

PHYS-106(a) Physique générale :
thermodynamique
 Examen 2024

1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
0	0	0	0	0	0	0

Cahier de réponses

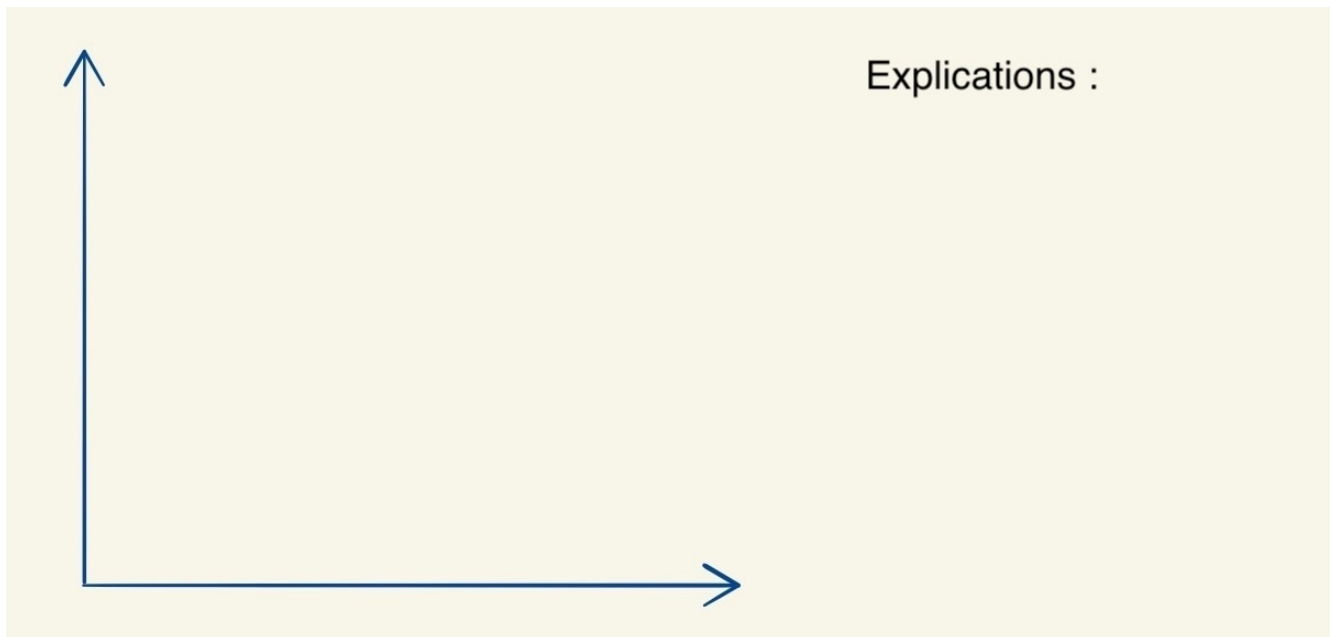
Ne pas ouvrir avant le début de l'épreuve

Instructions :

- Vérifier que votre nom et numéro sciper sont corrects
- Le cahier ne doit pas être dégrafé, les pages ne doivent pas être séparées. Les brouillons ne seront pas ramassés. Seul le cahier de réponses est corrigé
- **Ne pas ajouter de feuilles sur papier libre. Elles ne seront pas scannées et donc pas corrigées**
- Des cadres libres ont été ajoutés à la fin des exercices et du feuillet, en cas de nécessité
- **Le ramassage des copies (cahier et énoncé) se fait uniquement à la table, même pour les départs anticipés**
- Seul document autorisé: un formulaire manuscrit A4 recto/verso. Pas de calculatrice. Pas de téléphone, ni d'instruments connectés.
- L'énoncé de l'examen comporte 8 pages avec 3 exercices, numérotés de 1 à 3. Le cahier de réponses comporte 28 pages. Le nombre de points maximum pour cet examen est de 50 points + 3 points de bonus.
- Dans tous les problèmes, sauf indication contraire, les résultats sont à exprimer en fonction des données fournies et des constantes physiques connues. Chaque réponse doit être justifiée dans le cadre prévu à cet effet.
- Beaucoup des questions sont conceptuelles ou bien nécessitent très peu de calculs et sont indépendantes les unes des autres. On pourra admettre la solution d'une question donnée dans l'énoncé pour résoudre les questions suivantes.
- Si il y a des applications numériques (AN), **seul un ordre de grandeur est demandé.**

