

*Projet de Physique P6*  
*STPI/P6/2015 groupe 32*

**Adaptation d'un thermostat d'ambiance à un  
chauffage mobile**



**Etudiants :**

**Clément LECOINTRE**

**Clément RAILLARD**

**Enting ZHU**

**Rayan HADJ HAMOU**

**Paul BUNEL**

**Enseignant-responsable du projet :**  
**François GUILLOTIN**

*Cette page est laissée intentionnellement vierge.*

Date de remise du rapport : 15/06/2015

Référence du projet : **STPI/P6/2015 – groupe 32**

Intitulé du projet :

***Adaptation d'un thermostat d'ambiance à un chauffage mobile***

Type de projet :

***Expérimental***

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

***L'objectif du projet est de mettre en place un système capable de réguler la température dans une pièce en utilisant un thermostat d'ambiance présent dans le commerce et un chauffage mobile de 2000 watts. A terme, c'est l'évolution de la température dans la pièce qui est étudiée ainsi que la puissance consommée pour maintenir la pièce à la température désirée.***

***Ce projet a également été l'occasion de développer nos capacités de travail en équipe et de gestion de nos emplois du temps différents.***

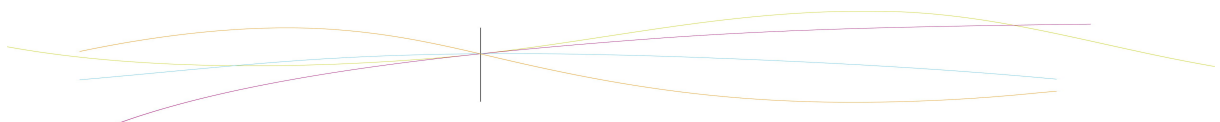
Mots-clefs du projet (4 maxi) :

**régulation, température, thermostat**

## TABLE DES MATIERES

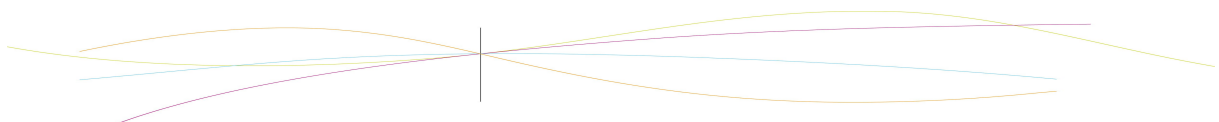
1. Remerciements.....	6
2. Introduction.....	7
3. Méthodologie / Organisation du travail.....	8
4. Travail réalisé et résultats.....	9
4.1. Fonctionnement de la diode comme thermomètre.....	9
a) La diode.....	9
b) Les composants :.....	9
c) Le fonctionnement de la diode :.....	10
d) Repérer les différentes parties :.....	10
e) Mesure de tension :.....	10
f) Description du montage :.....	11
g) Méthode d'étalonnage :.....	12
h) Placement des diodes dans la salle :.....	13
4.2. La réalisation du système de chauffage.....	14
a) Le système de régulation.....	14
d) Description des appareils de chauffage existants .....	17
4.3. Les différentes mesures de température et interprétations.....	18
a) Mesure sans chauffage.....	18
b) Mesures avec chauffages.....	19
6. Bibliographie.....	22
7. Annexes .....	23
8. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé).....	27

## NOTATIONS, ACRONYMES



## 1. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier notre encadrant Mr Guillotin pour ses explications et son aide au cours du projet. Nous souhaitons également remercier les techniciens pour leurs conseils et leur présence.



## 2. INTRODUCTION

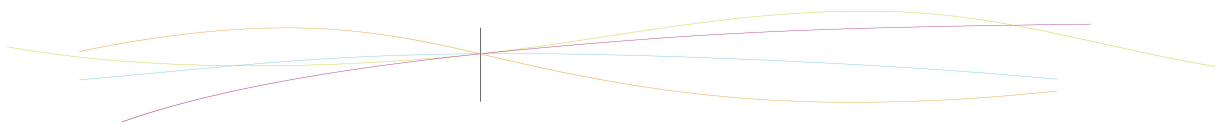
Le XXI<sup>ème</sup> siècle marquera une révolution dans le domaine énergétique avec la fin des hydrocarbures. Nous devons trouver de nouvelles sources d'énergie capables de répondre à nos besoins. En effet, sans énergie, nous n'aurions plus de transports, plus d'électricité... La question de la gestion des énergies est devenue primordiale. Notre quotidien et notre industrie en dépendent fortement.

Le chauffage représente une consommation considérable d'énergie (plus de 50 % des dépenses électriques d'un ménage). Nous avons donc décidé de nous pencher sur la question de régulation d'un chauffage afin de limiter une surconsommation d'énergie inutile.

Commençons par une définition de la régulation. C'est ce qui permet de maintenir une grandeur physique (appelée grandeur réglée) à une valeur constante (consigne) quelles que soient les perturbations créées par l'environnement. Généralement, c'est l'action d'une grandeur (appelée grandeur réglante) sur le processus, c'est-à-dire le composant qui subira une modification pour conduire à cette régulation. Dans notre cas, la grandeur réglée est la température, la grandeur réglante la tension.

Pour cela, nous avons entrepris d'adapter un thermostat d'ambiance, trouvé sur le marché, à un chauffage mobile d'une puissance de 2000W. Notre expérience peut être adaptée à une plus grande échelle, sur une chaudière de maison par exemple.

Notre expérience s'est déroulée de la sorte : différentes mesures de température, à différents endroits de la pièce et sur une longue durée. Avant d'interpréter nos mesures, nous allons vous expliquer les différentes parties de notre montage. Tout d'abord, nous vous détaillerons notre système de mesure de température, puis nous aborderons le système de régulation. Enfin, nous présenterons nos mesures et leurs interprétations.

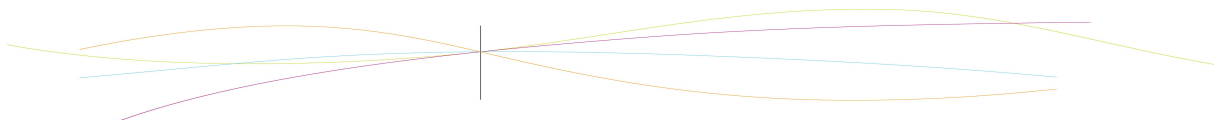
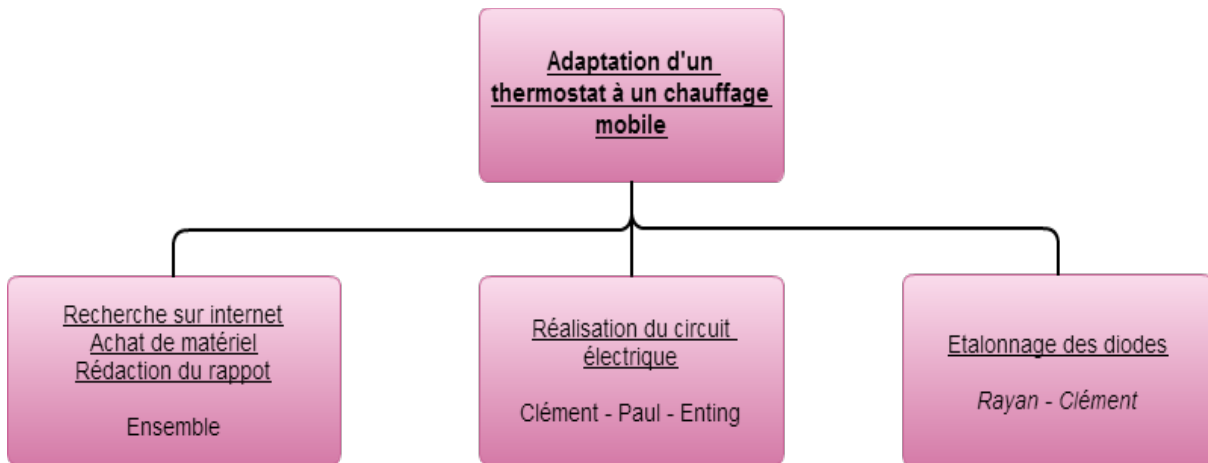


### 3. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour réaliser un projet d'une telle ampleur et sur une telle période, une bonne communication et une bonne organisation sont primordiales. Les différents membres du groupe suivant différentes thématiques, il nous était alors difficile de tous nous réunir en dehors des séances de p6 du vendredi après-midi. Notre principal outil de communication au courant de la semaine était donc Facebook. Ainsi, nous avons pu avoir accès au travail de chacun et partager notre avancement au reste du groupe.

De plus, notre projet nécessitait l'utilisation simultanée de différentes salles de l'INSA comme l'atelier pour les soudures et perçages ou encore une salle de TP pour effectuer les mesures de température sans perturbations. Une répartition des tâches était donc indispensable. Étant un groupe de cinq, nous nous sommes répartis en deux groupes :

Pendant que le groupe 1 (BLUNEL Paul, LECOINTRE Clément et ZHU Enting) réalisait le montage électrique avec le chauffage, le thermostat et le contacteur, le groupe 2 (HADJ HAMOU Rayan et RAILLARD Clément) étalonnait les différentes diodes qui allaient servir de thermomètre. Cette répartition s'est faite en se basant sur les compétences des étudiants mais aussi en respectant autant que possible leurs choix.





## 4. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

### 4.1. Fonctionnement de la diode comme thermomètre

Il existe différents types de thermomètre électronique tels que les thermistances, les thermocouples, les thermomètres à résistances métalliques et les thermomètres à diode.

