Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2021, filière TPC

Modélisation

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : fuite d'un réservoir, mise en équation
- Partie II : fuite d'un réservoir, traitement numérique
- Partie III : corrélations pour la capacité thermique
- Partie IV : traitement informatique des données

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/ccinp/tpc/2021/modelisation

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS COMMUN INP

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE TPC

MODÉLISATION

Durée : 4 heures

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- *Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.*
- *Ne pas utiliser de correcteur.*
- *Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.*

Les calculatrices sont autorisées.

Le sujet est composé de quatre parties (pages 2 à 12)

et d'une annexe (page 13).

Modélisation de la fuite de matière d'un réservoir rempli de dioxyde de carbone gazeux

Présentation générale

Ce sujet porte sur l'étude théorique et numérique d'une fuite de matière au sein d'une cuve contenant du dioxyde de carbone (CO_2) gazeux. Il est constitué de **quatre parties indépendantes.**

Quelques précisions concernant les notations utilisées

Symbole	Nom	Unité
$C_{p,m}$	Capacité thermique **molaire** à pression constante	$\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$
c_p	Capacité thermique **massique** à pression constante	$\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$
D_m	Débit **massique**	$\mathrm{kg\cdot s^{-1}}$
e_c	Énergie cinétique **massique**	$\mathrm{J\cdot kg^{-1}}$
H	Enthalpie	J
h	Enthalpie **massique**	$\mathrm{J\cdot kg^{-1}}$
M	Masse molaire	$\mathrm{kg\cdot mol^{-1}}$
m	Masse	kg
P	Pression	Pa
$\dot{Q} = \delta Q/\mathrm{d}t$	Puissance thermique	
R	Constante des gaz parfaits	$\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}}$
S	Section de fuite	$\mathrm{m^2}$
T	Température	K
T_c	Température critique	K
U	Énergie interne	J
u	Énergie interne **massique**	$\mathrm{J\cdot kg^{-1}}$
V	Volume	$\mathrm{m^3}$
v	Vitesse des courants de matière	$\mathrm{m\cdot s^{-1}}$
$\dot{W} = \delta W/\mathrm{d}t$	Puissance utile	

On prendra garde à bien distinguer les grandeurs **molaires** des grandeurs **massiques**. Certaines de ces grandeurs peuvent être évaluées en entrée ou en sortie du système, ce que l'on identifie par un indice e en entrée ou s en sortie.

Partie I - Modélisation de la fuite d'un réservoir : mise en équation

Généralités sur les bilans de matière et d'énergie en système ouvert

On s'intéresse au système ouvert décrit par la **figure 1**. Ce système possède une entrée et une sortie de matière où la température T, la pression P, la vitesse v, le débit massique D_m et l'enthalpie massique h sont définis. Le système échange algébriquement, avec le milieu extérieur, la puissance thermique $\dot{Q}$ et la puissance utile $\dot{W}$. Les débits massiques $D_{m,e}$ et $D_{m,s}$ sont positifs. Il n'y a pas de travaux dérivant d'une énergie potentielle.

