

# Préparation à la rentrée en MPSI

## Sciences physiques

### Révisions des connaissances du secondaire

Au cours de la première année de CPGE, vous allez rencontrer de nouveaux concepts et acquérir de nouvelles méthodes de travail et de calcul.

Pour que vous puissiez les assimiler plus rapidement, pour que la formation que vous suivrez soit la plus efficace possible, et pour qu'elle vous permette ainsi de réussir les concours d'entrée aux écoles que vous visez, il est important que vous maîtrisiez le programme du secondaire.

Aussi, au cours des vacances d'été, il est essentiel de revoir votre cours de Physique-Chimie de Première S et de Terminale S. Pour évaluer vos acquis de secondaire, un devoir surveillé de deux heures aura lieu la semaine après la rentrée.

J'ai détaillé ci-après les parties des programmes de Première S et de Terminale S, en Physique et en Chimie, que vous devez réviser et parfaitement maîtriser pour vous préparer à l'entrée en MPSI. C'est sur ces points que vous serez interrogés au cours du devoir surveillé de rentrée.

Une dizaine d'exercices vous aideront à réviser certains points du programme mais ils ne constituent pas une liste exhaustive. Un corrigé vous sera distribué à la rentrée.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à me contacter par courrier électronique à l'adresse suivante :

sylvie.benet@ac-montpellier.fr

Il n'est pas nécessaire pour le moment d'acheter des livres, utiliser vos cours du secondaire ou le site du CNED pour réviser

<http://www.academie-en-ligne.fr>

Lycée, Première S ou Terminale S puis Physique-Chimie

### Réflexion sur l'orientation

Certaines et certains d'entre vous ont peut-être déjà un projet bien arrêté. D'autres, et c'est normal, n'ont pas encore d'idée bien déterminée.

Êtes-vous plutôt attiré(e) par l'aéronautique, l'informatique, la finance, le professorat, ...? Vous pouvez dès à présent commencer à y réfléchir en vous aidant de votre entourage, d'Internet ...

<http://www.cea.fr/comprendre/jeunes/Pages/metiers/fiches-metiers.aspx>

Le site du Service des Concours aux Écoles d'Ingénieurs (S.C.E.I.) :

<http://www.scei-concours.fr/>

comporte, entre autres, une liste des écoles d'ingénieurs et de nombreuses statistiques relatives aux concours d'entrée à ces écoles.

Commencer à réfléchir à un projet professionnel vous permettra d'entretenir votre motivation tout au long de l'année.

Bonnes vacances.

S. Bénet  
Professeur de Sciences physiques en MPSI

# 1 Parties des programmes de physique et de chimie à réviser

## 1.1 Physique de Terminale S

### 1.1.1 Ondes

- **Les caractéristiques des ondes** : différences entre ondes mécaniques (comme les ondes sonores, les ondes ultrasonores, les ondes sismiques, les vagues à la surface de l'eau) et ondes électromagnétiques. Savoir définir et identifier des ondes progressives, des ondes progressives périodiques, des ondes sinusoïdales, savoir calculer le retard d'un signal.
- **Le phénomène de diffraction** : pouvoir expliquer comment observer expérimentalement le phénomène de diffraction, connaître l'influence de la taille de l'ouverture de la fente et de la longueur d'onde de l'onde diffractée sur la taille de la figure de diffraction.
- **Le phénomène d'interférences** : connaître et savoir exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives. En particulier, bien savoir et comprendre pourquoi les interférences sont constructives aux points où la différence de marche  $\delta$  entre deux rayons est de la forme  $n\lambda$  et pourquoi les interférences sont destructives aux points où la différence de marche  $\delta$  entre deux rayons est de la forme  $\frac{2n+1}{2}\lambda$ .
- **L'effet Doppler**

### 1.1.2 Mécanique

- **Cinématique** : relations entre vecteur position, vecteur vitesse et vecteur accélération en coordonnées cartésiennes ; les différents types de mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) ; vecteur quantité de mouvement.
- **Dynamique** :
  - *Lois de Newton* : savoir en particulier mettre en œuvre la deuxième loi de Newton,  $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$  pour étudier des mouvements dans un champ de pesanteur uniforme ou dans un champ électrique uniforme.
  - *Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé* : bien comprendre qu'il s'agit d'une conséquence de la deuxième loi de Newton et savoir l'exploiter.
  - *Mouvement d'un satellite* : établir l'expression de la vitesse et de la période d'un satellite sur une trajectoire circulaire ; connaître les lois Kepler et, en particulier, savoir démontrer et exploiter la troisième loi de Kepler.
- **Énergie et échanges d'énergie**
  - *Travail d'une force constante* :
    - \* comprendre que le travail  $W_{AB}$  est une énergie fournie (si  $W_{AB} > 0$ ) ou prélevée (si  $W_{AB} < 0$ ) par une force sur un objet qui se déplace entre un point  $A$  et un point  $B$ .
    - \* connaître l'expression générale du travail d'une force constante  $\vec{F}$  sur un objet se déplaçant entre un point  $A$  et un point  $B$  :  $W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$
    - \* savoir que pour le travail du poids et pour le travail d'une force électrique dans un champ électrique uniforme, on n'utilise en pratique pas la formule générale  $W_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{AB}$  mais d'autres formules qui se déduisent d'elle et qui sont plus pratiques à utiliser.
      - Pour le travail du poids sur un objet de masse  $m$  se déplaçant de l'altitude  $z_A$  à l'altitude  $z_B$  dans un champ de pesanteur d'intensité  $g$ , on utilise :  $W_{AB} = mg(z_A - z_B)$
      - Pour le travail de la force électrique  $\vec{F} = q\vec{E}$  exercée par un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  sur une particule de charge  $q$  se déplaçant d'un point  $A$  où le potentiel électrique est  $V_A$  jusqu'à un point  $B$  où le potentiel électrique est  $V_B$ , on utilise :  $W_{AB} = q(V_A - V_B)$
  - *Force conservative et énergie potentielle associée à une force conservative*
    - \* savoir qu'à chaque force conservative on associe une énergie potentielle qui est définie à une constante près.
    - \* connaître trois exemples de forces conservatives :
      - Le poids  $\vec{P} = m\vec{g}$  auquel est associée l'énergie potentielle de pesanteur  $\mathcal{E}_{pes} = mgz$ .