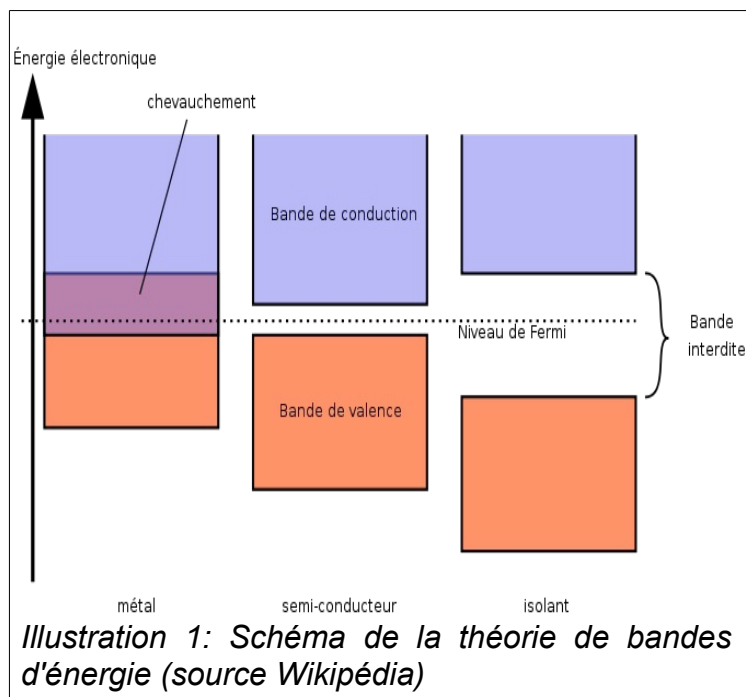
Ces dernières ont pour avantage d'être peu coûteuses ainsi que d'être très fiables quelque soit la température et d'être faciles d'utilisation.

#### a) La diode

Dans le but d'effectuer toutes les mesures de température requises par le projet, nous avons décidé d'utiliser des diodes 1N4148 (diodes de signal).

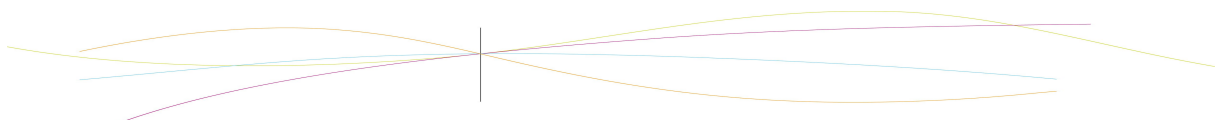
#### b) Les composants :

Une diode est composée de deux semi-conducteurs.



Un semi-conducteur est un matériau dans lequel tous les électrons sont liés dans la bande de valence ce qui le rend isolant. Cependant si l'on augmente la température, les électrons vont gagner assez d'énergie pour leur permettre de passer par la bande interdite et se retrouver dans la bande de conduction, le matériaux est alors conducteur.

Une diode est fabriquée en collant un semi-conducteur P déficitaire en électron et un semi-conducteur N riche en électron. Ils sont plus connus sous le nom d'anode (pour P) et de cathode (pour N).



**c) Le fonctionnement de la diode :**

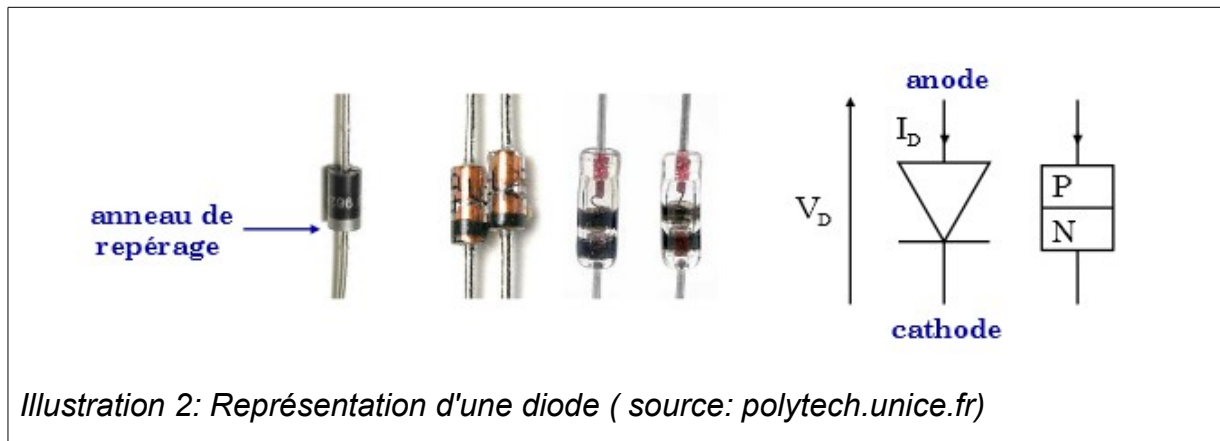
Lors de l'accolement des deux parties, des électrons de la partie N vont migrer vers la partie P créant par ce fait un « zone de déplétion » où aucun porteur de charge n'est présent. Il existe par ce biais une différence de potentiel appelé potentiel de jonction ou de contact d'environ 0,7V.

Dans le cas où le côté N est soumis à une tension positive et le côté P à une tension négative, la zone de jonction va s'étendre. Ce qui veut dire que les électrons vont se diriger vers les extrémités de la diode bloquant ainsi le courant.

Dans le cas où P est soumis à une tension positive et le côté N à une tension négative le courant peut circuler. Il faut cependant que cette tension soit supérieure au potentiel de jonction.

**d) Repérer les différentes parties :**

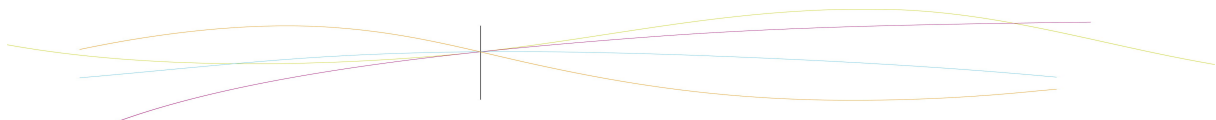
On a vu précédemment que la diode conduisait le courant en sens unique, c'est à dire de l'anode à la cathode. Il était donc important de savoir repérer ces différentes parties pour pouvoir placer la diode dans le bon sens lors du montage.



**e) Mesure de tension :**

L'avantage de la diode est que ce capteur, sous l'influence d'un courant constant, présente une mesure de tension linéaire en fonction de la température.

On obtient de ce fait une fonction linéaire de la forme :  $V = aT + b$ .



f) Description du montage :

Pour pouvoir utiliser ces diodes comme capteur de température, il faut les incorporer dans un montage électrique spécifique composé de deux ampli-op et de cinq résistances.

Le montage est le suivant :

SCHEMA ELECTRIQUE CAPTEUR TEMPERATURE

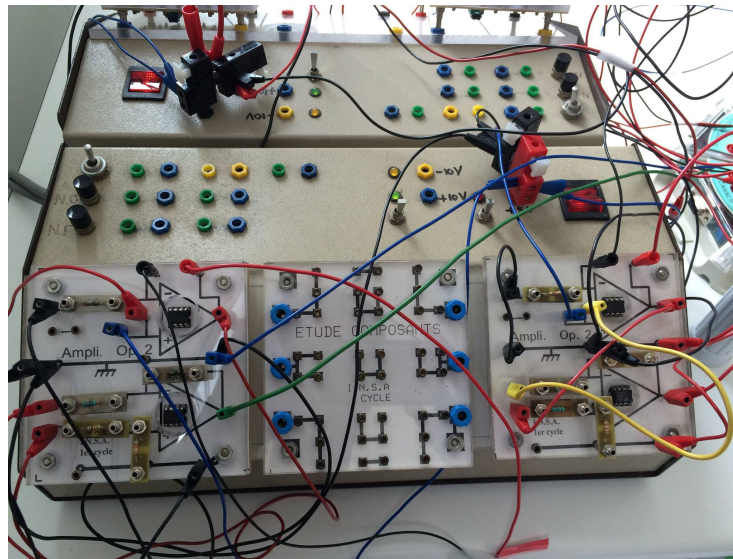
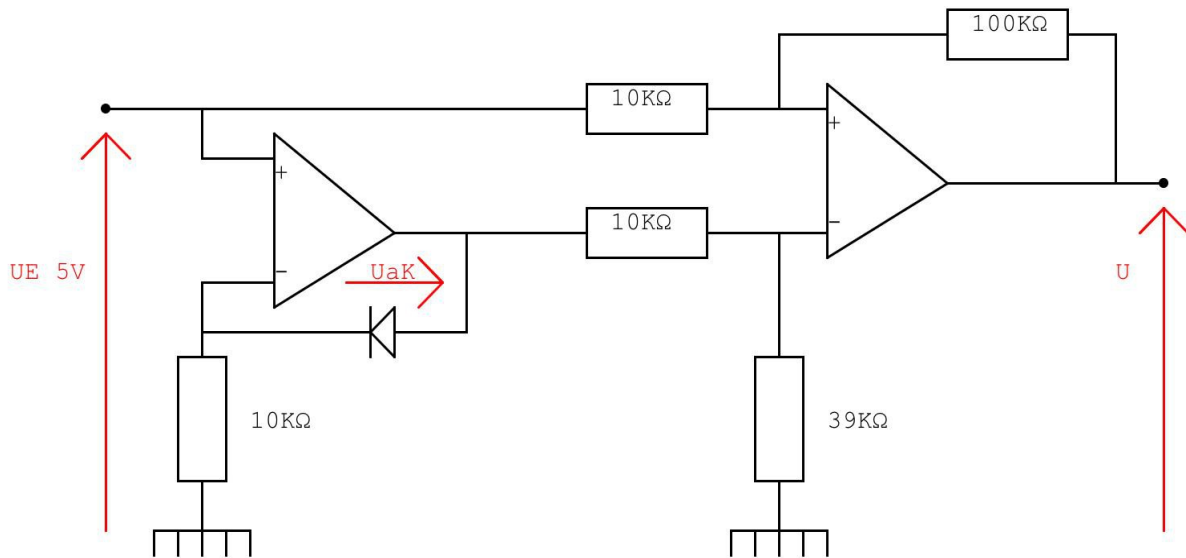
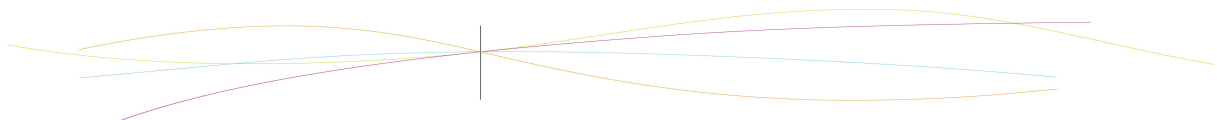


Illustration 3: Montage électrique

Il est composé de trois résistances d'une valeur de 10Kohm, une résistance de 39Kohm et une résistance de 100Kohm. Chaque montage est placé sur un pupitre permettant d'avoir une tension continue de 5V à l'entrée du montage.



