la batterie





Nous avons souhaité vérifier le rechargement de la batterie et connaître l'autonomie supplémentaire apportée par la dynamo.
Pour cela nous mesurons le courant de charge de la batterie.
Nous obtenons grâce à un oscilloscope la courbe à gauche.

Nous obtenons une tension car nous avons pris la mesure avec une pince ampéremétrique. La tension moyenne est de 192 mV. (voir courbe obtenue ci-dessus). Nous avons réalisé 4 tours avec la pince donc Umoyen= 48 mV.
La pince a pour caractéristique 100mV/A donc **I=0.48A.**
Le courant de recharge est donc de 0,48 A et le module Peltier est alimenté en 1A. L'autonomie ajoutée est donc de 50%.
L'autonomie sans rechargement est d'environ 3,5h (voir V). **L'autonomie ajoutée est donc d'environ 1,75h. (1h45)**

Mesure de l'effort fourni par le cycliste

La dynamo demande un effort supplémentaire au cycliste, nous avons donc cherché à savoir si celui-ci était significatif.
Pour cela nous avons alimenté un skate électrique avec un générateur dont la roue entraîne la roue du vélo munie de la dynamo. Nous mesurons la puissance apportée par le générateur deux fois :
-Une première lorsque la roue est à vide, le circuit d'alimentation du module peltier est ouvert. La puissance apportée par le générateur est notée Po.
-Une deuxième lorsque la dynamo recharge la batterie qui alimente le module peltier. La puissance délivrée par le générateur est alors notée Pf.
La différence **Pf-Po** correspond à la **puissance que le cycliste devra fournir pour alimenter notre système.**

On réalise l'expérience pour une vitesse moyenne de la roue de vélo et on trouve :

Générateur alimentant le skate sans charge, circuit ouvert Po			Générateur alimentant le skate avec le circuit fermé Pf			Pf-Po	Consommation par le système			Rendement de la dynamo : Puissance consommée/(Pf-Po)
1,6 A	41 V	65,6 W	1,35 A	41 V	55,35 W	10,25 W	21 V	0,2 A	4,2 W	4,2/10,25 = 41%

L'utilisateur doit donc fournir environ 10W supplémentaires pour alimenter le système.
%=10/55,5= 18% d'efforts en supplémentaires.

Conclusion

La dynamo sur le vélo est un moyen plutôt efficace pour augmenter l'autonomie de la batterie. Elle permet en effet d'ajouter 50% d'autonomie au système. Cependant, elle demande un effort au cycliste non négligeable (10W). Nous devrons donc réfléchir à un système d'arrêt de la recharge en montée (par exemple pente supérieure à 2%) où l'effort supplémentaire n'est vraiment pas confortable.

VII. Bilan sur le cahier des charges

Fonction de service	Critères et niveaux du cahier des charges	Performances réelles du système
FI : Permettre au cycliste de refroidir l'eau de sa gourde	Température initiale de l'eau : 17°C. Température souhaitée : entre 13°C et 19°C	Le module Peltier permet bien de fournir la puissance de refroidissement nécessaire pour refroidir l'eau et la maintenir entre 13°C et 19°C.
FA1 : Optimiser l'isolation de la gourde	Conductivité thermique néoprène : 0,2 W.m-1K-1 Conductivité thermique aluminium : 225 W.m-1K-1 Température extérieure : entre 24 et 36°C	L'eau atteint la température souhaitée pour une température extérieure comprise entre 24°C et 36°C. Cependant, l'isolation de la gourde n'est pas encore optimale, nous pourrions utiliser de nouveaux matériaux qui permettraient de diminuer la puissance de refroidissement nécessaire.
FA2 : Permettre une autonomie suffisante	Autonomie sans recharge : 3h Autonomie ajoutée avec dynamo : 1h30	Autonomie sans recharge : environ 3h30. Autonomie ajoutée par la dynamo : 1h45. Donc autonomie totale :5h15 L'autonomie ajoutée demande néanmoins un effort important au cycliste, nous devons réfléchir à des solutions.
FA3 : Etre adapté au vélo	Poids maximum : 2kg +Poids eau Branchements faciles	Poids : environ 2,5kg. La batterie est assez lourde, il pourrait être intéressant de rechercher une batterie plus légère et ayant certes une moins bonne autonomie (ici supérieure au cahier des charges).

