

# Programme de colle

n° 17  
du 03 février au 07 février

## Cours

Les parties du cours *en italique* sont des compléments non exigibles.

### Physique:

#### Mécanique

#### Applications du principe fondamental de la dynamique du point

##### Capacités :

- *Approche numérique :*
- **Etude du pendule simple :**
  - **Informatique appliqué en physique chimie :**  
En TD : Calcul de la période par intégration numérique (méthode des rectangles à gauche). Non isochronisme des oscillations aux grandes amplitudes et comparaison à la formule de Borda.

#### Energétique du point matériel

##### Capacités :

- *Puissance et travail d'une force. Reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force. Savoir que la puissance dépend du référentiel.*
- *Loi de l'énergie cinétique et loi de la puissance cinétique dans un référentiel galiléen.*
- *Établir et connaître les expressions des énergies potentielles de pesanteur (champ uniforme), énergie potentielle gravitationnelle (champ créé par un astre ponctuel en  $1/r^2$ ), énergie potentielle élastique, énergie électrostatique (champ uniforme et champ créé par une charge ponctuelle) : pour ces deux derniers points, on reconnaîtra pour l'instant une force uniforme ou une force en  $1/r^2$ .*
- *Distinguer force conservative et force non conservative. Reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique. Utiliser les conditions initiales.*
- *Utiliser la version adaptée des théorèmes en fonction du contexte.*
- *Déterminer une force à partir de l'énergie potentielle à l'aide du gradient.*
- **Forces conservatives :**
  - Relation entre force et énergie potentielle selon un axe cartésien  $F(x) = -\frac{dE_p}{dx}(x)$ .
  - Expression plus générale de la relation entre force et énergie potentielle  $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_p$ .
- **Exemples d'application :**
  - Altitude maximale pour un tir vertical dans le champ de pesanteur (uniforme puis non uniforme, vitesse de libération (nom non exigible pour l'instant)).
  - Compression d'un ressort.
  - Equation différentielle du mouvement du pendule.
  - Equation du mouvement du glaçon sur igloo

#### Etude des mouvement 1D conservatifs

##### Capacités :

- *Déduire d'un graphe d'énergie potentielle le comportement qualitatif : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.*
- *Déduire d'un graphe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre.*
- *Déduire qualitativement d'un graphe d'énergie potentielle le sens et l'intensité de la force.*
- Détermination des positions d'équilibre possibles : extremum de l'énergie potentielle.

- Analyse des mouvements possibles à partir du graphe de l'énergie potentielle  $E_p$ , discussion selon les valeurs de l'énergie mécanique  $E_m$  :
  - ✓ points d'arrêts (ou de vitesse nulle),
  - ✓ domaines interdits (domaines où  $E_p(x) > E_m$ ).
  - ✓ état liés et états diffusifs. Barrière et puits de potentiel.
  - ✓ Energie minimale nécessaire pour franchir une barrière de potentiel.
- Expression de la période sous forme d'intégrale pour les mouvements périodiques.  
Numérique : savoir appliquer la méthode des rectangles pour son calcul.
- Applications :
  - ~~au pendule pesant : tracé du graphe d'énergie potentielle, analyse des mouvements possibles selon la valeur de l'énergie mécanique. Cas des petites oscillations : oscillations harmoniques.~~
  - Au tir vertical dans le champ de pesanteur uniforme : à partir du graphe d'énergie potentielle, justification que le point s'élève puis redescend, et détermination de l'altitude maximale.
  - ~~Au système masse-ressort (vertical ou non) : justification d'un mouvement borné et périodique à partir du graphe d'énergie potentielle. Calcul de l'amplitude du mouvement à partir des Cl.~~

## Notion de stabilité linéaire d'une position d'équilibre

### Capacités :

- *Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre : Identifier (selon le cas) cette situation au modèle de l'oscillateur harmonique.*
- *Établir l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre.*
- *Analyser la stabilité des positions d'équilibre dans un graphe d'énergie potentielle.*
- Définition de la stabilité linéaire.
- Analyse qualitative de la stabilité par les forces pour les mouvements 1D conservatifs, ~~exemple du pendule.~~
- ~~Analyse quantitative de la stabilité par un DL de l'équation différentielle du mouvement au voisinage d'une position d'équilibre, que le système soit conservatif ou non. Retour sur l'interprétation qualitative du résultat pour la résultante des forces (sens de la résultante)~~
- Analyse de la stabilité par l'énergie pour les mouvements 1D conservatifs. Lien entre stabilité et extrema d'énergie potentielle.
- ~~Approximation parabolique de l'énergie potentielle au voisinage de la position d'équilibre. Equation du mouvement et conclusion quantitative sur la stabilité (signe de la dérivée seconde). Oscillations harmoniques et raideur effective du ressort équivalent (si stable), période des petites oscillations. Applications au pendule simple.~~

## Chimie:

## Math pour la physique :

### différentielle

Rappel sur la dérivée d'une fonction à valeurs réelles d'une variable réelle, interprétation géométrique de la tangente, notion de différentielle en un point.

Règles de différentiation, exemples d'utilisation sur les dérivées de fonctions composées, de fonctions réciproques.

