

## **PHYSIQUE : Mécanique**

### Chap 3 : Référentiels non galiléens

Application à la mécanique terrestre : différents référentiels (Copernic, géocentrique, terrestre).

Expression du poids.

RFD dans le référentiel terrestre.

Illustration de conséquences de la force de Coriolis.

### Chap 4 : Frottements solides

Vitesse de glissement.

Actions de contact.

Lois de Coulomb.

Exemple du démarrage; exemple de l'arrêt.

Aspects énergétiques.

## **PHYSIQUE : Thermodynamique**

### Chap 1 : Révisions de Thermodynamique (Cours uniquement)

Exemple du GP: rappels du modèle du GP, de l'équation d'état, de l'énergie interne, de l'enthalpie, de l'entropie.

Exemple de la phase condensée: rappels du modèle de la phase condensée indilatable et incompressible, de l'énergie interne, de l'enthalpie, de l'entropie.

1er principe de la Thermodynamique.

2nd principe de la Thermodynamique.

Changements d'état du corps pur: diagramme (P, T), (P, v), (P, h) ou (T, s).

Enthalpie de changement d'état.

Entropie de changement d'état.

## **Questions de cours**

### Chap 4 de Mécanique :

- Définition de la vitesse de glissement. Cas du non-glissement.

- Lois de Coulomb (cas du non-glissement, cas du glissement, cas de l'absence de frottements solides).

- Définition de la puissance des actions de contact. Justifier qu'elle ne dépend pas du référentiel. Justifier qu'il s'agit de la somme des puissances reçues par les 2 solides en présence. Justifier qu'elle est négative ou nulle.

### Chap 1 de Thermodynamique

- Exemple du GP: rappels du modèle du GP, de l'équation d'état, des expressions de l'énergie interne (avec  $C_v$ ), de l'enthalpie (avec  $C_p$ ), de l'entropie.

- Exemple de la phase condensée: rappels du modèle de la phase condensée indilatable et incompressible, des expressions de l'énergie interne, de l'enthalpie, de l'entropie.

- Enoncé du 1er principe de la Thermodynamique.

- Enoncé du 2nd principe de la Thermodynamique.

- Définition de l'enthalpie de changement d'état et de l'entropie de changement d'état. Relation entre les 2 à connaître et à savoir établir.

## **Programme du DS 2 du Samedi 10 Octobre 2026**

Toute la Mécanique de MPSI (sauf les forces centrales).

Toute la Mécanique de MP.

## **Rappels du programme de Mécanique de MP**

(Les termes en gras renvoient à la partie expérimentale).

Le **programme de Mécanique de MP** vise à compléter les acquis de Mécanique du cours de MPSI. Il est structuré en deux sous-parties : la première est consacrée aux changements de référentiels, la seconde aux conséquences mécaniques des actions de frottements entre solides.

La partie intitulée « Référentiels non galiléens » est organisée autour de deux situations : la translation et la rotation uniforme autour d'un axe fixe. L'accent est mis sur la compréhension qualitative des effets observés, l'évaluation des ordres de grandeurs et les conséquences.

|                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dynamique du point en référentiel non galiléen dans le cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen. Forces d'inertie. | Exprimer les forces d'inerties, dans les seuls cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.<br>Décrire et interpréter les effets des forces d'inertie dans des cas concrets : sens de la force d'inertie d'entraînement dans un mouvement de translation ; caractère centrifuge de la force d'inertie d'entraînement dans le cas où le référentiel est en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen.<br>Utiliser les lois de la dynamique en référentiel non galiléen dans les seuls cas où le référentiel entraîné est en translation, ou en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport à un référentiel galiléen. |
| Caractère galiléen approché d'un référentiel. Exemple du référentiel de Copernic, du référentiel géocentrique et du référentiel terrestre.                                                                      | Citer quelques manifestations du caractère non galiléen du référentiel terrestre.<br>Estimer, en ordre de grandeur, la contribution de la force d'inertie de Coriolis dans un problème de dynamique terrestre.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

La partie « **Lois du frottement solide** » est limitée au seul cas de la translation ; elle permet de mettre en oeuvre un mode de raisonnement spécifique et particulièrement formateur, sans pour autant omettre les conséquences expérimentales.

