Concours Cgénial Collège 2023

Ça va chauffer à Jean Dauzié !!

Compte rendu de l'atelier scientifique du Collège Jean Dauzié

Introduction

(partie rédigée par Alana Basset et Anaïs Rols)

Nous sommes 14 élèves (7 filles et 7 garçons) de 5ème et de 4ème du Collège Jean-Dauzié de Saint-Mamet la Salvetat dans le Cantal.

Au début de l'année scolaire 2022-2023, nous nous sommes inscrits pour participer à l'atelier scientifique animé par notre professeur de physique-chimie, Monsieur Meyer, tous les mardis entre 13h et 14h.

Lors de notre première séance, au mois de septembre, notre enseignant nous a proposé de réaliser un chauffe-eau solaire autonome et de présenter ce projet scientifique lors de la finale académique du Concours Cgénial Collège.

Les premières séances ont servi à définir notre cadre de travail pour ce projet scientifique.

Nous avons ainsi choisi de répondre au 3 problématiques suivantes :

- **Quel est le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire autonome ?**
- **Comment réaliser un chauffe-eau eau solaire autonome en utilisant un maximum de matériaux de récupération ?**
- **Comment mesurer les performances et les limites de notre chauffe-eau solaire autonome ?**

Le compte rendu qui suit, vous présente les différentes étapes de notre démarche.

1ère partie :Principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire autonome

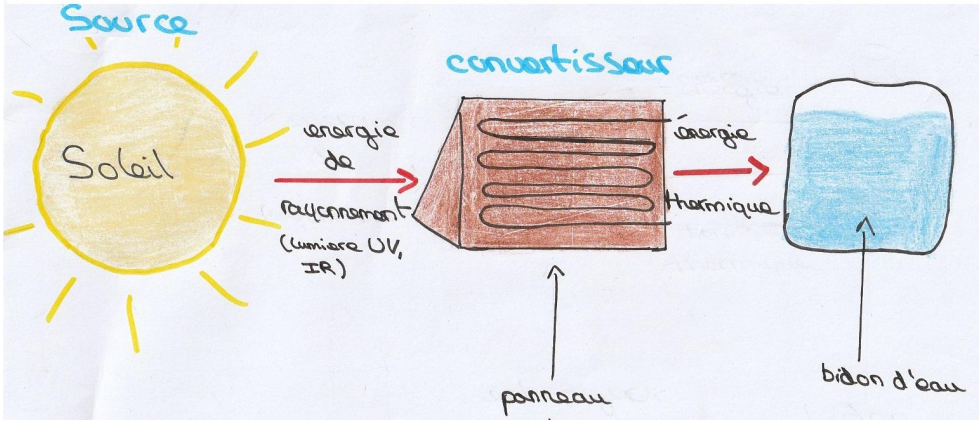
(partie rédigée par Alana Basset et Anaïs Rols)

Lors des premières séances, nous avons commencé par bien identifier le principe de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire autonome et des différents éléments qui le compose, en effectuant une recherche collective sur internet.

Puis, nous avons relié le résultat de nos recherches avec les notions abordées sur les sources, les formes et les conversions d'énergie, dans notre programme de physique-chimie.

Le principe de fonctionnement du chauffe eau solaire peut-être résumé par la chaîne d'énergie suivante :

Chaîne énergie chauffe eau solaire autonome



Conclusion

Le but d'un chauffe-eau solaire autonome est **de produire de l'eau chaude**.

Le chauffe-eau solaire est constitué d'**un ballon ou bidon** qui stocke une certaine masse d'eau, d'**un panneau** et de **deux tuyaux** qui permettent la circulation de l'eau entre les deux éléments précédents.

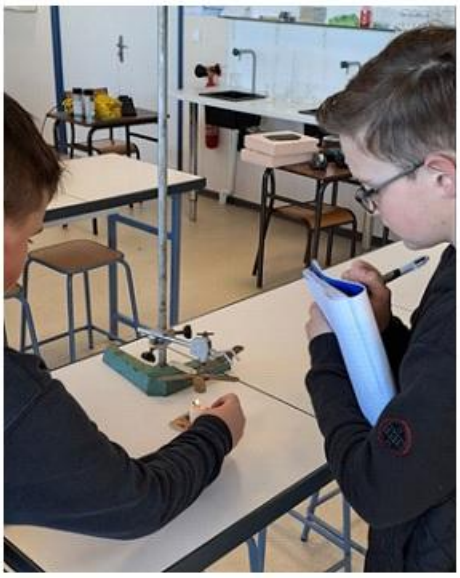
Le rôle du panneau est de capter l'énergie de rayonnement émise par le Soleil pour **la convertir en énergie thermique** afin de chauffer l'eau. L'eau chaude produite sera ensuite récupérée et stockée dans le bidon.

