

Feuille de notes 1ère ING - GM

Semestre d'études : S2

Matière : Thermodynamique

Salle : E14

Groupe 05



Rattrapage

N°	Nom & Prénom	Signature	Notes/20
101	OUDAHMANE SLIMANE		02,5
102	UDNI Lydia		01,5
103	OUKALI AMMAR		
104	RAHMANI SAMIR		02,0
105	REMIDI WASSIM	Remidi	01,5
106	SAAD HAMZA		
107	SADAoui RIDA		
108	SADOK FAIZ		
109	SAIDJ SARAH		04,5
110	SELLAM YASMINE		
111	SELMOUNE AMINE		
112	SEMOUDI MASSINISSA		
113	SENHADJI GAYA		01,0
114	SI ALI SLIMANE		
115	SMAIL MOHAMED		
116	TADJER HANANE		
117	TAHRAoui RYANE		
118	TALEB LYNDA		01,5
119	TARMOUL		
120	TOUAMI OUALI		01,0
121	TOUDJINE MESSAOUD		
122	ZANOUN SAID		00,5
123	ZERRAF HANANE		01,5
124	ZERROUAK ABDELHAKIM		
125	ZERROUKI MERIEM		01,5
126	ZITOUN MOHAND		

Département de Génie Mécanique
 Section Suivi
 des Enseignements de Licence
 15.06.2016

Laleb. y.

Feuille de notes 1ère ING - GM

Semestre d'études : S2

Matière : Thermodynamique

Rattrapage

Salle : E10

Groupe 01

N°	Nom & Prénom	Signature	Notes/20
1	ABIDRI SARAH		09,0
2	ABOUTITE MAYAS		00,5
3	ACHOURI TARIK		03,5
4	ADDAD FOUAD		01,5
5	AKEB CHERIF		01,0
6	ALEM MOH N'ABDERRAHMANE		
7	AMIRI SAMY		
8	AOUAM ZOHIR		01,0
9	AYACHE WASSIM		
10	BADJA RAMDANE		
11	BARECHE MASSI		00,5
12	BELARBI MASSIOUENE		
13	BELBEZZOUH NOUR EL		02,0
14	BELHOCINE RAYANE		
15	BELLAMINE YASMINE		
16	BELLIL SAMY		00,5
17	BEN CHEIKH ISSAME		
18	BENAI TINHINANE		
19	BENALIA MAHDI		
20	BENBACHIR OMAR		
21	BOUAYAD MALEK		01,0
22	BOUDA DIHIA		01,0
23	BOUDJENAH DIHIA		01,0
24	BOUKEROUI ISMAIL		
25	BOUNOUA AMINE		

Département de Génie Mécanique
 Section Suivi
 des Enseignements de Licence







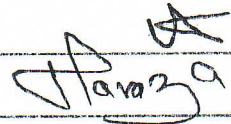



Kateb y.

15-06-2026

Feuille de notes 1ère ING - GM

Matière : Thermodynamique

Salle : E11 Groupe 02

N°	Nom & Prénom	Signature	Notes/20
26	BOURAINÉ HANI MAHIDINE		
27	BOUTELDJI AMINE BILLAL		01,0
28	BOUZIDYA M'HENNA		
29	BRAHIMI MALIK		01,0
30	CHAIBI YANI		
31	CHALLALI ABDELGHANI		01,5
32	CHAOUADI AMAR		
33	CHEKAOUI AREZKI		
34	CHEMAKH YUBA		
35	CHETOUANE MOURAD		
36	CHOUALI ASSIA		02,5
37	CHOUGAR MEHDI		00,5
38	DJAROUN WALID		00,5
39	DJEMILI YANIS		
40	DJENNADI AZIZ JUGURTHA		03,0
41	FEKHAR HAMZA		04,0
42	FERRAH YANIS		
43	FLISSI Nawal		
44	FODIL HOUDA		02,0
45	GACEM MERZOUK		
46	GADA MAYES		
47	GAOUI SAMIR		07,0
48	GHERBI OMAR		
49	GOUCEM ISHAK		
50	GOUDJIL LARBI		01,0

Département de Génie Mécanique
 Section Suivi
 des Enseignements de Licence

Loates y.

