

LA VILLE :

Récupération d'énergie à l'aide d'eaux usées

n°14693

TIPE 2023

Thomas Panis



Sommaire

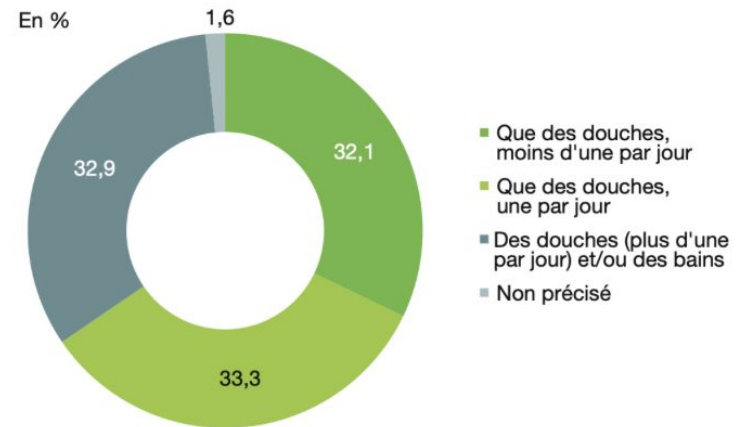
- I Récupération d'énergie à l'aide d'une chute d'eau:
 - a) Étude de la vitesse de rotation de l'hélice
 - b) Étude de l'évolution de la tension au cours de l'expérience

- II Récupération d'énergie à l'aide de transferts thermiques
 - a) Étude théorique du modèle
 - b) Étude expérimentale du modèle
 - c) Explication des résultats

Introduction

- Problématiques énergétique et écologique
- Recherche d'une énergie verte
- Réduction de la consommation d'énergie
- Avantages économiques

Graphique 8 : l'hygiène corporelle : un ménage sur trois se plie à la règle de la douche quotidienne

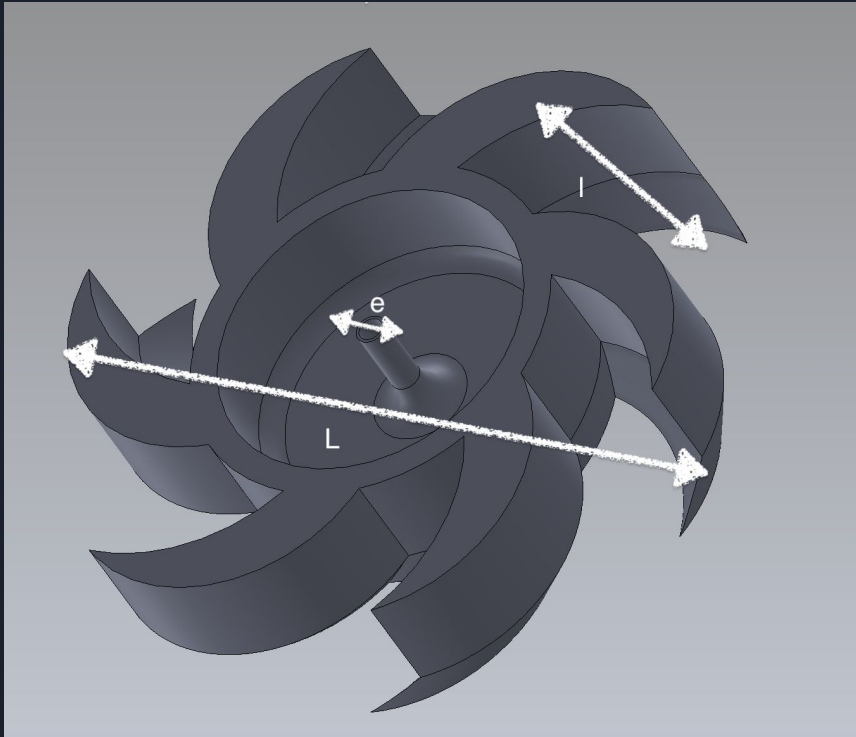


Champ : ménages de France métropolitaine.
Source : SOeS, enquête Phébus

Comment réaliser des économies d'énergie à l'aide des eaux grises ?

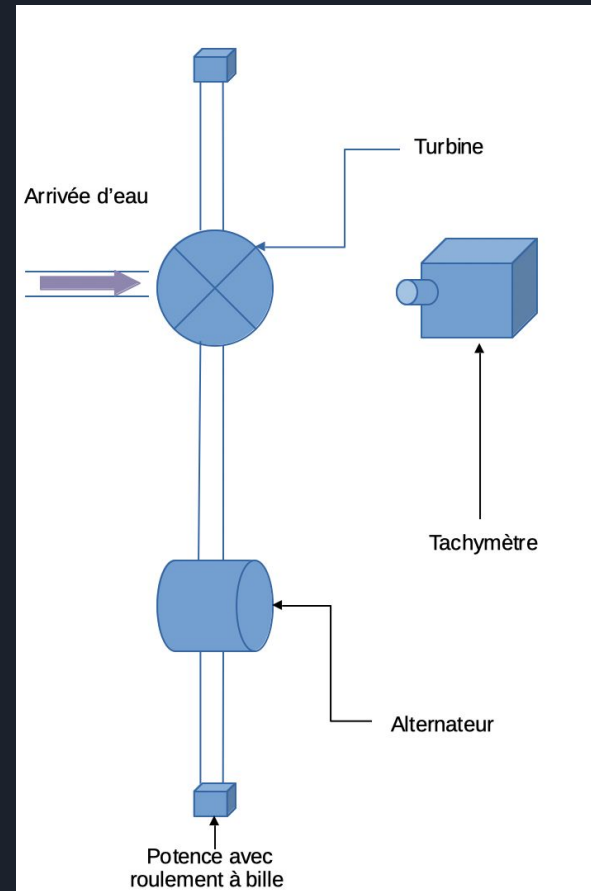
I.a Étude de la vitesse de rotation de l'hélice

Hélice dessinée sur solidworks :



