

**Chapitres concernés :**

Formules de géométrie de base

Donner l'expression du périmètre d'un cercle, de l'aire d'un disque, du volume d'une sphère, de l'aire d'une sphère, du volume d'un cylindre et de l'aire latérale d'un cylindre.

**Chapitres concernés :**

Signaux électriques dans l'ARQS

Circuits linéaires du 1<sup>er</sup> ordre

Oscillateurs libres et forcés

Filtrage linéaire

- 1) Enoncer les lois de Kirchhoff dans l'ARQS ; *illustrer avec des exemples de circuits électriques.*
- 2) Association de 2 résistances (série et/ou parallèle) : résistance équivalente ; pont diviseur de tension et/ou de courant.
- 3) Réponse du circuit RC série à un échelon de tension (= charge du condensateur) ou régime libre du circuit RC série (= décharge du condensateur) : établir l'équation différentielle vérifiée par  $u_c(t)$ , introduire le temps caractéristique  $\tau$ , résoudre l'équation différentielle après avoir justifié la condition initiale. Préciser la durée du régime transitoire.
- 4) Mise en équation d'un circuit RLC série avec régime permanent continu. Forme canonique de l'équation différentielle : expression de la pulsation propre et du facteur de qualité. Résolution en différenciant les solutions selon le facteur de qualité.
- 5) Mise en équation d'un circuit RLC série alimenté par un GBF de f.é.m. sinusoïdale. Forme canonique de l'équation différentielle. Commenter l'équation.
- 6) Définir la représentation (= notation = grandeur) complexe associée à un signal sinusoïdal réel. Définir l'impédance et l'admittance complexes. Donner les expressions de l'impédance complexe d'une résistance, d'une bobine et d'un condensateur. Comportements asymptotiques d'une bobine et d'un condensateur. Impédance équivalente à une association série et parallèle d'impédances. Formules des ponts diviseurs de tension / courant.
- 7) Filtre passe-bas du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>e</sup> ordre ou passe-haut du 1<sup>er</sup> ordre ou passe-bande (*montage fourni*) : vérifier la nature du filtre à l'aide des comportements asymptotiques des dipôles. Avec la fonction de transfert fournie, interpréter les zones rectilignes du diagramme de Bode.

**Chapitres concernés :**

Description et paramétrage du mouvement d'un point  
Lois de Newton  
Approche énergétique du mouvement d'un point matériel  
Oscillateurs mécaniques libres et forcés

- 1) Citer les postulats et les limites de la mécanique classique. Définir « **référentiel** » et décrire les repères conventionnels associés aux référentiels terrestre, géocentrique et héliocentrique.
- 2) Décrire les bases cartésiennes, cylindriques et sphériques – *schémas indispensables*. Exprimer les vecteurs -position et -déplacement élémentaire dans ces 3 bases. Etablir les expressions des vecteurs – vitesse et -accélération en coordonnées cartésiennes et cylindriques. Définir mouvements « **rectiligne** », « **circulaire** », « **uniforme** », « **accélééré** » et « **décélééré** ».
- 3) Etude du mouvement circulaire : dans une base adaptée - *schéma indispensable*, déterminer l'expression générale des vecteurs position et vitesse ; déterminer l'expression du vecteur accélération dans le cas d'un mouvement circulaire ① uniforme puis ② non uniforme.
- 4) Énoncer les trois lois de Newton.
- 5) Donner l'expression et/ou les propriétés de forces usuelles : interactions électrostatique et gravitationnelle, poids, force de Lorentz, force de rappel élastique, réaction d'un support, tension d'un fil, poussée d'Archimède, force de frottements exercée par un fluide.
- 6) Etude du mouvement dans le champ de pesanteur uniforme : tir d'un ballon en négligeant les frottements (mise en équation, résolution, équation cartésienne, trajectoire, schémas).
- 7) Etude du pendule simple : description, mise en équation, approximation harmonique dans le cas des petits angles.
- 8) Définir mathématiquement « **puissance** », « **travail élémentaire** » et « **travail** » d'une force. Définir « **énergie cinétique** » et énoncer les théorèmes de la puissance et de l'énergie cinétiques. Définir « **force conservative** » et « **énergie potentielle** » d'une force conservative. Donner les expressions des énergies potentielles \_ élastique, gravitationnelle, électrostatique et de pesanteur. Définir « **énergie mécanique** » et énoncer les théorèmes de la puissance et de l'énergie mécaniques. Définir système « **conservatif** ».
- 9) Pour un système conservatif à 1 degré de liberté (ddl)  $x$ , déduire de la courbe d' $E_p(x)$ 
  - pour une  $E_m$  donnée : les positions accessibles, la nature du mouvement, les positions de vitesse nulle et les positions d'équilibre en précisant leur stabilité.
  - étudier le franchissement d'une barrière d'énergie potentielle.
- 10) Étudier les petites oscillations d'un système conservatif à un degré de liberté autour d'une position d'équilibre stable. Commenter l'équation obtenue.
- 11) Mise en équation du mouvement de l'oscillateur mécanique amorti. Forme canonique de l'équation différentielle : expression de la pulsation propre et du facteur de qualité. Résolution en différenciant les solutions selon le facteur de qualité.
- 12) Mise en équation d'un oscillateur mécanique amorti soumis à une force excitatrice sinusoïdale. Forme canonique de l'équation différentielle. Commenter l'équation.