- La force de rappel d'un ressort  $\vec{F} = -kx\vec{i}$  à laquelle est associée l'énergie potentielle élastique  $\mathcal{E}_{p_{elas}} = \frac{1}{2}kx^2$ , où  $x$  est l'allongement du ressort.
- La force électrique  $\vec{F} = q\vec{E}$  à laquelle est associée l'énergie potentielle électrique  $\mathcal{E}_{p_{elec}} = qV$ .
- *Force non conservative* : c'est le cas d'une force de frottement.
- *Énergie mécanique* : connaître la définition de l'énergie mécanique ; savoir que l'énergie mécanique d'un système sur lequel ne s'exercent que des forces conservatives se conserve ; savoir appliquer la conservation de l'énergie mécanique d'un système entre deux points pour déterminer une vitesse ou une position en un point donné.
- *Étude énergétique des oscillations libres d'un système mécanique en l'absence et en présence de dissipations* : savoir qu'il existe trois régimes pour un oscillateur amorti (pseudo-périodique, apériodique et critique).

### 1.1.3 Dualité onde-particule

- **Aspects ondulatoire et particulaire de la lumière** : savoir qu'à une onde électromagnétique de longueur d'onde  $\lambda$  on associe un corpuscule appelé photon d'énergie  $\mathcal{E} = h\nu$  et de quantité de mouvement  $p = \frac{h}{\lambda}$ .
- **Aspects ondulatoire et particulaire de la matière**
  - *Connaître la relation de de Broglie* qui, dans le cadre d'une description quantique de la matière, associe à toute particule de quantité de mouvement  $p$  une onde de probabilité de longueur d'onde  $\lambda = \frac{h}{p}$ .
  - *Bien comprendre que l'onde associée à la particule de matière est une onde de probabilité* : elle permet de connaître la probabilité de trouver la particule dans une zone de l'espace.
  - *Connaître les expériences d'interférences photon par photon et d'interférences électron par électron* et comprendre pourquoi elles mettent en évidence l'aspect probabiliste des phénomènes quantiques. On peut trouver des vidéos présentant ces expériences sur Internet.

### 1.1.4 Transferts thermiques entre systèmes macroscopiques

- **Énergie interne  $U$  d'un système** : savoir que l'énergie interne correspond à la somme des énergies cinétique et potentielle microscopiques. Savoir que l'énergie totale d'un système est la somme de son énergie cinétique macroscopique  $\mathcal{E}_c$ , de son (ses) énergie(s) potentielle(s) macroscopique(s) et de son énergie interne, ce qui se résume par la formule  $\mathcal{E}_{tot} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_p + U$ .
- **Capacité thermique  $C$  d'un corps en phase condensée (solide ou liquide)** : savoir qu'au cours d'une transformation la variation d'énergie interne  $\Delta U$  et la variation de température  $\Delta T$  sont reliées par la relation :  $\Delta U = C\Delta T$  et bien comprendre que la capacité thermique  $C$  d'un corps en phase condensée correspond donc à l'énergie qu'il faut fournir à ce corps pour augmenter sa température de 1 degré Celsius (donc de 1 degré Kelvin).
- **Transferts thermiques**
  - *Les trois modes de transferts thermiques* : savoir expliquer conduction, convection et rayonnement.
  - *Flux thermique  $\phi$*  : savoir calculer le transfert thermique  $Q$  (énergie, en joules) échangé par un système à partir du flux thermique  $\phi$  (puissance, en watts =  $J \cdot s^{-1}$ ) qu'il échange pendant une durée  $\Delta t$  avec la formule  $Q = \phi\Delta t$  ; interpréter les flux thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.
  - *Résistance thermique* : savoir utiliser la formule  $\phi = R_{th}(T_C - T_F)$  qui relie la résistance thermique  $R_{th}$ , le flux thermique  $\phi$  à travers une paroi et la différence de température  $T_C - T_F$  entre la face chaude et la face froide de la paroi.
  - *Notion d'irréversibilité* : savoir que les transferts thermiques sont des processus irréversibles.
- **Bilan d'énergie pour un système**
  - Savoir relier et exploiter la variation d'énergie totale d'un système aux deux types d'échanges possibles d'énergie (travail  $W$  = échange d'énergie sous forme mécanique, macroscopique et transfert thermique  $Q$  = échange de nature microscopique) qui se résume par la formule :  $\Delta\mathcal{E}_{tot} = W + Q$ .

