

Prototype réalisé pour les tests



Titre du projet : Le chtit frigo éco-bio

Equipe de projet : *Sabrina Zine-Elkelma, Manuel Eggen, Tom Pitussi*

Métier : *Informaticienne, automaticien, polymécanicien*

Année d'apprentissage : *2^{ème} année*

Nom de l'école ou de l'entreprise : *Ceff Industrie (St.-Imier)*

Nom de l'enseignant ou du maître d'apprentissage : *Simone Spack*

Résumé du projet :

Notre projet consiste à imaginer et à fabriquer un prototype de l'idée de base du réfrigérateur sans électricité qui existe déjà. Le but principal est de remplacer tous les réfrigérateurs de voyage et éventuellement plus tard, les réfrigérateurs fixes de petite taille. Le projet de base réalisé est simple : deux couches d'argile séparées de sable humide. Nous voulons garder le principe de base avec l'évaporation de l'eau pour le refroidissement, mais en l'automatisant et en le rendant mobile ainsi que possible à utiliser par les citoyens suisses. Une prochaine étape serait aussi de le fournir à des personnes dépourvues d'électricité dans des villages retirés de pays en voie de développement.

Projet Innovation ou Planification : *Potentiel d'économie d'énergie en kWh par an : 122.35 kWh/an par frigidaire*

Catégories du concours : *Prix Innovation*

Sommaire

1. Introduction	3
1.1. Situation de départ	3
1.2. Motivations.....	3
2. Recherche d'idées / définition du projet	3
2.1. Définition du projet et objectifs	4
2.2. Faisabilité	4
3. Planification du projet.....	6
3.1. Les étapes les plus importantes	7
3.2. Plan détaillé des tâches.....	7
4. Mise en œuvre concrète.....	8
5. Calculs	21
6. Rapport du projet	22
6.1. Rétrospective.....	22
6.2. Prises de conscience	23
6.3. Perspectives.....	24
7. Bibliographie	25
Annexes	26

1. Introduction

1.1. Situation de départ

Liens entre la consommation d'énergie en Suisse et le changement climatique

La Suisse a un impact non négligeable sur le changement climatique dû à sa taille et à son économie industrialisée. Ses sources d'énergies qui sont le futur pour l'écologie comme les barrages hydrauliques et les éoliennes font qu'elle peut aider le reste du monde avec ses technologies bien développées. Ceci s'inscrit également dans la politique climatique de la Suisse qui s'oriente vers des technologies renouvelables, confirmée lors des engagements de la COP 21 de Paris, 2016.

Comment nous voulons influencer cela

Nous voulons aider à influencer cela en commençant avec le projet MyClimate pour trouver des solutions et des idées. Nous avons eu la chance de faire un échange avec une classe d'étudiants comme nous en Inde, qui va collaborer sur le projet pour le changement climatique en Suisse prioritairement, mais en Inde aussi. L'Inde étant un pays qui influe beaucoup sur le changement climatique, nous voulons profiter de cette occasion pour développer une solution là-bas avec l'aide de nos partenaires indiens.

1.2. Motivations

Raisons pour lesquelles nous participons au concours MyClimate

Nous souhaitons réduire notre empreinte écologique et améliorer la situation actuelle pour que les générations futures aient l'occasion de profiter de la Terre sans la détruire, tout en conservant une bonne qualité de vie. L'envie d'apprendre sur des sujets qui peuvent sauver la planète nous passionne beaucoup. Ce projet est l'occasion parfaite pour améliorer nos connaissances tout en faisant du bien à l'écologie.

2. Recherche d'idées / définition du projet

Comment nous sommes arrivés à ce projet

Au départ, nous ne savions pas sur quoi nous voulions partir, donc nous avons fait un brainstorming après avoir fait des recherches sur le site MyClimate pour voir d'anciens projets ainsi que sur la toile.

Voici la liste des idées avec l'économie qui aurait été faite :

- Chargeur de piles alcalines : réutilisation des piles donc économie de matière
- Eoliennes pour une école en Inde : économie d'énergie
- Interrupteur général pour les écrans d'ordinateur : économie d'énergie
- Réfrigérateur sans électricité : économie d'énergie
- Moteur HHO (moteur enrichi à l'eau) : économie de carburant
- Urinoir sec : économie d'eau
- Recyclage de papier : économie de matière

L'idée choisie est le réfrigérateur sans électricité. Une des raisons principales de ce choix est que toutes les personnes du groupe étaient intéressées. Mais l'envie de fabriquer quelque chose de concret qui peut être utilisé pour faire une économie conséquente d'énergie qui en plus aurait un rôle important en Inde en est aussi la cause.

2.1. Définition du projet et objectifs

Projet Innovation

Avec notre projet, nous voulons développer le prototype correctement et le rendre fonctionnel pour pouvoir plus tard, remplacer tous les petits réfrigérateurs de voyages et éventuellement après, si l'idée est développée, les réfrigérateurs fixes de petite taille. Le but étant de supprimer cette source d'énergie qui peut être très grande suivant les cas d'utilisation.

Donner la possibilité aux personnes dépourvues d'électricité de garder leurs aliments plus longtemps fait partie des objectifs, mais plutôt du côté indien. C'est une innovation, même si l'idée existe déjà, l'objectif et la conception ne sont pas les mêmes. L'idée principale de notre projet est d'innover le projet de base pour en faire une économie d'énergie en Suisse.

2.2. Faisabilité

Projet répondant le mieux à notre objectif

Le réfrigérateur sans électricité est le projet qui nous convient le mieux. Comme expliqué plus haut, les buts nous intéressent tous et le fait de construire quelque chose qui aura des répercussions dans plusieurs secteurs nous donne encore plus envie d'avancer.

Réalisme du projet

La mise en œuvre est réalisable et même avec quelques améliorations. C'est-à-dire que le premier but est de faire un prototype fonctionnel, même s'il n'est pas forcément utilisable directement par les citoyens suisses.