Côtes de l'hélice: $L=18\text{cm}$, $l=4\text{ cm}$, $e=6\text{mm}$

Schéma du montage



I.a Étude de la vitesse de rotation de l'hélice

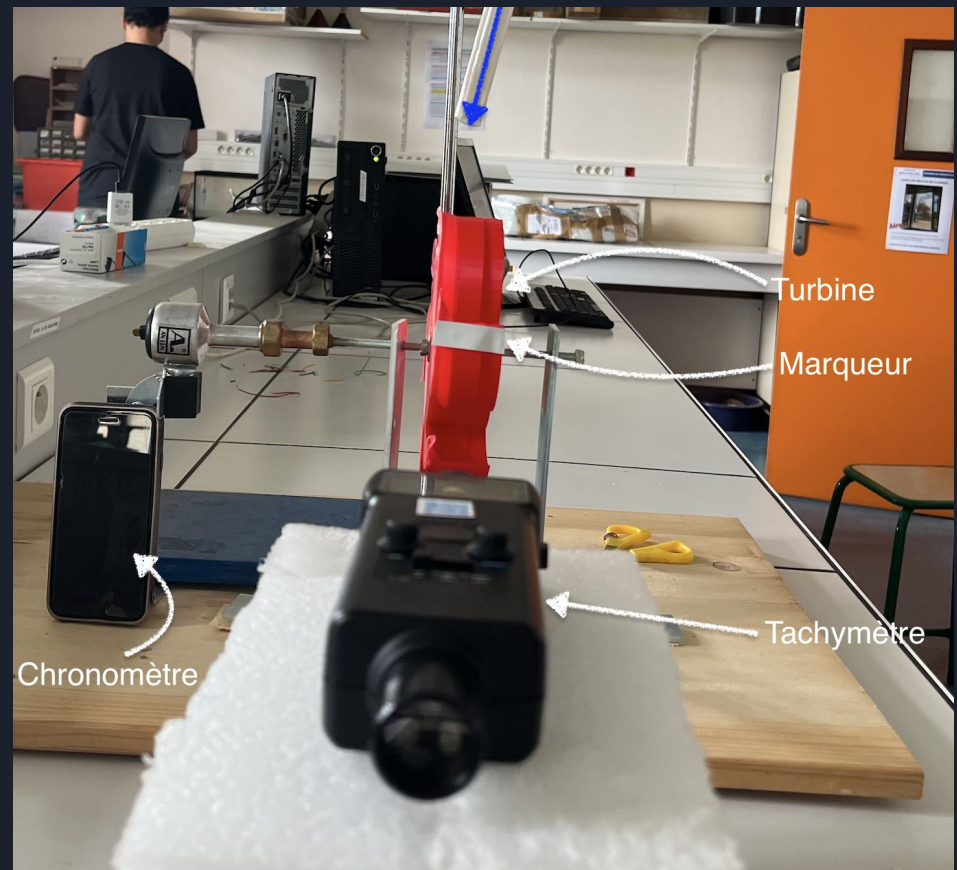
Mesure Globale:

- On mesure avec un chronomètre et avec le volume d'eau utilisé la Vitesse débitante de notre écoulement
- $V = 0,51 \pm 0,06 \text{ m.s}^{-1}$

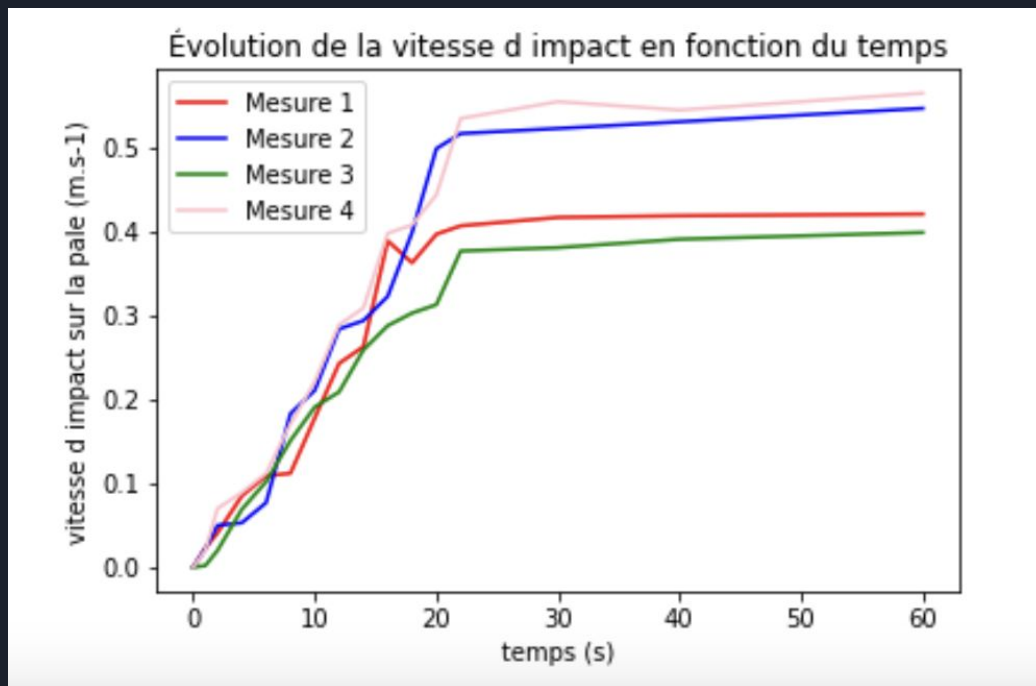
Caractéristiques:

- dynamo 6V maximum
- $U = k \cdot \Omega$ avec $k = 0,27$
- 6V/3W
- résistance T3
- rendement 40%

Montage mesurant la vitesse de rotation à l'aide d'un tachymètre :