Pour permettre l'étalonnage, des diodes, il est important de connaître la relation entre  $U$  et  $U_{ak}$ . Nous avons donc effectué une étude du montage que vous pourrez retrouver en annexe. Nous avons ainsi trouvé une équation liant  $U$  à  $U_{ak}$ .

En faisant l'application numérique de cette équation, on obtient :

$$U = 8,75U_{ak} - 6,2$$

### g) Méthode d'étalonnage :

Comme vu précédemment, pour pouvoir passer de la tension à la température, il suffit d'utiliser la fonction  $V=aT+ b$

L'objectif de l'étalonnage est ainsi de calculer les valeurs des coefficients  $a$  et  $b$ . Cependant, comme chaque diode et chaque montage sont indépendants, il faut toutes les étalonner.

La méthode d'étalonnage est la suivante :

Il faut plonger une diode dans un récipient rempli de glace fondante avec un thermomètre en n'oubliant pas de les protéger de l'eau pour éviter les courts-circuits.

Puis il faut ensuite relever la température grâce au thermomètre et la noter dans un tableur.

Dans le même temps, nous avons relevé la valeur de  $U$  (*voir le schéma électrique précédent*) grâce à un voltmètre branché en dérivation.

Enfin, il suffit de procéder de la même façon en changeant simplement la température de l'eau. Plus le nombre de mesure sera élevé plus la courbe obtenue sera précise.

Quand tous les relevés ont été effectués, il suffit de tracer la courbe  $U_{ak}=f(\text{température})$ .

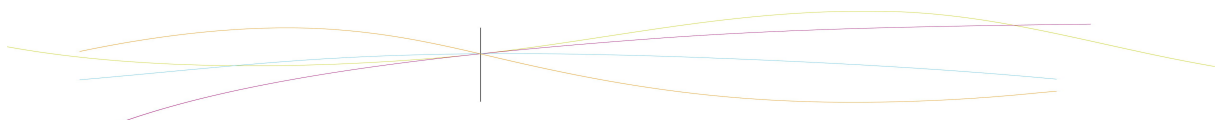
Pour ce faire, nous utilisons la relation calculée dans la partie précédente :

$$U = 8,75U_{ak} - 6,2$$

La modélisation de la courbe d'étalonnage n'est en fait possible qu'en effectuant la courbe de tendance de chaque fonction. En effet, nos manipulations ne sont pas assez précises pour former une droite.

Enfin, il faut afficher l'équation de la courbe de tendance pour connaître la valeur des coefficients de chaque diode.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des résultats obtenus lors de nos manipulations.



Coefficient	a	b
Diode 1	-0,0018	0,613
Diode 2	-0,0018	0,626
Diode 3	-0,0023	0,615
Diode 4	-0,0019	0,595

Les feuilles de calcul pour chaque diode sont disponibles en annexe.

Lors de l'étalonnage de nos diodes, nous avons dû faire face à des difficultés qui nous ont fait perdre un certain temps. En effet, les étiquettes qui nous permettaient de différencier les diodes ont été décrochées pendant notre absence, nous obligeant de ce fait à recommencer l'étalonnage entier des quatre diodes.

#### h) Placement des diodes dans la salle :

Maintenant que toutes les diodes sont étalonnées, elles peuvent nous permettre de connaître la température dans différentes zones de la salle. L'objectif est ainsi d'utiliser ces quatre diodes pour pouvoir connaître le gradient de température d'une certaine zone proche du radiateur et pour pouvoir enfin représenter les flux de température.

- Nous avons placé quatre diodes :
- une à 50 cm du sol ( diode 1 )
  - une à 1m50 du sol ( diode 2 )
  - une à 3 m du plafond ( diode 3 )
  - une au dessus du chauffage ( diode 4 )

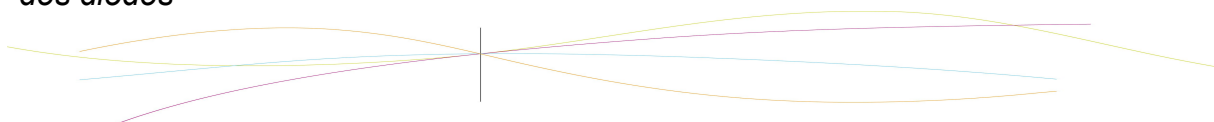


*Illustration 4: Disposition des diodes*

La diode placée à proximité du chauffage permet de connaître à quel moment il se déclenche car le changement de température sera quasi-instantanément capté. Ceci permettra par la suite de comparer avec les valeurs des autres diodes placées plus loin.

Nous avons décidé de fixer avec du scotch les diodes 3 et 4 sur une barre verticale positionnée entre le bureau et le plafond. Il fallait donc penser à faire des fils assez long pour pouvoir atteindre une telle hauteur.

Comme on peut le voir sur la photo-ci contre, chaque ampli-op est relié à la rosace qui permet de transférer les tensions relevées à l'ordinateur au moyen du logiciel Synchronie.



## 4.2. La réalisation du système de chauffage.

### a) Le système de régulation

#### Présentation

Pour réguler la température dans la pièce nous avons utilisé un thermostat d'ambiance. Le fonctionnement de celui-ci est assez simple, il suffit de régler une température de consigne, le thermostat compare cette consigne avec la température mesurée par l'intermédiaire d'un capteur de température. Selon si la valeur de la température mesurée est au dessus ou en dessous de la consigne le thermostat allume ou éteint le chauffage. L'objectif étant de maintenir dans la pièce une température la plus constante possible. L'ensemble thermostat et radiateur va être branché sur même prise de courant de 230V située dans la salle.

### b) Les éléments utilisés et leur description.

Le thermostat d'ambiance :



*Illustration 5: thermostat d'ambiance SYGONIX*

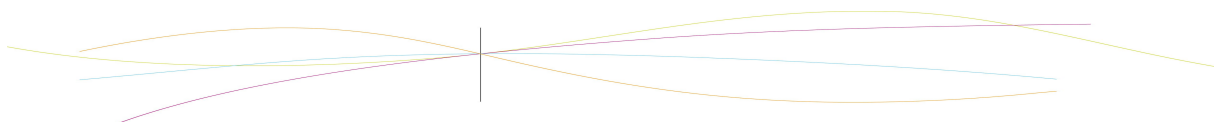
Nous disposons ici d'un thermostat tx.2 Sygonix, il peut aussi bien réguler un chauffage qu'une climatisation. Dans notre cas, le système a été placé sur HEAT pour gérer notre chauffage. De plus, ce thermostat dispose d'un mode nuit pour diminuer de -2 à -5 °C la valeur de la température de consigne durant la nuit, période où la température peut être plus faible pour économiser de l'énergie. La précision de la mesure de température est de +/- 1° Celsius à 20°. Il est doté d'une hystérésis ou différence de température de commutation de 0,5 °C. Son pouvoir de coupure est de 10 A.

Notre thermostat est donc électronique et utilise un thermistor c'est exactement le même principe que nos capteurs de température avec diode. Sa sonde est une CTN (Coefficient de Température Négatif) sa résistance diminue de façon uniforme quand la température augmente et inversement. C'est donc la tension à ses bornes qui est mesurées ce qui permet à électronique de calculer la température correspondante.

Le disjoncteur 30 milliampères :

Nous utilisons en amont du montage pour une question de sécurité un disjoncteur 30 milliampères LEGRAND.

Le disjoncteur différentiel à un pouvoir de coupure contre les courts-circuits et les surcharges mais surtout il assure la détection d'une différence d'intensité du courant entre la phase et le neutre, si un défaut d'isolation existe (courant de fuite par la prise de terre). On appelle aussi ce défaut courant résiduel. Le disjoncteur permet de protéger les personnes.





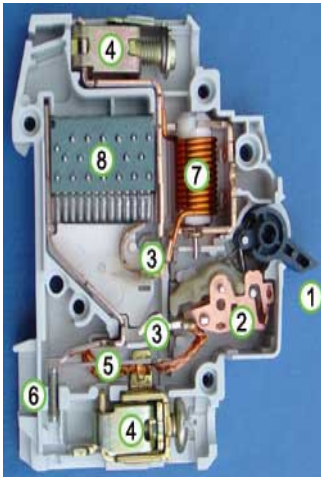


Illustration 6: Vue en coupe (source wikipédia)

1. Manette servant à couper ou à réarmer le disjoncteur manuellement. Elle indique également l'état du disjoncteur (ouvert ou fermé).

2. Mécanisme lié à la manette, sépare ou approche les contacts.

3. Contacts permettant au courant de passer lorsqu'ils se touchent.

4. Connecteurs.

5. Bilame (deux lames soudées à coefficients de dilatation différents) : relais thermique (protection contre les surcharges).