Autrement dit, la somme des variations de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie interne d'un système est égale aux deux types d'échanges possibles d'énergie avec l'extérieur :

$$\Delta\mathcal{E}_c + \Delta\mathcal{E}_p + \Delta U = W + Q$$

où  $W$  et  $Q$  sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont fournis par le système.

- Savoir que le bilan d'énergie précédent se simplifie pour un système qui n'a pas de mouvement à notre échelle :  $\Delta U = W + Q$  car alors son énergie cinétique et son énergie potentielle ne varient pas.

### 1.1.5 Transmission et stockage de l'information

- **Conversion d'un signal analogique en un signal numérique** : notions d'échantillonnage, de quantification et de numérisation.
- **Stockage optique des données numériques**
  - *Principe de lecture sur un disque optique* : savoir l'expliquer.
  - *Limitation de la capacité de stockage* : savoir l'expliquer par le phénomène de diffraction.

## 1.2 Chimie de Terminale S

### 1.2.1 Cinétique chimique

- **Savoir déterminer un temps de demi-réaction graphiquement**
- **Facteurs cinétiques** : influence de la température, de la concentration des réactifs, du solvant
- **Catalyses homogène, hétérogène et enzymatique**

### 1.2.2 Réactions acide-base

- **Couple acide/base AH/A<sup>-</sup>** : demi-équation associée au couple AH/A<sup>-</sup>, constante d'acidité  $K_a$  associée à la réaction de l'acide AH avec l'eau,  $pK_a$  du couple AH/A<sup>-</sup>.
- **Domaine de prédominance** : savoir établir la relation  $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$  et en déduire le diagramme de prédominance de la forme basique A<sup>-</sup> et de la forme acide AH qui permet de savoir laquelle des deux espèces est prédominante en comparant le pH de la solution et le  $pK_a$  du couple.
- **Savoir écrire la réaction entre l'acide AH d'un couple AH/A<sup>-</sup> et la base B<sup>-</sup> d'un autre couple BH/B<sup>-</sup>**
- **L'eau, un ampholyte** : savoir que l'eau est à la fois un acide dans le couple H<sub>2</sub>O/OH<sup>-</sup> et une base dans le couple H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>O ; connaître la réaction d'autoprotolyse de l'eau  $2H_2O = H_3O^+ + OH^-$  et la constante d'équilibre associée, appelée produit ionique de l'eau  $K_e = [H_3O^+]_e [OH^-]_e$ .
- **Notions d'acide fort et de base forte** : savoir calculer le pH d'une solution d'acide fort ou de base forte connaissant la concentration de la solution.
- **Solution tampon**
- **Dosage d'un acide ou d'une base**
  - *Titrage direct* :
    - \* Connaître les méthodes de repérage de l'équivalence selon le type de titrage direct effectué :
      - Rupture de pente à l'équivalence au cours d'un dosage par conduction.
      - Saut de pH au cours d'un dosage par pH-métrie.
      - Changement de couleur au cours d'un dosage avec indicateur de fin de réaction.
    - \* Être capable d'écrire la réaction support d'un titrage et savoir que celle-ci doit être quantitative (totale), rapide et ne doit pas être parasitée par d'autres réactions.

- \* Savoir déterminer la concentration d'une solution d'acide ou de base en utilisant le fait qu'à l'équivalence, la quantité de matière d'espèce titrante versée est égale à la quantité de matière d'espèce titrée.
- *Dosages par étalonnage* : spectrophotométrie et utilisation de la loi de Beer-Lambert ; conductimétrie et utilisation de la loi de Kohlrausch

## 1.3 Physique de Première S

### 1.3.1 Optique

- **Lentilles minces convergentes**
  - *Notions d'image réelle et d'image virtuelle*
  - *Distance focale et vergence*
  - *Relation de conjugaison et grandissement*
- **Modélisation de l'œil**
  - *Le modèle* : savoir que l'œil peut-être modélisé par l'association d'une lentille (qui modélise le cristallin) et d'un écran (qui modélise la rétine).
  - *Accommodation du cristallin* : savoir décrire le phénomène.

### 1.3.2 Radioactivité

- **Notion d'activité** : connaître sa définition et son unité (le becquerel).
- **Réactions de fusion et de fission** : savoir définir chacune et connaître un exemple de chaque.
- **Savoir équilibrer une réaction nucléaire à partir des lois de conservation**
- **Défaut de masse et énergie libérée** : connaître et savoir utiliser la relation  $\Delta E_{\text{libérée}} = |\Delta m|c^2$  reliant l'énergie libérée au défaut de masse au cours d'une réaction nucléaire.