I.a Étude de la vitesse de rotation de l'hélice

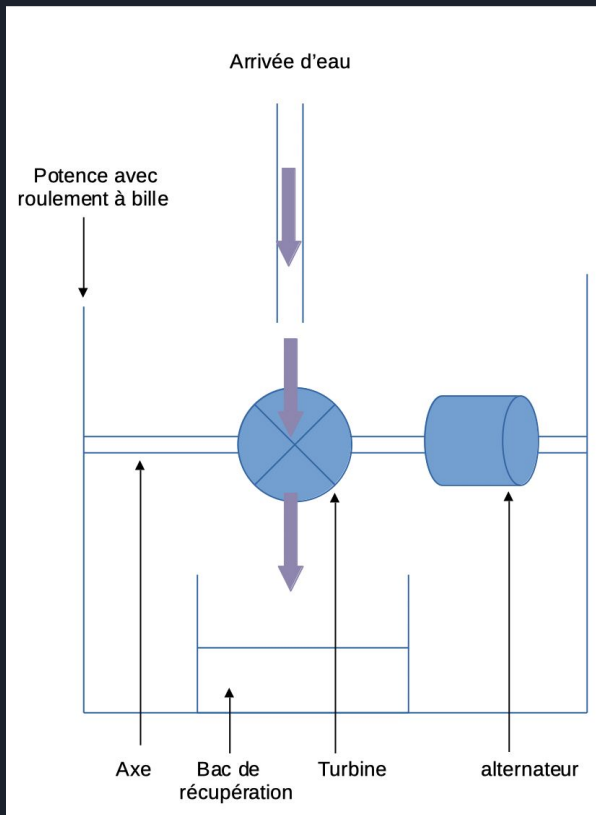


Analyse:

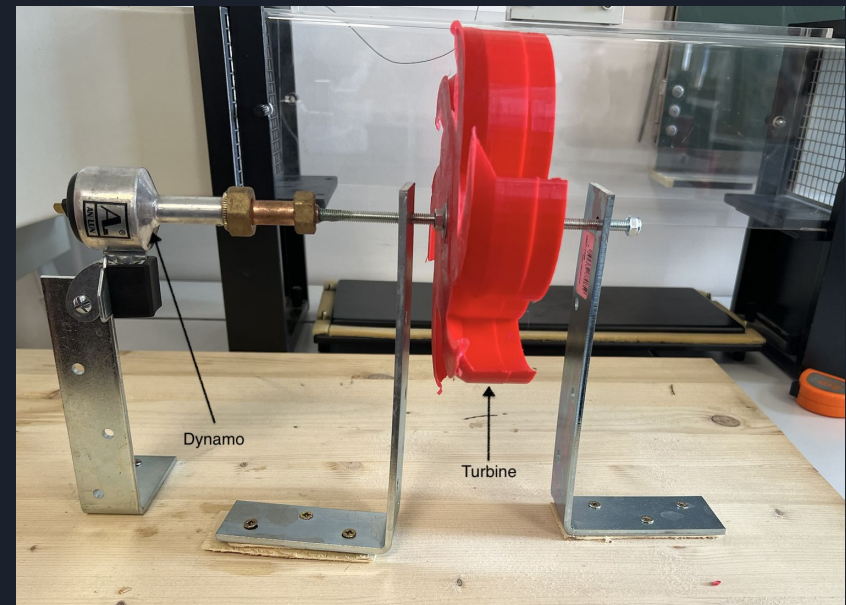
- Aux alentours de 22s on observe l'arrivée d'un régime permanent
- Valeur moyenne de la vitesse d'impact sur la pale en $m.s^{-1}$ du palier:
 - Bleu : 0,419
 - Rouge : 0,534
 - Vert : 0,391
 - rose: 0,555
- donc $v = 0,473 \pm 0,047$
- incertitude type A

I.b Étude de l'évolution de la tension au cours de l'expérience

Schéma du montage :

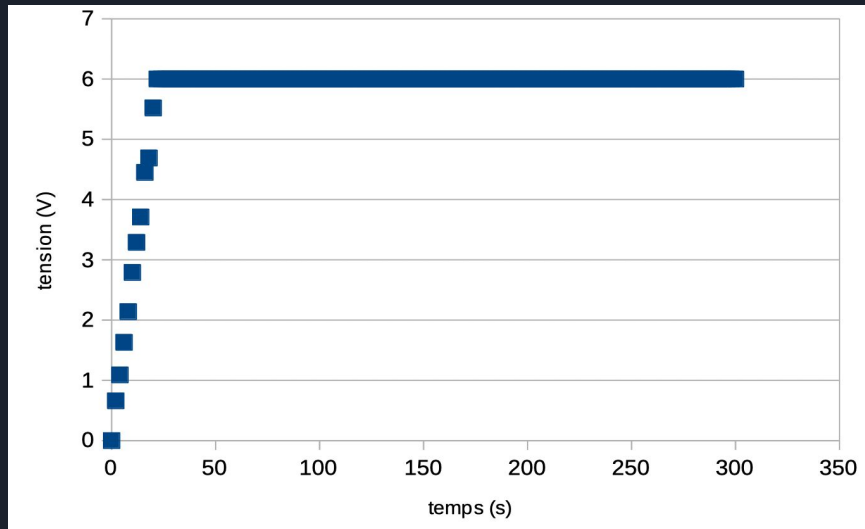


Montage Expérimental :

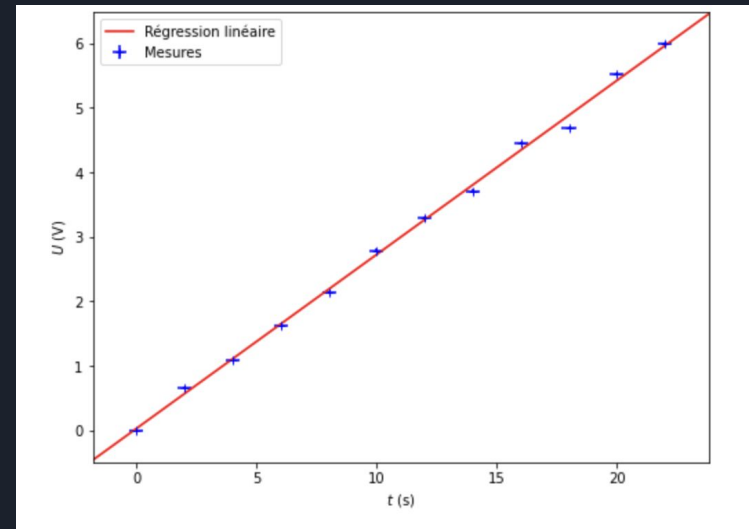


I.b Étude de l'évolution de la tension au cours de l'expérience

Évolution de la tension en fonction du temps :



