TP5 Thermodynamique

Partie 1 : Rayonnement

BERREDO DE LA COLINA Lucas
MARTIN Lola

Rappel théorique

- Corps noir / corps gris
- Radiation dans le vide

Explication théorique

- Analogue électrocinétique
- Résolution exacte
- Résolution approchée

Dispositif expérimental

- Deux échantillons (gris, noir)
- Deux chambres :
  - Four (200° C)
  - Refroidessement à l'eau
- Elles peuvent être mises sous vide
- Mesures de temperature analogiques (100 points, 15 min)

Experiences

1. Corps gris, chauffage, vide
2. Corps gris, refroidissement, vide
3. Corps gris, chauffage, sans vide
4. Corps gris, refroidissement, sans vide
5. Corps noir, chauffage, vide
6. Corps noir, chauffage, sans vide

Organisation des données

```
1. tp5-gris-vide-chauff.csv
2. tp5-gris-vide-refroid.csv
3. tp5-gris-air-chauff.csv
4. tp5-gris-air-refroid.csv
5. tp5-noir-vide-chauff.csv
```

Temps	Thermocouple	EA0
0	43,2356657	0,209796296
9	50,75927386	0,214779578
18	57,27973427	0,214779578
27	64,80334243	0,219762859
36	71,32380283	0,219762859
45	77,84426324	0,22474614
54	84,36472365	0,219762859
63	90,88518405	0,22474614
72	96,90407058	0,219762859
81	102,9229571	0,22474614
90	108,4402698	0,219762859
99	113,9575824	0,214779578

Approximation graphique 1er ordre

Il ne faut que vérifier les valeur initiales, finales et approcher τ de façon qu'on trouve des courbes proches

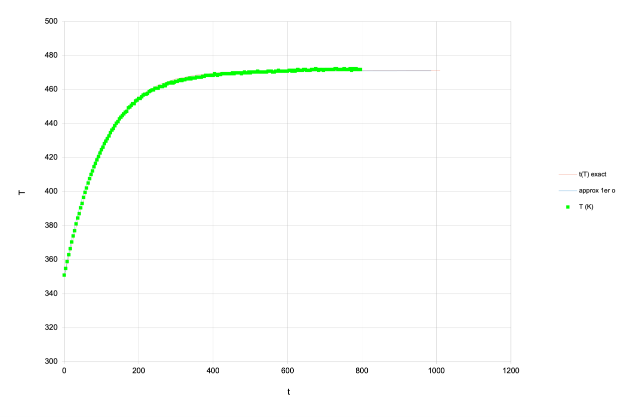

Figure – Example representation graphique : Vert : points experimentaux, Bleu : courbe théorique

Nous obtenons les prochains valeurs :

1. Corps gris, chauffage, vide $\tau =$
2. Corps gris, refroidissement, vide $\tau =$
3. Corps gris, chauffage, sans vide $\tau =$
4. Corps gris, refroidissement, sans vide $\tau =$
5. Corps noir, chauffage, vide $\tau =$
6. Corps noir, chauffage, sans vide $\tau =$

Approximation graphique 2ème ordre

1. Corps gris, chauffage, vide $\tau =$
2. Corps gris, refroidissement, vide $\tau =$
3. Corps gris, chauffage, sans vide $\tau =$
4. Corps gris, refroidissement, sans vide $\tau =$
5. Corps noir, chauffage, vide $\tau =$
6. Corps noir, chauffage, sans vide $\tau =$

Comme nous avons la résolution pour τ, nous pouvons donner ça vers un `curve_fit` dans Python.

```
def theoretical_model(t, tau):
    term1 = np.arctan(np.exp(2) * arccoth(T_kelvin_data / T_f))
    term2 = np.arctan(np.exp(2) * arccoth(T_i / T_f))
    term3 = arccoth(T_kelvin_data / T_f)
    term4 = arccoth(T_i / T_f)
    return 2 * tau * (term1 - term2 + term3 - term4)

# Use curve_fit to find the optimal tau
popt, pcov = curve_fit(theoretical_model, t_data, T_kelvin_data, p0=[1.0])
optimal_tau = popt[0]
print(optimal_tau)
```

Figure – Exemple refroidissement. Il y a aussi un fichier pour chauffement.