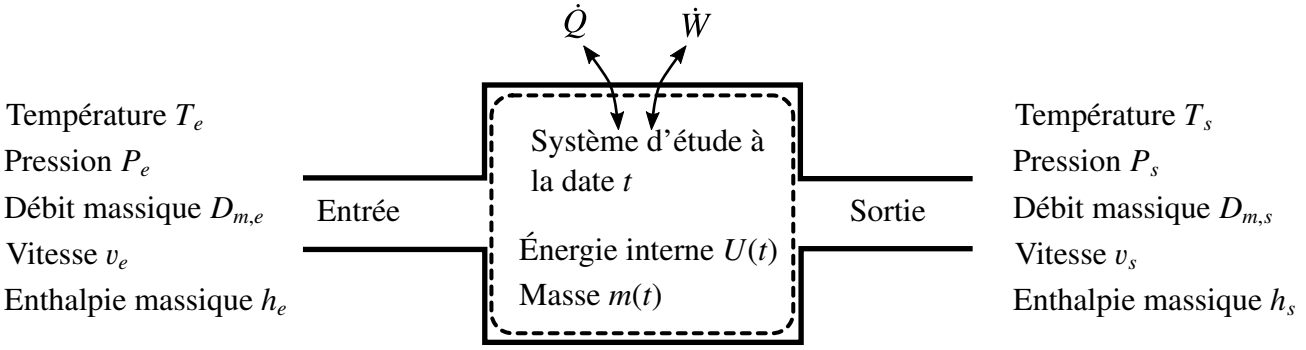


Figure 1 - Représentation schématique d'un système ouvert

Q1. Rappeler l'unité des grandeurs $\dot{W}$, $\dot{Q}$ et D_m mentionnées sur la **figure 1**.

Q2. Par une méthode de votre choix (issue de la thermodynamique ou de la mécanique des fluides ou autres), établir l'équation locale de conservation de la matière :

$$\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = D_{m,e} - D_{m,s}\,. \tag{1}$$

Q3. À l'aide d'un bilan énergétique, établir l'expression du premier principe de la thermodynamique en régime stationnaire pour le système ouvert représenté sur la **figure 1**. On mettra le résultat sous la forme :

$$D_m\Big(\Delta h + \Delta e_c\Big) = \dot{Q} + \dot{W}\,. \tag{2}$$

Donner la relation liant D_m, $D_{m,e}$ et $D_{m,s}$ et expliciter Δe_c en fonction des données.

On admet dans la suite l'écriture du premier principe en système ouvert, étendue aux systèmes en régime transitoire :

$$\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} = \left(\begin{array}{c}\text{Débit d'énergie}\\ \text{entrant}\end{array}\right) - \left(\begin{array}{c}\text{Débit d'énergie}\\ \text{sortant}\end{array}\right) \tag{3}$$

où $\mathrm{d}U/\mathrm{d}t$ désigne la dérivée de l'énergie interne du système étudié par rapport au temps.

Q4. Proposer une interprétation qualitative du bilan d'énergie traduit par l'équation (3).

Écriture d'un modèle décrivant la fuite d'un réservoir adiabatique contenant du CO_2

On s'intéresse à présent à un réservoir contenant un gaz supposé parfait. Ce réservoir indéformable (donc de volume V constant) est le siège d'une fuite vers le milieu environnant à la température T_{ext} et à la pression P_{ext} supposées constantes dans tout le problème. Il n'est pas agité mécaniquement. Toutefois, les propriétés du gaz dans le réservoir sont supposées uniformes à chaque instant. Ce réservoir est représenté sur la **figure 2**.

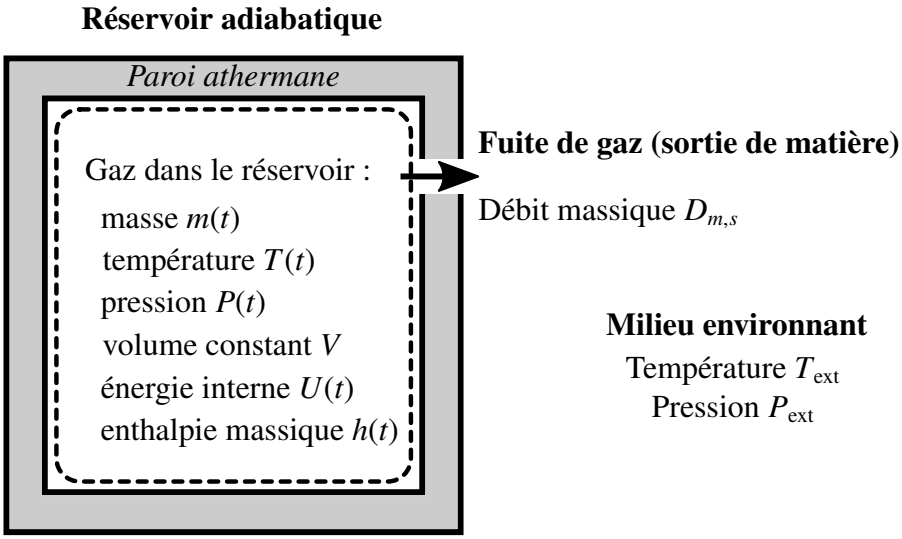


Figure 2 - Réservoir adiabatique renfermant du gaz et sujet à une fuite de gaz vers le milieu environnant