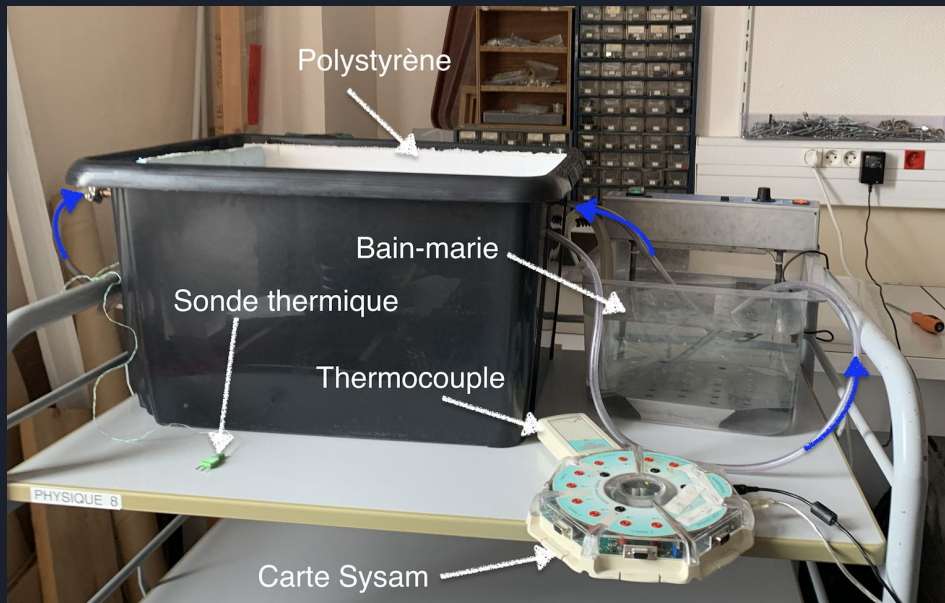
Monte-Carlo de la partie linéaire de la courbe :



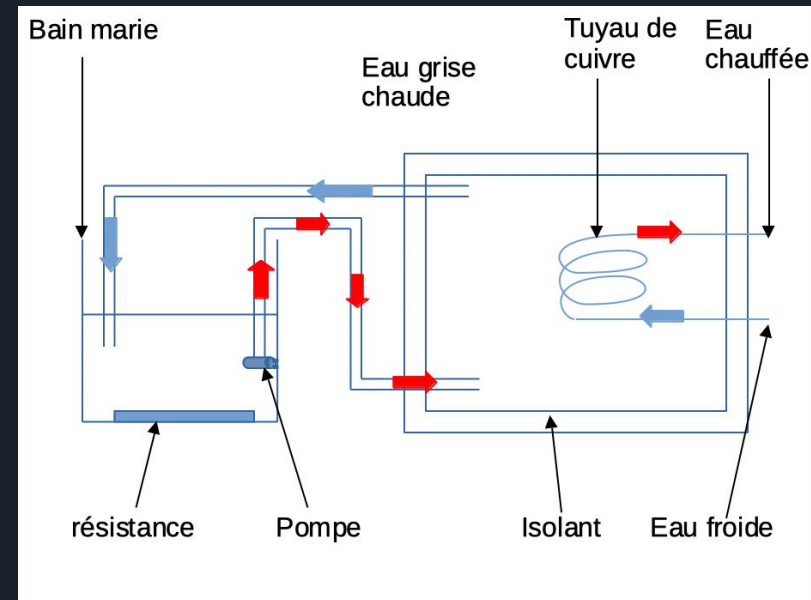
Vérification de $u = k \cdot \Omega$

II.a Étude théorique du modèle

Montage vue du dessus :



Montage expérimental :

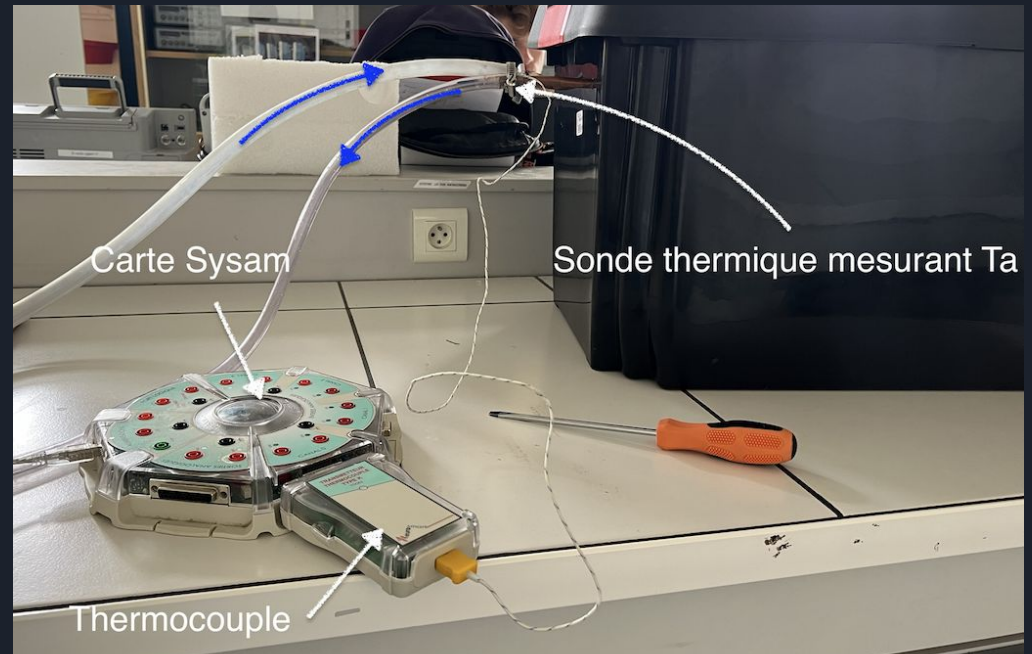


II.a Étude théorique du modèle

Objectif du montage:

- T_a = température à la sortie du circuit thermique
- Mesure de la température T_a avec la sonde thermique à la sortie du circuit thermique
- Comparer le modèle avec et sans isolant

Vue latérale du montage :

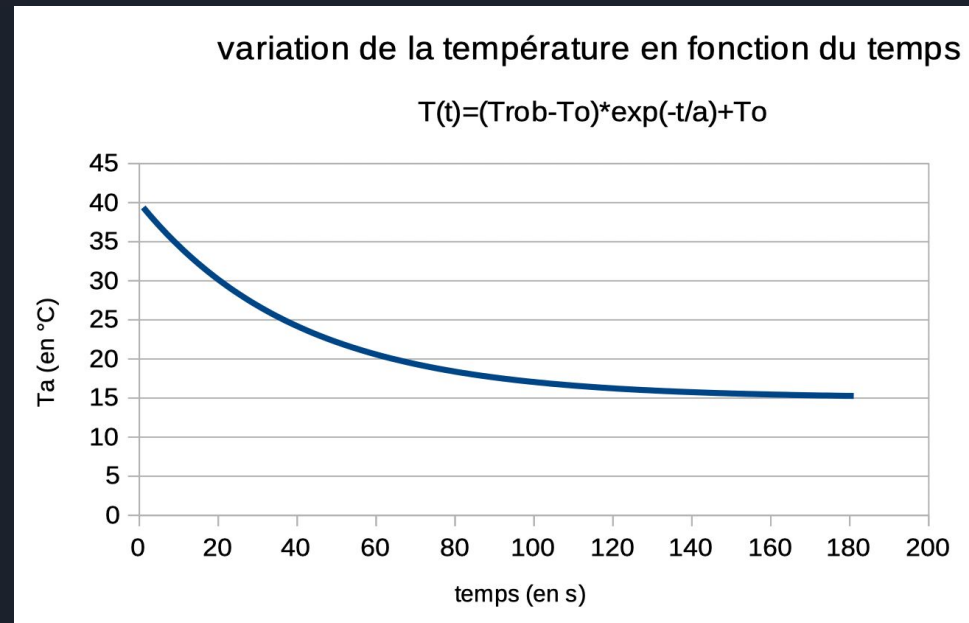


II.a Étude théorique du modèle

Mise en équation:

- $T(t) = (T_{rob} - T_o)e^{-\frac{1}{a}t} + T_o \quad a = \frac{vcS\mu}{2\pi rh}$
- Aucun transfert conducto-convectif
- Isolation parfaite

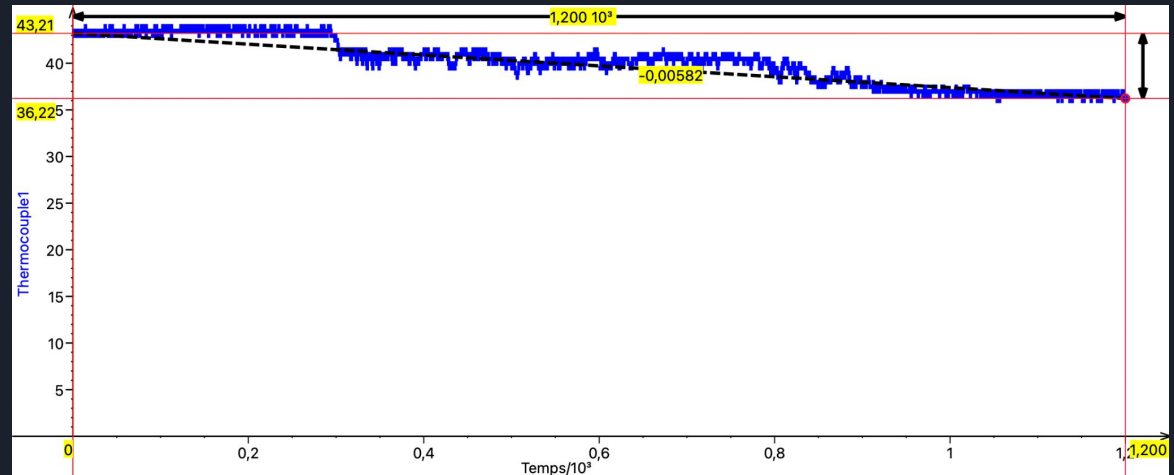
Modèle théorique:



II.b Étude expérimentale du modèle

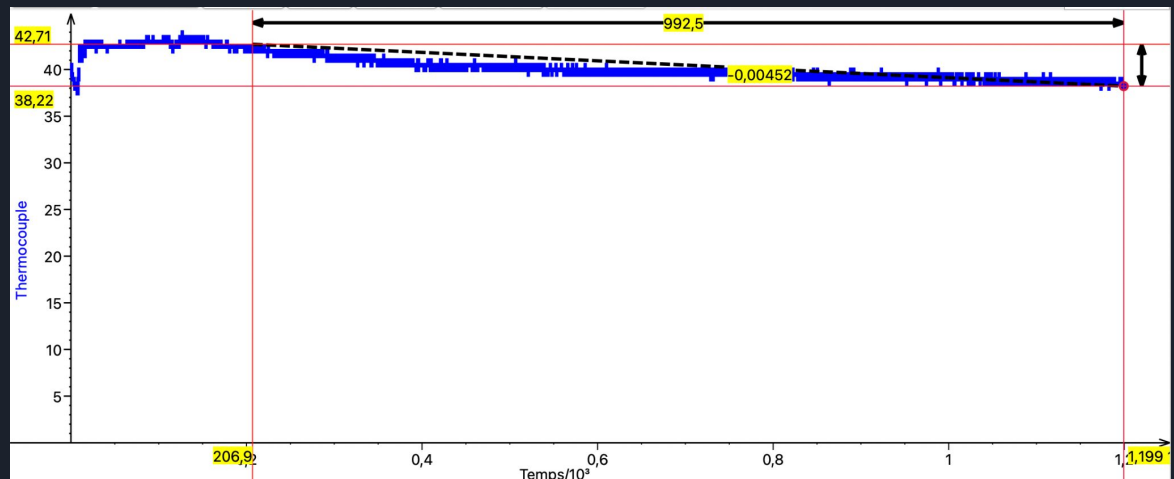
Évolution de la température en fonction du temps sans isolant