La **circulation de l'eau** entre le bidon et le panneau s'effectue par un phénomène naturel appelé thermosiphon **du fait de la variation de la masse volumique de l'eau avec la température**.

2ème partie : Etude sur les choix de matériaux pour construire le chauffe-eau solaire

Le choix du métal pour réaliser le serpentin du panneau

(partie rédigée par Mathis Amblard et Adrien Combret)



Problématique

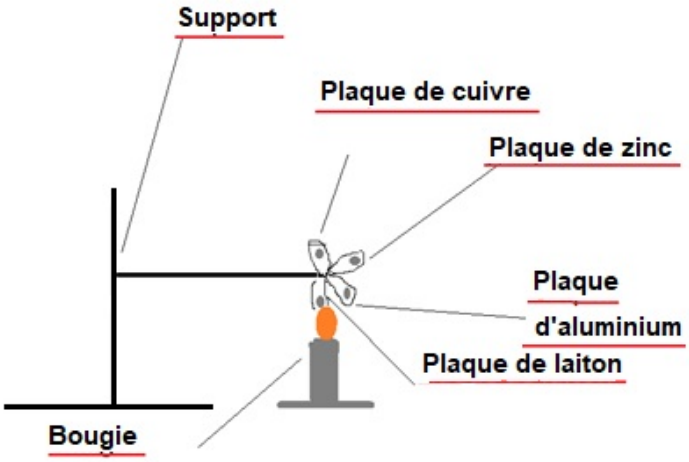
Quel métal faut-il utiliser pour faire le serpentin du panneau de notre chauffe-eau solaire ?

Description de l'expérience

Il faut déterminer quel métal conduit le mieux l'énergie thermique (chaleur).

Pour cela, nous avons mis un petit bout de cire sur les différents métaux ou alliage métalliques (cuivre, laiton, zinc, aluminium).

Ensuite, nous avons mis la flamme d'une bougie sous le dispositif et nous avons mesuré, avec un chronomètre, le temps mis par ces quatre métaux ou alliages métalliques pour conduire l'énergie thermique nécessaire à la fonte de la cire.



Tableaux des résultats obtenus

Métal ou alliage métallique	Aluminium	Cuivre	Laiton	Zinc
Temps mesuré	3min 8s	2min 51s	3min 32s	5min 28s

Observations

D'après le tableau précédent, nous avons observé que la cire au bout de la lame de cuivre a fondu plus rapidement que les autres métaux ou alliages métalliques.

Conclusion

Nous pouvons donc conclure que le cuivre possède la meilleure conduction thermique et que **le serpentin du panneau de notre chauffe-eau solaire autonome doit donc être réalisé en cuivre.**

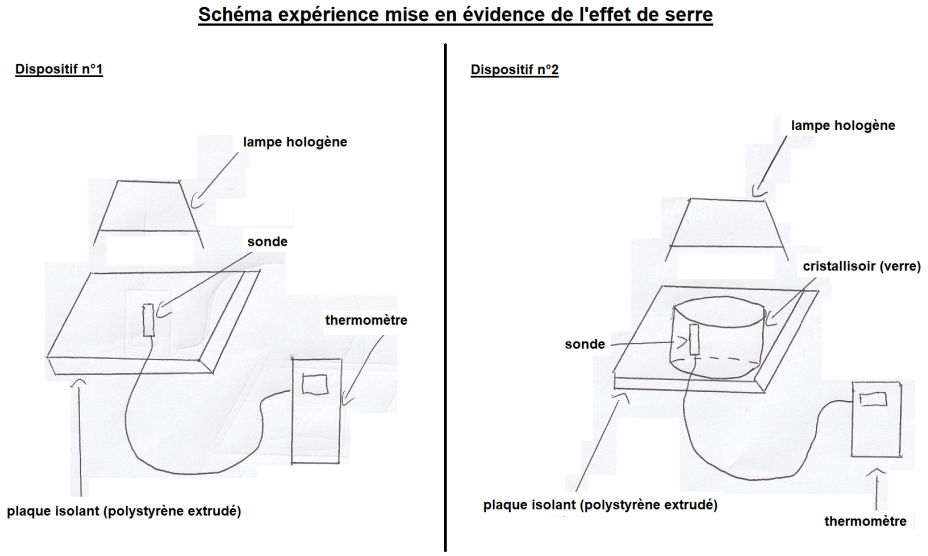
Influence de l'effet de serre sur l'évolution de la température