Fonctions de plusieurs variables, dérivées partielles (rappel), différentielle d'une fonction de plusieurs variables. *Théorème de Schwartz.*

Relation entre dérivées partielles pour une fonction de deux variables :  $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_z \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y = -1$  et  $\left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x = \frac{1}{\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x}$

Fonction implicite  $f(x, y, z) = 0$ , calcul de  $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y$

Application des règles de différentiation sur quelques exemples et comparaison au calcul déduit de la définition.

### Gradient

Définition du gradient par  $df = -\overrightarrow{\text{grad}} f \cdot d\vec{M}$ .

Expression (à connaître) du gradient en cartésien, en cylindrique et en sphérique.

Propriétés calculatoires élémentaires du gradient.

Propriétés géométriques (à connaître !):

- $\overrightarrow{\text{grad}} f$  est normal aux surfaces iso- $f$  (ou équipotential) soit  $f(M)=cste$ ,
- $\overrightarrow{\text{grad}} f$  est localement dirigé dans le sens «  $f$  croissant ».
- $\overrightarrow{\text{grad}} f$  donne la direction du maximum de variation de  $f$ .

Relation entre force et énergie potentielle  $\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}} E_p$  (à connaître et à utiliser !)

Application : Détermination de l'énergie potentielle de pesanteur (force donnée) puis calcul de la force ayant l'énergie potentielle dans le cas du ressort.

Commentaires sur l'exemple du poids et du ressort (surface iso énergie potentielle, sens de la force, sens de déplacement des masses en relation avec l'énergie potentielle).

Application aux cartes météo avec les surfaces isobares (TD).

## Informatique physique :

- Utilisation de la bibliothèque `scipy.integrate` pour `quad`.

## Questions de Cours sur 10 points

- Lien entre puissance et énergie potentielle pour une force conservative ( $p = -\frac{dE_p}{dt}$ ).
- Lien entre force et énergie potentielle (avec le gradient); application pour trouver une force connaissant  $E_p$  ou l'inverse. Interpréter le sens et l'intensité de la force en fonction des surfaces iso-énergie potentielles.
- Energie potentielle (à connaître et à savoir établir) des forces conservatives vues en cours (au choix du colleur).
- Energie cinétique et TEC (toutes formes).
- Energie mécanique et TEM (toutes formes).
- Cas de conservation de l'énergie mécanique (intégrale première du mouvement), exemple de forces qui ne travaillent pas.

Attention : la distinction entre les notations ( $d, \delta, \Delta$ ) doit être faite.

- Numérique :
  - Méthode des rectangles (à gauche) :
    - savoir établir (en expliquant) l'expression approchée de l'intégrale,
    - savoir la coder en python.
- Discussion du mouvement d'un point sur un axe Ox dans un graphe d'énergie potentielle  $E_p(x)$  donné : On précisera notamment où se trouvent les positions d'équilibre, le caractère diffusif, borné, périodique du mouvement. On peut conduire l'analyse sur un exemple au choix du colleur.
- Stabilité d'une position d'équilibre (1D): approche uniquement qualitative par les forces, par l'énergie.
- Différentielle d'une fonction.
- Calcul d'une différentielle (au choix du colleur) par la définition et/ou avec les règles de différentiation.
- Définition du gradient et ses propriétés géométriques.
- Expression du gradient dans une base et application sur un exemple (au choix du colleur).

Rem : suivant la longueur (et ou la difficulté de la question de cours), celle-ci peut comporter un ou plusieurs des points précédents...ou d'autres, au choix de l'interrogateur.

## Travaux Pratiques

*TP de physique : ondes (corde de Melde, ondes sonores, interférences (onde sonore et optique)).*

*Capacités : cf texte TP.*

## Exercices

- Tout exercice de dynamique du point.
- Tout exercice sur le TEC ou TEM (mais pas d'exercice centré sur les mouvements conservatifs 1D).
- Tout exercice sur la polarité des molécules et leurs interactions

### Sanctionner

- La méconnaissance des définitions, des énoncés des théorèmes ou expressions fondamentales et plus généralement du cours.

### Valoriser

- La prise d'initiative dans la recherche d'une solution.
- La justification soignée des arguments développés.
- La qualité de l'expression.
- Les figures soignées.
- Les calculs justes !

### Informatique :

- Vous pouvez utiliser du code python dans vos exercices.

## Compte rendu

Dès lors que le colleur attribue une **note inférieure ou égale à 11** à un étudiant, celui-ci (l'étudiant) doit me faire un rapport de colle donnant la question de cours et l'énoncé de l'exercice. Il doit sur ce rapport rédiger la question de cours et la solution à l'exercice.

Je remercie donc **les colleurs de dire aux étudiants en fin de colle s'ils ont un rapport à faire.**

### **Avertissement aux étudiants :**

**si vous ne faites pas le rapport dans la semaine qui suit la colle, la note sera divisée par 2 !**

### **Rappels :**

- Les programmes de colles sont valables 2 semaines (cours et exercices).
- Les parties du cours en italique ne sont pas exigibles en question de cours, mais peuvent faire l'objet d'exercices, en rappelant certains résultats ou en guidant pour les retrouver.
- Les points indiqués « question de cours » ne sont que des suggestions pour le colleur et des exemples pour les étudiants. En aucun cas ils n'indiquent que les points de cours à savoir !

### **Précisions :**

- Il n'y a pas de barème pour l'exercice. L'examineur dispose en effet de points supplémentaires qu'il affecte selon la prestation de l'étudiant dans la limite toutefois d'une note globale ne dépassant pas 24, ramenée au final sur 20 bien entendu.