6. Vis de calibration, permet au fabricant d'ajuster la consigne de courant avec précision après assemblage.

7. Bobine ou solénoïde : relais magnétique (protection contre les courts-circuits).

8. Chambre de coupure de l'arc électrique.

Principe de fonctionnement :

Le principe est simple la phase et le neutre sont bobinés (en  $N_1$  et  $N_2$ ) autour d'une même maille magnétique. En circulant dans les bobines, les courants  $I_1$  et  $I_2$  engendrent un flux magnétique. Or si  $I_1 = I_2$  et  $N_1$  identique à  $N_2$  alors la somme des deux flux est nulle mais si  $I_1$  est différent de  $I_2$  alors un flux résiduel se forme et un courant se met à circuler dans la bobine  $N_3$  de détection. Ainsi, le disjoncteur coupe le circuit électrique.

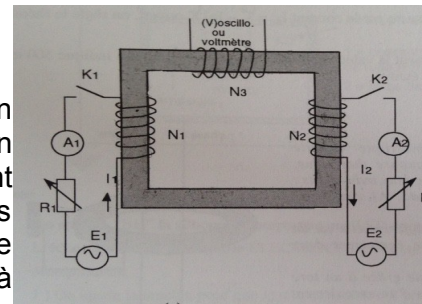


Illustration 7: Principe fonctionnement disjoncteur différentiel

Le contacteur:

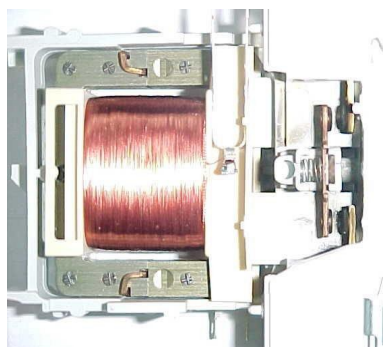


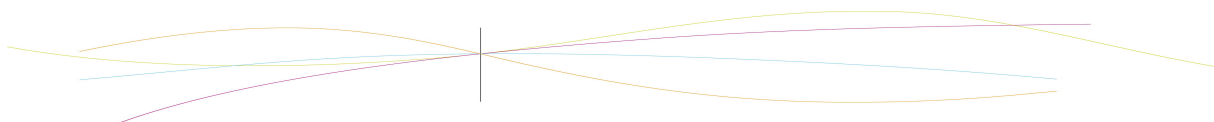
Illustration 9: vue en coupe (source : installations-electriques.net)

Un contacteur est appareil capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans des conditions normales et aussi en cas de surcharges. L'intérêt, pour nous, c'est son pouvoir de coupure de coupure qui est plus important que celui du thermostat. Il est ici de 25 A. Ainsi, il va nous permettre de protéger le thermostat qui va simplement donner « l'ordre » au contacteur d'ouvrir ou fermer le circuit principale par l'intermédiaire d'un circuit de commande.



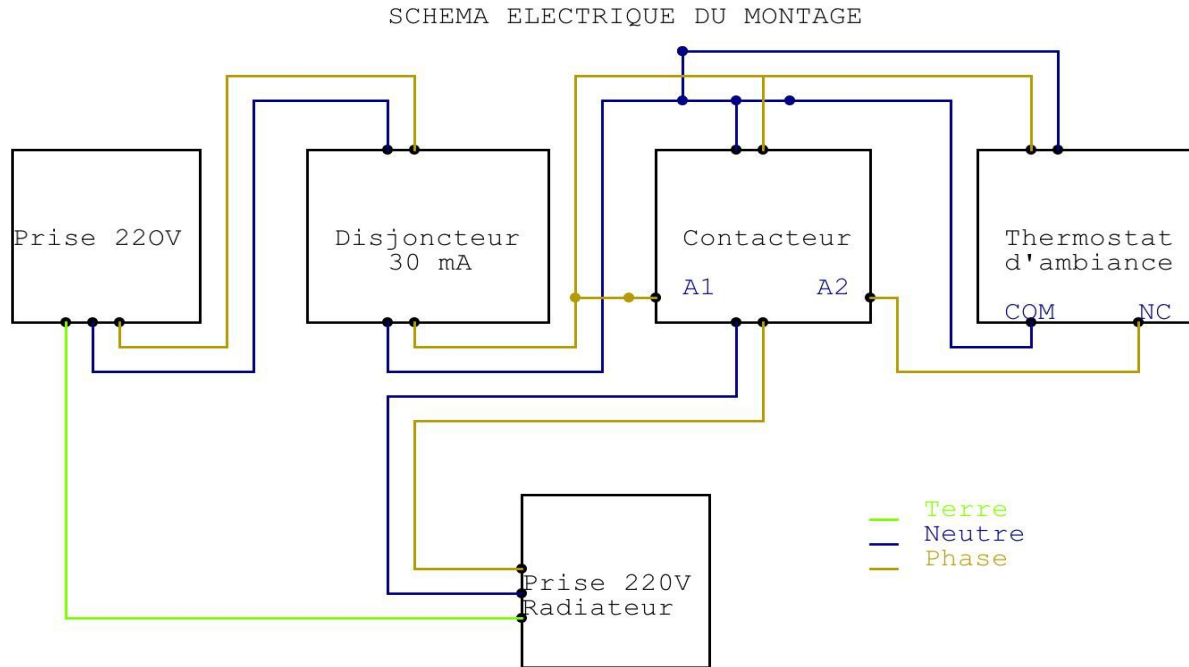
Illustration 8: Contacteur finder

Lorsqu'un courant passe par les bornes A1 et A2, la bobine est alimentée. Elle produit alors un flux magnétique qui passe par l'électro-aimant. C'est la pièce grise située autour de la bobine. Ainsi, l'autre partie aimantée, la partie mobile est attirée et ferme le

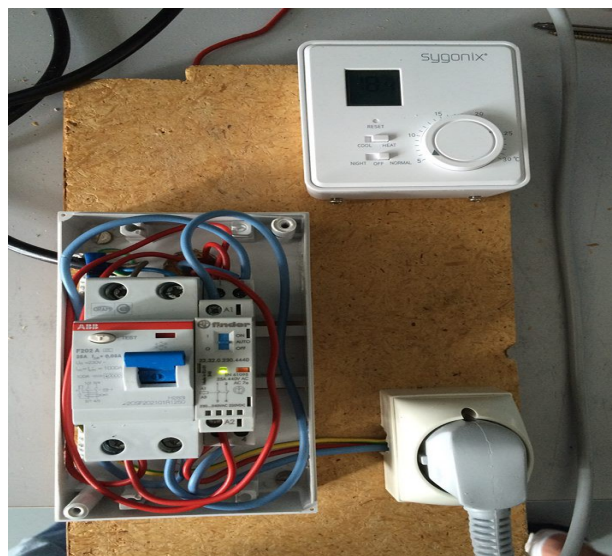


circuit magnétique. Sur cette partie mobile sont fixés les contacts qui vont donc se déplacer aussi et venir fermer le circuit. Un ressort permet le mouvement dans l'autre sens quand ne circule plus de courant entre les bornes A1 et A2.

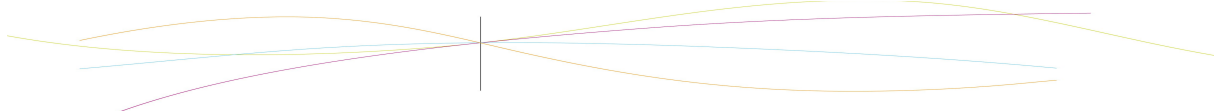
**c) Le montage.**



Notre montage électrique est sécurisé grâce au disjoncteur de fuite qui coupe le circuit électrique dès que la différence d'intensité dépasse 30 milliampères entre la phase et le neutre. Il est relié directement à la prise électrique de la salle de TP. Le contacteur et l'alimentation du thermostat sont branchés à la suite du disjoncteur en dérivation. La prise radiateur est à la suite du contacteur. Les bornes A1 et A2 sont reliés à la phase et au neutre par l'intermédiaire du thermostat qui ouvre ou ferme ce circuit de commande en fonction de la température de la pièce et de la température de consigne.



*Illustration 10: Photo montage électrique*



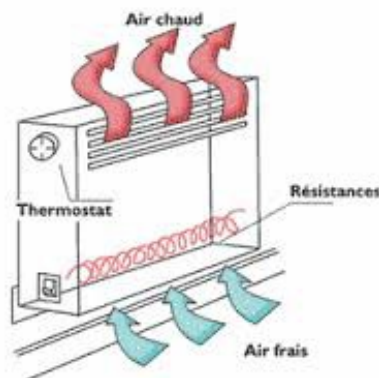


#### d) **Description des appareils de chauffage existants**

Dans cette partie, nous allons énumérer et décrire les différents chauffages électrique qui existent en domotique. Le chauffage électrique repose sur un principe simple et connu depuis longtemps : la loi d'ohms où plus particulièrement l'effet Joule. Un courant électrique parcourt un métal (une résistance) qui s'échauffe en fonction de l'intensité du courant, cette énergie thermique libérée est ensuite captée par l'air étant dans la pièce.

On distingue ensuite différentes façons pour transmettre cette énergie thermique et donc différents radiateur. Il existe le convecteur, le convecteur soufflant, le panneau rayonnant, le radiateur à accumulation.

##### Le convecteur :



*Illustration 11 : convecteur  
(source  
conseilthermique.org)*

C'est un appareil de chauffage constitué d'un caisson métallique comportant des ouvertures hautes et basses. Les résistances électriques sont situées à la base du radiateur. L'air chaud s'échappe par le haut par convection et l'air froid rentre par le bas.

C'est ce type de chauffage que nous avons utilisé pour notre montage.