(partie rédigée par Océane Rigaldie et Lana Simao)

Problématique

Comment mettre en évidence que l'effet de serre permet d'augmenter la température au sein du panneau de notre chauffe-eau solaire autonome ?

Description de l'expérience



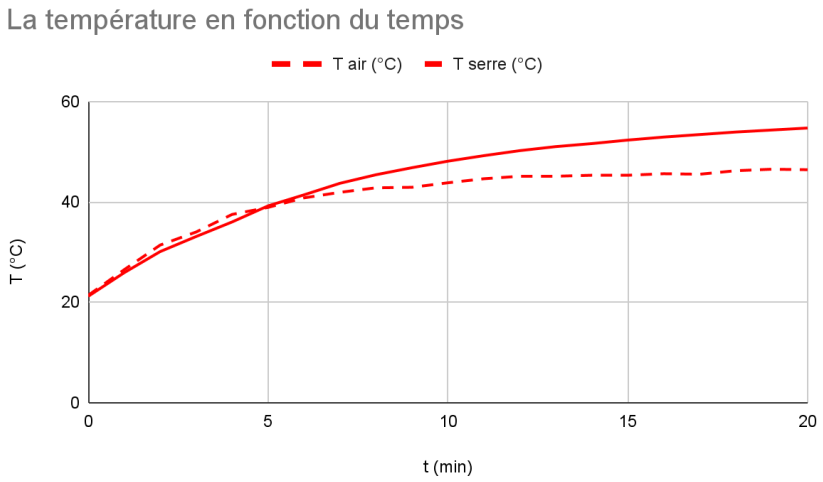
Dispositif n°1

On place la sonde d'un thermomètre sur une plaque d'isolant. On éclaire le dispositif avec une lampe halogène. On relève la température toutes les minutes pendant 20 minutes.

Dispositif n°2

On place la sonde d'un thermomètre sur une plaque d'isolant. On pose sur la plaque d'isolant, au-dessus de la sonde, un cristallisoire en verre (= serre). On éclaire le dispositif avec une lampe halogène. On relève également la température toutes les minutes pendant 20 minutes.

Résultats obtenus



Observations

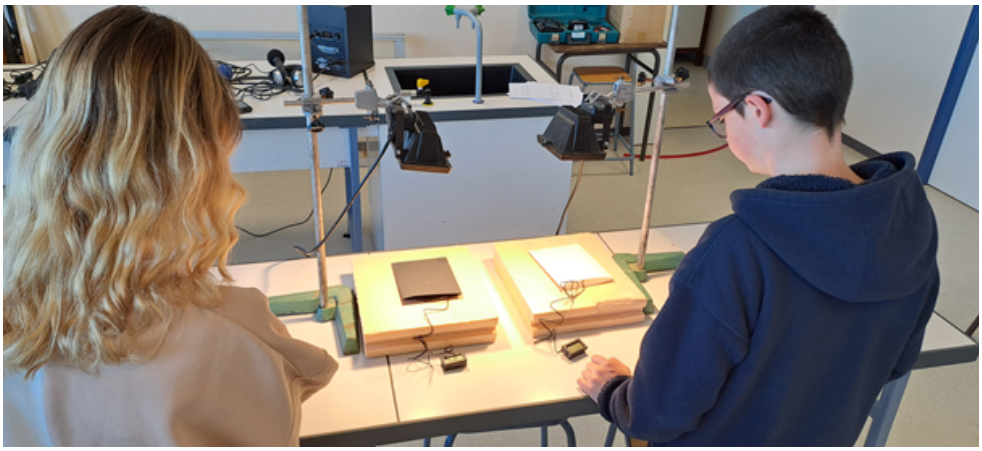
D'après le graphique précédent, nous observons que la température dans la serre (cristallisoir) augmente de plus de 8 °C par rapport à la température de l'air extérieur au bout de 20 minutes d'expérience.