Eventuels problèmes et solutions

Les problèmes que l'on pourra rencontrer sont :

1. Le manque de temps
2. La difficulté à trouver du matériel bon marché donc le manque d'argent
3. La mise en place de recherche de partenaires financiers
4. Le manque d'information sur les matières à utiliser
5. La complexité de la construction

Les éventuelles solutions aux problèmes sont :

1. Le manque de temps ne peut pas être solutionné, si ce n'est que d'avoir un bon planning avec une bonne organisation dans la répartition des tâches qui doivent être faites
2. Il y a plusieurs solutions :
 - Faire une demande à l'école ou à MyClimate
 - Trouver des sponsors
 - Chercher le matériel le moins cher
3. Ce que nous choisissons en premier, c'est de chercher du matériel bon marché. Nous avons en parallèle demandé à l'école de nous financer, ce qui a été accepté à condition que ce ne soit pas trop cher, soit pas plus d'une centaine de francs. Nous ne nous sommes pas concentrés sur la recherche de sponsors, car nous avons déduit que ce serait une perte de temps, sachant que le projet sera très long à réaliser et que nous avons besoin de ce temps pour chercher des idées d'innovation et essayer de les mettre en œuvre.
4. Pour le manque d'information, il faudra lire des livres et faire des recherches sur Internet, mais aussi se tourner vers des personnes qui seraient dans le milieu de la poterie ou tout simplement des gens intéressés qui s'y connaissent.
5. La seule façon de simplifier la construction pour nous est d'avoir un maximum d'informations. Les recherches sont primordiales.

3. Planification du projet

But du projet

Le but final du projet serait de remplacer les réfrigérateurs de voyage et les réfrigérateurs fixes de petite taille en Suisse, puis de donner la possibilité aux personnes dépourvues d'électricité dans les pays en voie de développement de conserver leurs aliments au frais.

Temps à disposition

Environ quatre mois dès l'élaboration du planning sont à notre disposition, à raison de deux périodes hebdomadaires.

Tâches à accomplir et personnes pouvant nous aider

Les tâches sont l'élaboration d'un plan pour le prototype, sa construction, les différents tests et la réflexion aux améliorations possibles.

Nous comptons demander de l'aide à notre professeur de physique et chimie, un de nos professeurs d'automatisation et à des personnes faisant de la poterie ou spécialisées en céramique. Nous collaborons aussi étroitement avec nos partenaires indiens de l'échange, qui vont nous aider à faire les tests et à réfléchir à des solutions pérennes.

Personnes travaillant sur le projet : Tom, Manuel et Sabrina (en Suisse) et nos partenaires indiens sont Taushik, Aahan et Saloni.

Personnes à convaincre

Nous n'avons pas besoin de convaincre des personnes pour le moment, comme des employés de l'entreprise ou de l'école. Au départ, il a fallu convaincre nos partenaires indiens pour le choix du projet, ce qui a été simple et ils ont tout de suite apprécié l'idée.

Par la suite, si le projet se concrétise vraiment, nous devrons convaincre des fabricants, des fournisseurs ainsi que des personnes pouvant faire de la publicité. Mais c'est une étape future.

Matériel à avoir et assomption des coûts

Concernant le matériel, nous aurions besoin de :

- Pots et argile
- Sable
- Alimentation et batterie + chargeur écologique (suivant l'avancement du projet)
- Hygro-thermomètres
- Scotch
- Papier d'aluminium
- Linge
- Relais miniature
- Pompe submersible basse tension
- Fil électrique bleu
- Tube
- Platine universelle à piste

Les coûts seront assumés par notre école. Nous avons fait la demande qui a été acceptée. Mais pas tout le matériel a besoin d'être acheté, donc les coûts ne seront pas excessifs à priori.

3.1. Les étapes les plus importantes

<i>Quoi</i>	<i>Délai</i>
Définition des objectifs et du planning	21.10.2015
Faire la liste des tests à faire	21.10.2015
Elaboration du plan du prototype	09.12.2015
Fabrication du prototype	17.02.2016
Amélioration du prototype	12.03.2016
Rapport et feedback du projet	19.03.2016

3.2. Plan détaillé des tâches

<i>Quoi</i>	<i>Qui</i>	<i>Jusque quand</i>
Brainstorming	Tom, Manuel, Sabrina	09.11.2015
Choix du projet	Tom, Manuel, Sabrina	23.11.2015
Elaboration des objectifs et du plan	Tom, Manuel, Sabrina	21.10.2015
Recherche d'idées et de solutions (en Inde)	Tous	11.12.2015
Recherches de personnes pouvant nous aider	Tous	23.12.2015
Acheter le matériel (Inde et Suisse)	Taushik, Tom	03.01.2016
Fabriquer le premier essai (Inde) et le 2 ^{ème} (Suisse)	Saloni, Tom	27.01.2016
Contact M. Reichen et la céramiste de St.-Imier	Tom, Manuel	01.02.2016
Contact les poteries de Bienne	Sabrina	02.02.2016
Tester le 2 ^{ème} essai	Tom	17.02.2016
Fabriquer le 3 ^{ème} essai mais en argile (Suisse)	Sabrina	22.02.2016
Tester le 1 ^{er} essai	Saloni	26.02.2016
Acheter le matériel d'automatisation	Manuel	29.02.2016
Monter l'amélioration (automatisation)	Manuel	14.03.2016
Tester le 3 ^{ème} essai	Sabrina	19.03.2016
Installer l'automatisation sur le prototype	Tom	20.03.2016
Terminer et rendre le rapport du projet	Tom, Manuel, Sabrina	23.03.2016