### 1.3.3 Champs et forces

- **Champs scalaires et vectoriels** : connaître la définition et des exemples de chaque.
- **Champ magnétique** : connaître trois sources de champ magnétique (Terre, aimant, courant) et savoir que dans tous les cas il s'agit de courants, c'est-à-dire de charges en mouvement.
- **Champ électrostatique** : connaître la relation entre le champ électrostatique  $\vec{E}$  et la force qu'il exerce sur une charge  $q$  :  $\vec{F} = q\vec{E}$  ; savoir tracer les lignes de champ électrostatique dans un condensateur plan.
- **Champ de pesanteur local** : connaître la relation entre le champ de pesanteur local  $\vec{g}$  et la force qu'il exerce sur une charge  $m$  et qui s'appelle le poids :  $\vec{P} = m\vec{g}$  ; connaître les caractéristiques du champ de pesanteur local.
- **Loi de gravitation** : connaître et savoir exploiter la relation permettant de déterminer la force d'attraction gravitationnelle exercée par un corps  $M_1$  de masse  $m_1$  sur un corps  $M_2$  de masse  $m_2$  :  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$  où  $\vec{u}_{1 \rightarrow 2}$  est un vecteur unitaire porté par la droite  $(M_1 M_2)$ .

### 1.3.4 Conservation de l'énergie

- **Énergie mécanique** : cette notion étant approfondie en Terminale, il suffit de bien maîtriser les concepts rappelés au 2. de la partie consacrée à la Physique de Terminale de ce document.
- **Énergie électrique**
  - *Puissance échangée (reçue ou cédée) par un dipôle électrique* : savoir la calculer en fonction de l'intensité  $I$  qui le traverse et de la tension  $U$  à ses bornes avec la formule  $P = UI$ .
  - *Relation entre puissance (exprimée en watts) et énergie (exprimée en joules)* : la connaître et savoir qu'une puissance est une énergie par seconde ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

- *Conversion d'énergie pour un générateur et pour un récepteur*
- *Effet Joule* : savoir décrire ce phénomène ; savoir retrouver l'expression de la puissance dissipée par effet Joule  $P = RI^2$  à partir de la loi d'Ohm  $U = RI$  et de la formule de la puissance échangée par un dipôle  $P = UI$  ; être capable de calculer une puissance dissipée par effet Joule à partir de cette formule.
- *Rendement de conversion*

## 1.4 Chimie de Première S

- **Réaction chimique** : savoir équilibrer une réaction chimique, construire le tableau d'avancement associé et déterminer grâce à ce tableau le réactif limitant ainsi que l'état final du système après réaction.
- **Proportions stœchiométriques** : comprendre et savoir exploiter cette notion.
- **Molécules** : connaître la notion de liaison covalente et savoir représenter la formule de Lewis d'une molécule avec ses liaisons covalentes et ses doublets non liants (on se limite aux molécules constituées d'atomes appartenant aux trois premières lignes de la classification périodique des éléments).
- **Énergie chimique** : savoir écrire une réaction de combustion pour un hydrocarbure ou un alcool (= sa réaction avec le dioxygène) et savoir qu'une telle réaction libère de l'énergie.
- **Oxydo-réduction** : savoir écrire la demi-équation associée à un couple oxydant / réducteur ; savoir écrire l'équation d'oxydo-réduction entre l'oxydant d'un couple et le réducteur d'un autre couple à partir des demi-équations associées à ces couples.
- **Chimie organique** : connaître la nomenclature relative aux alcanes, alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques
- **Cohésion de la matière en chimie** : interactions de Van der Waals et liaisons hydrogène dans un solide moléculaire ; interactions électrostatiques dans un solide ionique ; savoir expliquer le mécanisme de dissolution d'un solide ionique dans un solvant (comme l'eau) à partir du caractère polaire des molécules de solvant ; relier le caractère polaire des molécules de solvant à leur géométrie et à l'électronégativité des atomes qui les constituent (bien connaître le cas de l'eau) : connaître le lien entre températures de changement d'état et structure moléculaire dans le cas de l'eau, des alcools et des alcanes.

## 2 Exercices de physique

### Exercice 1 - Mouvement vertical d'un objet dans un champ de pesanteur

À l'instant initial, une pierre de masse  $m = 50$  g, assimilée à un point matériel, est lancée verticalement vers le haut, à partir d'un point  $O$ , situé 1,5 m au-dessus du sol, avec une vitesse  $v_0 = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . On repère sa position sur un axe vertical ( $Oz$ ) orienté vers le haut ( $O, \vec{k}$ ) et on prend pour origine  $O$  le point d'où est lancé la pierre. On note  $\vec{g} = g\vec{k}$  le champ de pesanteur où  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que  $\frac{dv}{dt} = -g$ .
2. En déduire la fonction  $v(t)$  donnant la vitesse de la pierre.
3. Quelle relation lie les fonctions  $z(t)$  donnant la position de la pierre sur l'axe vertical ( $Oz$ ) et  $v(t)$  ? En déduire, à la date  $t$ , la position  $z(t)$  de la pierre sur l'axe vertical.
4. Que peut-on dire de la vitesse de la pierre au sommet de la trajectoire ? En déduire la date  $t_S$  à laquelle le sommet de la trajectoire est atteint.
5. À l'aide de ce qui précède, déterminer à quelle distance  $H$  du point de lancer  $O$  la pierre atteint le sommet de sa trajectoire. Retrouver ce résultat à l'aide de la conservation de l'énergie mécanique, dont vous justifierez l'emploi.
6. À quelle date  $t_B$  et avec quelle vitesse  $v_B$  la pierre tombe-t-elle sur le sol au point  $B$  ?