Conclusion

Nous pouvons donc conclure que pour faire augmenter la température par effet de serre à l'intérieur du panneau de notre chauffe-eau solaire, **nous devons recouvrir notre panneau d'une vitre de verre**.

Influence de la couleur du panneau sur l'évolution de la température

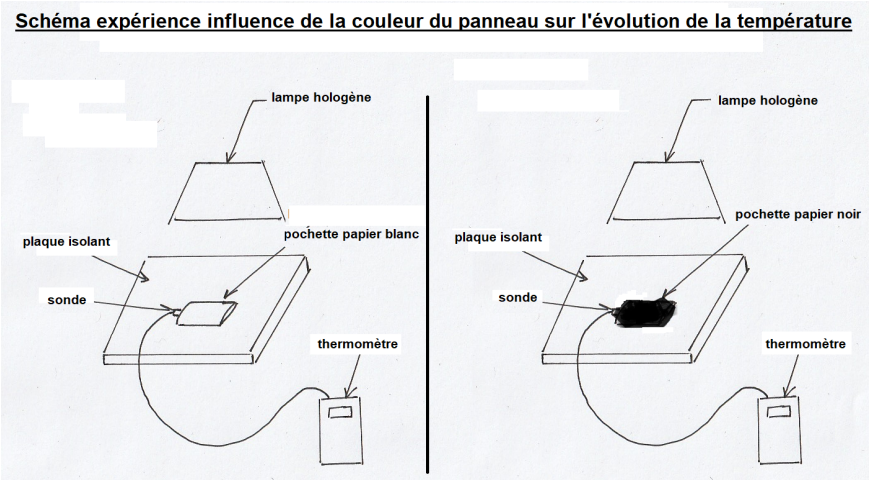
(partie rédigée par Léa Persouyre et Honoré Sallard)



Problématique

Comment mettre en évidence que la couleur du panneau permet d'augmenter la température à l'intérieur de celui-ci ?

Description de l'expérience



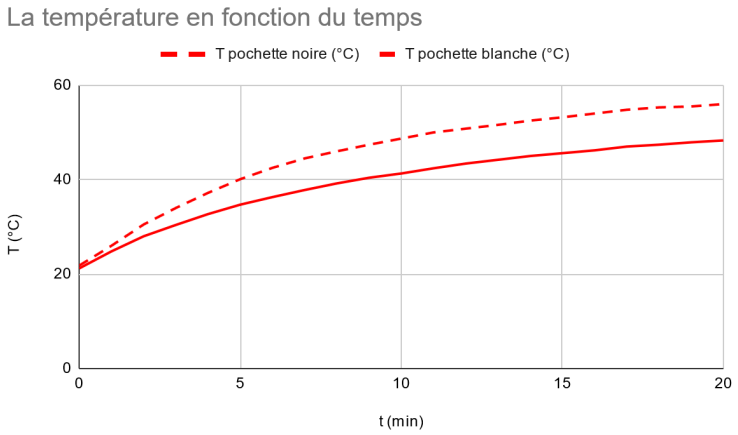
Dispositif n°1

On place tout d'abord la sonde d'un thermomètre dans une pochette en papier blanc, poée sur une plaque d'isolant en polystyrène extrudé. On éclaire le dispositif avec une lampe halogène. On relève la température toutes les minutes pendant 20 minutes.

Dispositif n°2

On place ensuite la sonde d'un thermomètre dans une pochette en papier noir, posée sur une plaque d'isolant en polystyrène extrudé. On éclaire le dispositif avec une lampe halogène. On relève également la température toutes les minutes pendant 20 minutes.