4. Mise en œuvre concrète

Première réflexion

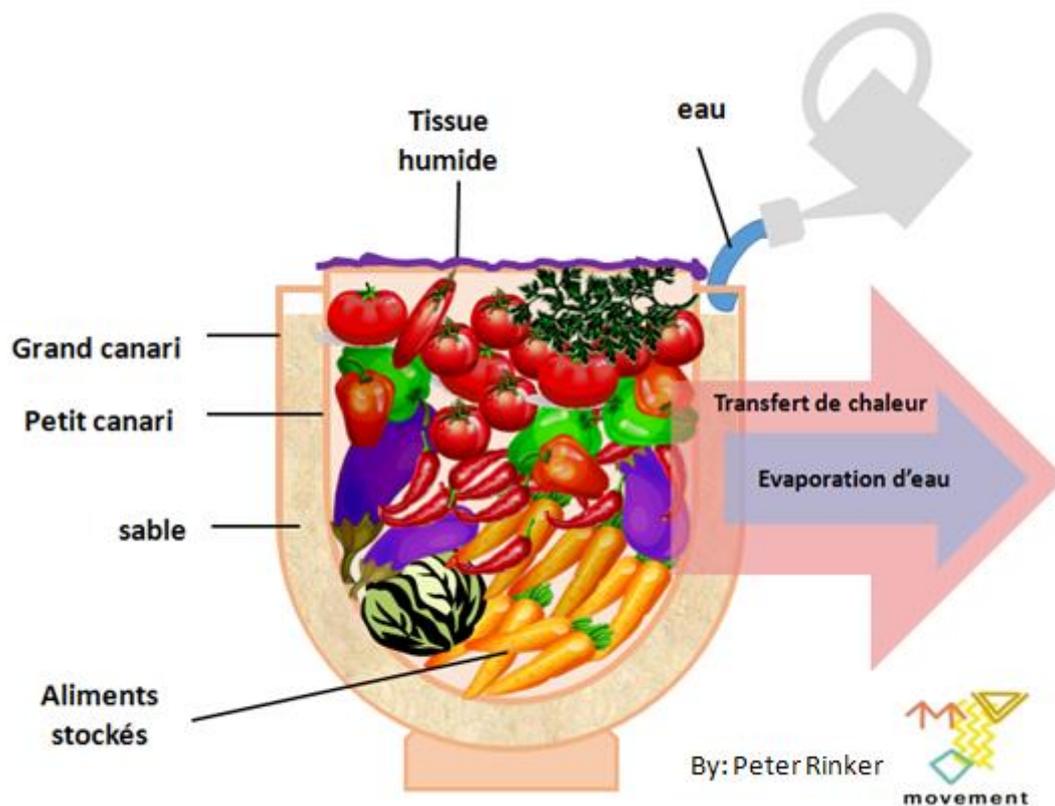
Nous savons pertinemment que nous n'atteindrons pas le but final avec toutes les améliorations mais nous avons quand même un produit à proposer.

Explication du fonctionnement de base

Le réfrigérateur sans électricité de base consiste à avoir deux pots de tailles différentes encastrés avec du sable entre les deux.



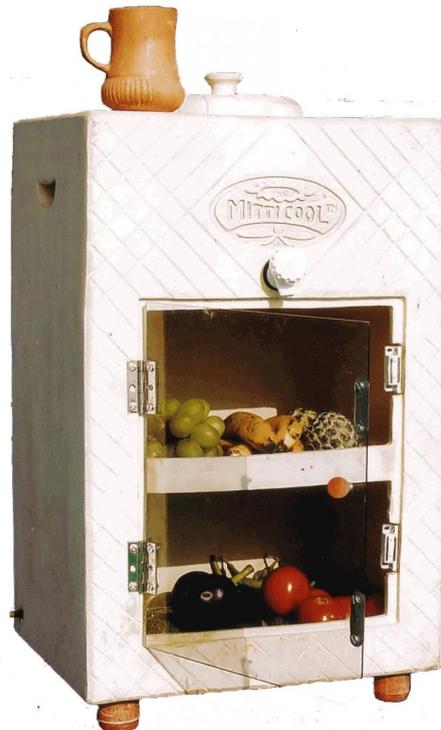
Il faut ensuite humidifier le sable avec de l'eau et attendre que ça s'évapore. Le principe de l'évaporation va retirer de l'énergie dans le petit pot, ce qui permettra de réduire la température.



Forme élaborée du principe de base

Voici la version élaborée inventée et construite par Mansukh Prajapati, un Indien qui a voulu donner la possibilité aux personnes dépourvues d'électricité ou qui n'ont pas assez d'argent en Inde de conserver leurs aliments.

Le principe de fonctionnement reste le même qu'avec les deux pots : deux couche d'argile et du sable entre. Seule la forme va changer et plus ressembler à un réfrigérateur qu'on a l'habitude de voir.



Ce à quoi nous voudrions arriver

Ça dépend de quoi on parle. Il y a deux parties :

- But MyClimate
- But futur

Pour le premier but, c'est-à-dire pour le concours MyClimate, nous aimerions construire un prototype avec la forme de base : deux pots, mais de manière automatisée : construire une automatisation qui permettrait au réfrigérateur de mesurer la température de manière autonome et d'ajouter l'eau qu'il faut avec une pompe. Tout cela sans intervention humaine. Nous n'allons pas aller plus loin dans le cadre du concours, parce que nous savons qu'avec tous les tests que l'on devra effectuer, ça nous prendra énormément de temps.

Pour le futur, ce qu'il faudrait faire premièrement, serait de ne pas utiliser de source d'énergie pour l'automatisation. Ce que nous pensions faire dans le but du concours pour l'automatisation, était d'utiliser une alimentation, ce qui est une source d'énergie. Mais c'était pour les tests, si le temps reste, nous comptons tester ça avec une batterie et plus tard, charger cette batterie de manière écologique. C'est-à-dire avec des petits panneaux solaires par exemple si le réfrigérateur est placé dehors.

Il y a encore plusieurs améliorations que l'on pourrait faire comme ajouter un ventilateur pour aider à faire baisser la température par exemple et plusieurs autres moyens pour rendre ce réfrigérateur entièrement fonctionnel et efficace. Mais comme le temps est compté dans le concours, nous allons nous concentrer sur l'automatisation et les différents tests à faire avec des structures de base.

