# PHYSIQUE (60 H)

## Objectifs Generaux

Au terme de ce cours, l’élève sera capable :

– De déterminer les paramètres qui définissent la position d’une particule et d’un solide par rapport à un trièdre de référence.

– De décrire le mouvement d’une particule et d’un solide par rapport à un trièdre de référence.

– De décrire le mouvement d’une particule et d’un solide par rapport à un trièdre fixe ou mobile (composition du mouvement).

– D’analyser le mouvement, préciser les inconnus, établir les équations du mouvement, et déduire les intégrales premières du mouvement dans les cas où quand elles existent.

Chapitre 1  
Champ de vecteurs

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– D’approfondir la notion du vecteur.

– D’appliquer les opérations sur les vecteurs.

– De définir un champ de vecteurs et citer ses propriétés.

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– De faire des opérations sur les vecteurs.

– De déduire les propriétés d’un champ de moment, uniforme, symétrique...

### Contenu

1.1 Rappel et complément

1.1.1 Espace affine-vecteurs liés, vecteurs libres

1.1.2 Définition générale d’un champ de vecteurs

1.1.3 Produit scalaire

1.1.4 Produit vectoriel

1.1.5 Produit mixte

1.1.6 Double produit vectorie

1.2 Moment d’un vecteur glissant — champ de moment

1.2.1 Définition d’un vecteur glissant

1.2.2 Moment en un point d’un vecteur glissant

1.2.3 Champ de moment

1.2.4 Moment d’un vecteur glissant par rapport à un axe

### Méthodologie

– L’enseignant doit expliquer aux élèves la nécessité des opérations sur les vecteurs en mécanique.

– L’enseignant doit éviter les exposés théoriques et longs.

– L’enseignant doit laisser aux élèves l’initiative de participer à la discussion, de donner des exemples, et de résoudre les exercices aux élèves.

Chapitre 2  
Torseurs

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De définir le torseur.

– De déterminer les éléments de réduction en un point d’un torseur.

– De préciser les opérations sur les torseurs.

– De justifier la nature d’un torseur (couple ou glissant).

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– De faire des opérations sur les torseurs.

– De calculer les éléments de réduction en un point de torseur.

– De différencier entre un couple et un glissant.

### Contenu

2.1 Définition — éléments de réduction en un point d’un torseur

2.2 Axe central — Moment central

2.3 Opérations sur les torseurs

2.1.1 Torseur nul

2.1.2 Egalité de deux torseurs

2.1.3 Addition de deux torseurs

2.1.4 Multiplication de deux torseurs

2.1.5 L’ensemble des torseurs est un espace vectoriel

2.1.6 Le produit scalaire de deux torseurs

2.1.7 Dérivation d’un torseur

2.4 Torseur associé à un système de vecteurs glissants ( discret et continu)

2.5 Torseurs particuliers : couples — glisseurs

### Méthodologie

– L’enseignant doit expliquer aux élèves l’intérêt de la notion de torseur en mécanique.

– L’enseignant doit éviter les exposés théoriques et longs.

– L’enseignant doit laisser aux élèves l’initiative de participer à la discussion, de donner des exemples, et de résoudre les exercices aux élèves.

Chapitre 3  
Changement du trièdre de reférence

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De désigner et définir les paramètres qui définissent les positions d’un trièdre de référence par rapport à un autre.

– De déduire la matrice de passage.

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– D’utiliser la matrice de passage d’un trièdre de référence à un autre pour calculer (ou chercher) les composantes d’un vecteur dans les deux trièdres.

### Contenu

3.1 Définition d’un trièdre de référence

3.2 Position de deux trièdres de référence

3.2.1 Les deux trièdres ont même origine

3.2.2 Matrice de cosinus directeurs

3. 2.3 Angle d’Euler

3.2.4 Vecteur de rotation instantané

3.2.5 Les deux trièdres sont quelconques

### Méthodologie

– Il s’agit d’initier les élèves au moyen de passage d’un trièdre de référence à un autre, et il est essentiel que cet enseignement soit dispensé sous une forme pratique où les élèves, après un exposé de l’enseignant, appliquent les exercices demandés.

Chapitre 4   
Cinématique

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De définir le mouvement, le vecteur-vitesse, le vecteur-accélération et la trajectoire d’un point mobile.

– De déterminer les composantes du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération suivant les coordonnées du point mobile.

– D’étudier le mouvement d’un point à accélération centrale.

– De déterminer la position d’un solide par rapport à un trièdre de référence.

– De donner les éléments de réduction du torseur distributeur des vitesses d’un solide en un point de ce solide, et de déduire le champ des accélérations.

– De justifier la composition du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération (composition du mouvement).

– De définir le Centre Instantané de Rotation ( CIR) d’un mouvement « plan sur plan », ainsi que sa trajectoire dans le plan fixe (base) et sa trajectoire dans le plan mobile (roulante).

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– De décrire le mouvement d’un point mobile.

– De calculer les composantes du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération selon les coordonnées.

– De prouver que le mouvement d’un point est à accélération centrale et appliquer les formules des Binet.

– De faire l’étude d’un mouvement d’un corps solide par rapport à un trièdre de référence fixe ou mobile (composition du mouvement).

– De calculer les éléments de réduction du torseur distributeur des vitesses d’un solide.

– D’appliquer le principe de décomposition du vecteur-vitesse et du vecteur ­accélération.

– De trouver le centre instantané de rotation (CIR) du mouvement « plan sur plan », la base, et la roulante.