Résultats obtenus



Observations

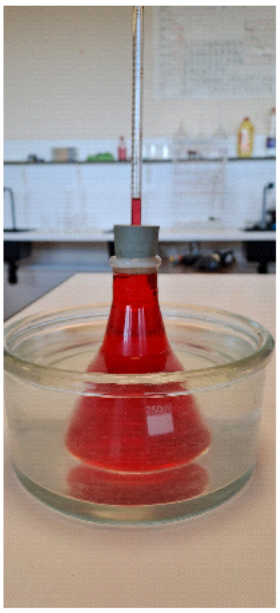
D'après le graphique, nous observons que la température augmente davantage lorsque la sonde du thermomètre est placée dans la pochette de papier noir par rapport à la pochette de papier blanc, avec un écart de près de 8 °C au bout de 20 minutes d'expérience.

Conclusion

Nous pouvons donc conclure que **le fond et le serpentin du panneau doivent être peints en noir** pour augmenter la température de façon significative à l'intérieur du panneau de notre chauffe-eau solaire.

Influence de la température sur la masse volumique de l'eau

(partie rédigée par Nina Emonard et Inès Nigou)

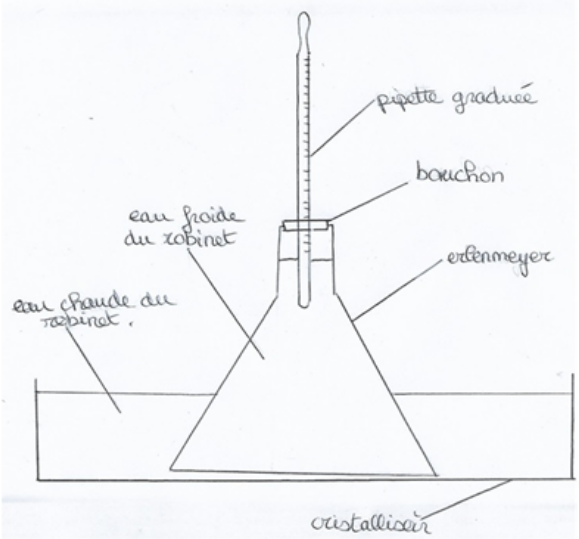


Problématique

Comment évolue la masse volumique de l'eau lorsque la température augmente ?

Description de l'expérience

Schéma influence de la température sur la masse volumique de l'eau



Nous avons rempli un erlenmeyer avec de l'eau colorée à la température de 15 °C. Puis, nous avons fermé l'erlenmeyer avec un bouchon mono-trou muni d'une pipette graduée. Enfin, nous avons placé l'erlenmeyer dans un cristallisoir rempli d'eau chaude (50 °C) qui formera un bain marie.

Observation

Au bout de quelques minutes, nous observons que l'eau colorée de l'erlenmeyer est montée de plusieurs centimètres dans la pipette graduée.

Conclusion

Nous pouvons conclure qu'en se réchauffant au contact du bain marie, l'eau colorée dans l'erlenmeyer occupe davantage de place. Son volume a donc augmenté.

Or, comme la masse de l'eau colorée est restée constante au cours de l'expérience et que la masse volumique est donnée par la relation mathématique suivante :

masse volumique — masse

$$\rho = \frac{m}{V}$$

volume

Nous pouvons également conclure que la masse volumique de l'eau diminue lorsque la température augmente.