VIII. Etude Marketing

Compte tenu de l'avancée du projet, nous avons souhaité engager une démarche marketing. Notre but est de comprendre le lancement d'une innovation et de l'appliquer à notre produit.

Industrialisation d'une innovation

Les grandes étapes et facteurs de réussites

Une innovation est un produit qui n'est pas une adaptation d'un produit existant et qui n'est pas connu du grand public. En général, une innovation répond à un problème qui n'avait pas de solution auparavant ou offre un confort supplémentaire à l'utilisateur. C'est le cas de notre système qui apporte un confort au cycliste en conservant voire en rafraîchissant l'eau du cycliste de manière plus performante qu'avec un bidon dit « isotherme ».

Il y a trois aspects principaux à prendre en compte avant de lancer un produit innovant.
Tout d'abord, il faut que les personnes qui pourraient être intéressées comprennent le besoin que l'on doit rendre évident ou créé.
Ensuite il faut une explication du produit puisque si c'est une innovation, le système n'est pas connu. A cette étape-là, la communication est primordiale.
Enfin, il est nécessaire de définir un marché avec précision.

Application de ces étapes dans notre projet

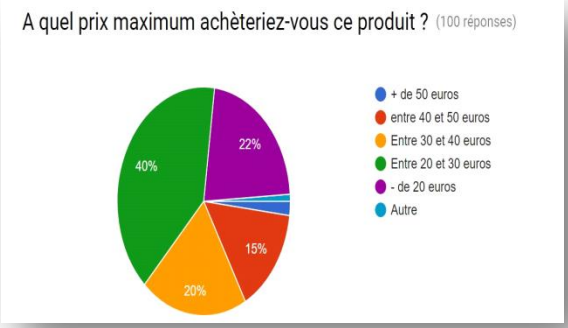
Tout d'abord, nous avons réalisé en première partie du dossier un cahier des charges qui exprime le besoin auquel notre système répond.

Ensuite, nous souhaitons travailler sur la communication. Tout d'abord, nous avons réalisé un logo pour avoir une identité visuelle et attirer les prospects.

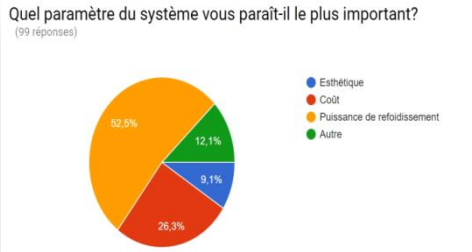
Nous avons ensuite décidé de réaliser un sondage avec google forms pour définir notre marché.

Les résultats sont les suivants :

➔ Nous devons donc chercher à faire baisser le prix de notre système.



➔ La puissance de refroidissement est très importante, il faudrait donc s'intéresser davantage à la puissance du refroidissement et au rendement du module Peltier



Nous avons ensuite réalisé des statistiques sur le sondage avec les réponses individuelles afin d'analyser notre public :

Entre 10 et 25 ans, 24 % ont voté pour « génial »,74% % pour « intéressant » et 2% pour « moyennement intéressant ». Entre 25 et 40 ans, 33 % ont voté pour « génial » et 67% pour « intéressant ». Entre 40 et 60 ans, 17 % ont trouvé le système génial, 79 % l'ont trouvé intéressant et 4% moyennement intéressant. Les personnes âgées de + de 60 ans ont trouvé le projet intéressant (73%), 18 % l'ont trouvé génial et 9% moyennement intéressant.

Notre sondage a été réalisé sur 100 personnes, nous pouvons supposer que le projet serait attractif de manière équivalente sur toutes les tranches d'âges malgré les légères différences.

Pour analyser le public, il faut aussi s'intéresser aux types de personnes et non seulement à leur âge. Nous avons donc analysé quels types de cyclistes pourraient être acheteurs.

La question posée était : Ce système vous serait-il utile ?

Chez les cyclistes occasionnels, 43 ont répondu « oui », 55% « peut-être » et 2% « non ». Les cyclistes réguliers ont répondu « oui » à 57 %, « Peut-être » à 29 %, « non » à 9% et 5% ne se sont pas prononcés. Les cyclistes professionnels ont répondu oui.

A la vue de ces statistiques, les cyclistes professionnels semblent très intéressés mais cette réponse n'est pas forcément représentative car nous n'avons reçu que deux réponses de cyclistes professionnels. Le projet semble intéresser les cyclistes réguliers ainsi que les cyclistes occasionnels.