### Contenu

4.1 Cinématique du point

4.1.1 Définition d’un point en mouvement vecteur-vitesse, vecteur-accélération, trajectoire...

4.1.2 Composantes du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération sur la base de Frenel

4.1.3 Composantes du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération en coordonnées cartésiennes, scalaires (mouvement plan) et cylindriques

4.1.4 Composantes du vecteur-vitesse et du vecteur-accélération en coordonnées sphériques

4.2 Cinématique du solide

4.2.1 Notion du solide — position d’un solide

4.2.2 Dérivée temporelle d’un vecteur

4.2.3 Champ des vitesses d’un solide — Torseur

4.2.4 Champ des accélérations

4.2.5 Composition des mouvements

4.2.5.1 Composition des vitesses

4.2.5.2 Composition des accélérations

4.2.6 Mouvement de translation, rotation autour d’un axe fixe, hélicoïdal, rotation autour d’un point fixe du solide, vecteur de rotation instantanée, mouvement quelconque

4.2.7 Cinématique de contact de deux solides, vitesse de glissement

4.2.8 Mouvement «plan sur plan», Centre Instantané de rotation, base et roulante

### Méthodologie

– L’enseignant doit aider les élèves à la compréhension de ce chapitre et à la résolution de plusieurs problèmes au moyen d’applications directes.

Chapitre 5   
Géométrie des Masses

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De définir et déterminer le centre de masse d’un solide.

– De calculer le moment d’inertie en un point d’un solide.

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– De trouver le centre de masse d’un solide particulier ou d’un solide quelconque.

– De préciser les axes principaux d’inertie d’un solide après le calcul du moment motrice d’inertie.

### Contenu

5.1 Système matériel (définition) — Masse

5.2 Centre de masse (ou centre d’inertie ou centre de gravité); définition et propriétés

5.3 Moments d’inertie

5.3.1 Définition des moments d’inertie par rapport à un point, un plan, un axe

5.3.2 Produits d’inertie — définition, propriétés

5.3.3 Motrice d’inertie — définition, propriétés

5.3.4 Moments et axes principaux d’inertie

### Méthodologie

– Il est essentiel que ce chapitre soit expliqué avec des applications directes sur des solides particuliers.

– L’enseignant doit éviter les calculs compliqués.

Chapitre 6   
Cinétique

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De citer les caractéristiques du torseur cinétique, du torseur dynamique, et de l’énergie cinétique d’une particule, d’un solide et d’un système matériel.

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– De calculer, avec performance, les éléments de réduction du torseur cinétique et du torseur dynamique, ainsi que l’énergie cinétique d’une particule, d’un solide, et d’un système matériel en mouvement.

### Contenu

6.1 Cinétique d’un système de points matériels

6.2 Généralités sur la cinétique du système de solides

6.3 Etude du torseur cinétique et du torseur dynamique — Théorèmes de Koenig

6.3.1 Cas d’un seul solide en mouvement

6.4 Energie cinétique

6.4.1 Composition des énergies cinétiques

6.4.2 Cas d’un seul solide en mouvement

### Méthodologie

– L’enseignant doit éviter les exposés théoriques et longs.

– L’enseignant doit faire plusieurs applications directes sur les solides en mouvement.

– Les élèves doivent participer à la discussion et à la résolution des exercices.

Chapitre 7  
Dynamique

### Objectifs

Au terme de ce chapitre, l’élève sera capable :

– De préciser les rôles des efforts.

– De distinguer entre les efforts extérieurs et les efforts intérieurs à un système.

– D’étudier le mouvement d’un système matériel en appliquant les principes fondamentaux de la dynamique et le théorème de l’énergie.

– De trouver les équations du mouvement, et déduire les intégrales premières du mouvement.

### Evaluation

L’élève doit être capable :

– D’indiquer la nature des efforts qui s’appliquent au système matériel, c’est-à-dire s’ils sont des efforts extérieurs ou intérieurs.

– De préciser la nature du mouvement du système selon les efforts qui s’appliquent et la nature des liaisons.

– D’écrire, après justification, en appliquant les théorèmes généraux et le théorème d’énergie, les équations du mouvement, et déduire les intégrales premières du mouvement.

### Contenu

7.1 Forces exercées sur un point — Représentation des forces

7.2 Efforts extérieurs sur un système matériel — Torseur des efforts extérieurs

7.3 Efforts intérieurs à un système matériel — Torseur des efforts intérieurs

7.4 Liaisons - Réactions

7.4.1 Degrés de liberté d’un système

7.4.2 Liaisons et forces de liaison

7.4.3 Efforts de contact de deux solides avec et sans frottements — Lois de Coulissants

7.5 Principes fondamentaux de la dynamique

7.5.1 Principe de l’action et de la dynamique

7.5.2 Principe de la statique — Equilibre — Divers types d’équilibre et conditions d’équilibre

7.5.3 Principe fondamental de la dynamique

7.6 Théorèmes généraux de la dynamique, les 3 cas d’intégrales premières

7.7 Théorème de l’énergie

7.7.1 Travail élémentaire d’une force ou d’un couple

7.7.2 Fonction de forces — Energie potentielle

7.7.3 Travail des forces intérieures d’un système matériel

7.7.4 Théorème de l’énergie pour un système matériel

7.7.5 Système conservatif — 4ème cas d’intégrale, première conservation de l’énergie mécanique

7.7.6 Force d’inertie

7.7.8 Equilibre de systèmes des forces

7.7.8.1 Equilibre statique

7.7.8.2 Equilibre dynamique

7.7.8.3 Equilibre des masses situées sur même axe

7.7.8.4 Equilibre des masses situées dans des plans différents

### Méthodologie

– L’enseignant doit faire plusieurs applications directes sur des solides en mouvement.

– L’enseignant doit éviter les exposés théoriques et longs.

– Les élèves doivent participer à la discussion et à la résolution des exercices.