### Exercice 2 - Mouvement vertical d'un objet dans un champ de pesanteur

À l'instant initial de date  $t = 0$ , on lance dans l'air un objet supposé ponctuel d'un point  $O$  pris pour origine du repère ( $O, \vec{i}, \vec{j}$ ), avec une vitesse de norme  $v_0$  faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale.

Le vecteur  $\vec{i}$  est horizontal et le vecteur  $\vec{j}$  est vertical.

Les forces de frottement et la poussée d'Archimède sont négligées.

On repère l'objet par ses coordonnées  $x(t)$  et  $y(t)$  dans le repère ( $O, \vec{i}, \vec{j}$ ).

On note  $\vec{g} = -g\vec{j}$  le champ de pesanteur.

1. Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse à l'instant initial dans le repère ( $O, \vec{i}, \vec{j}$ ) ?
2. Montrer que  $x(t)$  et  $y(t)$  vérifient les équations :

$$\ddot{x} = 0 \quad \text{et} \quad \ddot{y} = -g$$

3. Déduire de ce qui précède les équations horaires du mouvement, c'est-à-dire l'expression des fonctions  $x(t)$  et  $y(t)$ .
4. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire c'est-à-dire la relation entre les coordonnées  $x$  et  $y$ . Quelle est la nature de cette trajectoire ?
5. Quelle est l'expression du vecteur vitesse lorsque l'objet atteint l'altitude maximale ?
6. En déduire l'altitude maximale atteinte par l'objet.  
*Indice* : vous commencerez par déterminer la date  $t_{max}$  pour laquelle cette altitude maximale est atteinte.
7. Retrouver le résultat de la question 6 en utilisant la conservation de l'énergie mécanique (après avoir justifié son emploi) entre le point  $O$  et le point d'altitude maximale.
8. À quelle distance du point  $O$ , où il a été lancé, l'objet tombe-t-il ?

### Exercice 3 - Satellite géostationnaire

Un satellite géostationnaire de masse  $m$  reste constamment à la verticale d'un point donné de la Terre. La Terre est assimilée à une boule de rayon  $R_T = 6,4 \cdot 10^6$  m et de masse  $M_T = 6,0 \cdot 10^{24}$  kg.

*Données* : jour sidéral  $T = 23$  h 56 min ; constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  S.I.

1. Rappeler la définition du référentiel géocentrique.
2. Déterminer l'expression de la vitesse  $v$  de ce satellite dans le référentiel géocentrique en fonction des données du problème puis calculer sa valeur.
3. Déterminer l'expression de l'altitude  $h$  du satellite en fonction des données du problème puis calculer sa valeur.
4. À l'aide de la relation établie au 3, retrouver la troisième loi de Kepler.

#### Exercice 4 - Énergie mécanique d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme

Un ion  $\text{He}^{2+}$  arrive au point  $O$  avec une vitesse négligeable. Entre la plaque de gauche et la plaque de droite, il est accéléré sous l'effet d'un champ électrostatique uniforme créé par la différence de potentiel  $U_{AO} < 0$  entre les deux plaques. On convient de prendre nul le potentiel électrique au point  $A$  :  $V_A = 0$ .

Données :

- masse molaire de l'ion  $\text{He}^{2+}$  :  $M(\text{He}^{2+}) = 4,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- charge de l'électron :  $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse de l'électron :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- nombre d'Avogadro :  $\mathcal{N}_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- distance entre les plaques :  $OA = 20 \text{ cm}$
- différence de potentiel entre les plaques :  $U_{AO} = V_A - V_O = -100 \text{ V}$

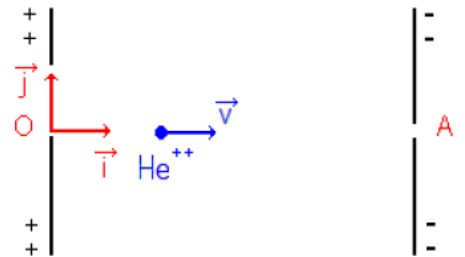


Figure 1

1. Déterminer le champ électrostatique  $\vec{E}$  et représenter les lignes de champ entre les deux plaques.
2. Déterminer la norme du vecteur force électrique  $\vec{F}$  agissant sur l'ion  $\text{He}^{2+}$ .
3. Montrer que le poids est négligeable devant la force électrique  $\vec{F}$ .
4. Calculer l'énergie mécanique de l'ion  $\text{He}^{2+}$  dans le champ électrostatique  $\vec{E}$ . Cette énergie mécanique varie-t-elle ?
5. Calculer la vitesse de l'ion  $\text{He}^{2+}$  au point  $A$ .

#### Exercice 5 - Particule chargée dans un champ uniforme

Un électron de charge  $q = -e$ , de masse  $m$ , arrive dans le vide, à l'instant  $t = 0$  au point origine  $O$  du repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ , avec une vitesse initiale :  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ .

Cet électron est alors soumis à l'action d'un champ électrostatique uniforme :  $\vec{E} = -\frac{U}{d} \vec{j}$  où  $U = V_P - V_N > 0$  est la différence de potentiel entre deux plaques  $P$  et  $N$  qui délimitent une zone d'espace définie par :  $0 < x < L$  et  $-d/2 < y < d/2$ .