Recherches

Nous nous sommes également posé quelques questions plus détaillées sur le fonctionnement de l'évaporation de l'eau dans le réfrigérateur sans électricité : c'est une méthode qui s'appelle le rafraîchissement adiabatique. Du fait que l'eau n'est pas chère et ne présente aucune toxicité. Le système le plus simple est la transpiration de la peau humaine.

Nous avons aussi fait des recherches sur les fluides que contiennent les réfrigérateurs pour en savoir plus sur cette technologie utilisée qui apparemment aurait sa part de responsabilité dans le réchauffement climatique.

Les fluides frigorigènes sont des substances ou des mélanges de substances utilisés dans les circuits de systèmes frigorifiques : réfrigérateurs, chambres froides, congélateurs, machine à glaces, vitrines réfrigérées, etc.

Les transformations thermodynamiques (le plus souvent l'évaporation et la condensation) qu'ils subissent dans les circuits permettent le refroidissement. Ils sont classés par famille compte tenu de leurs propriétés physico-chimiques :

- Les CFC (chlorofluorocarbures) : ce sont des hydrocarbures halogénés où tous les atomes d'hydrogène ont été substitués par des atomes de chlore et de fluor. Ils sont très stables et dans la nature, ils ne se décomposent quasiment pas et restent inchangés dans l'atmosphère pendant de nombreuses décennies (ce qui est favorable dans la machine mais pas dans la nature). Les CFC sont des substances appauvrissant la couche d'ozone. Leur utilisation est interdite par le protocole de Montréal (accord international sur la protection de la couche d'ozone).
- Les HCFC (hydrochlorofluorocarbures) : ce sont des hydrocarbures halogénés formés de chlore, de fluor, d'hydrogène et de carbone. Ils ont été créés en remplacement des CFC qui ont été interdits depuis 2000 à cause de leurs effets néfastes. Les HCFC sont moins stables et ils se décomposent dans un laps de temps d'environ 1 à 10 ans dans l'atmosphère. Par leur durée de vie limitée, ils appauvrissent la couche d'ozone et leur effet de serre est également amoindri, mais ils restent régis par le protocole de Montréal. Il est interdit depuis 2015 d'utiliser des HCFC pour la maintenance et l'entretien de tout équipement. Ils seront interdits à la production en 2020.
- Les HFC (hydrofluorocarbures) : sont utilisés comme remplaçant des deux classes de produits ci-dessus. Les HFC sont composés d'hydrogène, de fluor et de carbone et sont inoffensifs pour l'ozone. Mais leur contribution au réchauffement climatique est néanmoins importante car ils sont encore 14 000 fois plus puissants que le CO₂ (et jusqu'à 23 000 fois pour certains).

	Potentiel de réchauffement global (PRG)	Potentiel de déplétion ozonique (PDO)	Remarque(s)
CFC	Elevé	Elevé	Substances persistantes
HCFC	Moyen	Moyen	Durée de vie limitée (1 à 10 ans)
HFC	Moyen	Absent	Durée de vie limitée (1 à 10 ans)

Les effets des fluides frigorigènes produisent des gaz à effet de serre qui affectent le réchauffement climatique et qui détruisent la couche d'ozone. La production mondiale de HCFC et HFC en 2007 s'élève à 835'000 tonnes d'après des recherches, ce qui montre qu'elle est importante.

Structure du projet

Nous avons décidé de découper le projet en quatre parties :

- La construction d'un réfrigérateur avec des pots (en Inde)
- La construction d'un réfrigérateur avec des pots (en Suisse)
- La construction d'un réfrigérateur en argile (en Suisse)
- La construction de l'automatisation pour l'ajout d'eau

Le choix a été fait en pensant qu'il faut d'abord tester différentes structures dans différents environnements. La partie en Inde est intéressante parce que l'eau s'évapore plus vite et c'est nos partenaires qui la feront.

Nous avons bien sûr souhaité tester le même principe en Suisse, pour voir la différence d'efficacité. Nous avons aussi construit nous-même les pots avec de l'argile, pour tester la matière. Sachant que les pots utilisés ne sont pas en argile pur.

La construction de l'automatisation est capitale pour le projet. C'est la partie innovée de la structure de base, qui nous permet justement d'avoir un réfrigérateur sans électricité et autonome. Elle est testée sur nos différents prototypes construits.

Expérience avec des pots (en Inde)

Le prototype a été construit comme il fallait, mais malheureusement aucun test n'a été fait malgré la planification.

1^{ère} expérience avec des pots

Comme expliqué plus haut, la structure de base est utilisée. Deux pots et du sable humidifié entre les deux.

Matériel utilisé :

- Pot de diamètre 24 et 22 cm
- Pot de diamètre 17.5 et 16.5 cm
- Hygro-thermomètre
- Sable
- Papier d'aluminium
- Linge humide
- Scotch (pour boucher les trous des pots)

Voici les photos des prototypes améliorés différemment :



- 1^{er} test : sans rien
- 2^{ème} test : avec aluminium et le linge humide
- 3^{ème} test : avec aluminium et le linge humide
- 4^{ème} test : sans aluminium mais avec le linge humide

Pour chacun de ces tests réalisés en Suisse en condition réelle, nous avons pris des mesures que vous pouvez lire dans le tableau suivant :