**Chapitres concernés :**

Mouvement d'une particule chargée dans  $\vec{E}$  ou  $\vec{B}$  uniforme et permanent

- 1) Expression et propriétés énergétiques de la force de Lorentz. ODG des forces extérieures exercées sur une particule chargée de taille « atomique ».
- 2) Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme et permanent : montrer que le mouvement est à vecteur accélération  $\vec{a}$  constant. Dans quel(s) cas le mouvement est-il rectiligne ? Dans quel(s) cas la trajectoire est-elle parabolique ? Représenter la trajectoire pour le cas parabolique pour une charge  $q > 0$  puis pour  $q < 0$ .
- 3) Effectuer un bilan d'énergie pour calculer la vitesse d'une particule chargée accélérée par une différence de potentiel. Citer une application.
- 4) Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme et permanent : montrer que le mouvement est uniforme. Dans le cas où le vecteur vitesse initial est orthogonal au champ magnétique, préciser (sans démonstration) la nature de la trajectoire puis déterminer son rayon  $R$  et introduire la pulsation cyclotron. Citer une application.

**Chapitres concernés :**

Description et paramétrage du mouvement d'un point

Lois de Newton

Approche énergétique du mouvement d'un point matériel

Oscillateurs mécaniques libres et forcés

Moment cinétique – Solide en rotation autour d'un axe

Mouvements à force centrale

- 1) Définir « **moment cinétique** » d'un point matériel M par rapport à un point A et par rapport à un axe  $\Delta$ . Définir « **moment** » d'une force par rapport à un point A et par rapport à un axe  $\Delta$ .
- 2) Énoncer les théorèmes du moment cinétique par rapport à un point et par rapport à un axe en précisant les hypothèses nécessaires. Préciser les cas de conservation du moment cinétique par rapport à un point.
- 3) Étude du pendule pesant : décrire le dispositif, établir l'équation du mouvement puis établir une intégrale 1<sup>ère</sup> du mouvement pour des oscillations quelconques.
- 4) Définir « force **centrale** » et donner des exemples. Soit un point M soumis à une force centrale, montrer que le moment cinétique est conservé. Donner les deux conséquences de la conservation du moment cinétique.
- 5) Énoncer les lois de Kepler et les adapter pour l'étude d'un satellite planétaire.
- 6) Mouvement circulaire d'un point M soumis à l'interaction gravitationnelle exercée par un point O. Prouver que le mouvement est uniforme et établir l'expression de la vitesse. Prouver la 3<sup>e</sup> loi de Kepler. Établir la relation entre l'énergie mécanique et le rayon de la trajectoire. Altitude d'un satellite géostationnaire.
- 7) Définir « force **newtonienne** » et donner des exemples. Soit un point M soumis à une force newtonienne attractive, établir l'expression de l'énergie potentielle effective. Préciser la nature du mouvement et le type de trajectoire en fonction de la valeur de l'énergie mécanique.

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Propagation d'un signal
-------------------------

- 1) Définir « **onde** », « **signal** », « onde **transversale/longitudinale** ». Citer des exemples d'ondes et de signaux associés et donner des ODG de fréquences relatives à ces signaux.
- 2) Sur un exemple d'onde, donner le lien entre la célérité d'une onde et le retard temporel associé à la propagation de l'onde entre 2 points dans un milieu illimité, non dispersif et transparent. Pour une OPDM (Onde Plane Progressive Monochromatique), donner les relations entre  $c, f, T, \omega, k, \lambda$ .
- 3) Onde stationnaire : expression générale et cas particulier des ondes stationnaires sinusoïdales. Définir nœuds et ventres de vibration. Exprimer la distance séparant 2 nœuds (ou 2 ventres) consécutifs.