##### Le convecteur soufflant :

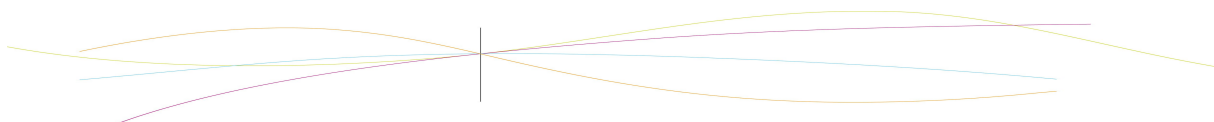
Ce radiateur utilise le même système que le précédent mais il bénéficie en plus de ventilateur pour forcer le flux d'air en plus du phénomène de convection.

##### Le panneau rayonnant :

C'est appareil constitué d'éléments chauffants enfermés dans un caisson métallique dont la face avant est perforée. Les éléments chauffants parcourus par des résistances électriques émettent un rayonnement infrarouge qui se transforme en chaleur au contact des personnes et des objets (meubles, murs...). La chaleur émise, est homogène. Elle assure une température équilibrée dans toute la pièce, du sol au plafond. Les éléments qui émettent un rayonnement infrarouge lorsqu'un courant les traverse et qui sont utilisés ici sont : une plaque en acier émaillé, un bloc nervuré en aluminium, une plaque de verre recouvert d'une couche métallisée conductrice.

##### Le radiateur à accumulation :

C'est un radiateur à résistances électriques incorporées dans un bloc de briques réfractaires. (Un matériau réfractaire est un matériau à forte inertie thermique, il a la propriété d'emmagasiner l'énergie thermique délivrée par une source de chaleur et de la restituer par la suite). Le chauffage des briques réfractaires a lieu pendant les heures



creuses, la nuit, durant cette période l'électricité est moins chère. Une enceinte isolée limite les déperditions calorifiques. La chaleur ainsi stockée est ensuite restituée pendant la journée. Le radiateur dispose d'une régulation qui permet à l'utilisateur de régler la quantité de chaleur à accumuler et éventuellement de faire fonctionner les résistances électriques pendant la journée en cas de températures extérieures très basses. Il existe différents systèmes d'accumulation.

Il existe aussi l'accumulateur statique compensé dont le caisson possède des ouvertures hautes et basses qui créent une convection, l'accumulateur dynamique de l'air circule dans le matériau réfractaire par des conduits et enfin le radiateur à bain d'huile (un fluide calorifique remplace le matériau réfractaire, ici c'est de l'huile). Ce type de radiateur mobile est surtout utilisé comme chauffage d'appoint.

### 4.3. LES DIFFÉRENTES MESURES DE TEMPÉRATURE ET INTERPRÉTATIONS

#### a) Mesure sans chauffage

Lors de ce projet nous avons réalisé 4 séries de mesures différentes. La première a pour but d'étalonner les températures dans la pièce avant que le chauffage ne soit branché. Lors de ces premières mesures, nous avons été surpris de constater que les températures de la diode située la plus proche du plafond n'étaient pas les plus élevées. Si cela semble illogique, vu que la chaleur s'élève, nous avons réussi à trouver une explication. En effet, nous nous sommes aperçu que la diode la plus haute se situait au dessus du faux plafond, en face de la bouche d'aération de la salle. De plus, elle se situe à une dizaine de centimètres de l'aération de la fenêtre. Il y a donc des échanges avec l'extérieur à ce niveau là qui maintiennent la température plus basse.

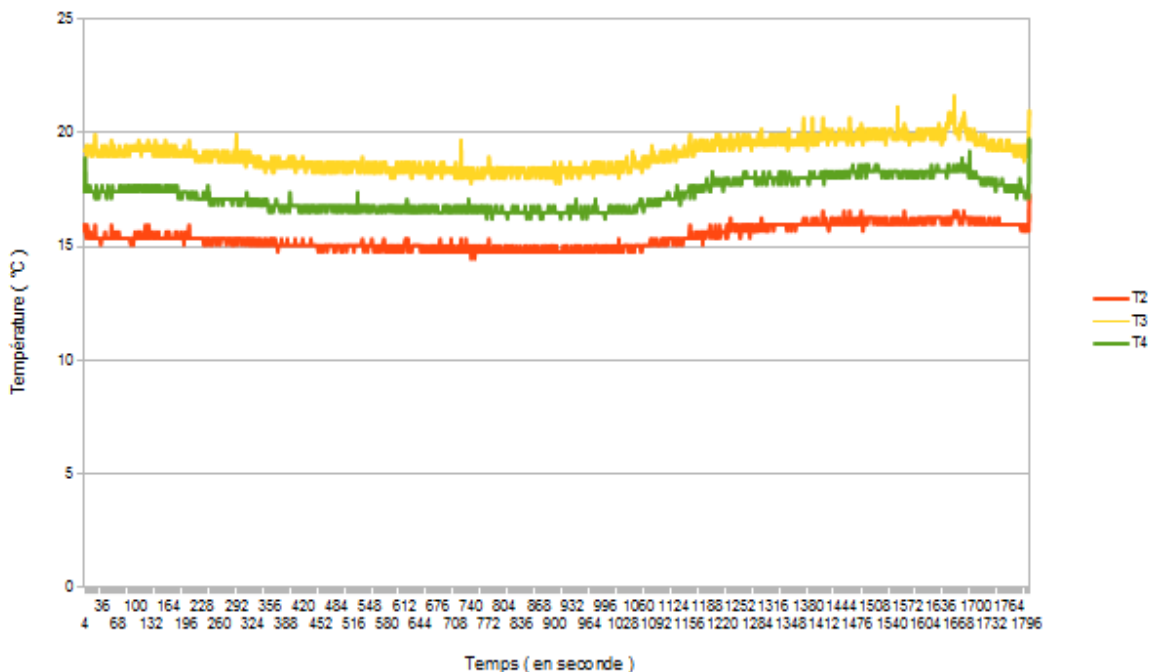
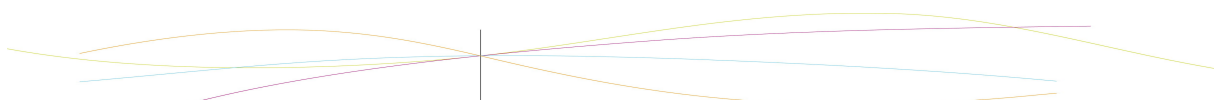
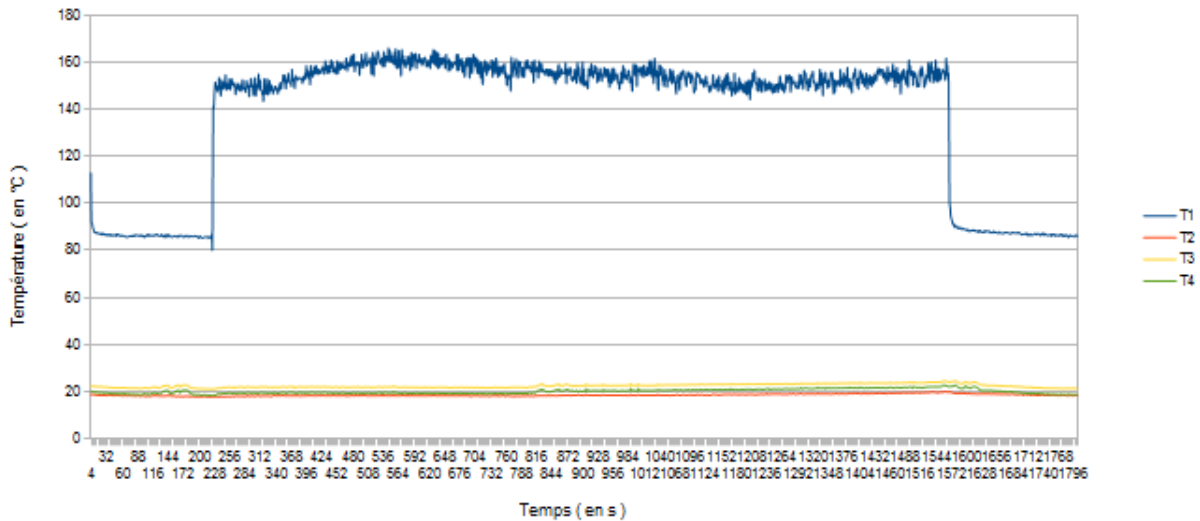


Illustration 12: Graphique température sans chauffage



**b) Mesures avec chauffages**



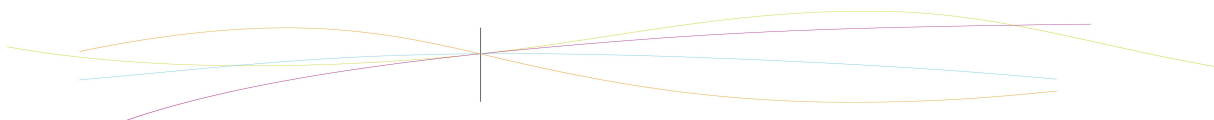
*Illustration 13: Graphique des températures avec chauffage (vision du déclenchement)*