Temps	Température (en °C)	Remarque(s)
Test n°1 : dans une cave à 15°C et 52% d'humidité		1 litre d'eau à 20°C versé
0 min.	15	
15 min.	15	
30 min.	15	
Conclusion : échec, sable sec donc pas assez d'eau		Amélioration à faire : recouvrir le dessus avec un linge mouillé et de l'aluminium autour
Test n°2 : toujours dans la cave mais à 11°C et 50% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	11	
30 min.	11	
2 heures	11	
3 heures	11	
4 heures	11	
Conclusion : échec, peut-être un manque d'évaporation		Tester dans une pièce chaude mais toujours fermée
Test n°3 : dans une pièce habitable de la maison à 19°C et 47% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	19	
15 min.	17	
30 min.	16.5	
1 heure	17	
2 heures	17	
Conclusion : fonctionne mais pas bien, la température est quand même trop haute		Amélioration à faire : retirer la protection en aluminium pour avoir une meilleure évaporation
Test n°4 : toujours dans une pièce habitable de la maison à 20°C et 30% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	20	
15 min.	17	
1 heure 30 min.	16	
2 heures	16	
3 heures	16	
4 heures	17	
20 heures	17	
Conclusion : ça peut tenir presque une journée à une température inférieure à celle ambiante		Amélioration à faire : faire plusieurs autres tests mais à l'extérieur et avec d'autres matières

La conclusion finale et approximative de ce test est qu'avec une humidité proche de 50% dans un lieu fermé à environ 20°C se résout une perte de seulement 2°C. Dans un endroit avec moins d'humidité la perte de température s'élève à 4°C.

Nous avons refait 2 expériences dans les mêmes conditions que la 3^e expérience avec et sans aluminium, il n'en résulte aucune différence. Dans un endroit ouvert, la perte de température serait plus élevée, mais avec la saison d'hiver, nous n'avons pas pu tester à l'extérieur.

Nos partenaires indiens par contre auraient pu le faire et nous aurions eu des résultats qui diffèrent beaucoup ce qui aurait permis une comparaison par rapport aux milieux. Mais malheureusement, les tests n'ont pas été faits, dû peut-être à un manque de temps.

2^{ème} expérience avec de l'argile

Cette partie est la même que la première, mais avec des pots en argile faits main. Il y a moins de tests, dû premièrement au manque de temps vu que cette tâche a été décidée après coup mais surtout à cause des résultats qui était presque identiques.

Cette partie devait nous permettre de voir la différence de matière entre de l'argile pure et des pots. Nous voulions aussi construire une forme différente, mais nous n'avons pas eu le temps, surtout à cause du manque d'information et des réponses négatives des personnes spécialisées en poterie contactées.

Matériel utilisé :

- Argile
- Sable
- Linge
- Hygro-thermomètre

Questions dont nous nous sommes posées :

- Vieillessement de la terre cuite (et la fragilité)
- Résistance aux changements de températures
- Formes de la structure et la taille
- Outils nécessaires
- Temps de réalisation

Nous avons préféré poser ces questions directement à un céramiste ou potier. Donc nous avons demandé plusieurs rendez-vous, mais n'avons pas reçu de réponses positives excepté une, n'étant pas bénéfique à cause du planning qui ne jouait pas. On a fini par faire des recherches sur Internet, pas très approfondies vu le temps qu'il restait mais ça ne nous a pas apporté beaucoup de choses

Nous n'avons malheureusement pas eu d'informations supplémentaires à Internet par rapport à ces questions.

Construction :

Nous avons commencé par modeler l'argile pour en faire la forme de pot. Ils ont ensuite, séché à l'air libre pendant 2 heures pour réduire la partie mouillée. Puis, ils ont été enfournés à 50°C pendant 4 heures.



Une fois sortis, nous avons mis du sable au fond, encastré la petite structure et rempli de sable tout autour.



Comme avec l'expérience des pots, nous mouillons le sable et mettons un linge humide au-dessus. Nous mesurons aussi la température à l'intérieur pour voir l'évolution.



Nous avons également procédé aux relevés que vous trouvez en détail dans le tableau suivant :

Temps	Température (en °C)	Remarque(s)
Test n°1 : à l'extérieur à 9°C et 61% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	7	
30 min.	7	
1 heure	7	
2 heures	7	
3 heures	7	
Conclusion : échec, température trop basse pour ce prototype, chercher d'autres solutions pour ces températures		Amélioration à faire : tester à l'intérieur
Test n°2 : toujours une pièce habitable de la maison à 20°C et 41% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	20	
30 min.	18	
1 heure	17	
2 heures	17	
3 heures	17	
Conclusion : fonctionne mais ne baisse pas assez la température		Amélioration à faire : tester sur le long terme
Test n°3 : toujours dans une pièce habitable de la maison à 21°C et 30% d'humidité		Eau à 20°C versée jusqu'à hauteur du sable
0 min.	21	
30 min.	19	
1 heure	16	
2 heures	16	
3 heures	16	
5 heures	17	
15 heures	17	
17 heures	17	
22 heures	19	
Conclusion : fonctionne mais comme le 2 ^{ème} test, température pas assez basse		Amélioration à faire : tester à l'extérieur dans une saison plus chaude, sinon chercher d'autres améliorations

La conclusion finale est la même qu'avec les autres pots, mis à part le fait qu'à l'extérieur ça ne fonctionne pas du tout ; ou il faudrait trouver une solution pour baisser encore la température, car un « vrai » réfrigérateur devrait être en dessous de 5°C.

Une chose à prendre en compte est que si la température est plus élevée et que ça serait à l'extérieur, nous aurions de meilleurs résultats même si ça ne suffirait pas pour un citoyen suisse qui a l'habitude d'utiliser un réfrigérateur. Cette variante fonctionnerait en Inde.

Automatisation

Nous voulions automatiser l'humidification du frigidaire pour se rapprocher de l'utilisation d'un frigidaire normal. Pour cela nous avons fait un système avec un bac d'eau à coté de notre frigidaire avec une pompe pour remettre de l'eau dedans.