Q5. On suppose que les grandeurs intensives du gaz dans le réservoir sont uniformes et que celles du gaz sortant sont identiques à celles du réservoir. On suppose négligeable l'énergie cinétique massique de la matière quittant le système. On s'intéresse au système *{volume contenant le gaz à T et P dans le réservoir, paroi non comprise}* représenté par des pointillés sur la **figure 2**. Justifier que l'application du bilan de matière et du premier principe (équations (1) et (3)) au système en pointillés, décrit par la **figure 2**, permet d'obtenir le système d'équations :

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = -D_{m,s} \\ \dfrac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} = -D_{m,s}\, h \end{cases} . \tag{4}$$

Q6. *Le modèle gaz parfait*

a) Dans quelle situation limite un gaz réel s'identifie-t-il exactement à un gaz parfait ?

b) Donner la valeur du rapport $C_{P,m}/R$ pour un gaz parfait monoatomique.

c) On observe expérimentalement que pour le CO_2 gaz parfait, le rapport $C_{P,m}/R$ dépend de la température. Donner un argument physique expliquant pourquoi.

d) On note u l'énergie interne massique du gaz parfait, n le nombre de moles de gaz, m sa masse et M sa masse molaire. Justifier la relation $h = u + \dfrac{n\,R\,T}{m}$ et en déduire l'équation :

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}T} = \frac{R}{M}\left[f(T) - 1\right] \tag{5}$$

dans laquelle $f(T) = C_{P,m}/R$.

Q7. À partir de la relation $u = U/m$ liant l'énergie interne massique u, l'énergie interne U et la masse m du système étudié, montrer que le système d'équations (4) se ramène à l'équation :

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} = \frac{RT}{M}\frac{1}{m}\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t}. \tag{6}$$

Déduire alors de l'équation (5) la relation :

$$[f(T) - 1]\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} = \frac{T}{m}\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t}. \tag{7}$$

On cherche à présent à estimer le débit $D_{m,s}$ de gaz quittant le réservoir. Pour ce faire, on s'intéresse à la zone de l'espace dans laquelle se produit la fuite.

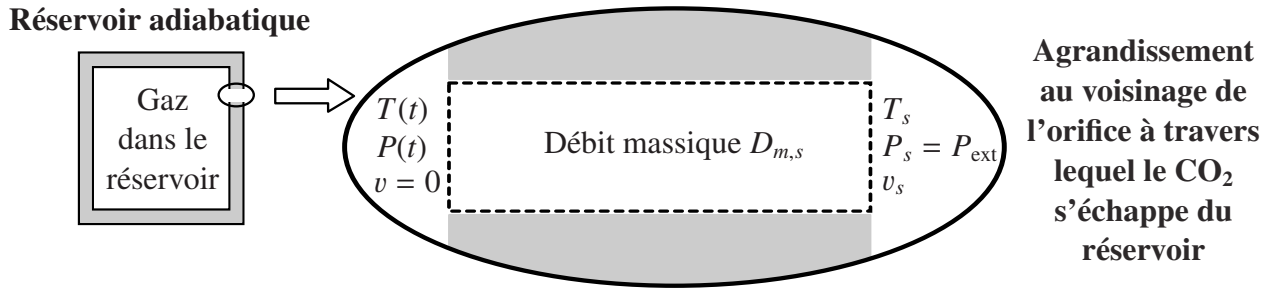


Figure 3 - Fuite de CO_2 gazeux à travers l'orifice dans la paroi du réservoir

On considère le système *{gaz dans la paroi du réservoir}* (**figure 3**) et on suppose que :

- l'écoulement de gaz à travers l'orifice est **adiabatique** et **stationnaire** ;
- la vitesse du gaz en entrée du système est nulle, elle est notée v_s en sortie ;
- la température et la pression du gaz en entrée sont notées T et P (ce sont celles du gaz à l'intérieur du réservoir) ; en sortie, elles sont notées T_s et $P_s = P_{\text{ext}}$.