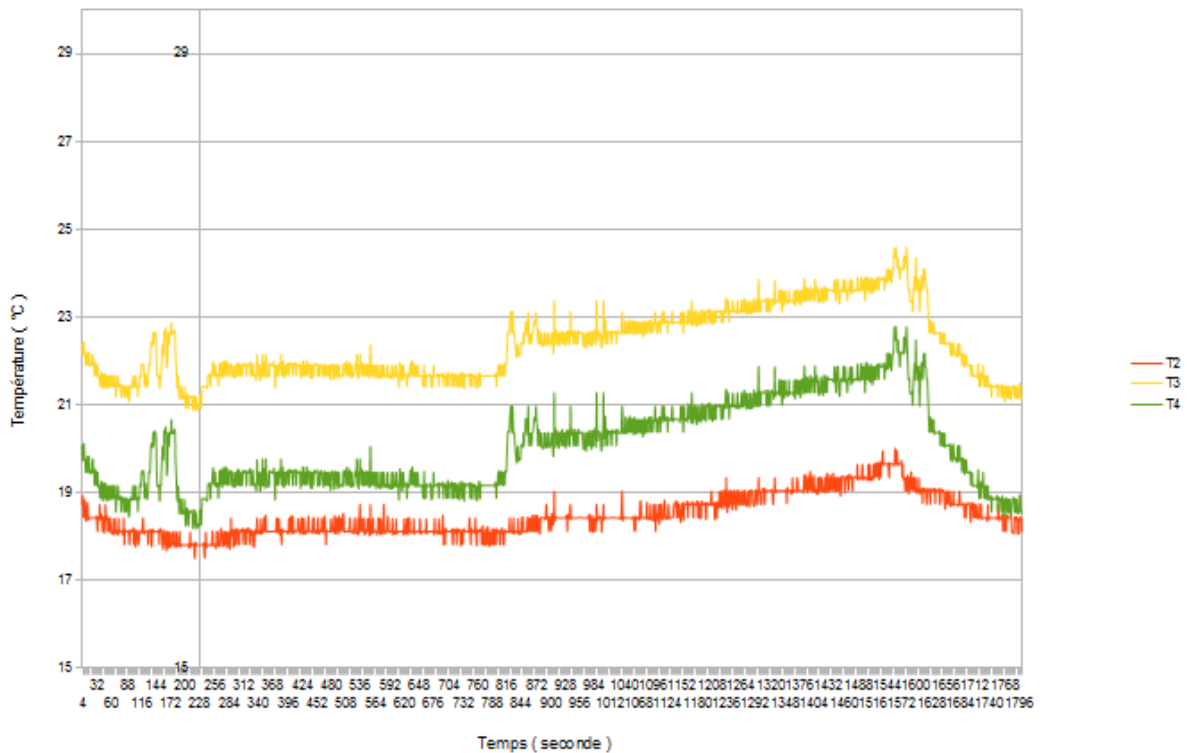
Lors de la deuxième série de mesures, nous avons installé le système de thermostat ainsi que le chauffage. Nous avons ainsi pu observer l'impact du chauffage sur les différents relevés de températures.

Tout d'abord, la diode 1, placée juste au dessus du radiateur, détecte quasi-instantanément la mise en marche du radiateur. On peut observer sur le graphe un large écart dans les valeurs affichées par la diode 1 même lorsque le chauffage est éteint. Cependant, cette diode ne servant qu'à signaler les temps d'allumage et d'extinction du chauffage, nous n'y avons pas prêté plus d'attention. On a remarqué que cette diode avait bien indiquée la bonne température pour nos tout premier test mais lorsque nous avons lancé les mesures, une amplification ou décalage à eu lieu, nous soupçonnons un des deux amplificateur opérationnel car rien n'était anormal. On constate ainsi qu'elle relève des température 70 °C plus élevés que les températures réelles.

Ensuite, nous avons pu observer que la diode 2, située au niveau du sol, à côté du radiateur, n'était pas influencée par le fonctionnement du radiateur. En effet, toute la chaleur étant soufflée vers le haut, la température au sol, à coté du radiateur, ne varie pas ou très peu.

La diode 3 qui se situe à mi-hauteur de la pièce, détecte les variations de chaleur dues au radiateur. On remarque sur les courbes de relevés des températures que la température au point 3 varie plusieurs minutes après que le radiateur se soit mis en marche. Cela peut s'expliquer notamment par le fait qu'elle est située a plus d'un mètre du radiateur et il est donc logique qu'un décalage dans le temps existe, surtout vu la taille de la pièce dans laquelle les expériences ont été réalisées.

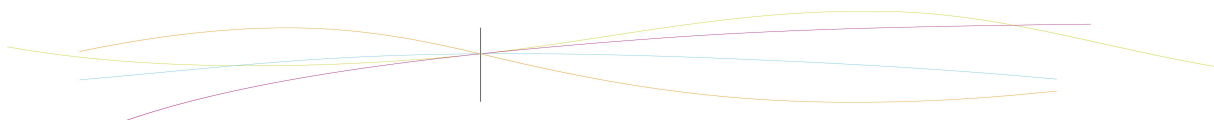




*Illustration 14: Le trait vertical correspond au moment exact où le chauffage s'allume*

Pour finir, la diode 4 montre aussi des variations lors de l'allumage du radiateur. Cependant, elles sont beaucoup plus rapides que celles de la diode 3 alors qu'elle se situe plus loin du radiateur. En effet, l'air chaud expulsé par le radiateur monte verticalement jusqu'au plafond puis se propage dans tous les sens une fois tout en haut. Ainsi, la diode située au plafond détecte les variations de température plus rapidement que la diode située à mi-hauteur car la diode 3 n'est pas directement au-dessus du radiateur mais légèrement décalée. Cette diode ne réagit donc qu'une fois le volume d'air qui l'entoure soit chauffé, ce qui prend du temps.

Nous avons réussi à faire une dernière série de mesure présentant les températures où le chauffage à fonctionner différemment. En effet, il s'est allumé deux fois sur les 30 heures de mesures. Ces graphiques apparaissent encore plus pertinent car on constate que la température moyenne de la pièce est réguler réellement par le thermostat. Nous mettons les graphes en annexe.



## 5. Conclusions et perspectives

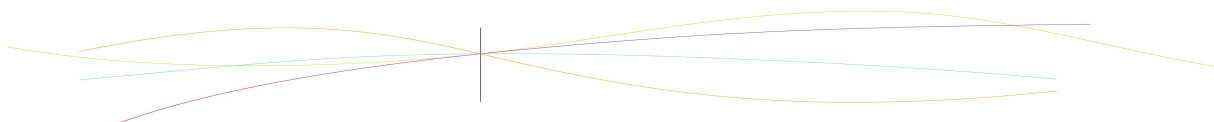
On peut donc conclure que notre but a été atteint. Nous avons réussi à adapter un thermostat d'ambiance au chauffage mobile. Lorsque la température était inférieure à la consigne, nous avons observé la mise en route du chauffage et une fois la température de consigne atteinte, le thermostat coupait effectivement l'alimentation.

Cependant, nous avons du faire face à certaines difficultés :

- Nous avons perdu beaucoup de temps lors des premières séances en ce qui concerne l'acquisition du matériel
- Avant qu'une salle ne nous soit attribuée, nous avons constaté au fil des semaines que notre montage électrique (avec les résistances et les ampli-op) a été altéré plusieurs fois. Ainsi, nous avons perdu du temps au début de chaque séance pour récupérer les différentes parties de notre circuit et ré-étalonner les différentes diodes par exemple.
- Nous n'avons lancé nos mesures que pendant les mois de mai et juin, durant lesquels l'utilisation d'un chauffage n'a que peu d'influence sur la température d'une pièce. Ainsi, plusieurs de nos expériences étaient inutilisables car le chauffage ne s'est jamais déclenché, à cause de la forte chaleur des journées. Nous avons bénéficié aussi d'une pièce d'une cinquantaine de mètres carrés et malheureusement le chauffage était sans doute trop petit en comparaison de la pièce pour réussir à chauffer rapidement la pièce. En effet lors des premières mesures nous avons régler le thermostat sur 25 °C mais le chauffage n'a jamais réussi à atteindre cette température (23,5°C au maximum) pourtant les températures extérieures n'étaient pas si froide.

Tout ce temps gâché nous aurait permis d'approfondir plus notre sujet. En effet, nous envisagions de lancer une mesure de température avec l'utilisation du thermostat intégré au chauffage afin de comparer notre thermostat avec celui du constructeur. Nous prévoyions également de mesurer la puissance consommée par le chauffage lors des différentes expériences mais nous n'avons eu le matériel nécessaire.

Néanmoins, nous considérons ce projet comme étant une très bonne expérience dans notre formation d'ingénieurs. Il nous a permis d'évoluer en groupe, ce qui sera souvent le cas dans notre carrière. De plus, l'autonomie accordée nous a été bénéfique. Nous avons dû nous débrouiller, prendre des initiatives et apprendre à gérer les problèmes rencontrés.



## 6. Bibliographie

[1] lien internet : <http://www.installations-electriques.net> (valide à la date du 10/06/2014).

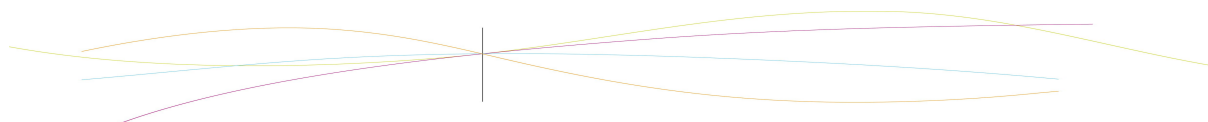
[2] lien internet : <http://www.conseilthermique.org> (valide à la date du 19/05/2014).

[3] lien internet : <http://www.wikipédia.org> (valide à la date du 19/05/2014).