On néglige le poids de l'électron devant la force électrostatique.

On repère la position de l'électron par ses coordonnées  $x(t)$  et  $y(t)$  dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

1. Montrer que  $x(t)$  et  $y(t)$  vérifient les équations :

$$\ddot{x} = 0 \quad \text{et} \quad \ddot{y} = -\frac{e}{m} E$$

2. Dédire de ce qui précède les équations horaires du mouvement, c'est-à-dire l'expression des fonctions  $x(t)$  et  $y(t)$ .
3. En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de l'électron, c'est-à-dire la relation entre les coordonnées  $x$  et  $y$ . Quelle est la nature de la trajectoire ?
4. Donner la condition sur la tension  $U$  pour que la particule sorte du champ sans heurter les plaques.



5. Cette condition réalisée, déterminer l'expression littérale de l'angle de déviation, c'est-à-dire l'angle  $\alpha$  dont a été dévié l'électron après être passé entre les plaques, en fonction des données du problème et montrer que  $\alpha$  est proportionnel à la différence de potentiel  $U$  entre les deux plaques.

### Exercice 6 - Lentille convergente

Soit une lentille convergente de distance focale image  $f' = 8,0$  cm.  
On place à  $12,0$  cm à gauche de cette lentille un objet  $AB$ .

1. Déterminer la position de l'image  $A'B'$  de cet objet à l'aide d'une construction géométrique à l'échelle  $1/4$ .
2. Retrouver la position  $\overline{OA'}$  de l'image à l'aide de la relation de conjugaison.
3. Cette image est-elle observable sur un écran ?
4. Reprendre les trois questions précédentes si l'objet  $AB$  est placé cette fois à  $6,0$  cm à gauche de la lentille.

### Exercice 7 - Étude d'une propriété des ondes lumineuses

Un faisceau de lumière parallèle monochromatique, de longueur d'onde  $\lambda$ , produit par une source laser, arrive sur un fil vertical, de diamètre  $a$  ( $a$  est de l'ordre du dixième de millimètre). On place un écran à une distance  $D$  de ce fil supposée grande devant  $a$  (voir la figure 2).

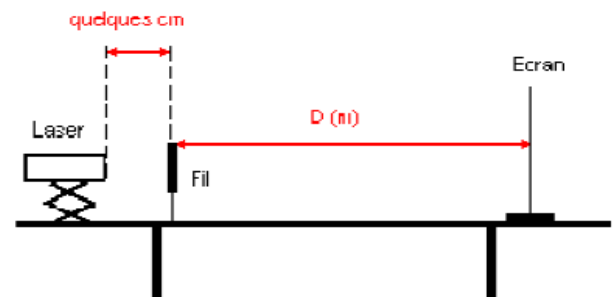


Figure 2

1. La figure 3 présente l'expérience vue de dessus et la figure observée sur l'écran. Quel est le phénomène observé ? Que nous enseigne-t-il sur la nature de la lumière ?
2. Faire apparaître sur la figure 3 l'écart angulaire ou demi-angle de diffraction  $\theta$  et la distance  $D$  entre l'objet diffractant (le fil) et l'écran.
3. En utilisant la figure 3 exprimer l'écart angulaire  $\theta$  en fonction des grandeurs  $L$  et  $D$ .
4. Quelle expression lie les grandeurs  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$  ? Préciser les unités respectives de ces grandeurs physiques.
5. En utilisant les résultats précédents, déterminer l'expression de la largeur  $L$  de la tache centrale de diffraction en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ .
6. On dispose de deux fils calibrés de diamètres respectifs  $a_1 = 60$   $\mu\text{m}$  et  $a_2 = 80$   $\mu\text{m}$ . On place successivement ces deux fils verticaux dans le dispositif présenté par la figure 1. On obtient sur l'écran deux figures de diffraction distinctes notées  $A$  et  $B$  (voir la figure 4). Associer, en le justifiant, à chacun des deux fils la figure de diffraction qui lui correspond.
7. On cherche maintenant à déterminer expérimentalement la longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  de la lumière monochromatique émise par la source laser utilisée. Pour cela, on place devant le faisceau laser des fils calibrés verticaux. On désigne par  $a$  le diamètre d'un fil. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 2,50$  m des fils. Pour chacun des fils, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale de diffraction. On trace la courbe donnant  $L$  en fonction de  $(1/a)$  (voir la figure 5). La lumière émise par la source laser est dite monochromatique. Quelle est la signification de ce terme ?
8. Montrer que l'allure de la courbe donnant  $L$  en fonction de  $(1/a)$  obtenue est en accord avec l'expression de  $L$  donnée à la question 5.
9. Donner l'équation de la courbe donnant  $L$  en fonction de  $(1/a)$  et en déduire la longueur d'onde  $\lambda$  dans le vide de la lumière monochromatique constitutive du faisceau laser utilisé.
10. Calculer la fréquence de la lumière monochromatique émise par la source laser.
11. On éclaire avec cette source laser un verre flint d'indice  $n(\lambda) = 1,64$ . À la traversée de ce milieu transparent dispersif, les valeurs de la fréquence  $f$  et de la longueur d'onde  $\lambda$  varient-elles ? Si oui, que valent-elles ?