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Optique géométrique
---------------------

- 1) Présenter les sources lumineuses et les caractériser par leur spectre.
- 2) Dans un milieu transparent d'indice  $n$ , donner les relations entre fréquence, longueur d'onde dans le vide et dans le milieu, vitesse dans le vide et dans le milieu.
- 3) Réflexion et réfraction : faire un schéma ; définir « **dioptre** », « **normale** » et « **plan d'incidence** » ; énoncer les lois de Descartes. Etablir la condition de réflexion totale.
- 4) Définir « **grandissement transversal** » et relier sa valeur aux caractéristiques de l'image.
- 5) Définir « **stigmatisme rigoureux /approché** » et « **aplanétisme** ». Énoncer les conditions de Gauss.
- 6) Définir « **foyer - objet / image - principal / secondaire** », « **distance focale objet  $f$  / image  $f'$**  » et « **vergence  $v$**  » d'une lentille mince. Selon le type de lentille, donner le signe de  $f, f'$  et  $v$ .
- 7) Construire l'image  $B'$  d'un point objet  $B$  par une lentille .
- 8) Etablir la condition  $D \geq 4f'$  pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente de distance focale  $f'$  avec  $D$  la distance entre l'objet et l'image.
- 9) Décrire le modèle de l'œil. Définir « **limite de résolution angulaire** » et donner un ODG. Définir « **punctum remotum / proximum** » et donner leur ODG pour un œil emmétrope.
- 10) [MPSI] Décrire le modèle de l'appareil photo. Construire géométriquement la profondeur de champ pour un réglage donné.
- 11) [MP2I] Schématiser une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes, identifier l'objectif et l'oculaire. Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé à l'infini et traversant une lunette afocale. Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.
- 12) Fibre optique à saut d'indice : établir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale.

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Thermodynamique
-----------------

- 1) Modèle du gaz parfait (GP) : citer les hypothèses du modèle et l'équation d'état. Énoncer les deux lois de Joule. Donner la relation de Mayer et exprimer  $C_V$  et  $C_P$  en fonction de  $\gamma$ ,  $n$  et  $R$ .
- 2) Modèle de la phase condensée idéale (PCI) : citer les hypothèses du modèle. Donner les variables dont dépendent l'énergie interne molaire et l'enthalpie molaire d'une phase condensée idéale.
- 3) Définir transformation « **isotherme** » / « **isochore** » / « **isobare** » / « **monobare** » / « **monotherme** » et « **adiabatique** ». Donner la propriété de la variation d'une fonction d'état lors d'une transformation.
- 4) Donner la définition mathématique de l'« **enthalpie** ». Énoncer le 1<sup>er</sup> principe comme un bilan enthalpique lors d'une transformation isobare.
- 5) Énoncer la loi de Laplace avec ses conditions d'application.  
Définir « **machine thermique monotherme / ditherme** ». Différencier moteur thermique et récepteur thermique. Schématiser une machine ditherme (moteur, réfrigérateur, PAC), identifier les sources de chaleur, le sens effectif des échanges thermiques et mécaniques. Définir et exprimer le **rendement** ou l'**efficacité** de la machine.
- 6) Décrire le cycle de Carnot. Établir l'expression du rendement ou de l'efficacité de Carnot d'une machine ditherme (moteur, réfrigérateur, PAC) en fonction des températures des 2 sources et donner l'ODG du rendement ou de l'efficacité réel(le).