[1] livre : Dictionnaire de physique expérimentale Tome 4 « L'électricité », Jean Marie DONNINI, Lucien QUARANTA *Editions Pierron*

Remarque :

Montage électrique inspiré d'un TP de Monsieur Guillotin Professeur à l'INSA de Rouen



**Calcul de l'équation liant U à U<sub>ak</sub> :**

On utilise tout d'abord la méthode du pont diviseur de courant pour trouver :

$$V_{R2}^- = \frac{V_{ak} \times R_2}{(R_3 + R_2)}$$

Puis, on utilise le théorème de Milman :

$$V^+ = \frac{\frac{U}{R_5} + \frac{V_E}{R_4}}{\frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_4}} = \frac{V_{ak} \times R_2}{(R_3 + R_2)}$$

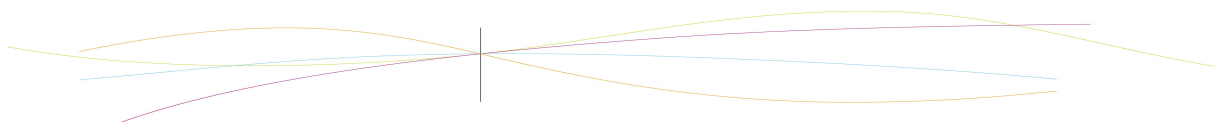
Comme R<sub>4</sub> = R<sub>3</sub>

$$\frac{\frac{U}{R_5} + \frac{V_E}{R_3}}{\frac{R_5 + R_3}{R_5 \times R_3}} = \frac{V_{ak} \times R_2}{(R_3 + R_2)}$$

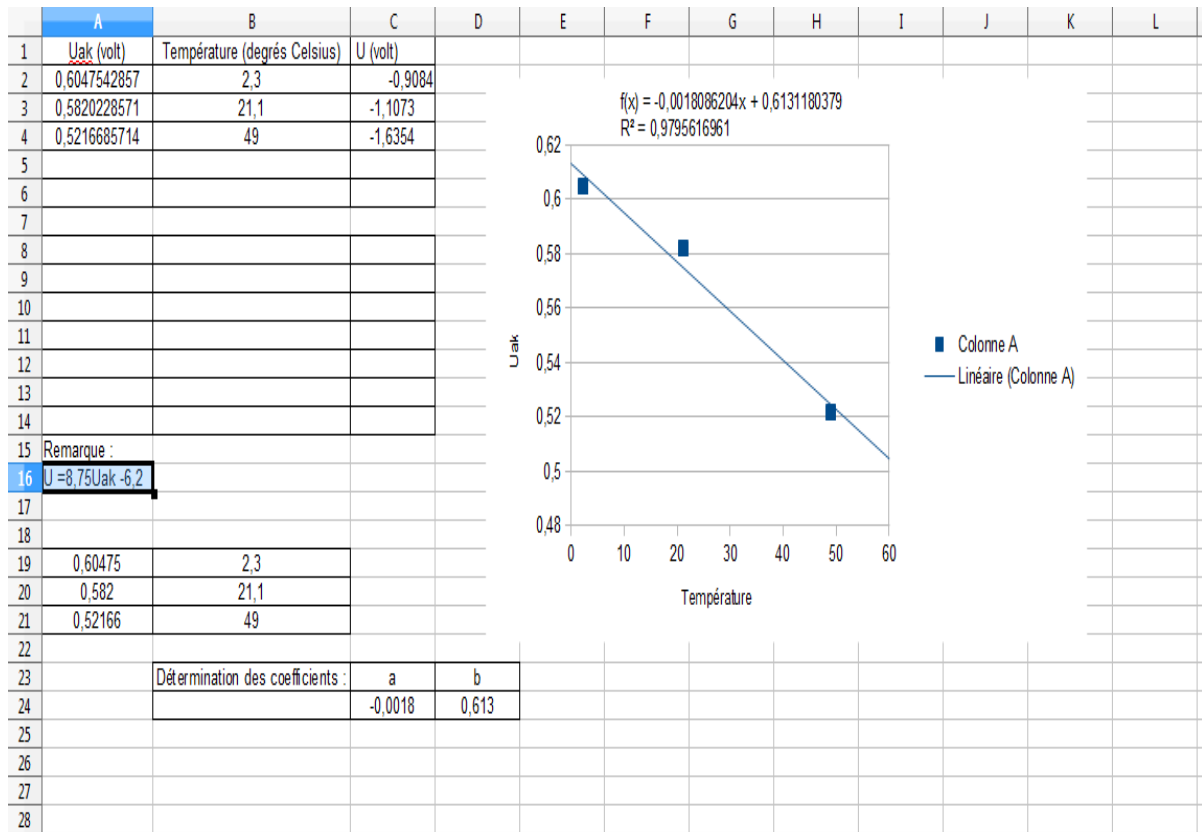
$$U = V_{ak} \times \frac{R_2(R_3 + R_5)}{(R_3 + R_2)R_3} - V_E \times \frac{R_5}{R_3}$$

On a de plus : U<sub>ak</sub> = V<sub>ak</sub> - 5

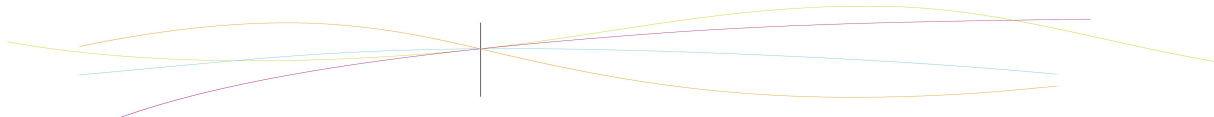
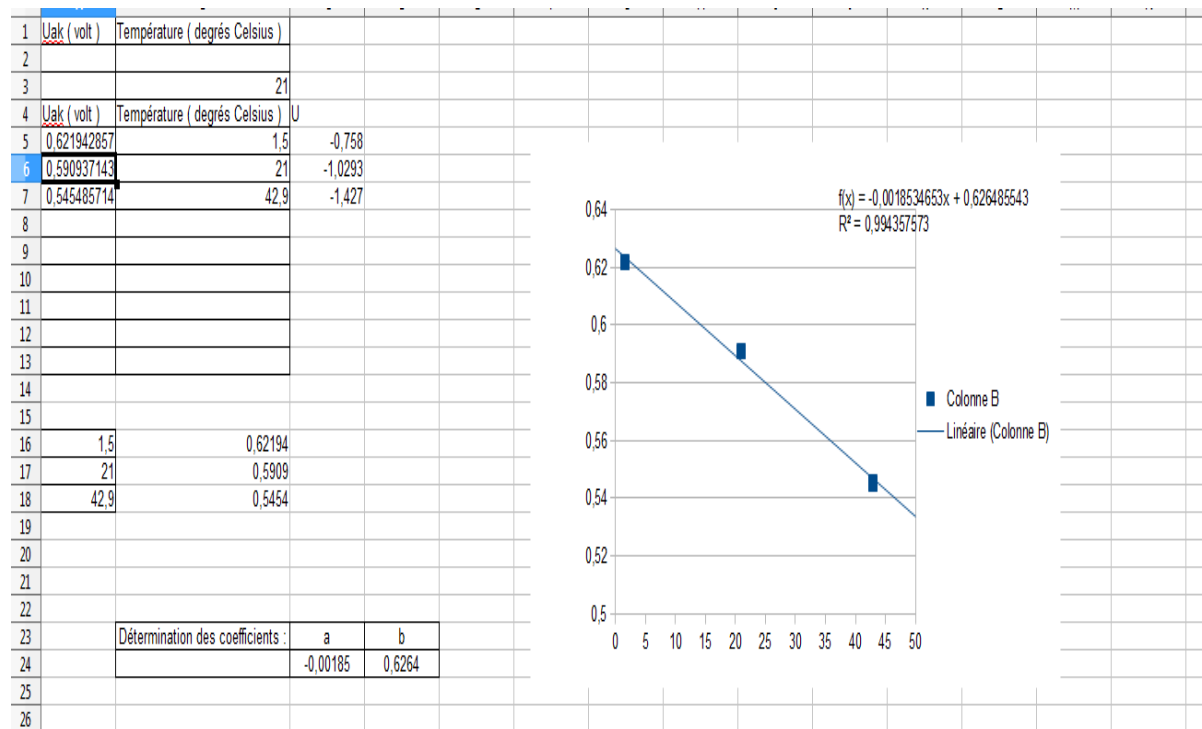
$$U = V_{ak} \times \frac{R_2(R_3 + R_5)}{(R_3 + R_2)R_3} + 5 \times \frac{R_2(R_3 + R_5)}{(R_3 + R_2)R_3} - V_E \times \frac{R_5}{R_3}$$



### Étalonnage de la diode 1 :

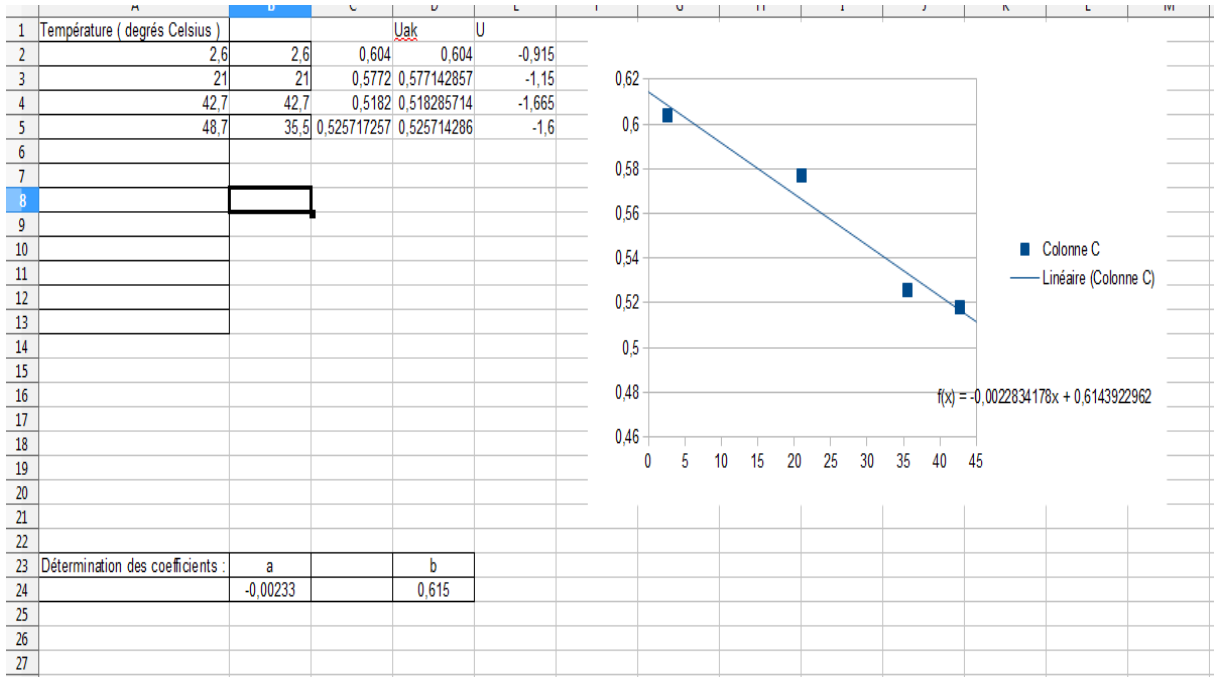


### Étalonnage de la diode 2 :

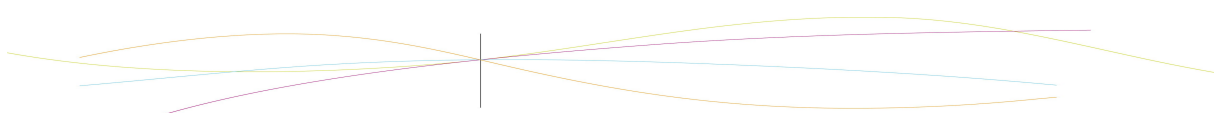
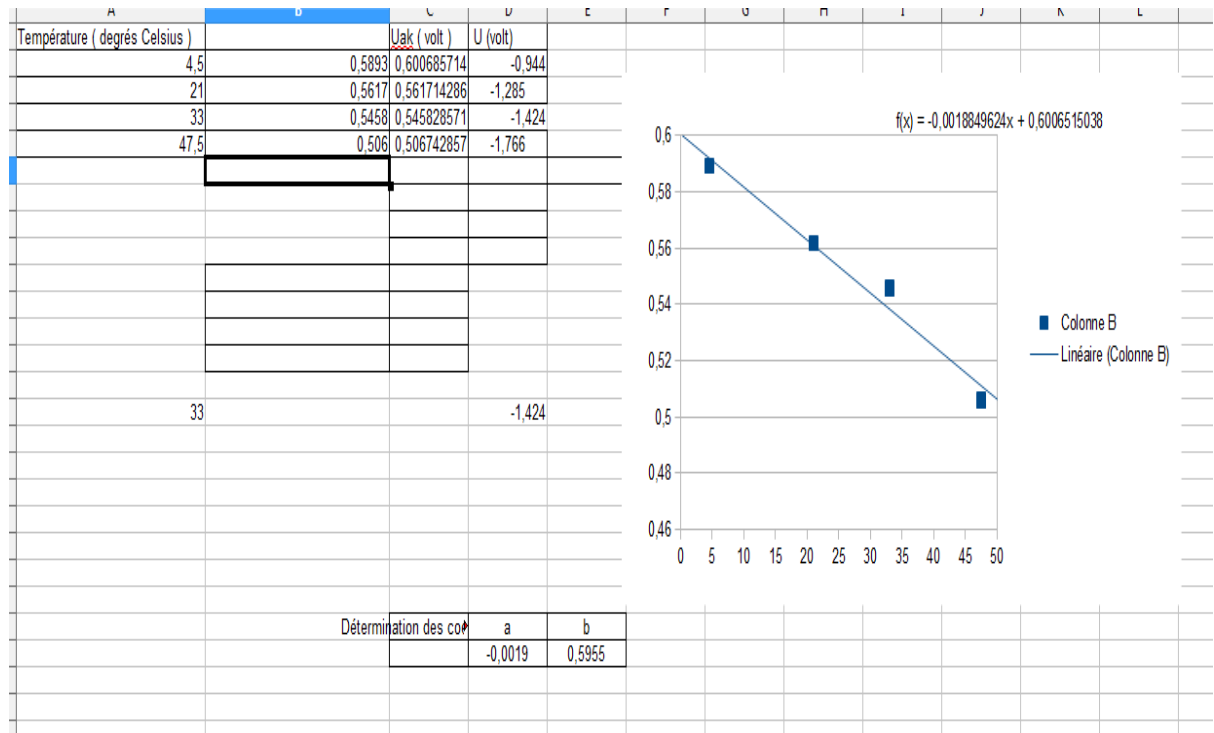




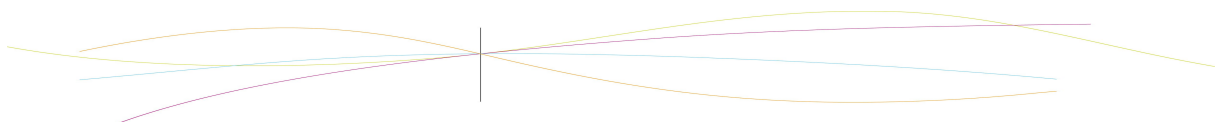
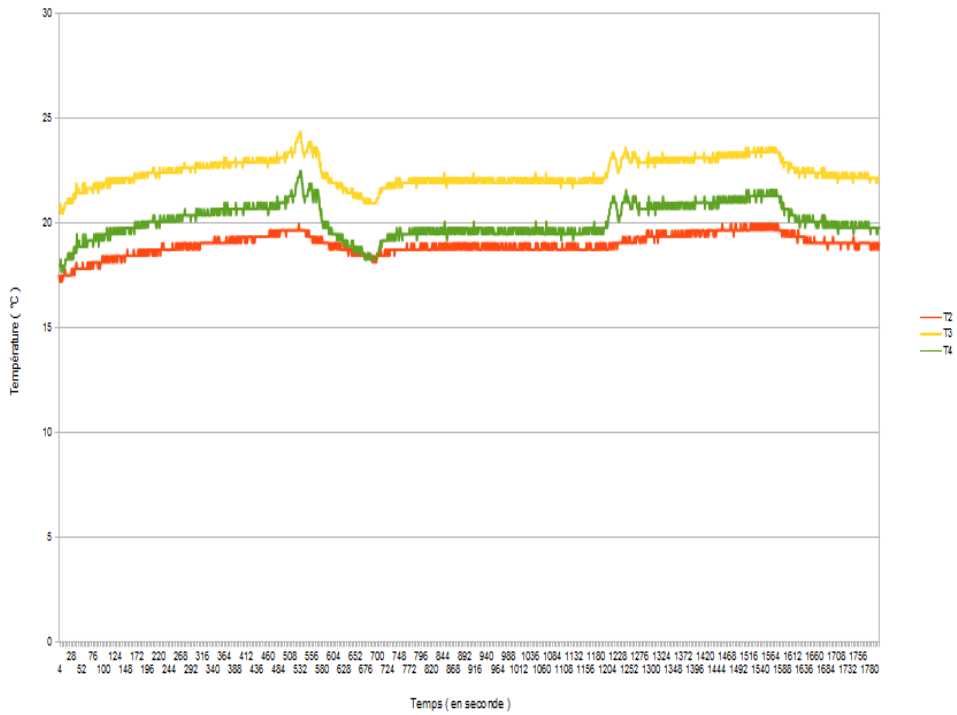
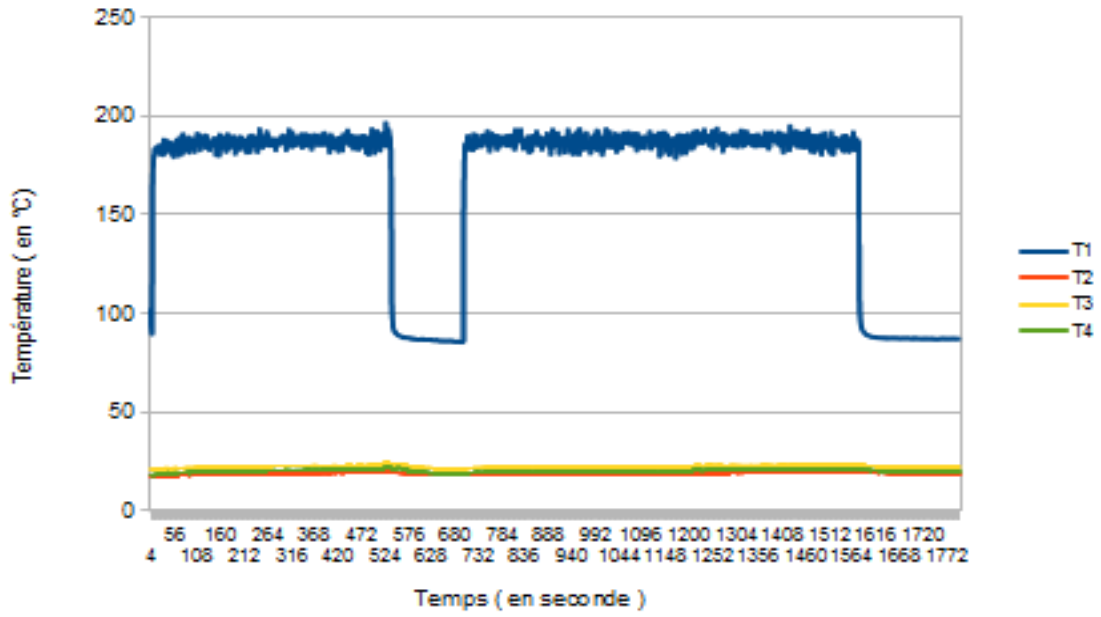
### Étalonnage de la diode 3 :



### Étalonnage de la diode 4 :



**Graphiques des mesures de température additionnels :**



## 8. Propositions de sujets de projets (en lien ou pas avec le projet réalisé)

Nous pensons qu'un projet qui pourrait suivre le notre serait de comparer plusieurs chauffages utilisant différente technologie et ainsi définir de façon expérimental lequel est le plus économique, celui qui permet de monter la pièce à la température de consigne le plus rapidement possible. Le mieux serait de bénéficier d'une pièce plus petite pour que les mesures soient plus pertinentes.

Un autre projet possible serait de comparer le système de régulation que nous avons fabriqué avec d'autres systèmes de régulation (celui du chauffage mobile ou bien avec un autre thermostat.