Matériel utilisé :

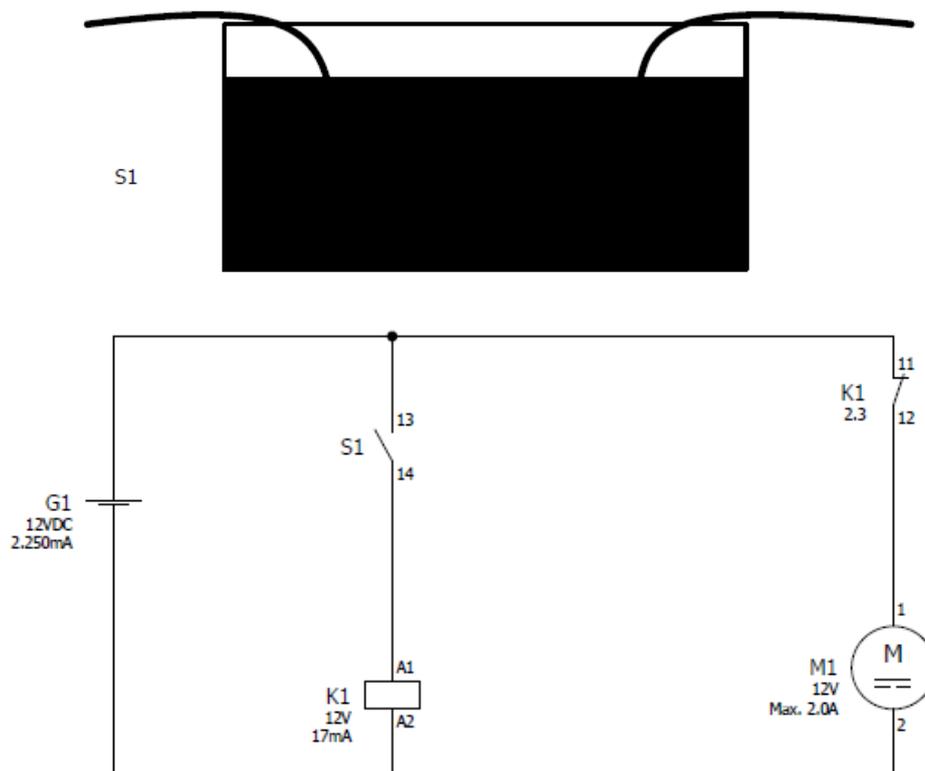
- Alimentation de table à tension fixe 12 VDC 2250 mA
- Alimentation 5 VDC 2 A
- Relais miniature 12VDC
- Relais miniature 5 VDC
- Pompe submersible basse tension
- Fils bleu 0.5 mm²
- Tube de diamètre 8mm intérieur et 12 mm extérieur
- Platine universelle à piste (plaque pour électronique)

Explications :

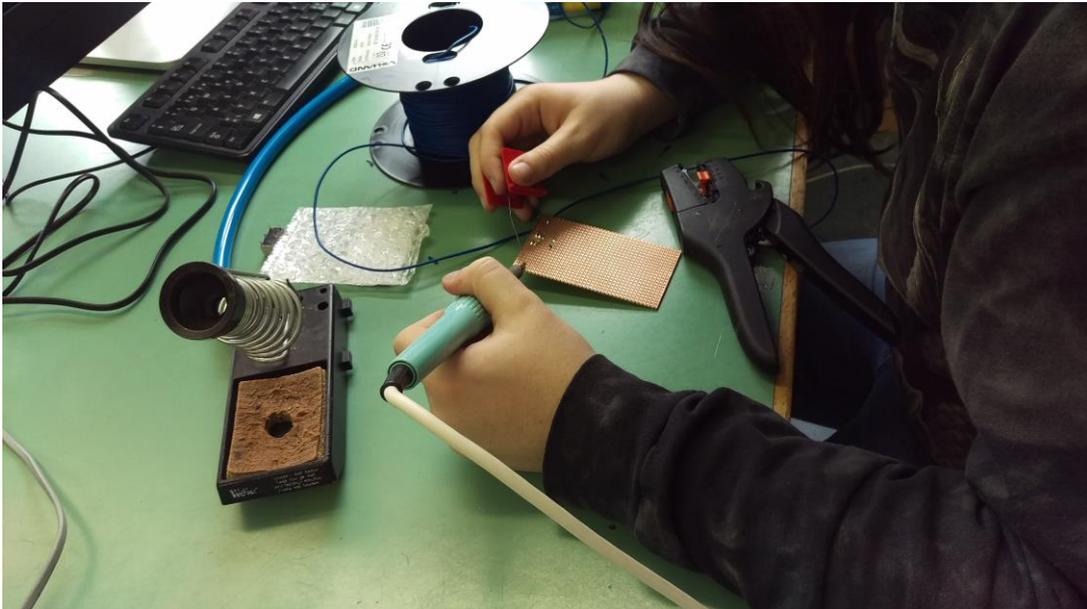
La pompe M1 tourne quand le niveau d'eau est trop bas. Ce niveau est connu par S1 qui est représenté par les deux fils dans le sable entre les pots qui font un contact quand le niveau d'eau est suffisant.

Nous inversons le signal avec le relais K1 pour que la pompe M1 tourne quand le niveau est trop bas et non pas quand le niveau est suffisant.

Pour alimenter la pompe M1 et le relais K1, nous utilisons une alimentation 12V avec 2250 mA, qui par la suite deviendra une alimentation 5 VDC avec 2 A.



Pour la construction, nous avons soudé les fils, la pompe et l'alimentation sur la plaque, puis raccordé le tuyau sur la pompe.



La pompe fonctionnait bien, mais avait un trop grand débit. Ce qui aurait fait déborder le réfrigérateur. Pour régler ce problème, nous avons utilisé une alimentation 5 V et un relais adapté.

Le contact S1 ne se ferme pas dans l'eau, ce qui a pour effet de laisser la pompe tourner même quand le niveau d'eau est trop haut. Le problème vient de la résistance de l'eau qui est trop haute. Le relais n'a donc pas assez de courant pour tirer. Par contre quand nous faisons toucher les deux fils, le relais tire.

Ce qui nous mène à la solution suivante : nous avons pensé à mettre un capteur inductif ou capacitif, mais ces capteurs coûtent trop chers. Nous avons aussi pensé à mettre un flotteur. Nous nous sommes aussi rendu compte que les fils dans l'eau faisaient une réaction chimique quand il y avait du courant ce qui nous a fait penser à de l'électrolyse.