15-06-2026


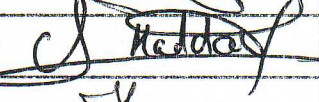

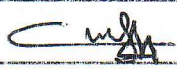




Feuille de notes 1ère ING - GM

Semestre d'études : S2

Matière : Thermodynamique

Salle : E12

Groupe 03

N°	Nom & Prénom	Signature	Notes/20
51	GOUDJIL SAIED		01,5
52	GUETTAB MAHIDDINE		
53	HABCHI FOUED		00,5
54	HACHOUD HAMZA		
55	HADDADI AZEDDINE	Présent	00,5
56	HADJ BELKACEM		
57	HADJAZ AGHILES		05,5
58	HALLI ASSALAS		
59	HAMDANE ALI		
60	HAMOUDI ELYAS		
61	HANICHE YAHIA		
62	HARBIT YUBA		
63	HASSAINE SAMI		
64	HEMSAS DJAMEL		
65	HINI YAHIA SAMY		
66	KACI YUBA		
67	KACIMI AKLI		
68	KANA YANIS		01,0
69	KEBBABI Abdelfetah		
70	KECHIDI SAID		00,5
71	KERTANE AMAR		00,5
72	KHELF MOHAND		
73	KHELIFATI FAYCAL		00,5
74	KHERRAZ YOUVA		
75	KISSOUM MOH EL		

Département de Génie Mécanique
 Section Suivi
 des Enseignements de Licence

Lakb. Y.

15-06-2026

Feuille de notes 1ère ING - GM





Semestre d'études : S2

Matière : Thermodynamique

Rattrapage

Salle : E13

Groupe 04

N°	Nom & Prénom	Signature	Notes/20
76	KRIDI ALI		
77	LACEB MASSYL		
78	LALMI AMAYAS		
79	LARBI ABDENOUR		
80	LEKAM AMINE		
81	LOUNES DASSINE		
82	LOUNES SAID		
83	LOUNNAS MOHAMED		
84	MADANI MAHIEDDINE		
85	MAHMOUDI HOCINE		
86	MAHMOUDI SAMIR		01,5
87	MALLEK AMAR		
88	MECHANI Massinissa		
89	MELLAL ZOUHIR		
90	MENOUCHE MOHAND		
91	MERABTI SAID		
92	MESSAR AMAR		01,0
93	MEZRAG GHILES		
94	MOHAMEDI NOUR HANE		01,0
95	MOKRANI AHMED		
96	MOUZNI IMANE		02,0
97	NEDJIMI JUBA		
98	NEKKAH GHILES		
99	NESNAS NASR ALLAH		
100	OUADAH ABDELHAK		

Département de Génie Mécanique
 Section Suivi
 des Bacheliers de Licence

15-06-2026

daleb.y



Thermodynamique
Examen de rattrapage

Important : La présentation de la copie est notée. Toute réponse doit être claire et justifiée.

Exercice 1 (4 pts)

1. Montrer que le volume V d'une équation d'état ($PV = nRT$) d'un gaz parfait est une fonction d'état.

2. La pression P d'un gaz réel de Clausius ($P(V - nb) = nRT$) est-elle une fonction d'état ?

3. Représenter le diagramme d'amagat $PV = f(P)$ pour un gaz parfait et pour un gaz de Clausius

4. Quelle est la signification physique de la constante b dans l'équation de Clausius.

Données : n , R et b sont des constantes.

Exercice 2 (2 pts)

Un gaz supposé parfait dont la masse molaire est 44 g/mol , se trouve, à 25°C , sous une pression de $1,8 \text{ bar}$. Calculer, dans ces conditions, la valeur de sa masse volumique exprimée en kg/m^3 et g/ml .

Donnée : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Exercice 3 (3,5 pts)

Calculer la quantité de chaleur échangée lors de la transformation de 180 g d'eau ($+40^\circ\text{C}$) en glace (-10°C).

Données : $c_e(\text{H}_2\text{O},l) = 4,185 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $L_f = 333,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $c_g(\text{H}_2\text{O},s) = 2,1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Exercice 4 (4 pts)

Un système contient 20 g de diazote gazeux à 0°C et 1 atm . Lorsque 5670 J sont fournis au système, à pression constante, la détente qui en résulte produit un travail de 1600 J . Calculer :

1. Le volume initial
2. Le volume et la température à l'état final.
3. La variation de l'énergie interne et de l'enthalpie.
4. Les capacités calorifiques c_p et c_v .

Données : $N = 14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

Exercice 5 (3 pts)

Deux (02) moles d'une substance solide prise à 25°C sont introduites dans un four chauffé à 900°C . Sachant qu'entre 25 et 900°C , cette substance ne change pas d'état physique :

1. Calculer la variation d'entropie du solide.
2. Calculer l'entropie échangée par le solide.
3. En déduire l'entropie créée au cours du chauffage.
4. La transformation est-elle spontanée ?

Donnée : capacité calorifique du solide $c_p = 30 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Question de cours (3 pts) : Que signifient les expressions soulignées.

Corrigé de l'examen de rattrapage

Exercice 1 ... 4* 1pt

1- $PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P}$. V dépend des variables T et P.