- Passage de 43,21 °C à 36,22 °C
- Analyse statistique :
 - 39,6 °C de moyenne
 - Plus de 4000 mesures pour 37° C



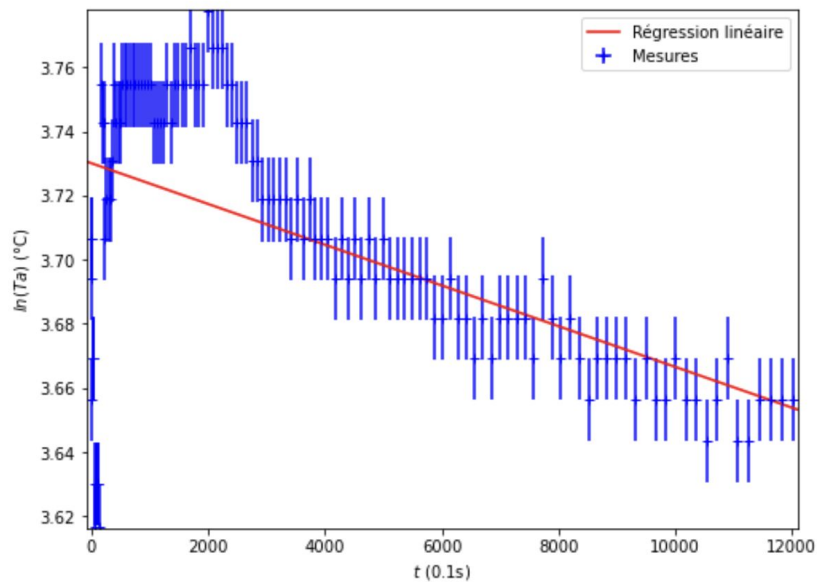
Évolution de la température en fonction du temps avec isolant

- Passage de 42,71 °C à 38,22 °C
- Analyse statistique :
 - 40,47 °C de moyenne
 - Moins de 3000 mesures pour 38°C

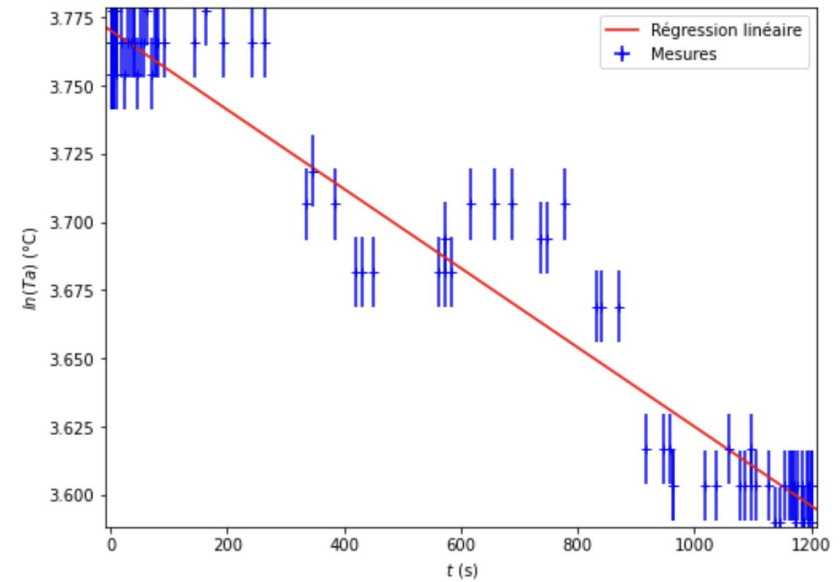


II.b Étude expérimentale du modèle

Monte-Carlo avec isolant :



Monte-Carlo sans isolant :