Q8. Montrer que le débit massique $D_{m,s}$ de fluide à travers la section de l'orifice est donné par :

$$D_{m,s} = \frac{S\, v_s\, M\, P_{\text{ext}}}{R\, T_s} \tag{8}$$

où S désigne la section de passage du fluide à travers l'orifice.

Q9. On s'intéresse au système *{gaz contenu dans la paroi du réservoir}*. Justifier que l'équation (2) s'écrit alors $\Delta h + \Delta e_c = 0$ et en déduire que la vitesse de sortie du CO_2 a pour expression :

$$v_s = \sqrt{2\frac{R}{M}\int_{T_s}^{T} f(T)\mathrm{d}T}. \tag{9}$$

Q10. *Méthode de calcul de T_s*

a) L'écoulement de fuite du gaz est supposé isentropique. Expliquer comment procéder expérimentalement pour rendre un écoulement pratiquement isentropique.

b) L'isentropicité permet d'obtenir l'équation admise $\dfrac{C_{P,m}}{R}\dfrac{\mathrm{d}T}{T} - \dfrac{\mathrm{d}P}{P} = 0.$

En utilisant l'équation d'état des gaz parfaits, en déduire que T_s est solution de l'équation :

$$\int_{T}^{T_s} \frac{f(T)}{T}\mathrm{d}T + \ln\left(\frac{m\,R\,T}{M\,V\,P_{\text{ext}}}\right) = 0. \tag{10}$$

Partie II - Modélisation de la fuite d'un réservoir : traitement numérique

On suppose que le code suivant (**figure 4**) est écrit en préambule de toute réponse s'appuyant sur l'écriture d'un code Python. Il est inutile de le recopier. Toutes les variables définies sont globales et accessibles dans toutes les fonctions, sans avoir à être passées en argument.

```
from math import log, sqrt  # logarithme népérien, racine carrée

# constantes générales
M = 44.01e-3     # Masse molaire du CO2 (kg/mol)
Pext = 1.013e5   # Pression extérieure (Pa)
R = 8.314        # Constante des gaz parfaits (J/K/mol)
S = 1.000e-4     # Section de l'orifice de fuite (m^2)
Text = 293.0     # Température extérieure (K)
V = 1.000        # Volume de l'enceinte (m^3)
K = S * Pext * sqrt(2 * M / R)  # constante présente dans les équations du
 ↪  modèle

# constantes pour le modèle A de f(T)
A1 = 8.303
A2 = -2810
A3 = 485.6

# initialisation
m0 = 11.00       # Masse initiale du CO2 dans l'enceinte (kg)
T0 = 473.2       # Température initiale du CO2 dans l'enceinte (K)
```

Figure 4 - Préambule 1 Python

On s'intéresse ici à la fuite du gaz dans le réservoir et plus précisément à la température et la masse du gaz en sortie. Pour cela, on dispose des équations suivantes issues du modèle précédent :

$$g(T, T_s, m) = \int_T^{T_s} \frac{f(T)}{T} \mathrm{d}T + \ln\left(\frac{m\,R\,T}{M\,V\,P_{\text{ext}}}\right) = 0 \tag{11}$$

et

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{K}{T_s}\sqrt{\displaystyle\int_{T_s}^{T} f(T)\,\mathrm{d}T} \quad \text{avec } K = S\,P_{\text{ext}}\sqrt{\dfrac{2M}{R}} \\ \dfrac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} = \dfrac{T}{m[f(T)-1]}\dfrac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} \end{cases} . \tag{12}$$

On associe à ce modèle la fonction $f(T) = C_{p,m}/R$ qui suit la loi du modèle A :

$$f(T) = A_1 + \frac{A_2}{T + A_3} \quad \text{avec } T \text{ en K et } \begin{cases} A_1 = 8{,}303 \\ A_2 = -2\,810\,\text{K} \\ A_3 = 485{,}6\,\text{K} \end{cases} . \tag{13}$$

Pour déterminer les paramètres du gaz en sortie de l'enceinte, il nous faut d'abord trouver la température de sortie T_s, ce que nous allons faire grâce à l'équation (11), en 4 étapes :

- définir la fonction $f(T)$;
- calculer l'intégrale $\int [f(T)/T]\,\mathrm{d}T$ par la méthode des rectangles ;
- définir la fonction $g(T, T_s, m)$;
- résoudre l'équation $g(T, T_s, m) = 0$ par la méthode de Newton pour obtenir T_s.