V est une fonction d'état si et seulement si : $\frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{\partial}{\partial P} V(T, P) \right] = \frac{\partial}{\partial P} \left[\frac{\partial}{\partial T} V(T, P) \right]$

1^{ère} dérivée : $\frac{\partial}{\partial P} V(T, P) = \frac{\partial}{\partial P} \left(\frac{nRT}{P} \right) = -\frac{nRT}{P^2}$

1^{ère} dérivée : $\frac{\partial}{\partial T} V(T, P) = \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{nRT}{P} \right) = \frac{nR}{P}$

d'où : la différentielle $dV(T, P) = -\frac{nRT}{P^2} dP + \frac{nR}{P} dT$

2^{ème} dérivée mixte : $\frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{\partial}{\partial P} V(T, P) \right] = \frac{\partial}{\partial T} \left(-\frac{nRT}{P^2} \right) = -\frac{nR}{P^2}$

2^{ème} dérivée mixte : $\frac{\partial}{\partial P} \left[\frac{\partial}{\partial T} V(T, P) \right] = \frac{\partial}{\partial P} \left(\frac{nR}{P} \right) = -\frac{nR}{P^2}$

Conclusion : la différentielle $dV(T, P)$ est une DTE. Le volume $V(T, P)$ est une fonction d'état.

2- $P(V - nb) = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V - nb}$. P dépend des variables T et V.

V est une fonction d'état si et seulement si : $\frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{\partial}{\partial P} P(T, V) \right] = \frac{\partial}{\partial P} \left[\frac{\partial}{\partial T} P(T, V) \right]$

1^{ère} dérivée : $\frac{\partial}{\partial T} P(T, V) = \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{nRT}{V - nb} \right) = \frac{nR}{V - nb}$

1^{ère} dérivée : $\frac{\partial}{\partial V} P(T, V) = \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{nRT}{V - nb} \right) = -\frac{nRT}{(V - nb)^2}$

d'où : la différentielle $dP(T, V) = -\frac{nRT}{(V - nb)^2} dV + \frac{nR}{V - nb} dT$

2^{ème} dérivée mixte : $\frac{\partial}{\partial V} \left[\frac{\partial}{\partial T} P(T, V) \right] = \frac{\partial}{\partial V} \left(\frac{nR}{V - nb} \right) = -\frac{nR}{(V - nb)^2}$

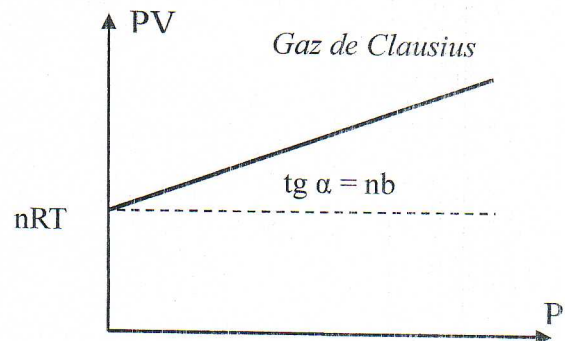
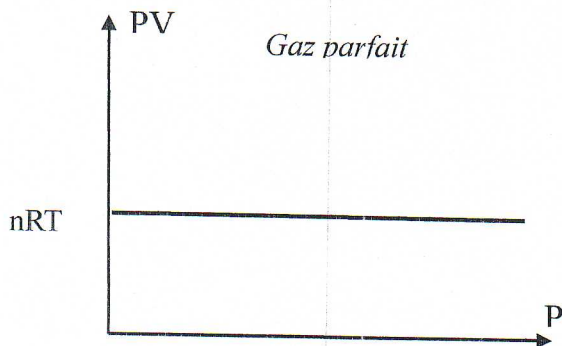
2^{ème} dérivée mixte : $\frac{\partial}{\partial P} \left[\frac{\partial}{\partial V} P(T, V) \right] = \frac{\partial}{\partial P} \left(-\frac{nRT}{(V - nb)^2} \right) = -\frac{nR}{(V - nb)^2}$

Conclusion : la différentielle $dP(T, V)$ est une DTE. La pression $P(T, V)$ est une fonction d'état.

3- Diagrammes d'Amagat $PV = f(P)$

Pour un GP, $PV = nRT = \text{constante}$

pour un gaz de Clausius, $P(V - nb) = nRT \rightarrow PV = nb * P + nRT$



4- Contrairement aux gaz parfaits dont les molécules sont considérées comme ponctuelles (volume nul), les molécules d'un gaz réel possèdent un volume propre. La constante b (m^3/mol) est le volume réellement occupé par une mole de molécules de gaz.