Le thermosiphon ou la circulation de l'eau dans le chauffe-eau solaire autonome

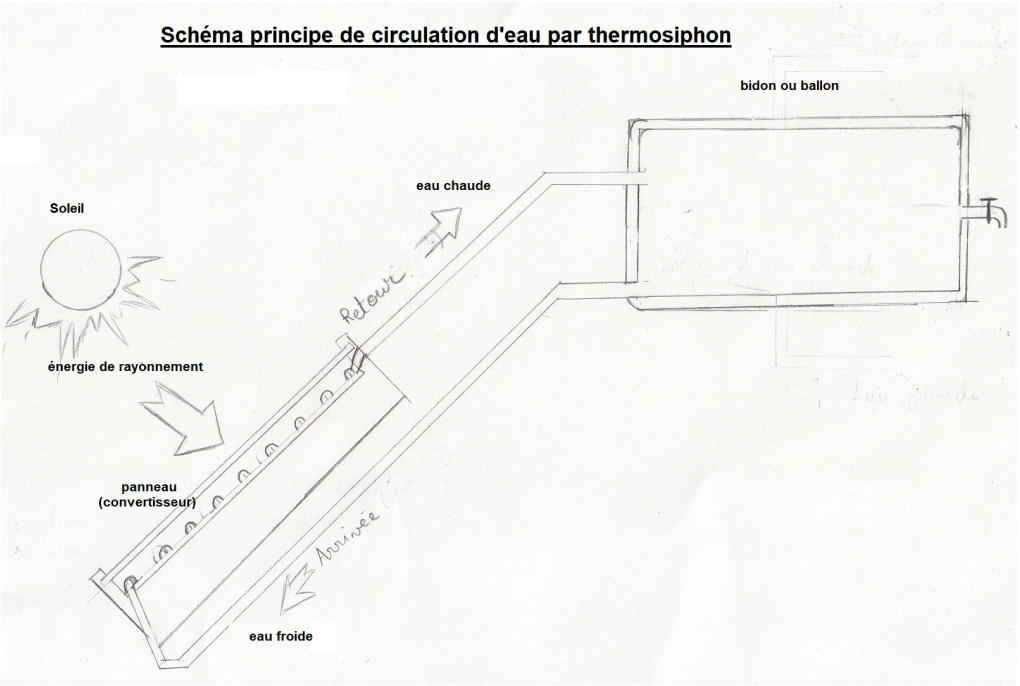
(partie rédigée par Maël Bertrand, Raphaël Cantournet-Serec et Benjamin Debord)

Description

Le thermosiphon est le phénomène de circulation naturelle de l'eau dans le chauffe-eau due à la variation de sa masse volumique en fonction de la température.

Dans notre chauffe-eau solaire autonome, l'eau est d'abord réchauffée dans le panneau en recevant de l'énergie thermique. Sa masse volumique diminue, elle se dilate et elle monte vers le bidon de stockage situé au-dessus du panneau.

L'eau va ensuite se refroidir dans le bidon de stockage en cédant de l'énergie thermique. Sa masse volumique augmente. L'eau va alors descendre naturellement vers le bas du chauffe-eau solaire pour être à nouveau réchauffée dans le panneau et ainsi recommencer ce cycle.



Conclusion

Nous pouvons conclure que **le bidon de stockage doit être placé au-dessus du panneau pour permettre la circulation naturelle de l'eau dans notre chauffe-eau solaire autonome.**

3ème partie : Réalisation du chauffe-eau solaire autonome

Depuis le début de l'année scolaire, notre collège est en travaux pour améliorer sa performance thermique.

Pour construire notre chauffe-eau solaire autonome, nous avons eu l'opportunité de récupérer de nombreux matériaux.

Avec le changement de toutes les menuiseries extérieures, nous avons pu tout d'abord, récupérer une ancienne fenêtre coulissante avec un cadre en aluminium.

Cette fenêtre est le point de départ de la construction du panneau. Elle nous a permis de déterminer la dimension finale de notre panneau.

Nous avons ensuite construit un caisson fait de planches de coffrage et de tasseaux pour accueillir l'isolant et le serpentin en cuivre.

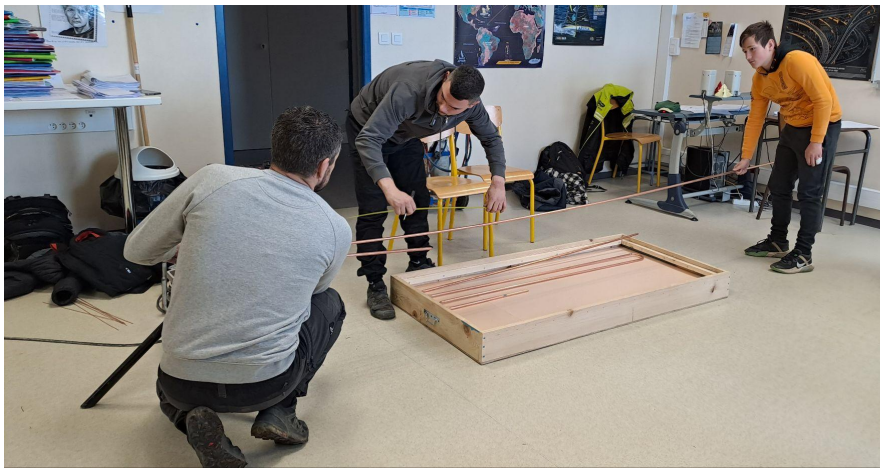
Enfin, nous avons récupéré un bidon de 20L d'une fontaine à eau et des tuyaux qui allaient être jetés aux encombrants à la déchetterie de Saint-Mamet la Salvetat.