Q11. Écrire le code Python de la fonction `f(T)` associée à l'équation (13), qui prend en argument la température `T` et renvoie la valeur $f(T)$ à cette température.

Q12. On souhaite déterminer numériquement l'expression $\displaystyle\int_{T_1}^{T_2} \frac{f(T)}{T}\,\mathrm{d}T$ en utilisant la méthode des rectangles sur un ensemble de N sous-intervalles.

a) À l'aide d'une représentation graphique, justifier que l'expression $\dfrac{T_2 - T_1}{N} \times \dfrac{f(T)}{T}$ correspond à l'aire d'un des rectangles dont un coin est commun à la courbe représentative de la fonction $f(T)/T$. Donner la valeur de N pour un calcul sur 100 sous-intervalles.

b) En déduire le code de la fonction Python `integ1(T1, T2)` qui prend en argument 2 températures `T1` et `T2` correspondant aux bornes de l'intervalle d'intégration et renvoie la valeur numérique de l'intégrale de $f(T)/T$ calculée par la méthode des rectangles, sur un ensemble de 100 sous-intervalles.

Q13. Donner le code Python de la fonction `g(T, Ts, m)` qui prend en argument les températures `T`, `Ts` et la masse `m` et renvoie la valeur de la fonction g définie par l'équation (11). On pourra utiliser toutes les fonctions déjà définies.

Q14. Enfin, pour déterminer la valeur numérique de T_s, on va résoudre l'équation (11) par la méthode de Newton. Les variables T et m sont constantes pour l'étude de la fonction $g(T, T_s, m)$, qui se comporte donc comme une fonction d'une seule variable, T_s.
Pour implémenter la méthode de Newton, on utilise la suite $T_{n+1} = T_n - g(T_n)/g'(T_n)$, fabriquée à partir de la fonction g et de sa dérivée g', dont on admet qu'elle converge vers un zéro de la fonction g qui est la valeur de T_s recherchée.

a) À l'aide d'une représentation graphique la plus complète possible, illustrer quelques étapes du principe de convergence de la suite T_n vers un zéro de la fonction g.

b) La fonction `chercheTs(T, m)` partiellement fournie ci-dessous renvoie, pour des valeurs connues des variables `T` et `m`, la valeur correspondante de `Ts` obtenue par résolution de l'équation (11) selon la méthode de Newton.

```
def chercheTs(T, m):
    "Résolution de l'équation g(T, Ts, m) = 0 par la méthode de
    ↪ Newton"
    Ts = 300.0
    [instruction1]                  # À modifier
    while residu > 1e-10:
        gn = [instruction2]         # À modifier
        gpn = f(Ts) / Ts
        Tsold = Ts
        Ts = [instruction3]         # À modifier
        residu = abs(Ts - Tsold)
    return Ts
```

Indiquer par quelles instructions il convient de remplacer les séquences `[instruction1]`, `[instruction2]` et `[instruction3]` présentes dans le code ci-dessus.

Ensuite, pour résoudre le système d'équations (12), il faut :

- calculer l'intégrale $\int f(T)\,\mathrm{d}T$ qui intervient dans l'une d'elles ;
- déterminer les solutions des 2 équations différentielles par la méthode d'Euler.

Q15.

a) Déterminer l'expression littérale de $I = \int_{T_1}^{T_2} f(T)\,\mathrm{d}T$.

b) Donner le code de la fonction `integ2(T1, T2)` retournant la valeur de I en fonction des arguments d'entrée `T1`, `T2` et des variables globales `A1`, `A2` et `A3`.