Durée de l'examen : 3 heures et 30 minutes

This page is left blank intentionally

Cycle de Carnot mal dimensionné (17 points+ 1 points Bonus)**1a** Diagramme p(V)**1b** V_B/V_A et V_C/V_D

$$\frac{V_B}{V_A} =$$

1c Chaleurs et travaux échangés

$Q_{AB} =$

$W_{AB} =$

$\Delta U_{AB} =$

$Q_{BC} =$

$W_{BC} =$

$\Delta U_{BC} =$

$Q_{CD} =$

$W_{CD} =$

$\Delta U_{CD} =$

$Q_{DA} =$

$W_{DA} =$

$\Delta U_{DA} =$

1d Rendement, définition et expressions en fonction de Q_c , Q_f puis de T_c , T_f

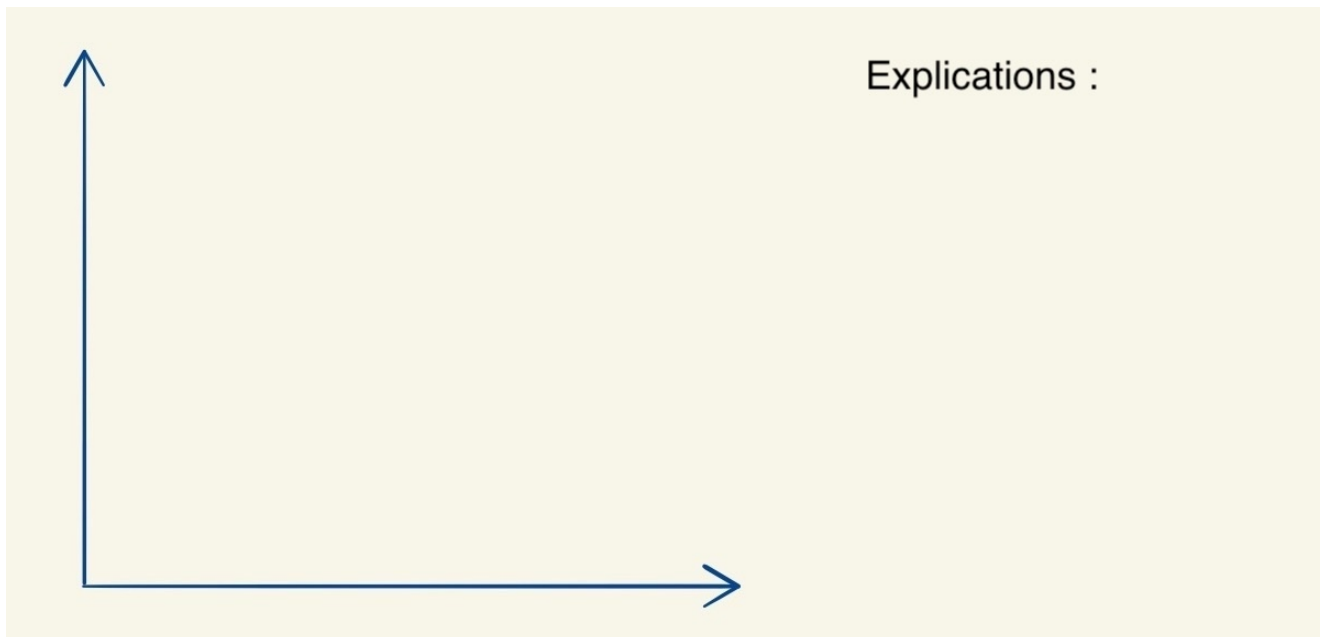
$$\eta_{Carnot} =$$

1e Comparez T_E et T_f

$$\square T_E < T_f$$

$$\square T_E = T_f$$

$$\square T_E > T_f$$

1f Diagramme p(V)**1g** Signe de Q et W, indiquez : - 0 + ou bien <0 =0 >0

$Q_{AE} :$	$Q_{EF} :$	$Q_{FA} :$
$W_{AE} :$	$W_{EF} :$	$W_{FA} :$

1h Signe de W_{AEF} ☐ $W_{AEF} < 0$ ☐ $W_{AEF} = 0$ ☐ $W_{AEF} > 0$ **1i** W_{tot} en fonction de W_{Carnot} et W_{AEF} $W_{tot} =$