Comparaison des résultats

Expérience	1er ordre	2ème ordre	Python
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0

Table – Valeurs du paramètre τ

Résultats :

1. Corps gris, chauffage, vide $\tau = 96.0399...$
2. Corps gris, refroidissement, vide $\tau = 86.1429...$
3. Corps gris, chauffage, sans vide $\tau = 99.2634...$
4. Corps gris, refroidissement, sans vide $\tau = 84.5618...$
5. Corps noir, chauffage, vide $\tau = 111.8591...$
6. Corps noir, chauffage, sans vide $\tau = 90.5110...$

TP5 Thermodynamique

Partie 2 : Loi de Stefan

BERREDO DE LA COLINA Lucas
MARTIN Lola

Avertissement

Bien que nous ayons travaillé avec l'équipement et observé des résultats avec Mme Nom, nous n'avons pas enregistré de résultats numériques.

Rappel théorique

- Deduction Loi Stefan

Dispositif experimental

- Deux parties :
  - Côté emmisive - Boule à cuivre “corps noir”
  - Côté receptive - Thermopile CA2 (filtre en option) et multimètre
- Emmisivité fixé - mesure du puissance avec le multimètre
- Il faut attendre après chaque changement vers la stabilisation
- Mesures a plusieurs distances (0,3 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,2m) et temperatures (20, 60, 90, 120 $^\circ C$)

```r
distances <- c(0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1)                # Distances emitter-thermopile (m)
T_ext <- 293.15                                      # External temperature (K)
temperatures <- c(293.15, 333.15, 363.15, 395.15)    # Emmiter temperatures (K)
isFiltered <- TRUE                                   # Is the thermopile filtered? (Bool)
times <- 1:50                                        # Measurement points (default: 1:50 - once every second for 50 seconds)
```

Figure – Paramètres à choisir

```r
T_func <- function(t, PK, KC, T_ext) {
    PK * (1-exp(-KC*t)) + T_ext
}
```

Figure – Fonction pour l'évolution temporelle théorique

Approximation des résultats

```r
noisy_func_name <- paste0("NoisyDeltaV_d", d, "_T", T)
f <- function(x) {
    original_val <- original_f(x)
    noise <- rnorm(n=1, mean=1, sd=0.05)*original_val
    return(noise)
}
assign(noisy_func_name, f)
```

Figure – Ajout du bruit

Approximation des résultats

```
output_d0.3_T293.15.csv output_d0.6_T395.15.csv
output_d0.3_T333.15.csv output_d0.8_T293.15.csv
output_d0.3_T363.15.csv output_d0.8_T333.15.csv
output_d0.3_T395.15.csv output_d0.8_T363.15.csv
output_d0.4_T293.15.csv output_d0.8_T395.15.csv
output_d0.4_T333.15.csv output_d1_T293.15.csv
output_d0.4_T363.15.csv output_d1_T333.15.csv
output_d0.4_T395.15.csv output_d1_T363.15.csv
output_d0.6_T293.15.csv output_d1_T395.15.csv
output_d0.6_T333.15.csv simulation.ipynb
output_d0.6_T363.15.csv
```

Figure – Fichiers generés par le script

Time	Delta.V
1	39,14920053
2	39,60327472
3	40,01413804
4	40,38590254
5	40,72228897
6	41,02666401
7	41,30207392
8	41,55127512
9	41,77676169
10	41,98079038
11	42,16540317
12	42,33244773
13	42,48359589
14	42,62036041
15	42,74411007
16	42,85608338
17	42,95740103
18	43,04907703

Figure – Example des premières colonnes du .csv

Pour chaque fichier :

- On attend jusqu'à la courbe est presque stabilisé. (Après 30 secondes).
- On prend la moyenne des résultats après $t = 30$, afin de trouver un résultat plus proche au valeur théorique
- En utilisant la formule

$$\sigma = \frac{U}{\alpha \left(\frac{r}{r+d+d_0} \right)^2 (T^4 - T_{ext}^4)},$$

on calcule la constante de Stefan

Dist\Temp	333,15	363,15	395,15
0,3	1,491E-09 (2,63%)	1,546E-09 (2,72%)	5,364E-09 (9,45%)
0,4	4,668E-09 (8,23%)	9,580E-11 (0,17%)	1,443E-10 (0,25%)
0,6	2,277E-09 (4,01%)	2,754E-09 (4,85%)	1,676E-09 (2,95%)
0,8	1,078E-09 (1,90%)	1,065E-10 (0,19%)	1,200E-09 (2,12%)
1	4,995E-10 (0,88%)	2,061E-10 (0,36%)	4,690E-10 (0,83%)

Table – Erreur absolue (erreur relative)