Pour résoudre une équation différentielle mise sous la forme $y'(t) = f(t, y(t))$, on utilise le schéma d'Euler suivant :

$$y(t + \Delta t) = y(t) + f(t, y(t)) \times \Delta t. \tag{14}$$

Ce schéma est implémenté au sein de l'**algorithme 1** présenté ci-dessous, que l'on souhaite appliquer pour résoudre le système d'équations (12) entre les dates $t = 0\,\mathrm{s}$ et $t = 10\,\mathrm{s}$ avec un pas de temps de $\Delta t = 0{,}10\,\mathrm{s}$:

```
- Initialisation des variables dt, N, T, m et P
- Début d'une boucle avec test d'un ou plusieurs critères d'arrêt
    - calcul de Ts
    - calcul de mp et Tp par le schéma d'Euler
    - actualisation des variables
- Renvoie des grandeurs attendues
```

Algorithme 1 - Résolution du système d'équations (12) par la méthode d'Euler

Q16. Préciser la signification et les valeurs initiales des variables présentes dans la phase d'initialisation de l'**algorithme 1** (on fera référence au préambule Python).

Q17. Préciser la signification des variables `mp` et `Tp` présentes dans la boucle de l'**algorithme 1**. Donner la syntaxe Python du calcul de `mp` et `Tp` respectant le schéma d'Euler proposé. On pourra faire appel à toute fonction précédemment définie, ainsi qu'au préambule Python.

Q18. Écrire le code Python de la fonction `Euler()` traduisant l'**algorithme 1** proposé ci-dessus. On pourra faire appel à toute fonction précédemment définie.

Q19. Intuitivement, quand la fuite s'arrêtera-t-elle en pratique ?

Partie III - Développement de corrélations pour la capacité thermique à pression constante molaire du dioxyde de carbone

On s'intéresse maintenant au modèle B pour la fonction $f(T) = C_{p,m}/R$, dont on suppose qu'elle suit une loi polynomiale de la forme suivante :

$$f(T) = \sum_{i=0}^{n} B_i \left(\frac{T}{T_c}\right)^i \tag{15}$$

dans laquelle T_c est la température critique connue du CO_2. Pour déterminer les coefficients réels B_i de ce polynôme de degré n, on dispose de 6 données expérimentales de la valeur de $C_{p,m}/R$ en fonction de la température T en kelvin (voir **tableau 1**).

T	$C_{P,m}/R$
$T_1 = 100{,}0$	$C_1 = 3{,}513$
$T_2 = 500{,}0$	$C_2 = 5{,}367$
$T_3 = 1\,000$	$C_3 = 6{,}532$
$T_4 = 2\,000$	$C_4 = 7{,}257$
$T_5 = 3\,000$	$C_5 = 7{,}475$
$T_6 = 4\,000$	$C_6 = 7{,}586$

Tableau 1 - Série de 6 données expérimentales pour le CO_2 gazeux

Préambule

Q20. Les valeurs des capacités thermiques données dans le **tableau 1** ont été mesurées par calorimétrie. Expliquer, à l'aide d'un schéma, comment réaliser expérimentalement cette mesure pour un liquide ou un gaz. Préciser comment la valeur de la capacité thermique est déduite de la mesure.

Q21. Montrer, par une analyse dimensionnelle, que le rapport $C_{P,m}/R$ est sans dimension.

Développement du modèle polynomial

On souhaite déterminer les coefficients B_i d'un polynôme $f(T)$ de degré $n = 5$ donné par l'équation (15) dont la courbe représentative passe exactement par les 6 points expérimentaux.

Q22. Écrire l'expression littérale de l'équation que doivent vérifier les coefficients B_i (pour $0 \leqslant i \leqslant 5$) du polynôme pour passer par le point expérimental (T_3, C_3).

Q23. En déduire que l'on peut rassembler les données expérimentales sous la forme du produit matriciel :

$$\mathtt{Y} = \mathtt{M}\,\mathtt{B} \tag{16}$$

où `Y` est le vecteur des mesures expérimentales de $C_{P,m}/R$, `B` celui des coefficients B_i (pour $0 \leqslant i \leqslant 5$) du polynôme et `M` une matrice carrée dont les coefficients ne dépendent que des valeurs expérimentales T_j/T_c (pour $1 \leqslant j \leqslant 6$).
Donner l'expression d'une des lignes de la matrice `M` en fonction de T_c, T_j et C_j pour $1 \leqslant j \leqslant 6$.