Avis d'un potentiel commercialisateur

Nous avons demandé un rendez-vous chez un potentiel commercialisateur de ce type de produit. Nous avons été reçues, par le responsable du rayon « cycle » au magasin Intersport de Beynost. Nous lui avons posé quelques questions puis il nous a donné son avis son notre projet.

Selon ce responsable, plusieurs types de cyclistes pourraient acheter le produit, surtout les cyclotouristes. Une vente aux professionnels serait possible et il serait pour eux important de respecter les normes de poids et de taille par exemple.

Pour le prix, le responsable pense qu'il peut être vendu entre 50 et 70 euros, sachant que des bidons isothermes de 3-4h d'autonomie coûtent environ 20 euros mais ne refroidissent pas. Les magasins comme Intersport ont des prix pour les ventes en gros. Par exemple, ils peuvent avoir environ 15 % sur les dynamos moyeu de la marque breveté « Shimano ». Ensuite, le magasin réalise une marge de 1,6 à 2 points, c'est-à-dire jusqu'à 50 % du prix du système pour ce genre de produit. Les campagnes de publicité ont un prix qui peut évoluer de 300 à 1000€.

En conclusion, le responsable du rayon a confirmé l'intérêt du développement de ce type de produit et pense la commercialisation d'un produit industriel similaire envisageable.

IX. Perspectives

Nous souhaitons dorénavant améliorer les performances de notre système. Nous allons continuer les mesures en conditions réelles d'utilisation pour avoir une idée plus précise du **comportement de notre système.**

Nous réfléchissons aussi à des solutions pour améliorer l'**isolation** de notre système pour que l'eau soit rafraîchie plus vite et atteindre la température souhaitée. Il faut aussi réduire les **efforts demandés au cycliste** lors de la recharge par dynamo. Pour cela, nous envisageons d'utiliser une dynamo plus performante ou de créer un programme qui couperait le système lorsque le cycliste roule sur un terrain trop pentu (pente supérieure à 2%).

Enfin, nous voudrions réaliser une **étude de coût** de notre système dans l'optique d'une éventuelle commercialisation, certains composants pourraient par exemple être remplacés par des pièces moins coûteuses.

X. Conclusion du groupe

Dans ce projet, nous souhaitions pouvoir **appliquer concrètement des éléments théoriques** vus pendant nos études ou recherchés sur Internet. Nous voulions réfléchir à des protocoles d'expériences puis les réaliser de manière autonome en utilisant des nouveaux outils : des logiciels d'acquisition et de modélisation ou encore des oscilloscopes.

Nous avions aussi la volonté de travailler sur projet pluridisciplinaire au **carrefour de plusieurs domaines scientifiques**. Ce projet nous a fait découvrir les domaines de l'**électricité** (ex : dynamo en tant que génératrice de courant) ou encore de la **thermique** (ex : calcul de capacité thermique). Nous avons voulu comprendre le fonctionnement théorique de composants utilisés en **électronique** (ex : pont de diode, modules Peltier avec des semi-conducteurs, dynamo etc…)

Notre projet nous a permis d'apprendre à imaginer et à suivre une démarche pour répondre à une problématique. Nous avons réalisé un projet du début jusqu'à la fin : de la recherche de la problématique à la finalisation du produit en passant par la recherche du composant le plus adapté.

Nous avons appris à **envisager des nouvelles pistes lorsque des expériences ne fonctionnaient pas et à chercher l'origine des aléas** auxquels nous étions confrontés.

Ce projet nous a apporté **beaucoup de connaissances** puisque nous voulions qu'il s'agisse d'un **projet pluridisciplinaire.** Nous avons bien remarqué combien ces différents domaines scientifiques sont reliés entre eux et nous avons utilisé les différentes approches que nous avions dans les différents domaines pour réaliser notre projet.

En outre, le **fonctionnement en mode projet nous a beaucoup plu**. Nous avons beaucoup appris tout au long de nos séances à nous organiser, à nous répartir les tâches. Ce projet n'a pas seulement consisté à réaliser un produit de bout en bout mais a aussi été l'occasion de travailler en groupe, de favoriser le partage de connaissances et d'avoir une approche du fonctionnement en mode projet dans le monde de l'ingénieur.