<b>Chapitres concernés :</b>
Champ magnétique : description et actions
Induction

- 1) Citer les sources de champs magnétiques quelconque et uniforme. Donner les ODG de champs magnétiques (aimants, IRM, terrestre).
- 2) Décrire l'expérience des rails de Laplace « mode moteur ». Donner l'expression de la force de Laplace élémentaire et de la résultante de la force de Laplace sur un conducteur rectiligne [MN].
- 3) Définir « **flux** d'un champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté ». Enoncer la loi de modulation de Lenz et la loi de Faraday – *schéma avec convention d'orientation indispensable*. Définir et orienter le courant induit. Interpréter des expériences illustrant le phénomène d'induction avec ces lois.
- 4) Définir « **flux propre** » et « **inductance propre** ». Auto-induction : relation courant-tension d'une bobine idéale. Évaluer et citer l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur.
- 5) Définir « **inductance mutuelle** entre 2 bobines ». Citer des applications. Établir le système d'équations en RSF en s'appuyant sur des *schémas électriques équivalents*. Réaliser un bilan de puissance.
- 6) Rails de Laplace en « mode générateur » - *schéma indispensable* : ① analyse qualitative : origine du phénomène d'induction – prévision de ses effets ; ② établir les équations électrique et mécanique ; ③ établir le bilan de puissance et l'interpréter, montrer que  $P(\text{fém}) + P(\text{Laplace}) = 0$ .
- 7) Modélisation d'un alternateur : Spire rectangulaire soumise à un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation uniforme autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique - *schéma indispensable* : ① analyse qualitative : origine du phénomène d'induction – prévision de ses effets ; ② établir les équations électrique et mécanique et les interpréter ; ③ exprimer les puissances  $P(\text{fém})$ ,  $P(\text{Laplace})$  et la puissance mécanique fournie par l'opérateur extérieur : conclure sur la conversion mécanique → électrique.

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Description d'un système et de son évolution vers un état final
---

- 1) Définir mathématiquement les grandeurs intensives de composition : « **concentration molaire volumique, fraction molaire, pression partielle** ».
- 2) Sur un exemple de transformation chimique, construire un tableau d'avancement et présenter les 2 types d'état final (rupture d'équilibre et état d'équilibre).
- 3) Expression de l'activité en fonction de l'espèce / du constituant physico-chimique considéré(e). Sur un exemple de réaction chimique, donner l'expression du quotient de réaction  $Q_r$ . Enoncer la loi d'action de masse.
- 4) Prévion de l'évolution d'un système en comparant  $Q_r$  initial à la constante d'équilibre.

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Equilibres acido-basiques
---------------------------

- 1) Définir « acide/base **fort(e)** », « acide/base **faible** ». Donner des exemples. Définir « **constante d'acidité d'un couple** ». Citer les couples acido-basiques de l'eau. Définir le « **produit ionique de l'eau** ».
- 2) Etablir la formule liant pH et  $pK_a$  et construire le diagramme de prédominance d'un couple  $AH/A^-$ .
- 3) Définir « **équivalence** ». Critères d'une réaction de titrage. Distinction titrage direct / indirect / en retour. Distinction titrages successifs / simultanés.
- 4) Dosage pHmétrique d'un acide faible par les ions hydroxyde : expliquer comment déterminer expérimentalement le  $pK_a$  de l'acide faible. Détection de l'équivalence par colorimétrie : choix d'un indicateur coloré (la courbe pHmétrique d'un dosage acido-basique étant connue).

<b>Chapitres concernés :</b>
------------------------------

Mesures physiques pour les études expérimentales en chimie
--

Spectrophotométrie : expression de l'absorbance, spectre d'absorption et loi de Beer-Lambert.  
Conductimétrie : conductance, conductivité, conductivité molaire ionique.

**Chapitres concernés :**

## Capacités numériques

1) En s'appuyant sur l'exemple suivant :

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{\tau}u = \frac{1}{\tau}e \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \tau = RC \\ e(t) \text{ un forçage quelconque mais connu} \end{cases}$$

décrire la méthode d'Euler pour résoudre numériquement une équation différentielle d'ordre 1.

Pour une ED d'ordre 2, en s'appuyant sur l'exemple suivant :

$$\ddot{x} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{x} + \omega_0^2 x = \omega_0^2 x_{\text{éq}}$$

expliquer comment on la transforme en un système différentiel de 2 équations d'ordre 1 qu'on résout avec la méthode d'Euler.

Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de résoudre une équation différentielle du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>e</sup> ordre (linéaire ou pas avec 2<sup>nd</sup> membre quelconque).

2) Décrire la démarche et construire un programme permettant d'obtenir une incertitude-type composée via une simulation Monte-Carlo (ex : détermination de la vergence d'une lentille via la relation de conjugaison :  $v = \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA}$ ). Compléter ou commenter un programme Python s'appuyant sur une simulation Monte-Carlo dont l'objectif est d'évaluer l'incertitude-type sur les paramètres (pente / ordonnée à l'origine) d'une droite modèle obtenue par régression linéaire.

3) [MP2I] Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de tester les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> lois de Kepler en exploitant des données astronomiques ou satellitaires.

4) Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de résoudre une équation par dichotomie.

5) Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de calculer une intégrale sur un segment par la méthode des rectangles.