Q24. Quelle opération mathématique faut-il effectuer sur la matrice `M` pour accéder au vecteur B ?

On suppose que le code suivant (**figure 5**) est écrit en préambule de toute réponse s'appuyant sur l'écriture d'un code Python. Il est inutile de le recopier. Toutes les variables définies sont globales et accessibles dans toutes les fonctions, sans avoir à être passées en argument.

```
import matplotlib.pyplot as plt  # tracés
import numpy as np               # travail matriciel

# Données expérimentales
T = np.array([100.0, 500.0, ...])     # température (K)
CpmR = np.array([3.513, 5.367, ...])  # Cpm/R

# modèle B
Tc = 304.2          # Température critique du CO2 (K)
Y = np.array(...)   # Vecteur Y du modèle B
M = np.array(...)   # Matrice M du modèle B
```

Figure 5 - Préambule 2 Python

Q25. On suppose que la matrice `M` et le vecteur `Y` ont été entièrement saisis sous forme de tableaux `numpy` (voir **figure 5**). Donner le code Python permettant d'en déduire le vecteur `B` contenant les coefficients B_i à l'aide d'une fonction du module `numpy`.

Les points expérimentaux ainsi que les deux courbes associées aux modèles *A* et *B* ont été représentés sur la **figure 6**.

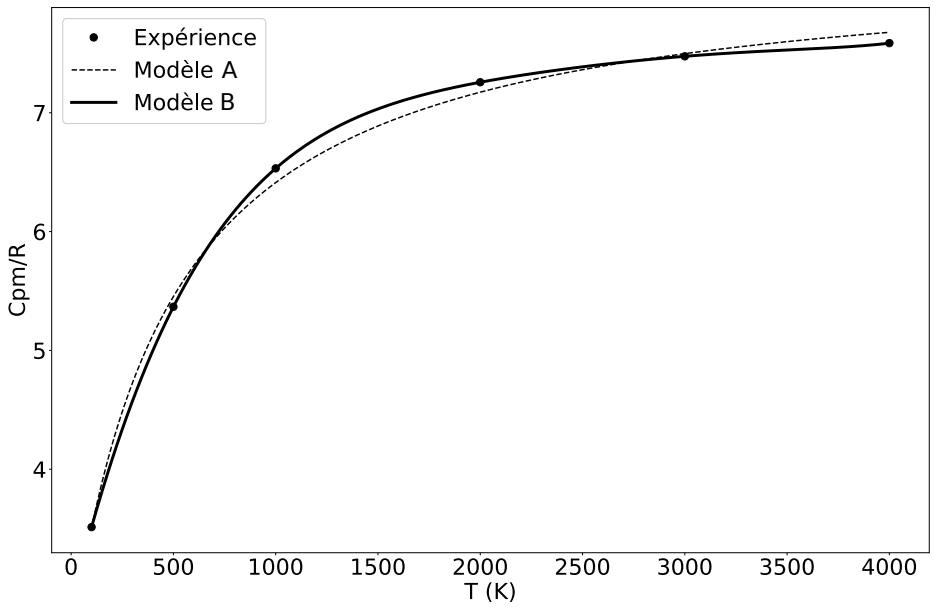


Figure 6 - Confrontation des points expérimentaux et des deux modèles

Q26. Donner le code permettant de représenter le nuage des points expérimentaux ou le modèle *A* ou le modèle *B*, en précisant quel est le tracé choisi.

Q27. Commenter le graphe de la **figure 6**. Finalement, parmi les deux modèles proposés, lequel retiendriez-vous et pourquoi ?

Partie IV - Traitement informatique des données expérimentales

On suppose que le code suivant (**figure 7**) est écrit en préambule de toute réponse s'appuyant sur l'écriture d'un code Python. Il est inutile de le recopier.

```
def tri(L):
    "Trie la liste L"
    n = len(L)
    if n <= 1:
        return L
    a = L[-1]
    L1 = []
    L2 = []
    for i in range(n - 1):
        if L[i] <= a:
            L1.append(L[i])
        else:
            L2.append(L[i])
    return tri(L1) + ... + ...      # À compléter
```

Figure 7 - Préambule 3 Python

Les données expérimentales doivent éventuellement être triées. Pour cela, on utilise la fonction `tri(L)` qui prend en argument la liste à trier (voir **figure 7**).