|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.2. Lois du frottement solide</b>                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Contact entre deux solides. Aspects microscopiques.<br>Lois de Coulomb du frottement de glissement dans le seul cas d'un solide en translation.<br>Aspect énergétique. | Utiliser les lois de Coulomb dans les trois situations : équilibre, mise en mouvement, freinage.<br>Formuler une hypothèse (quant au glissement ou non) et la valider.<br>Effectuer un bilan énergétique.<br><br><b>Effectuer une mesure d'un coefficient de frottement.</b><br><br><u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, simuler une situation mécanique dans laquelle intervient au moins un changement de mode de glissement. |

## Programme de Thermodynamique de MPSI :

Après avoir mis l'accent sur le passage fondamental d'une réalité microscopique à des grandeurs mesurables macroscopiques, la partie propose, en s'appuyant sur des exemples concrets, de poursuivre la description et l'étude de la matière à l'échelle macroscopique, et d'aborder les deux principes fondamentaux de la thermodynamique. Les capacités identifiées doivent être introduites en s'appuyant dès que possible sur des dispositifs expérimentaux qui permettent ainsi leur acquisition progressive et authentique.

On utilise les notations suivantes : pour une grandeur extensive  $A$ ,  $a$  sera la grandeur massique associée et  $A_m$  la grandeur molaire associée.

| Notions et contenus                                                                                                                                                                                                                                  | Capacités exigibles                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.1. Descriptions microscopique et macroscopique d'un système à l'équilibre</b>                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Échelles microscopique, mésoscopique, et macroscopique. Libre parcours moyen.                                                                                                                                                                        | Définir l'échelle mésoscopique et en expliquer la nécessité.<br>Citer quelques ordres de grandeur de libres parcours moyens.                                                                                                                                                                                                       |
| État microscopique et état macroscopique.                                                                                                                                                                                                            | Préciser les paramètres nécessaires à la description d'un état microscopique et d'un état macroscopique sur un exemple.                                                                                                                                                                                                            |
| Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz (homogénéité et isotropie).<br>Vitesse quadratique moyenne.<br>Température cinétique. Exemple du gaz parfait monoatomique : $E_c = 3/2 kT$ .                                                         | Calculer l'ordre de grandeur d'une vitesse quadratique moyenne dans un gaz parfait.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Système thermodynamique.                                                                                                                                                                                                                             | Identifier un système ouvert, un système fermé, un système isolé.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| État d'équilibre d'un système soumis aux seules forces de pression.<br>Pression, température, volume, équation d'état.<br>Grandeur extensive, grandeur intensive.<br>Exemples du gaz parfait et d'une phase condensée indilatable et incompressible. | Calculer une pression à partir d'une condition d'équilibre mécanique.<br>Déduire une température d'une condition d'équilibre thermique.<br>Citer quelques ordres de grandeur de volumes molaires ou massiques dans les conditions usuelles de pression et de température.<br>Citer et utiliser l'équation d'état des gaz parfaits. |
| Énergie interne d'un système. Capacité thermique à volume constant dans le cas du gaz parfait.                                                                                                                                                       | Exprimer l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique à partir de l'interprétation microscopique de la température.<br><br>Exploiter la propriété $U_m = U_m(T)$ pour un gaz parfait.                                                                                                                                           |
| Énergie interne et capacité thermique à volume constant d'une phase condensée considérée incompressible et indilatable.                                                                                                                              | Exploiter la propriété $U_m = U_m(T)$ pour une phase condensée incompressible et indilatable.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Approximation des phases condensées peu compressibles et peu dilatables.                                                                                                                                                                             | Interpréter graphiquement la différence de compressibilité entre un liquide et un gaz à partir d'isothermes expérimentales.                                                                                                                                                                                                        |
| Du gaz réel au gaz parfait.                                                                                                                                                                                                                          | Comparer le comportement d'un gaz réel au modèle du gaz parfait sur des réseaux d'isothermes expérimentales en coordonnées de Clapeyron ou d'Amagat.                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Corps pur diphasé en équilibre. Diagramme de phases (P,T).<br>Cas de l'équilibre liquide-vapeur : diagramme de Clapeyron (P,v), titre en vapeur. | Analyser un diagramme de phase expérimental (P,T).<br>Proposer un jeu de variables d'état suffisant pour caractériser l'état d'équilibre d'un corps pur diphasé soumis aux seules forces de pression.<br>Positionner les phases dans les diagrammes (P,T) et (P,v).<br>Déterminer la composition d'un mélange diphasé en un point d'un diagramme (P,v). |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Notions et contenus                                                                                                    | Capacités exigibles                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.2. Énergie échangée par un système au cours d'une transformation</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                              |
| Transformation thermodynamique subie par un système.<br>Évolutions isochore, isotherme, isobare, monobare, monotherme. | Définir un système adapté à une problématique donnée.<br>Exploiter les conditions imposées par le milieu extérieur pour déterminer l'état d'équilibre final.                                                                 |
| Travail des forces de pression. Transformations isochore, monobare.                                                    | Évaluer un travail par découpage en travaux élémentaires et sommation sur un chemin donné dans le cas d'une seule variable.<br>Interpréter géométriquement le travail des forces de pression dans un diagramme de Clapeyron. |
| Transferts thermiques.<br>Transformation adiabatique.<br>Thermostat, transformations monotherme et isotherme.          | Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement.<br>Identifier dans une situation expérimentale le ou les systèmes modélisables par un thermostat.               |