Données : célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

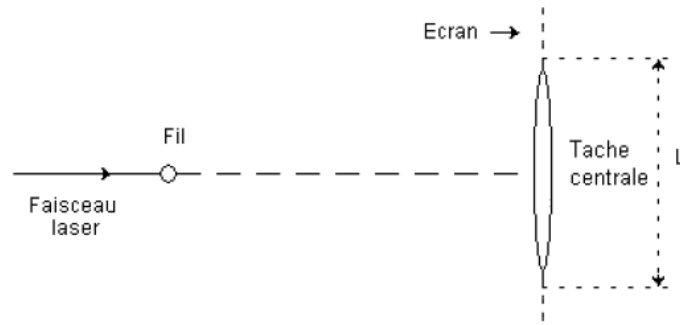


Figure 3

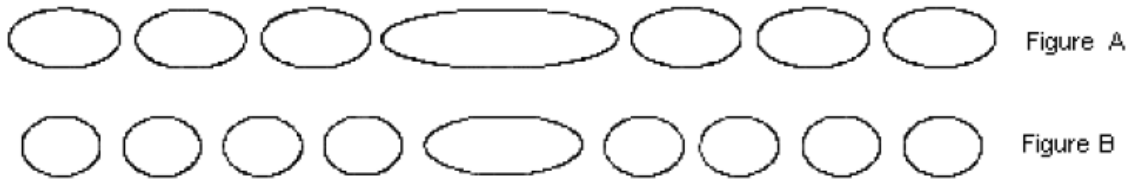


Figure 4

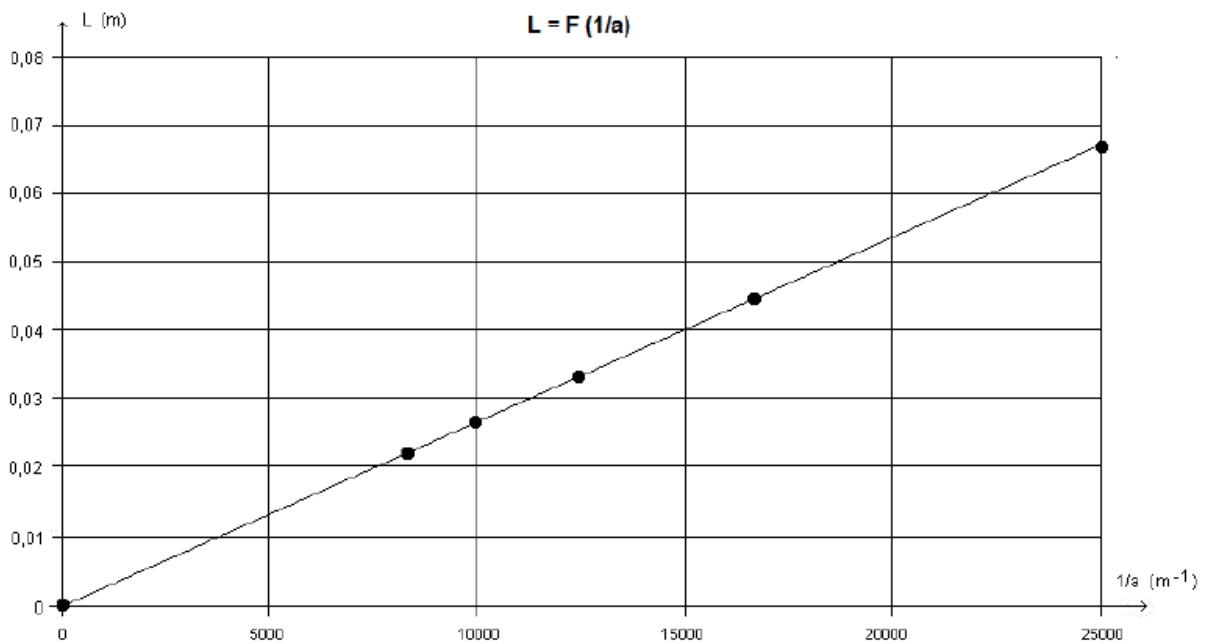


Figure 5

### Exercice 8 - Interférences

On réalise une expérience d'interférences avec une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . On utilise une fente source avec laquelle on éclaire deux fentes verticales fines  $F_1$  et  $F_2$  séparées par une distance  $a = AB = 0,20 \text{ mm}$ . À une distance  $D = 0,50 \text{ m}$  des deux fentes, on place un écran vertical permettant d'observer les interférences. On considère sur l'écran un axe horizontal ( $Ox$ ), le point  $O$  se trouvant sur la médiatrice de  $[AB]$ .

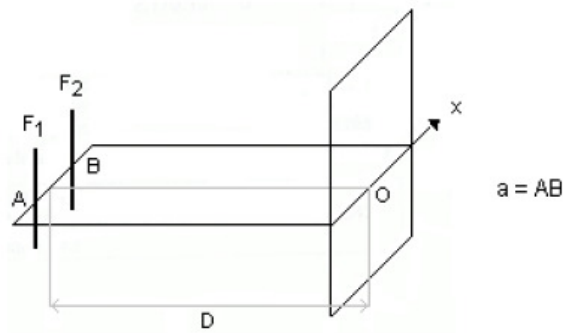


Figure 6

1. Expliquer qualitativement le phénomène d'interférences observé sur l'écran.  
Pourquoi utilise-t-on une fente source avant les fentes  $F_1$  et  $F_2$  ?
2. Quelle condition doit remplir la différence de marche, notée  $\delta$ , pour que l'intensité lumineuse soit nulle en un point de l'écran ?
3. Exprimer en fonction de  $\lambda$ ,  $D$ ,  $a$  et l'entier relatif  $k$ , l'abscisse  $x_k$  d'un point de l'axe pour lequel l'intensité lumineuse est nulle.
4. En déduire l'expression de l'interfrange, c'est-à-dire de l'intervalle  $i$  entre deux minima successifs en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ .
5. On mesure  $i = 1,37$  mm. En déduire la longueur d'onde  $\lambda$ .