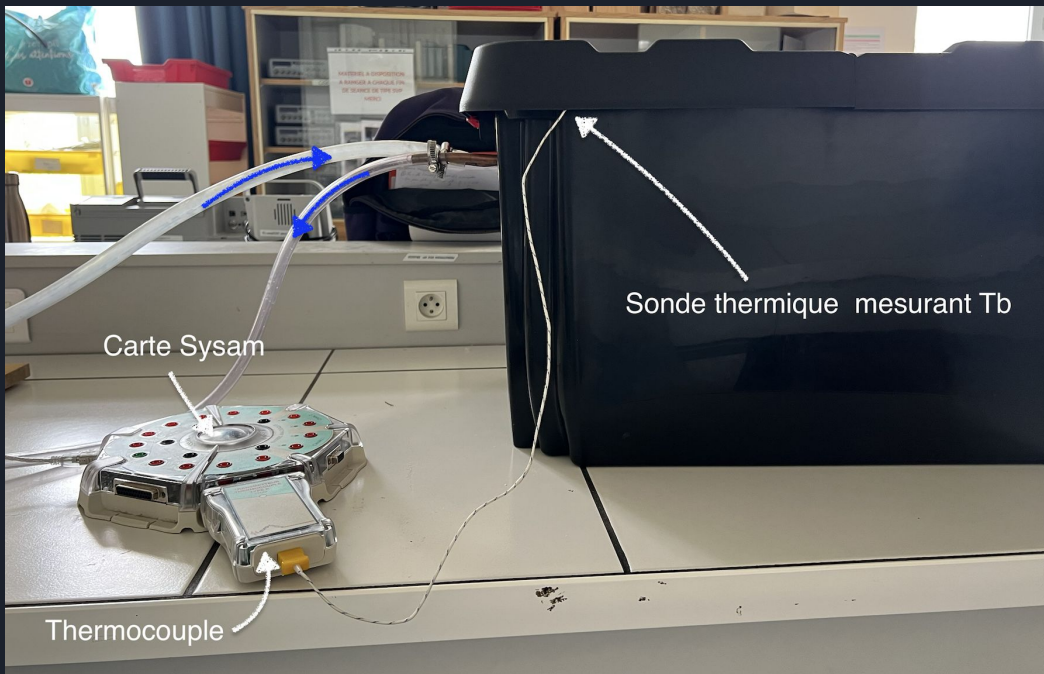


II.c Explication des résultats

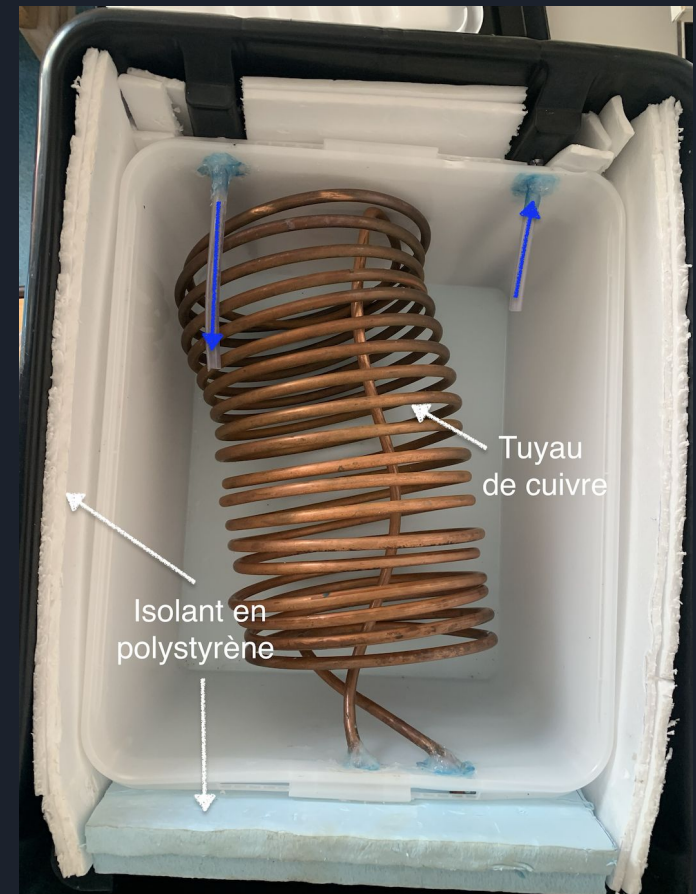
Objectif :

- Expliquer la provenance de la différence de température entre le modèle avec et sans isolant

Vue latérale du montage :



Vue du dessus du montage :



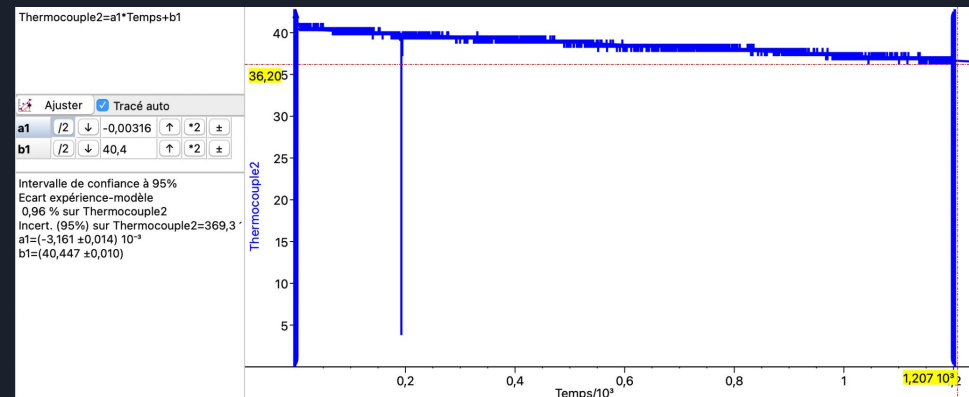
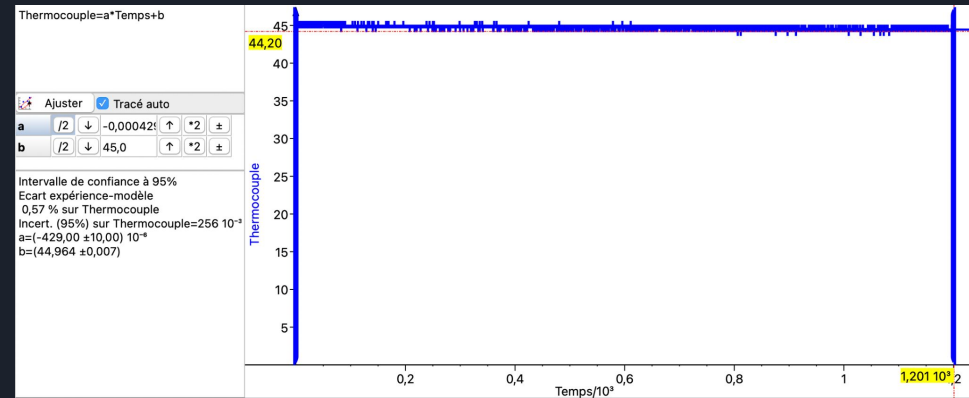
II.c Explication des résultats

Évolution de la température à l'intérieur de la caisse en fonction du temps, avec isolant