Pour la réalisation du serpentin en cuivre de notre panneau, nous n'étions ni équipés, ni compétents pour réaliser cette construction.

Nous avons sollicité l'aide de Monsieur Sébastien Lac qui est plombier chauffagiste dans une commune voisine de notre établissement.

Monsieur Lac est donc venu au Collège avec son employé Mathias le vendredi 10 mars dernier. Pendant plus d'une heure, ils nous ont aidé à réaliser cette pièce essentielle dans notre projet.

Ils nous ont montré et expliqué les techniques de cintrage, d'emboîture et de soudure sur nos tuyaux de cuivre pour réaliser le serpentin.



Nous leur avons également posé de nombreuses questions sur leur métier. C'était une très belle rencontre

Ils nous ont également aidé à réaliser l'étanchéité des raccords sur le bidon et sur la pose du robinet.

Nous avons fixé le serpentin de cuivre sur la plaque d'isolant avec des colliers et enfin nous avons peint à la bombe, le fond du caisson et le serpentin de cuivre en noir.

<u>4ème partie</u> : Mise en route du chauffe-eau solaire et mesure de ses performances

Description de l'expérience

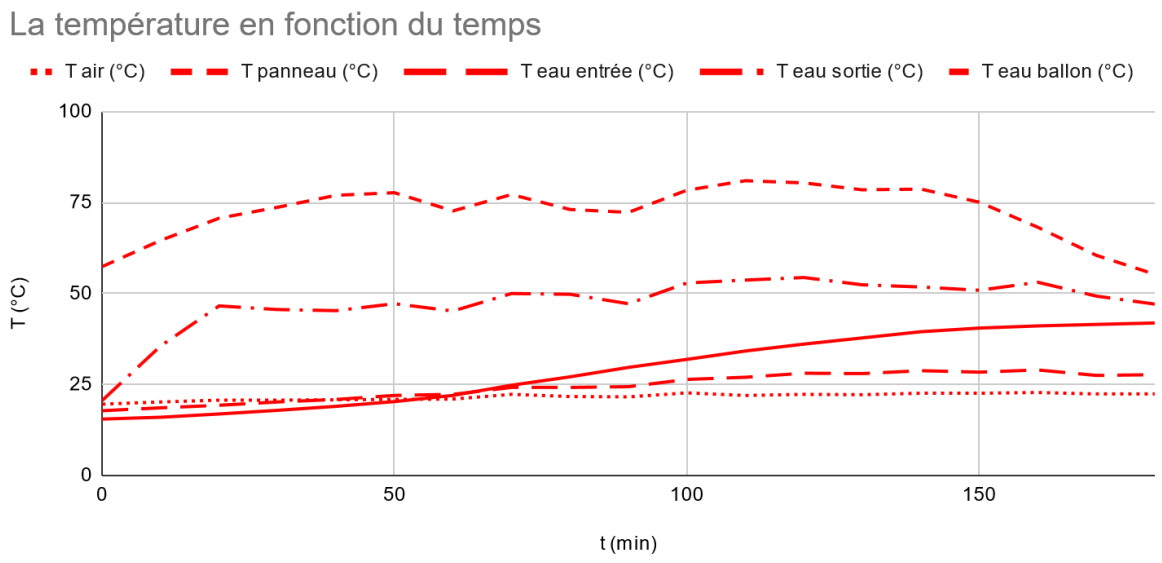
Le mardi 28 mars dernier, nous avons profité d'une journée ensoleillée pour mettre en route et tester notre chauffe-eau solaire autonome.

Nous avons placé 5 thermomètres à différents endroits du chauffe-eau solaire autonome pour mesurer ses performances (voir les photos précédentes)

Ce test s'est déroulé de 11h40min jusqu'à 15h. Pendant 200 minutes, nous avons relevées toutes les 10 minutes, les températures suivantes :

- la température de l'air à l'ombre (**T air**) ;
- la température à l'intérieur du panneau (**T panneau**) ;
- la température de l'eau à l'entrée du panneau (**T eau entrée**) ;
- la température de l'eau à la sortie du panneau (**T eau sortie**) ;
- et la température de l'eau au centre du ballon (**T eau ballon**).