La conclusion finale est qu'avec plus de temps nous aurions pu automatiser le réfrigérateur correctement. Parce qu'avec le temps que nous avons pris pour les recherches, faire les plans, attendre la commande et le construire, il ne nous restait plus grand-chose pour les tests.

Comme la pompe ne consomme que très peu d'énergie, un des buts futurs ou si nous avions eu plus de temps serait de faire une version portable avec une batterie ou un panneau solaire.

Le choix des composants a été très dur dû au nombre de choix possible. Mais il fallait trouver du matériel compatible, qui fasse ce que l'on veut et en même temps pas cher. Donc avec plus de temps et éventuellement d'argent, nous aurions trouvé d'autres choses.

Test de l'automatisation avec le prototype

Nous avons testé le prototype avec l'automatisation. Il a fallu mettre le récipient d'eau en dessus du niveau du pot pour que l'eau puisse être pompée.



Comme les deux fils n'entrent pas en contact même dans l'eau la pompe ne s'arrête pas, il fallait soit couper l'alimentation (deux fils au bas de la photo) ou soit rejoindre les deux fils du capteur dans le pot.

Conclusion : comme expliqué plus haut, il y a des améliorations à faire pour que ce soit fonctionnel.

5. Calculs

Energie de la pompe

Temps d'utilisation par jour :

150 ml → 1 jour 1 litre → 15 sec débit = 4l / min.
 $0.15 / 4 = 0.0375$ min. = 2.25 sec

Consommation pompe → 5 W

Consommation en kWh/an : $(5 / 1000) \cdot (2.25 / 60 / 60) \cdot 365 = 0.001141$ kWh/an

Energie du relais

Résistance relais → $R = 125$ Ohms

$I = U / R$ $I = 5 / 125 = 0.04$ A
 $P = U \cdot I$ $P = 5 \times 0.04 = 0.2$ W

Temps d'utilisation par jour : 24 h

Consommation en kWh/an : $0.2 / 1000 \cdot 24 \cdot 365 = 1.752$ kWh/an

Total pour notre installation

$0.001141 + 1.752 = 1.753$ kWh/an

Energie d'un petit réfrigérateur fixe de 10 litres

131 kWh/an

Réfrigérateur pris en référence :

<https://shop.mediemarkt.ch/fr/cuisiner-manger/electromenagers-de-cuisine/boites-refrigerantes/rotel-warm-n-cool9011-noir/idpi5c29txkm>

Economie par rapport au réfrigérateur

$1.753 \text{ kWh/an} \cdot 10 / 2 = 8.65$ kWh/an

$10 / 2 \rightarrow 10$ = capacité en litres de la référence et 2 = capacité en litres de notre prototype, 5 est le nombre de prototypes pour arriver à la même capacité que le réfrigérateur référence.

$131 - 8.65 = 122.35$ kWh/an → énergie d'un réfrigérateur.

6. Rapport du projet

6.1. Rétrospective

Atteinte de l'objectif

L'objectif premier comme nous l'avons défini au début de notre projet n'est que partiellement atteint. Initialement, nous voulions avoir un prototype complet et fonctionnel d'une innovation du frigo sans électricité déjà construit. Sauf que le résultat est que l'automatisation ne fonctionne pas totalement.

Pour nous, ce n'est pas aussi grave, bien que nous ayons été déçus. Par contre, nous avons quand même pu imaginer et réfléchir à l'innovation, l'idée est là, il ne manque plus qu'à la réaliser. Si nous avions eu plus de temps et peut-être d'argent, ceci aurait pu fonctionner, car comme décrit plus haut, il nous aurait fallu d'autres capteurs pour la température, sauf qu'ils coûtent plus de 100.- ce qui est hors budget. Pour nous, mais également pour une telle amélioration réalisable en Inde.

Réalisation du projet comme prévu

Notre projet n'a pas pu être réalisé dû au manque de temps et d'argent. Mais nous avons quand même pu réaliser des prototypes pour effectuer certains tests. Les prototypes ont été bénéfiques, car pour tester l'automatisation, il nous en fallait forcément un.

Malheureusement, il y a eu quelques soucis dans le déroulement du projet. Nos partenaires indiens ont bien construit leur prototype mais n'ont effectué aucun test. Ce qui est vraiment dommage, car nous aurions voulu comparer les résultats dans différents milieux.

En ce qui concerne le planning, les délais ont été respectés comme il fallait, mis à part la partie des tests du côté de nos partenaires indiens. Dû à la saison, nous n'avons pas pu tester nos prototypes à l'extérieur.

Difficultés rencontrées

L'objet en lui-même est simple. Mais le fait de vouloir l'innover ne l'est pas. Nous avons les idées, et avons fabriqué des prototypes pour faire des tests qui nous ont servis pour les calculs et pour l'innovation.

Il y a eu un manque de temps, nous aurions pu mieux nous organiser pour trouver des solutions au deuxième problème qui était le manque d'argent. Sauf que nous avons décidé de nous concentrer sur l'innovation donc l'automatisation.

Personnes nous ayant aidé

Nous sommes allés poser des questions et demander de l'aide sur la façon de faire à notre professeur de physique et chimie et à un professeur d'automatisation.

Nous avons aussi pris contact avec des céramistes et des personnes spécialisées dans la poterie. Mais dû sûrement aussi à un manque de temps et le fait de plus se concentrer sur d'autres aspects du projet, nous n'avons eu que des réponses négatives sauf une positive mais qui ne nous a rien apporté. Ce qui est dommage, car nous aurions pu avoir des informations importantes qui nous auraient peut-être évité de faire des erreurs.

Satisfaction par rapport au résultat

Manuel : Je suis content de notre projet mais j'ai quand même des déceptions, nous n'avons pas réussi à avoir un prototype fonctionnel à temps, nous voulions changer la forme du frigidaire et les résultats de température sont beaucoup trop hauts pour être utilisables en Suisse.