Q28. Préciser, sans justification, s'il s'agit du *tri rapide*, du *tri par fusion* ou du *tri par insertion*. Expliquer pourquoi ce tri est récursif. Donner sa complexité temporelle dans le meilleur cas.

Q29. Les variables `a`, `L1` et `L2` ont une signification bien précise que l'on ne retrouve pas dans leur nom. Donner le nom usuel de la variable `a` et expliquer ce qui différencie les listes `L1` et `L2`. Proposer des noms plus pertinents pour ces 3 variables.

Q30. Compléter la dernière ligne de la fonction `tri`.

Après leur acquisition, les résultats expérimentaux sont stockés dans une base de données. Les molécules y sont identifiées par une clé primaire appelée `idcas`.

On s'intéresse aux **2 tables** suivantes contenues dans la base de données :

- la table `general` contenant des informations diverses sur les molécules ;
- la table `capa` contenant les données expérimentales de mesure du rapport $C_{p,m}/R$ en fonction de la température pour différentes molécules.

idcas	nom	symbole	Tc	Pc	...
7727-37-9	diazote	N2	126.19	33.978	
124-38-9	dioxyde de carbone	CO2	304.18	73.825	
...					

Table 1 - Extrait de la table `general`

idcas	CpmR	T
124-38-9	5.367	500.0
124-38-9	7.475	3000.0
7727-37-9	3.499	500.0
124-38-9	3.513	100.0
...		

Table 2 - Extrait de la table `capa`

Q31. Donner le code SQL permettant d'afficher le nom et le symbole de toutes les molécules.

Q32. Donner le code SQL permettant d'afficher toutes les informations de la table `capa` pour le dioxyde de carbone (repéré par son `idcas`).

Q33. Expliquer ce que renvoie la requête suivante :

```
   SELECT g.symbole, count(*) AS nb
     FROM general AS g
     JOIN capa    AS c ON g.idcas = c.idcas
GROUP BY c.idcas
```

Q34. Donner le code SQL permettant d'afficher, pour chaque molécule, son identifiant et la valeur moyenne de $C_{p,m}/R$ pour les températures inférieures ou égales à 500,0 K.

ANNEXE

Bibliothèque numpy de Python

La bibliothèque numpy est importée de la façon suivante :

```
>>> import numpy as np
```

La création d'un tableau numpy à 2 lignes et 3 colonnes, appelé M, est réalisée ainsi :

```
>>> tab = np.array([[1.5, 2, 3], [4, 5, 6]])
>>> print(M)
[[1.5 2. 3. ]
 [4.  5. 6. ]]
```

L'inversion d'une matrice M carrée se fait à l'aide de la commande np.linalg.inv(M) :

```
>>> M = np.array([1.5, 2], [4, 5])
>>> N = np.linalg.inv(M)
>>> print(N)
[[-10.,   4.],
 [  8.,  -3.]]
```

Bibliothèque matplotlib de Python

La bibliothèque matplotlib est importée de la façon suivante :

```
>>> import matplotlib.pyplot as plt
```

La courbe représentative de la fonction $x \mapsto x^2$ peut être tracée de la façon suivante :

```
>>> X = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
>>> Y = [0, 1, 4, 9, 16, 25]
>>> plt.plot(X, Y)
>>> plt.show()
```

Mémento de commandes sql

```
SELECT ...          - sélection d'attributs
FROM ...            - choix de tables
JOIN ... ON ...     - jointure entre tables
WHERE ...           - condition
GROUP BY ...        - groupements
HAVING ...          - condition sur les agrégations
ORDER BY ...        - classement

AVG(...), MIN(...), MAX(...), SUM(...), COUNT(...)  - commandes d'agrégation
AS                  - renommage
```

FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 21 1181 – D'après documents fournis

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TPC chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Bases de Python : expressions, types, instructions, fonctions
- Grandeurs, unités, analyse dimensionnelle et ordres de grandeur

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tpc