Les différentes mesures obtenues sont présentées sur le graphique suivant :



Observations

D'après le graphique, nous pouvons observer que la température de notre panneau s'était maintenue autour des 75 °C durant de l'essai alors que la température extérieure était en moyenne entre 20 et 22°C.

Cette différence importante de température vient confirmer le bon fonctionnement de notre panneau et vient valider nos choix dans sa conception.

D'après le graphique, nous avons également observé :

- qu'il y a une différence d'environ 25°C entre l'entrée de l'eau et sa sortie du panneau
- et que la température de l'eau à l'intérieur du ballon atteint 42 °C au bout de 200 minutes d'expérience.

On peut donc en déduire que la circulation de l'eau par thermosiphon dans notre chauffe-eau solaire autonome fonctionne également.

Pour finir, nous pouvons encore observer graphiquement, qu'à partir de 150 minutes, les performances de notre chauffe-eau solaire ont diminué avec une baisse importante de la température à l'intérieur du panneau. Cette limite de fonctionnement s'explique certainement par un changement météorologique (ciel voilé sans modification de température) qui a entraîné une baisse du rayonnement solaire.

5ème partie : Utiliser les résultats pour faire une prévision

À partir de ces premiers résultats, notre professeur M. Meyer, nous a demandé de répondre à deux questions :

- Quelle est l'énergie thermique produite par le chauffe-eau solaire autonome ;
- et Combien de chauffe-eau solaire faut-il construire pour assurer toute la production de l'eau chaude sanitaire du collège ?

Calcul de l'énergie thermique produite par le chauffe eau

La relation mathématique pour calculer l'énergie thermique **Ethermique** ou quantité de chaleur **Q** produite par le chauffe eau solaire est :

Ethermique ou Q = m x C x (T2-T1)

avec

m : la masse d' eau dans ballon du chauffe eau solaire m = 20 kg

C : la capacité calorifique massique de l'eau : Ceau = 4180 J/kg

T1 : température initial de l'eau dans le ballon : T1 = 17°C

T2 : température finale de l'eau dans le ballon : T2 = 42°C

Application numérique

E= 20 x 4180 x (42-17)

E= 20 x 4180 x 25

E= 2 090 000 j

Le panneau a produit 2 090 000 j en 3 heures.

si on convertit ce résultat en kilowattheure (rappel : 1Kwh = 3 600 000 J)

Le panneau produit **0,58 kwh**

Calcul du nombre de chauffe-eau solaire pour produite toute l'eau chaude sanitaire du Collège

Nous avons récupérer le chiffre de la consommation annuelle d'eau chaude sanitaire utilisée au Collège auprès du gestionnaire : 300 m3

Puis, nous avons calculé la consommation journalière d'eau chaude sanitaire au Collège 300 / 365 = **820 L** par jour.

Enfin, nous avons calculé ensuite l'énergie thermique ou quantité de chaleur nécessaire pour produire cette eau chaude sanitaire en la faisant passer de 17 °C à 42 °C en utilisant la relation mathématique précédente

Ethermique = 820 x 4180 x 25 =85 690 000 J

Si on convertit ce résultat en kilowattheure on obtient :

85 690 000 / 3 600 000 = **23,8 kwh**

Nous avons enfin déterminé le nombre de chauffe-eau solaire qu'il faudrait fabriquer pour produire cette énergie thermique.

23,8 / 0,58 = 41 chauffes-eau solaires.

Conclusion

Au terme de cette démarche scientifique, nous avons répondu globalement aux 3 problématiques que nous nous étions fixées en début d'année en construisant ce chauffe-eau solaire autonome avec un maximum de matériaux de récupération.

Cependant, de nouvelles mesures seront nécessaires pour encore mieux connaître les limites de notre chauffe-eau solaire autonome et notre chauffe-eau solaire doit intégrer des dispositifs de sécurité (circuit de vidange, casquette de protection solaire) pour faire face à des changements de température important et ainsi éviter sa destruction.