Exercice 2

$$PV = nRT \rightarrow PV = \frac{m}{M} RT \rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$\rho = \frac{1,8 \cdot 10^5 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot (273,15 + 25)} = 3,195 \text{ kg/m}^3 \quad \dots 1\text{pt}$$

$$\text{Conversion : } \rho = \frac{3,195 \cdot 1000}{1\,000\,000} = 3,195 \cdot 10^{-3} \text{ g/ml} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

Exercice 3

La transformation de l'eau liquide (+40°C) en glace (-10°C) s'effectue en 3 étapes. ... 0,5pt



Les chaleurs mises en jeu sont :

$$Q_1 = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$Q_1 = 180 \cdot 4,185 \cdot (0 - 40) = -30132 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$Q_2 = -m \cdot L_f \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$Q_2 = -0,180 \cdot 333500 = -60030 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$Q_3 = m \cdot c_g \cdot (T_3 - T_2) \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$Q_3 = 0,180 \cdot 2100 \cdot (-10 - 0) = -3780 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

Chaleur totale :

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \dots 0,25\text{pt}$$

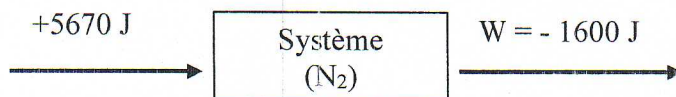
$$Q_{tot} = -30132 - 60030 - 3780 = -93942 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

Exercice 4

1- Volume initial

$$V_i = \frac{nRT_i}{P_i} = \frac{\frac{20}{28} \cdot 8,314 \cdot 273,15}{101325} = 0,016 \text{ m}^3 = 16 \text{ l} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

2- Volume final et température finale



$$w = -P \cdot (V_f - V_i) \Rightarrow V_f = \frac{-w}{P} + V_i \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$V_f = \frac{1600}{101325} + 0,016 = 0,037179 \text{ m}^3 = 37,18 \text{ l} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{101325 \cdot 0,037179}{\frac{20}{28} \cdot 8,314} = 542,4 \text{ K} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

3- Variation d'énergie interne et de l'enthalpie

$\Delta U = \text{énergie recue} + \text{énergie fournie}$

$$\Delta U = +5670 - 1600 = 4070 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V = \Delta U + P(V_f - V_i) \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$\Delta H = 4070 + 101325 \cdot (0,037179 - 0,016) = 5669,9 \text{ J} = 5670 \text{ J} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

4- Les capacités calorifiques

$$\Delta U = n * c_v * (T_f - T_i) \Rightarrow c_v = \frac{\Delta U}{n * (T_f - T_i)} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$c_v = \frac{\Delta U}{n * (T_f - T_i)} = \frac{4070}{\frac{20}{28} * (524,4 - 273,15)} = 22,67 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

$$\Delta H = n * c_p * (T_f - T_i) \Rightarrow c_p = \frac{\Delta H}{n * (T_f - T_i)} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$c_p = \frac{\Delta H}{n * (T_f - T_i)} = \frac{5670}{\frac{20}{28} * (524,4 - 273,15)} = 31,59 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

Exercice 5

1- Variation d'entropie du solide

$$\Delta S = n * c_p * \ln \frac{T_f}{T_i} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$\Delta S = 2 * 30 * \ln \left(\frac{900 + 273,15}{25 + 273,15} \right) = 60 * \ln \left(\frac{1173,15}{298,15} \right) = 82,19 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

2- Entropie échangée par le solide

$$S_{\text{éch}} = \frac{Q_{\text{éch}}}{T_f} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$S_{\text{éch}} = \frac{n * c_p * (T_f - T_i)}{T_f} = \frac{2 * 30 * (900 - 25)}{900 + 273,15} = \frac{52500}{1173,15} = 44,75 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

3- Entropie créée

$$S_{\text{créée}} = \Delta S - S_{\text{éch}} \quad \dots 0,25\text{pt}$$

$$S_{\text{créée}} = 82,19 - 44,75 = +37,44 \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \dots 0,5\text{pt}$$

4- Conclusion

$S_{\text{créée}} > 0 \rightarrow$ D'après le deuxième principe de la thermodynamique, cette transformation est spontanée (ou irréversible) car il y a création d'entropie à l'intérieur du système (solide). ... 0,5pt

Question de cours ...3pts

1- En thermodynamique, un *gaz réel* est un gaz dont les molécules possèdent un volume propre non nul et sont soumises à des forces d'interaction intermoléculaires (forces de van der Waals).

2- Une *fonction d'état* est une grandeur thermodynamique dont la valeur ne dépend que de l'état actuel du système (défini par ses variables comme la pression, la température et le volume), indépendamment du chemin suivi pour y parvenir.

3- *L'entropie créée* est une grandeur thermodynamique qui mesure l'irréversibilité d'une transformation. Selon le second principe de la thermodynamique, elle est toujours positive ou nulle.