1j Comparez $|W_{\text{Carnot}}|$ et $|W_{\text{tot}}|$

☐ $|W_{\text{tot}}| < |W_{\text{Carnot}}|$

☐ $|W_{\text{tot}}| = |W_{\text{Carnot}}|$

☐ $|W_{\text{tot}}| > |W_{\text{Carnot}}|$

1k Q_c et Q_f et comparer Q_c et Q_{Carnot}

$Q_c =$

$Q_f =$

☐ $Q_c < Q_{\text{Carnot}}$

☐ $Q_c = Q_{\text{Carnot}}$

☐ $Q_c > Q_{\text{Carnot}}$

11 Rendement, η , du cycle en fonction de W_{Carnot} , W_{AEF} et Q_c . Comparez le avec, η_{Carnot}

$\eta =$

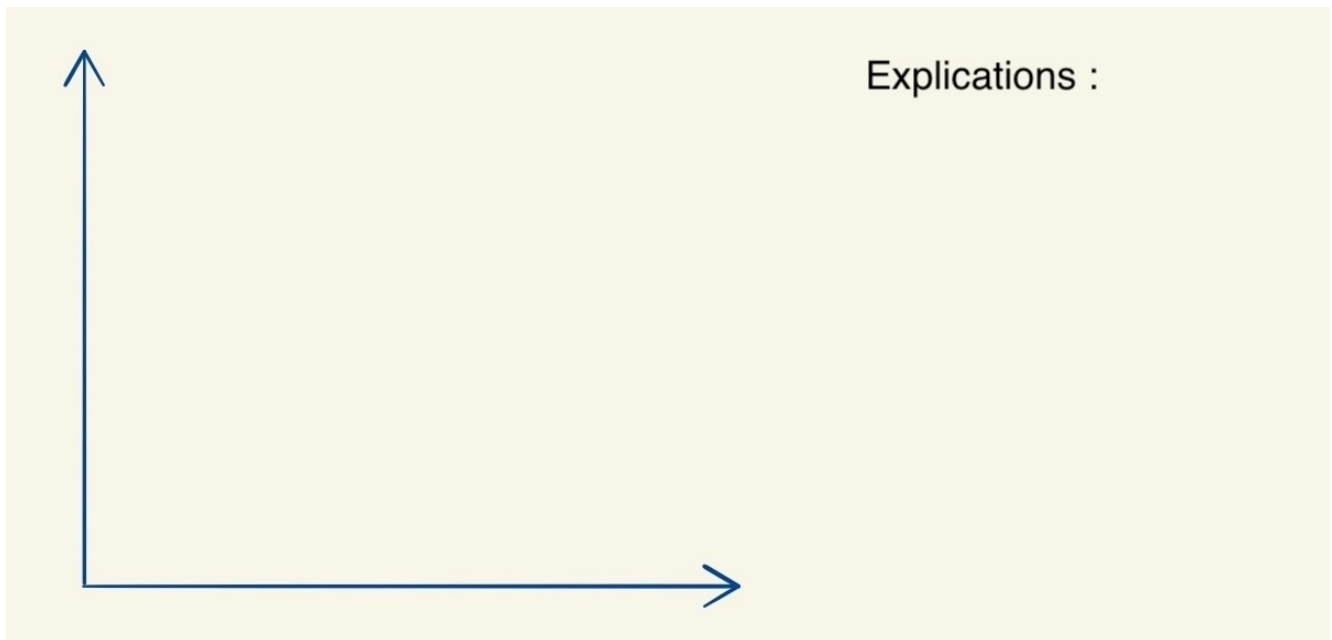
☐ $\eta < \eta_{\text{Carnot}}$

☐ $\eta = \eta_{\text{Carnot}}$

☐ $\eta > \eta_{\text{Carnot}}$

1m Question Bonus. $\eta - \eta_{\text{Carnot}}$

$$\eta - \eta_{\text{Carnot}} =$$

1n Diagramme p(V)**1o** Signe de Q et W, indiquez : - 0 + ou bien <0 =0 >0

$Q_{CE} :$	$Q_{EF} :$	$Q_{FC} :$
$W_{CE} :$	$W_{EF} :$	$W_{FC} :$

1p Signe de W_{CEF} ☐ $W_{CEF} < 0$ ☐ $W_{CEF} = 0$ ☐ $W_{CEF} > 0$ **1q** Q_c et Q_f $Q_c =$ $Q_f =$

- 1r** Rendement, η , du cycle en fonction de W_{Carnot} , W_{CEF} , Q_{Carnot} et des chaleurs échangées pour les transformations CE, EF et FC

$$\eta =$$

- 1s** Case supplémentaire. N'utiliser qu'en cas de nécessité.

Analyse du passage graduel d'une évolution irréversible à réversible (17points + 1 points Bonus)**2a** W_{rev} , Q_{rev} , ΔU et ΔS en fonction de V_i , V_f en en fonction de P_i , P_f

$$W_{rev} =$$

$$Q_{rev} =$$

$$\Delta U =$$

$$\Delta S =$$

2b W_{ir} , Q_{ir} , ΔU et S_{int} en fonction de n , R , T et des pressions P_i et P_f

$$W_{ir} =$$

$$Q_{ir} =$$

$$\Delta U =$$

$$S_{int} =$$

2c Montrer que $S_{\text{int}} > 0$

2d Relation entre P_j , P_{j+1} , V_j et V_{j+1}

.