Tom : C'est un bon début, même si nous n'avons pas pu tester le réfrigérateur dans de meilleures conditions. J'aurais aimé avoir une idée d'amélioration pour la forme, parce que je n'ai pas l'impression que c'est la forme la plus efficace. Ce projet est encore loin d'être à sa finition ce qui laisse encore plusieurs ouvertures.

Sabrina : C'est un projet vraiment bénéfique pour nos connaissances, mais quand il manque du temps, de l'argent et des informations ça peut vite tourner à quelque chose de moins attractif. Cependant, le fait de devoir chercher des idées d'innovation a été la partie la plus intéressante pour moi. Malgré le fait que l'on n'a pas pu tout mettre en œuvre, j'ai aimé cette partie de recherches pour l'amélioration.

6.2. Prises de conscience

Ce que nous avons appris avec ce projet

Nous avons appris énormément de choses concernant l'écologie et le réchauffement climatique et plus particulièrement sur les gaz à effet de serre. Par ailleurs, nous avons aussi amélioré nos connaissances en poterie et automatisation.

Dans l'aspect organisation, nous avons appris à avoir une organisation précise avec un planning détaillé des tâches attribuées aux personnes précises avec un délai.

De quoi nous avons pris conscience pour l'avenir

Nous avons pris conscience de l'impact que les êtres humains ont sur le réchauffement climatique. Nous savions bien sûr qu'ils avaient un rôle mais pas autant important et c'est avec ce projet aussi que l'on s'est rendu compte qu'avec des choses simples, nous pouvons réduire cet impact.

Concernant la gestion de projet, une des choses aussi est que l'organisation et le planning d'un projet sont très importants. Dans notre projet, nous avons eu une bonne organisation ce qui nous a permis de faire les tests que l'on voulait.

Mais nous avons aussi réalisé que si ces délais n'étaient pas respectés, le projet allait tout de suite devenir quelque chose d'impossible à réaliser. Par exemple, nos partenaires indiens n'ont pas respecté leurs tâches dans le planning ce qui a rendu impossible la comparaison des milieux, donc des informations en moins qui nous auraient été utiles.

Ce que l'on retient de cette expérience

Ce que l'on retient de cette expérience, c'est quand même que la bonne collaboration avec la communication est très importante. Le fait d'avoir une bonne organisation avec un planning des tâches attribuées et des délais qui sont respectés est une chose que nous réutiliserons pour nos projets futurs, que ce soit à l'école ou dans le monde professionnel.

Nous retenons aussi qu'il faut maintenir l'endroit où nous vivons non seulement pour nous, mais aussi pour les générations futures. Et que c'est ce genre d'astuce et de projets écologique qui aideront à ralentir le réchauffement climatique si tout le monde y mettrait du sien.

6.3. Perspectives

Ce que notre projet va devenir

Pour le moment, avec le résultat que nous avons obtenu, nous pensons améliorer l'automatisation et refaire des tests avec pour avoir un prototype fonctionnel.

Nous avons eu des autres idées d'amélioration au départ, comme construire une ventilation pour aider à faire descendre la température et alimenter le tout par une batterie qui serait rechargeable électriquement avec un panneau solaire par exemple ou d'autres principe suivant le milieu où serait le réfrigérateur.

Ce que nous voulons une fois le prototype fonctionnel réalisé, serait de le fournir à des personnes dépourvues d'électricité en Inde dans des villages reculés. Parce nous savons que les conditions où serait notre réfrigérateur permettront à l'eau de s'évaporer de toute façon. Ce qui serait une solution déjà trouvée.

Par la suite, nous voulons aussi continuer de chercher pour l'aspect évaporation dans des milieux plus froids avec un taux d'humidité plus élevé. Ça serait un objectif un peu plus avancé, car cela demande du temps, surtout pour les recherches et les tests et nous devons aussi nous concentrer sur nos études. Donc le projet serait avancé en parallèle et à un rythme pas très rapide.

7. Bibliographie

Sources Internet

Galadriel (Pseudo). 2014. Le zeer un frigo sans électricité. Comment garder au frais et dans de bonnes conditions de conservation, fruits, légumes, voire laitages sans frigo et surtout dans électricité. Disponible sous : <http://lesbrindherbes.org/2014/05/21/zeer-frigo-electricite/>

Mitticool. « Sans année ». Disponible sous : <http://www.mitticool.in/Mitti-Cool-Refrigerator.php>

Ema Sandron. 2014. Construisez un frigo qui fonctionne sans électricité pour deux francs quatre sous. Disponible sous : <http://www.humanosphere.info/2014/08/construisez-un-frigo-qui-fonctionne-sans-electricite-pour-deux-francs-quatre-sous/>

Mansukh Prajapati. 2015. Mon réfrigérateur fonctionne sans électricité. Disponible sous : <http://www.shamengo.com/fr/pionnier/163-mansukhlal-prajapati>

Michael Bloch. 2009. Zeer pots. Fridges that don't need electricity. Disponible sous : <http://www.greenlivingtips.com/articles/cooling-food-without-electricity.html>

Félix Dalang. Les fluides réfrigérants et leur impact sur le climat. Disponible sous : http://www.noe21.org/site/images/stories/Noe21/pdf/webographie_HFC.pdf

Kty Nguyen. 2012. Le frigo du désert. Zeer potfrige project. Disponible sous : https://www.youtube.com/watch?v=khmJNxFJ_Cw&feature=youtu.be

Wikipédia. 2015. Réfrigérateur pot dans un pot. Disponible sous : https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9frig%C3%A9rateur_pot_dans_un_pot

Annexes

Feuille de budget

- Hygro-thermomètre : 19.- (2x 9.50 Fr.)
- Argile : 21.-
- Sable : 5.85 Fr.
- Alimentation de table à tension fixe 12 VDC 2250 mA : 23.95 Fr.
- Relais miniature 12 VDC : 1.20 Fr.
- Pompe submersible basse tension : 18.95 Fr.

Total des frais : **89.95 Fr.**