6) [MP2I] Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est de tester le stigmatisme approché d'une lentille demi-boule pour les rayons proches de l'axe optique.

7) [MPSI] Compléter ou commenter un programme Python dont l'objectif est d'obtenir des trajectoires d'un point matériel soumis à un champ de force centrale conservatif.

**MPSI****Chapitres concernés :**

Cinétique chimique

- 1) Définir « **vitesse (volumique) de formation / de disparition** » et « **vitesse de réaction** ». Lien entre ces vitesses. Citer les facteurs cinétiques.
- 2) Pour la réaction :  $\alpha A \rightarrow \gamma C + \delta D$ . Intégration d'une loi de vitesse d'ordre 0 ou 1 ou 2 pour exprimer la concentration du réactif A en fonction du temps et le temps de  $\frac{1}{2}$  réaction.
- 3) Énoncer la loi d'Arrhénius, en précisant les notations.

**MPSI****Chapitres concernés :**

Structure des entités chimiques

Relation structure des entités – propriétés physiques macroscopiques

Solides cristallins

- 1) Définir « **liaison covalente** » et « **énergie de liaison** ». Donner les ODG de la longueur et de l'énergie de liaison covalente. Énoncer la règle de l'octet et indiquer les écarts à cette règle.
- 2) Sur un exemple, déterminer le schéma de Lewis le plus probable d'un édifice polyatomique et en déduire sa géométrie. Prévoir la polarisation de chaque liaison et en déduire le caractère (a)polaire de la molécule.
- 3) Interactions de Van der Waals (VdW) : présenter les 3 types d'interactions en précisant la nature des dipôles mis en jeu et les facteurs influençant l'énergie de liaison. Donner l'ODG de l'énergie de liaison de VdW. Définir la liaison hydrogène. Donner l'ODG de l'énergie de cette liaison.
- 4) Sur un exemple, justifier l'évolution de propriétés physiques de corps purs en discutant des interactions intermoléculaires.
- 5) Citer les interactions assurant la cohésion à l'état solide en précisant l'ODG de l'énergie potentielle d'interaction et donner la catégorie de solides cristallins correspondants.
- 6) Solide métallique : Structure cristalline Cubique Faces Centrées (CFC) : représentation ; relation paramètre de maille – rayon métallique ; population ; coordinence ; compacité ; expression de la masse volumique.
- 7) Localiser, dénombrer les sites tétraédriques et octaédriques d'une maille CFC et déterminer leur habitabilité.
- 8) Sur un exemple de solide métallique / ionique / covalent / moléculaire, savoir relier le paramètre de maille au rayon métallique / ionique / covalent / de Van der Waals. Pour cet exemple, savoir déterminer la population, la coordinence, la compacité et la masse volumique.

**MPSI****Chapitres concernés :**

Réactions de dissolution et de précipitation

Réactions d'oxydo-réduction

Diagrammes potentiel-pH

- 1) Définir « réactions de dissolution et de précipitation » et « produit de solubilité ».
- 2) Définir « solution **saturée** » et « **solubilité** ». Donner les facteurs influençant la solubilité. Sur un exemple, déterminer la solubilité d'un sel dans une solution donnée.
- 3) Définir « **oxydant** », « **réducteur** », « **oxydation** », « **réduction** ». Donner l'évolution de l'électronégativité dans la classification périodique. Faire le lien entre électronégativité et caractère oxydant ou réducteur d'un corps simple. Connaître les 5 exemples d'espèces redox au programme (nom, formule, nature : ion thiosulfate ; ion permanganate ; ion hypochlorite ; peroxyde d'hydrogène). Définir « **dismutation** » et « **médiamutation** ».
- 4) Connaître les nombres d'oxydation (n.o.) usuels de H et O ainsi que les exceptions (hydrure et peroxyde). Sur un (ou des) exemple(s), déterminer le nombre d'oxydation (n.o.) d'un élément dans un édifice. Identifier l'oxydant et le réducteur d'un couple redox à partir des n.o.
- 5) Sur un (ou des) exemple(s), déterminer l'équation bilan d'une réaction d'oxydo-réduction et énoncer la formule de Nernst dans le cas général et à 298 K en précisant les notations.
- 6) Diagramme E-pH d'un élément : Attribuer les différents domaines à des espèces données. Déterminer l'équation d'une droite frontière (verticale / horizontale / oblique).
- 7) Construire le diagramme E-pH de l'eau.