2e Q_j , W_j , $S_{j,ech}$ et $S_{j,int}$

$$W_j =$$

$$Q_j =$$

$$S_{j,ech} =$$

$$S_{j,int} =$$

2f W_{tot}^N

$$W_{tot}^N =$$

[illegible]

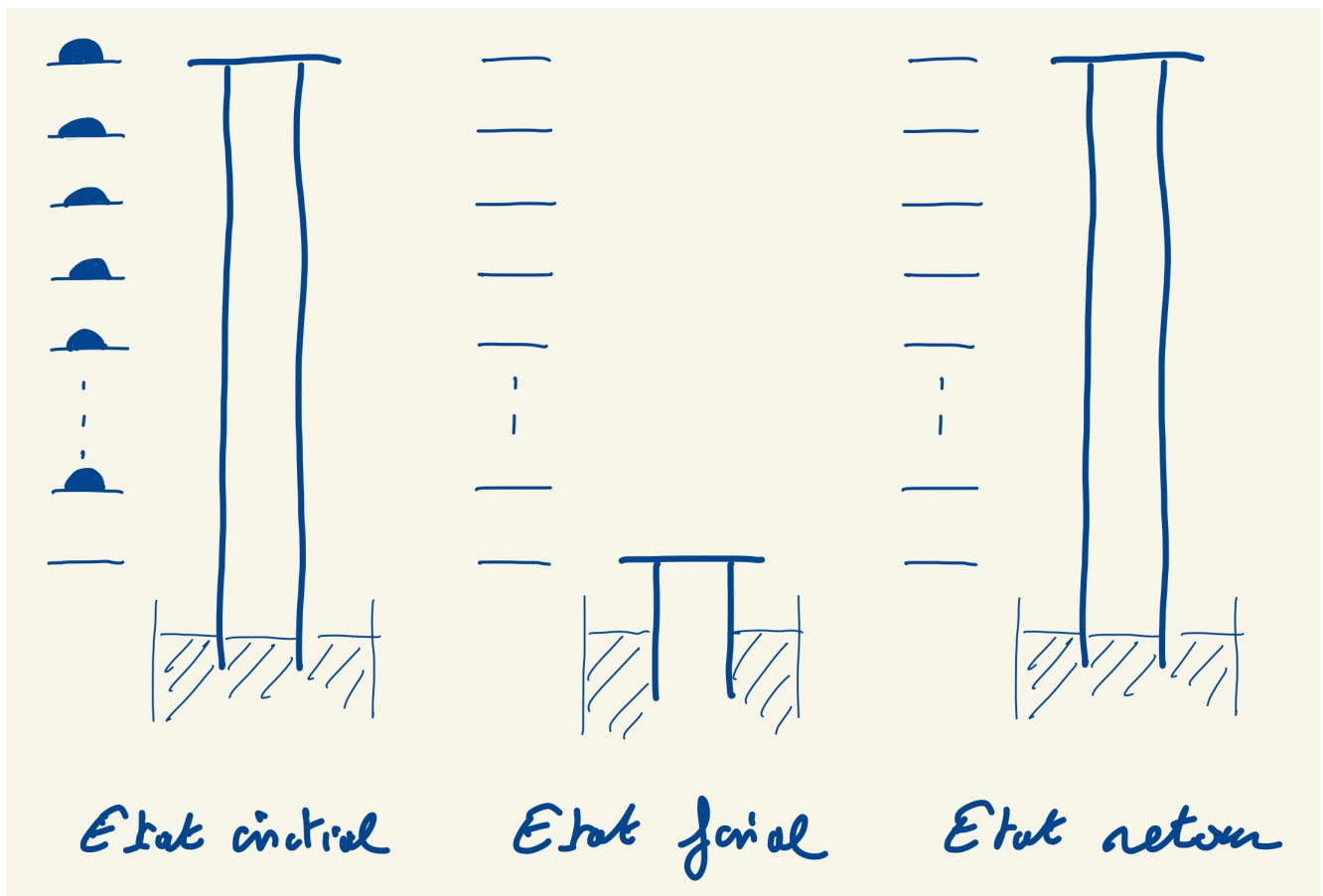
2h $S_{tot,int}^N$

$S_{tot,int}^N =$

2i $\lim_{N \rightarrow \infty} S_{tot,int}^N = 0$



- 2j **Question Bonus.** Compléter le dessin avec la répartition des N masses à l'étape initiale, finale et lorsque l'on fait la transformation retour. Discuter où se manifeste l'irréversibilité et comment on retrouve le cas réversible quand $N \rightarrow \infty$



[illegible]

Découpe laser (16 points + 1 points Bonus)**3a** Équation de la diffusion de la chaleur

Équation :

 $a =$ **3b** Équation dans le référentiel R'

3c

[illegible]

3d Question Bonus. Distance caractéristique, d $d =$ **3e** Bilan énergétique entre x_f et $x_f + dx_f$ $P =$

[illegible]

3g Prise en compte de la vaporisation

$$v_f =$$

3h Comparaison

[illegible]

This page is left blank intentionally