Concernant les bilans d'énergie abordés dans la partie « Premier principe. Bilans d'énergie », les expressions des fonctions d'état  $U_m(T, V_m)$  et  $H_m(T, P)$  sont données si le système ne relève pas du modèle gaz parfait ou du modèle de la phase condensée incompressible et indilatable.

| Notions et contenus                                                                                                                                | Capacités exigibles                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.3. Premier principe. Bilans d'énergie</b>                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Premier principe de la thermodynamique.                                                                                                            | Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique faisant intervenir travail et transfert thermique.<br>Utiliser le premier principe de la thermodynamique entre deux états voisins.<br>Exploiter l'extensivité de l'énergie interne.<br>Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange.<br>Calculer le transfert thermique sur un chemin donné connaissant le travail et la variation de l'énergie interne.                        |
| Enthalpie d'un système. Capacité thermique à pression constante dans le cas du gaz parfait et d'une phase condensée incompressible et indilatable. | Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare avec équilibre mécanique dans l'état initial et dans l'état final.<br>Exprimer l'enthalpie $H_m(T)$ du gaz parfait à partir de l'énergie interne.<br>Justifier que l'enthalpie $H_m$ d'une phase condensée peu compressible et peu dilatable peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T.<br>Citer l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide. |

|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Enthalpie associée à une transition de phase :<br>enthalpie de fusion, enthalpie de vaporisation,<br>enthalpie de sublimation. | Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.<br><br><b>Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion, etc.).</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Concernant la partie « Deuxième principe. Bilans d'entropie », l'expression de la fonction d'état entropie est systématiquement donnée et sa construction n'est pas une capacité visée. On cite sans aucun développement quantitatif son interprétation en termes de désordre statistique, de façon à faciliter une interprétation intuitive des bilans d'entropie.

| Notions et contenus                                                                                                                                                       | Capacités exigibles                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3.4. Deuxième principe. Bilans d'entropie</b>                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                           |
| Fonction d'état entropie.                                                                                                                                                 | Interpréter qualitativement l'entropie en termes de désordre statistique à l'aide de la formule de Boltzmann fournie.                                                                                                                     |
| Deuxième principe de la thermodynamique :<br>entropie créée, entropie échangée.<br>$\Delta S = S_{\text{ech}} + S_{\text{créé}}$ avec $S_{\text{ech}} = \sum Q_i / T_i$ . | Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan entropique.<br>Relier la création d'entropie à une ou plusieurs causes physiques de l'irréversibilité.<br>Analyser le cas particulier d'un système en évolution adiabatique. |
| Variation d'entropie d'un système.                                                                                                                                        | Utiliser l'expression fournie de la fonction d'état entropie.<br>Exploiter l'extensivité de l'entropie.                                                                                                                                   |
| Loi de Laplace.                                                                                                                                                           | Citer et utiliser la loi de Laplace et ses conditions d'application.                                                                                                                                                                      |
| Cas particulier d'une transition de phase.                                                                                                                                | Citer et utiliser la relation entre les variations d'entropie et d'enthalpie associées à une transition de phase : $\Delta h_{12}(T) = T \Delta s_{12}(T)$                                                                                |