

TP n°20 - Calorimétrie Jeny corrigé

April 22, 2026

```
[1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
[2]: # Capacité thermique massique de l'eau liquide
c1=4180 # J/K/kg
# Capacité thermique massique de l'eau solide
cg=2060 # J/K/kg
```

1 I - Mesure de la capacité thermique du calorimètre

La capacité thermique du calorimètre est donné par :

$$C_{\text{calo}} = -c_{\ell} \left(m_1 + m_2 \frac{T_{\text{éq}} - T_2}{T_{\text{éq}} - T_1} \right)$$

1.1 Mesures

```
[3]: m1=147.30*10**-3
m2=157.76*10**-3
T1=21+273
T2=5.5+273
Teq=14.3+273
```

```
[4]: Ccalo = -c1*(m1+m2*(Teq-T2)/(Teq-T1))
print(Ccalo)
```

250.41194626865922 en J/K

1.2 Monte-Carlo

```
[5]: # Demi-largeur des intervalles de mesures
Delta_m=5*10**-6
Delta_T=0.05
```

```
[6]: # Génération de tableaux de N valeurs pour chaque grandeur expérimentale mesurée
N=100000
m1_MC=np.random.uniform(m1-Delta_m,m1+Delta_m,N)
m2_MC=np.random.uniform(m2-Delta_m,m2+Delta_m,N)
```

```
T1_MC=np.random.uniform(T1-Delta_T,T1+Delta_T,N)
T2_MC=np.random.uniform(T2-Delta_T,T2+Delta_T,N)
Teq_MC=np.random.uniform(Teq-Delta_T,Teq+Delta_T,N)
```

```
[7]: # Génération d'un tableau de N valeurs de Ccalo à partir des tableaux précédents
Ccalo_MC = - c1 * ( m1_MC + m2_MC * ( Teq_MC - T2_MC ) / ( Teq_MC - T1_MC ) )
```

1.3 Résultats

```
[8]: # Visualisation sur un histogramme
plt.hist(Ccalo_MC, bins='rice')
plt.show()
plt.close()
```

```
[9]: Ccalo =np.mean(Ccalo_MC) # valeur moyenne du tableau de Ccalo_MC
u_Ccalo = np.std(Ccalo_MC, ddof=1) # écart-type du tableau de Ccalo_MC =  $\hat{\sigma}$ 
↳ l'incertitude-type de Ccalo
```

```
[10]: # Résultat de la mesure
print('C_calor=', Ccalo, 'J/K ; u(Ccalor)=', u_Ccalo, 'J/K')
```

C_calor= 250.44540597310927 J/K ; u(Ccalor)= 8.049065812875373 J/K

Conclusion : C_calor = 250,4 J/K ; u(C_calor) = 8,0 J/K

2 II - Mesure de la capacité thermique d'un solide

La capacité thermique du métal est donné par :

$$c_m = -\frac{m_e c_\ell + C_{\text{calo}}}{m_2} \times \frac{T_{\text{eq}} - T_1}{T_{\text{eq}} - T_2}$$

2.1 Mesures du groupe

```
[11]: # Mesures effectuées par votre groupe
me=262.6*10**-3
m2=120.3*10**-3
T1=20.7+273
T2=-21.8+273
Teq=17.5+273
```

```
[12]: # Valeur de cm issues des mesures de votre groupe
cm=-(me*c1+Ccalo)*(Teq-T1)/(m2*(Teq-T2))
print (cm)
```

912.4692296218599

2.2 Mise en commun des mesures de la classe

Il y a deux métaux : le zinc et l'aluminium. Ecrire au tableau les valeurs obtenues de c_m pour votre métal, afin de mettre en commun avec les autres groupes ayant ce métal.

```
[13]: cm_classe= np.array([912.48,1045.16,986.69,2237.32,946.35 ]) # valeurs de la classe pour VOTRE métal
      ↪ classe pour VOTRE métal
```

cette valeur paraît très fausse : était-ce le bon métal ?

```
[29]: cm_moy = np.mean(cm_classe) # valeur moyenne
      cm_et = np.std(cm_classe,ddof=1) # écart-type
      u_cm = cm_et/np.sqrt(len(cm_classe)) # incertitude-type
```

```
[31]: # Résultat de la mesure :
      print('cm=',cm_moy,'J/K/kg ; u(cm)=', u_cm , 'J/K/kg' )
```

cm= 1225.6 J/K/kg ; u(cm)= 253.89354432517578 J/K/kg c = 1,23 kJ/K/kg ; u(c) = 0,25.10 kJ/K/kg

Ecart-normalisé entre le résultat de la mesure $c_{m,mes}$ et la valeur tabulée $c_{m,tab}$ (d'incertitude-type négligeable devant celle de l'expérience) :

$$E_N = \frac{|c_{m,mes} - c_{m,tab}|}{u(cm)}$$

```
[16]: # Calcul de l'écart normalisé
      EN = abs(cm_moy-897)/u_cm
      print('écart normalisé=', EN)
```

écart normalisé= 1.294243226519944

À la fin de la séance, veuillez à bien enregistrer votre fichier dans votre zone personnelle (ou sur une clé USB) : File -> Download as -> Notebook (.ipynb)

3 III - Mesure de l'enthalpie massique de fusion de l'eau

L'enthalpie de fusion de l'eau s'exprime selon :

$$\Delta_{fus}h(T_0) = \frac{RI^2\Delta t}{m_2} - \frac{(m_1c_e + C_{calo})(T_f - T_1)}{m_2} - c_g(T_f - T_0)$$

3.1 Mesures du groupe

```
[23]: # Mesures effectuées
      m1=0.1984
      m2=0.02782
      T1=20.5+273
      T0=273
      Tf=19.5+273
```

```
[24]: R=2
      I=2.3
      Delta_t=627
```

```
[27]: # Valeur de l'enthalpie massique de fusion issue des mesures de votre groupe :
      Delta_h_fus=(R*I**2*Delta_t - (m1*c1+Ccalo)*(Tf-T1))/m2 -c1*(Tf-T0)
      print(Delta_h_fus)
```

195751.58899975225

3.2 Mise en commun des mesures de la classe

```
[32]: # Tableau des mesures de la classe :
      Delta_h_fus_classe= np.
      ↪array([243120,195751,495208,261038,221322,323736,634133,283992,344954,326763,235047,413084,
      ↪])
```

```
[35]: # Exploitation :
      Delta_h_fus_moy = np.mean(Delta_h_fus_classe) # valeur moyenne
      Delta_h_fus_et = np.std(Delta_h_fus_classe,ddof=1) # écart-type
      u_Delta_h_fus = Delta_h_fus_et/np.sqrt(len(Delta_h_fus_classe)) #
      ↪incertitude-type
      print('Delta_fus_h=',Delta_h_fus_moy,'J/kg ; u(Delta_h_fus)=', u_Delta_h_fus,
      ↪,'J/kg' )
```

Delta_fus_h= 341432.4375 J/kg ; u(Delta_h_fus)= 30251.429656019118 J/kg
Conclusion : Delta_fus_h = 341 kJ/kg ; u(Delta_fus_h) = 30 kJ/kg

```
[36]: # Ecart normalisé avec la valeur tabulée :
      EN_Delta_h_fus = abs(Delta_h_fus_moy-335.5*10**3)/u_Delta_h_fus
      print('écart normalisé=', EN_Delta_h_fus)
```

écart normalisé= 0.19610436820527669

Conclusion : la valeur est compatible avec la valeur tabulée compte tenu des incertitudes

4 IV - Mesure de la capacité thermique massique de l'eau

```
[ ]:
```