- $-0,8^{\circ}\text{C}$ en 20 min
- $\lambda=0,015 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ isolant agit comme résistance

Évolution de la température à l'intérieur de la caisse en fonction du temps, sans isolant

- -4°C en 20 min
- $\lambda=0,024 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ plus faible donc plus d'échanges thermiques





Conclusion

Rentabilité de la chute d'eau:

- 1 volt=0,0069€
- 1 adulte 90 L d'eau par semaine
- d'où 3,93€ d'économie pour une personne

Problématique:

- Stockage de l'énergie
- la durée de vie d'un alternateur
- écoulement sur une faible période
- eau sans déchets
- coût des travaux

Rentabilité de la diffusion thermique:

- 1,162 Watt Heure pour chauffer 1 m³ d'eau de 1°C
- prix du Kwh 0,2062 €
- économie de 5,99€

Problématique:

- Acheminement du liquide chauffé
- Problème lié à la modélisation
- Les pertes thermiques

Annexes

Code Python Monte-Carlo:

```
1 import numpy as np
2 from math import *
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 %pylab inline
5
6 x=np.array([0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22])
7 y=np.array([0.000,0.66,1.09,1.63,2.14,2.79,3.29])
8 dx=1/(2*sqrt(3))
9 dy=0.025
10
11 N=10000
12
13 #liste des pentes
14 ta=[]
15 #liste des ordonnées
16 tb=[]
17
18 for i in range(0,N):
19     l = len(x)
20     mx=np.random.uniform(x-dx,x+dx,l)
21     my=np.random.uniform(y-dy,y+dy,l)
22     p=np.polyfit(mx,my,1)
23     ta.append(p[0])
24     tb.append(p[1])
25
26 #pente et ordonnées moyennes
27 a = np.mean(ta) #calcul la moyenne
28 b = np.mean(tb)
```

```
29
30 #incertitude sur la pente et l'ordonnée
31 u_a = np.std(ta) #calcul l'écart type
32 u_b = np.std(tb)
33
34 #Pour le tracé
35 yfit = a*x + b
36
37 # Pour les résidus
38 res = yfit-y
39
40
41 n=len(x)
42 pas=abs(max(x)-min(x))/n
43 x1=min(x)-pas
44 x2=max(x)+pas
45 y1=min(y)-abs(a*pas)
46 y2=max(y)+abs(a*pas)
47 xfit=np.linspace(x1,x2,n)
48
49 plt.figure(figsize=(8,6))
50 plt.xlabel(r'$t$ (s)')
51 plt.ylabel(r'$U$ (V)')
52 plt.axis([x1,x2,y1,y2])
53 plt.plot(xfit, b + a*xfit, 'r', label='Régression linéaire')
54 plt.errorbar(x,y,xerr=dx,yerr=dy,fmt='b+',zorder=2,label='Mesures')
55 plt.legend()
56 plt.show()
```

Annexes

Vitesse débitante $m. s^{-1}$	0,59	0,39	0,42
-------------------------------	------	------	------

Vitesse d'impact sur la pale $m. s^{-1}$	0,419	0,534	0,391	0,555
--	-------	-------	-------	-------

Incertitude sur la vitesse débitante:

$$u(v) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \text{ or } \Delta = \frac{V_{max}-V_{min}}{2} = \frac{0,59-0,39}{2} = 0,1 \text{ donc } u(v) = 0,06$$

Incertitude Vitesse d'impact de l'eau sur le haut de la pale:

$$u(v) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \text{ or } \Delta = \frac{V_{max}-V_{min}}{2} = \frac{0,555-0,391}{2} = 0,082 \text{ donc } u(v) = 0,047$$

Annexes

Équation de diffusion

Premier principe enthalpique: $dH = dW' + dQ$ or $dQ = -\frac{1}{a}c(T - T_o)dt$ et $dW'=0$ car aucun travail fourni au système et de plus $dH=cdT$ avec $a = \frac{vcS\mu}{2\pi rh}$ donc:

$$cdT = -\frac{1}{a}c(T - T_o)dt \Leftrightarrow \frac{dT}{dt} = -\frac{1}{a}(T - T_o)$$

On obtient donc: $T(t) = Ke^{-\frac{1}{a}t} + T_o$ à l'aide des conditions initiales on a $K=T_{rob} - T_o$

$$\text{Donc: } T(t) = (T_{rob} - T_o)e^{-\frac{1}{a}t} + T_o$$

Annexes

Calcul du débit:

$$D = \frac{V}{\Delta t} = \frac{0,1}{276} = 3,62 * 10^{-4} m^3.s^{-1}$$

$$\text{de plus } D = v * S \text{ d'où } v = \frac{D}{S} = \frac{3,62 * 10^{-4}}{(1,5 * 10^{-2})^2 * \pi} = 0,51 m.s^{-1}$$

on a rayon du tuyau 1,5 cm

Annexes

Rentabilité transfert thermique:

- Il faut $1,162 \text{ kW} \cdot \text{h}^{-1}$ pour chauffer 1 m^3 d'eau de 1°C (qui est la moyenne de la température de l'ECS), il faut donc en théorie dépenser $1,162 \cdot 25 = 32,5 \text{ kW} \cdot \text{h}^{-1}$
- Le prix du kWh EDF est actuellement de $0,2062 \text{ €}$. Donc Il coûte $32,5 \cdot 0,2062 = 6,5984 \text{ €}$ pour une augmentation de 25°C

Rendement de l'écoulement :

- $1 \text{ volt} = 0,0069 \text{ €}$
- un ménage de 1 personne consomme 90 L d'eau donc ménage 2 personnes
 $V = 2 * 90 = 180 \text{ L}$
- Avec notre écoulement on a écoulé 100 L en 276 s donc pour un ménage de 4 personnes $t = \frac{276 \cdot 180}{100} = 496,8 \text{ s}$
- Donc on a $r = 6 * 0,0069 * (496,8 - 22) * 0,4 = 7,86 \text{ €}$

Annexes

Fonctionnement d'une dynamo:

