2.2 Capote isolante pour chauffe-eau

2.2.1 Apport théorique : fonctionnement d'un chauffe-eau et utilité de la capote isolante.

Un chauffe-eau avec ballon équipé d'un thermostat chauffe une certaine quantité d'eau jusque atteindre une température définie.

Ensuite une partie de l'eau chaude part dû à sa consommation est remplacée par de l'eau froide, diminuant ainsi la température de l'eau à l'intérieur du ballon.

Des pertes thermiques peuvent aussi avoir lieu au niveau de la surface du ballon ; ce sont des pertes par convection ou par rayonnement.

En deçà d'une certaine température (nommée "temp minimale" sur la figure 4) de l'eau dans le ballon, le chauffe eau se met en route et réchauffe l'eau à l'intérieur du ballon jusqu'à atteindre une température donnée (notée "temp maximale" sur la figure 4).

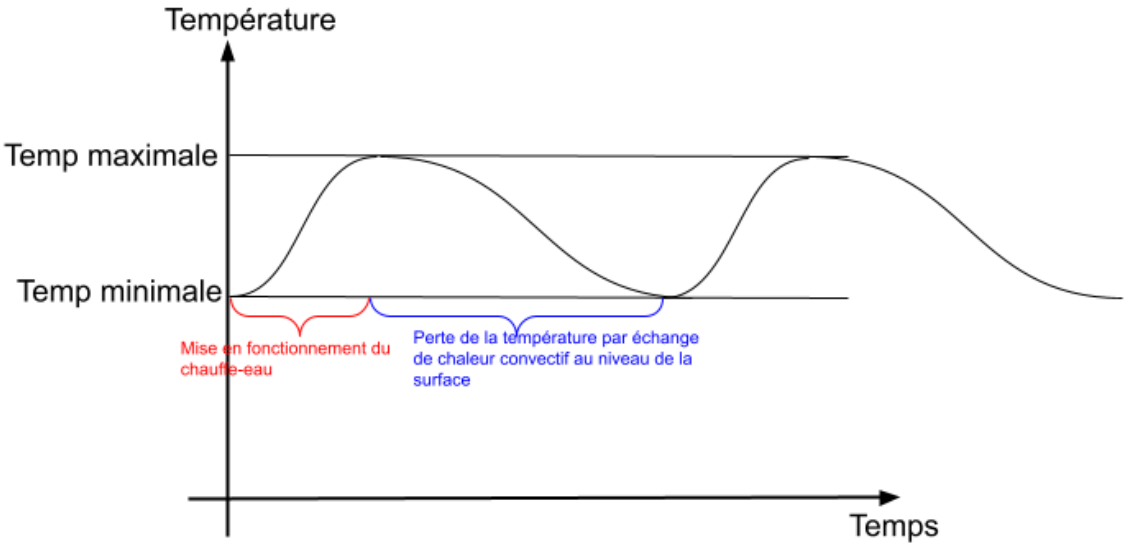

FIGURE 4 – Schéma explicatif du fonctionnement d'un chauffe eau sans utilisation d'eau chaude

L'objectif de la capote isolante est de limiter les pertes thermiques qui ont lieu a la surface du ballon et donc d'allonger le temps entre deux mises en fonctionnement du chauffe-eau et donc de diminuer la quantité de temps de mise en fonctionnement sur une période donnée.

2.2.2 Protocole "accessible"

Objectif

Cette expérience a pour objectif d'évaluer la capacité de la capote isolante à limiter les pertes de chaleur du chauffe-eau.

Cette expérience a pour but d'être accessible à tout le monde.

Facteurs étudiés et à contrôler

Mesure court-terme :

Nous mesurerons, sur une période donnée, le nombre de fois où le chauffe-eau se rallume, avec et sans la capote. Il est nécessaire que le chauffe-eau émette un bruit à chaque rallumage.

Hypothèse : Hors consommation, pour une quantité d'eau donnée, l'énergie utilisé pour monter l'eau à température est la même à chaque rallumage ; le nombre de fois où le chauffe se met en marche est donc significatif.

Cas numéro 1 : Une majeure partie du refroidissement de l'eau est dû aux pertes thermiques à la surface du ballon ; l'expérience se passe sur une période d'étude où il y a peu de renouvellement d'eau dans le chauffe-eau.

Cas numéro 2 : Du renouvellement d'eau à lieu dans la période donnée avec ou sans capote ; une même quantité d'eau chaude est consommée du ballon. Ainsi, une mineure partie du refroidissement est dû aux pertes thermiques à la surface.

Mesure long-terme :

Sur une longue période, nous mesurerons la réduction de consommation d'électricité/gaz à l'aide de la facture.

Matériel expérimental

Court-terme :

- Téléphone équipé d'un enregistreur vocal (ou autre appareil permettant d'enregistrer)
- Chargeur du téléphone (ainsi qu'une rallonge le cas échéant)
- Audacity (logiciel open-source [5])

Long-terme :

- Facture de gaz/électricité
- Compteur de gaz/électricité

Mise en oeuvre

Court-terme :

En journée, vérifier que le bruit du chauffe-eau s'entend bien à l'enregistreur. Pour cela, enregistrez votre chauffe-eau lors d'une douche ou d'une vaisselle, il se mettra probablement en route. Pour atteindre plus facilement l'endroit où le bruit à lieu, vous pouvez utilisez des écouteurs et placer le micro idéalement.

Pour répondre à l'hypothèse selon laquelle le refroidissement de l'eau est majoritairement Cette étude doit être réalisée la nuit pour que le chauffe-eau soit le moins utilise possible. Le protocole doit être appliqué une fois avec la capote et une seconde fois sans la capote.

- Trouver la source sonore du chauffe-eau lorsqu'il s'allume
- Placer son téléphone proche de cette source et le brancher à son chargeur
- Lancer l'enregistrement et s'éclipser discrètement

5. Lien vers le site d'Audacity.

— Le lendemain matin, arrêter l'enregistrement
— Exporter cet enregistrement sur Audacity

Long-terme :

— Choisir deux périodes (quelques semaines, voire quelques mois si possible) de même durée sur lesquelles votre consommation est le plus identique possible(même saison, même nombre de personnes dans le logement, etc)
— Comparer sur chacune de ces périodes la consommation d'électricité/de gaz (via votre facture ou votre compteur) avec et sans la capote.

Traitement des résultats

Court-terme :
Pour chacun des deux enregistrements, les télécharger et les ouvrir à l'aide d'Audacity. Il faut compter les pics présents sur la piste sur une période donnée, puis comparer le nombre de fois où le chauffe-eau s'est allumé avec et sans capote isolante. Il est alors possible d'estimer à quel point la capote est efficace.

Long-terme :
Estimer le pourcentage de réduction lié à la capote du chauffe-eau.

Remarques, limites et conclusion

Aujourd'hui un grand nombre de chauffe-eau sont déjà isolés et les pertes de chaleurs peuvent être minime. Dans ce cas la capote isolante aura peut d'intérêt. De plus pour réaliser ce protocole, il est nécessaire que votre chauffe-eau face du bruit ce qui n'est pas toujours le cas.

2.2.3 Version 'avancée'

Objectif

Cette expérience vise à mesurer la diminution de consommation d'un chauffe eau électrique grâce la capote isolante installée dans 2 situations données :

— Avec renouvellement de l'eau du ballon
— Sans renouvellement de l'eau du ballon

Facteur étudié et à contrôler

— Le temps $[s]$
— La consommation électrique au cours du temps $[J]$

Matériel expérimental

— Pince ampèremétrique (avec un Arduino, voir la mise en oeuvre ci-dessous pour la liste du matériel nécessaire)
— Si absence de pince ampèrmétrique, capteur sur le compteur linky (non recommandé [6])

6. Non expérimenté ni utilisé dans notre cas pour des raisons de complexité technique (capteur LoRA)

Mise en oeuvre

Il faudra effectuer 4 fois les mesures :

- Avec capote isolante sur le chauffe-eau durant une période où l'eau n'est pas utilisée (la nuit par exemple)
- Sans capote isolante sur le chauffe-eau durant une période où l'eau n'est pas utilisée
- Avec capote isolante sur le chauffe-eau durant une période où l'eau est utilisée (attention à bien noter les horaires et l'utilisation faite de l'eau [7])
- Sans capote isolante sur le chauffe-eau et dans les mêmes conditions d'utilisation d'eau que précédemment

Il est recommandé d'effectuer les mesures sur des périodes de 2 heures à chaque fois. Les différentes étapes de la prise de mesure sont les suivantes :

1. Monter la pince ampèrmétrique à l'aide d'un Arduino pour enregister les mesures de courant en continu (voir tutoriel [8])
2. Mettre le chauffe-eau en mode forcé si nécessaire.
3. Brancher la pince entre le chauffe-eau et la prise murale sur laquelle il est branché. S'il n'y a pas de prise murale, et qu'il y a un boîtier, il est possible de disjoncter le courant de tenter de démonter le boîtier pour essayer de brancher directement les fils à l'intérieur du montage de la pince ampèrmétrique. Sinon l'opération d'utilisation de ce type de montage de pince ampèmétrique est compromise, et nécessite un montage différent (par exemple mettre le capteur de la pince autour du cable du chauffe-eau et alimenter l'Arduino via une alimentation externe et non pas utiliser un système « tout en un »).
4. Les mesures se lancent automatiquement une fois la pince branchée, donc soit attendre deux heures, soit attendre deux heures en utilisant l'eau de manière contrôlée, en fonction de la situation de mesure désirée.
5. Récupérer les résultats, pour cela deux options :
   - Débrancher la pince ampèrmétrique, récupérer la carte SD qui se trouve dans l'Arduino et y trouver les données dans le fichier « datalog.csv ».
   - Récupérer les données via le point d'accès WiFi généré par l'Arduino, comme présenté dans le tutoriel.

Attention à bien effectuer les différentes mesures dans des conditions comparables, notamment de garder la même température de la pièce à chaque fois.

Traitement des résultats

Les résultats prennent donc la forme d'une séries de mesures du courant consommé par le chauffe-eau (une mesure par seconde).

---

et de droit d'accès aux données (RGPD). Il pose également le problème de ne pas compter que la consommation du chauffe-eau mais de tout le logement, ce qui complexifie très fortement l'analyse des données. Nous en parlons ici uniquement parce qu'il s'agit d'une alternative viable à la pince ampèrmétrique que nous avions envisagé

7. Par exemple une douche de 10 minutes et une vaisselle
8. Lien vers le tutoriel de fabrication du système de lecture énergétique.

Tracer la courbe de la consommation en fonction du temps. Il devrait y apparaître des pics de consommation au moment où le chauffe-eau se remet en route.

Comparer les courbes des 4 situation et observer si une différence significative apparaît, en commençant deux à deux par les situations similaires (avec ou sans remplissage du ballon au cours de la mesure), afin de voir l'impact de la capote isolante à chaque fois. Comparer ensuite cette différence observée si elle existe entre le cas avec remplissage et le cas sans remplissage, pour observer si la capote est plus efficace ou non dans un cas ou dans l'autre.

Pour avoir une valeur absolue de la quantité d'énergie consommée sur les deux heures à chaque fois, il suffit d'intégrer chaque courbe en fonction du temps. En l'occurrence la mesure étant discrète, il suffit de sommer toutes les valeurs mesurées au cours du temps pour avoir une approximation de la consommation (en tout cas une approximation comparable entre les courbes).

Attention cependant avec les mesures effectuées en utilisant l'eau : les variations peuvent simplement provenir de légères différence d'utilisation de l'eau (un peu moins ou un peu plus, une température d'utilisation légèrement différente, etc.), il faut donc se montrer extrêmement rigoureux·se lors de son utilisation et bien noter précisément chaque action effectuée, afin de limiter le taux d'erreur.

Détermination du personnel nécessaire

Ce qui se prête le plus à un atelier dans cette situation est le montage de la pince ampèrmétrique, auquel cas une seule personne avec un ordinateur s'y prête très bien.