### 3 Exercices de chimie

#### Exercice 9 - Cinétique chimique

Donnée : dans les conditions de l'expérience, le volume molaire est  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

1. Les solutions d'acide attaquent de nombreux métaux pour donner du dihydrogène. Écrire l'équation-bilan de la réaction d'une solution d'acide chlorhydrique sur le zinc sachant qu'elle met en jeu les couples  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  et  $\text{H}^+/\text{H}_2$ .

2. Dans une première expérience, on verse sur de la grenaille de zinc (réactif en large excès) un volume de 100 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à  $0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On obtient les résultats suivants :

Date (s)	0	30	60	90	120	180	240	300	360
Volume de $\text{H}_2$ (mL)	0	63	111	149	179	212	227	236	240

Dans une seconde expérience, on verse sur de la grenaille de zinc (réactif en large excès) un volume de 200 mL d'une solution d'acide chlorhydrique à  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On obtient les résultats suivants :

Date (s)	0	30	60	120	180	240	300	420	540
Volume de $\text{H}_2$ (mL)	0	46	83	142	183	208	221	235	240

3. Compléter les deux tableaux en donnant sur une troisième ligne la quantité de matière de dihydrogène en moles et tracer sur un même graphe les deux courbes donnant cette quantité de matière en fonction de la date.

4. Quel volume de dihydrogène obtiendra-t-on, dans les deux cas, lorsque la réaction sera terminée, sachant que celle-ci est quantitative (autrement dit, elle est totale) ?

5. Quel est le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  pour chaque expérience ? Ces résultats sont-ils en accord avec la partie du cours sur les facteurs cinétiques ? Quels sont les autres facteurs cinétiques mis en évidence ici ?

#### Exercice 10 - Réaction acide-base et dosage

Soit une solution commerciale  $S_0$  d'ammoniac  $\text{NH}_3(\text{aq})$  de concentration  $C_0 = 1,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On se propose d'étudier la solution  $S$  d'ammoniac 100 fois plus diluée que  $S_0$ . Sa concentration est notée  $C_S$ .

Données :

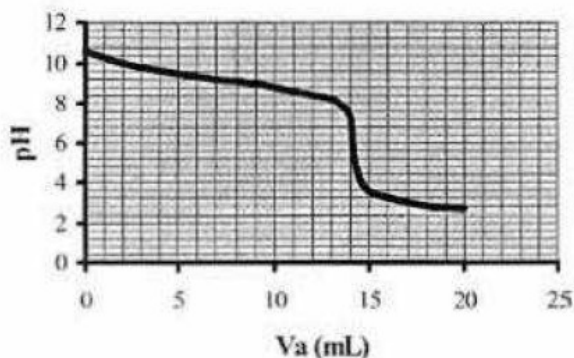
- Produit ionique de l'eau :  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$
- $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$  :  $\text{p}K_{A1} = 0$  ;  $\text{NH}_4^+(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{aq})$  :  $\text{p}K_{A2} = 9,2$  ;  $\text{H}_2\text{O}(\ell)/\text{HO}^-(\text{aq})$  :  $\text{p}K_{A3} = 14$
- Conductivités molaires ioniques :  $\lambda(\text{HO}^-(\text{aq})) = 199 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda(\text{NH}_4^+(\text{aq})) = 73,4 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \text{mol}^{-1}$

1. Comment préparer précisément un volume  $V = 1,00 \text{ L}$  de  $S$  à partir de  $S_0$  ?

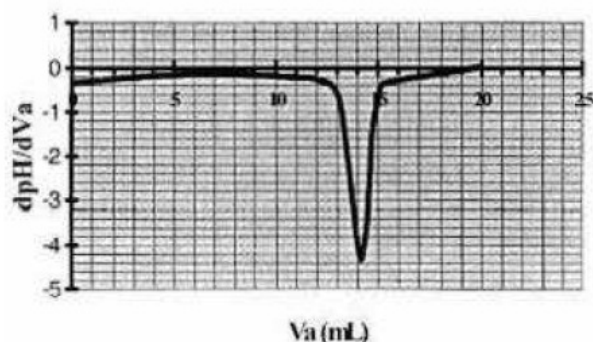
On se propose de vérifier la valeur de la concentration  $C_0$  de  $S_0$ . Pour cela, la solution  $S$  est titrée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_a = 0,015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Dans un volume  $V_S = 20 \text{ mL}$  de la solution  $S$ , on verse progressivement la solution d'acide chlorhydrique et on mesure après chaque ajout le pH du mélange. On peut alors tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume de solution acide ajoutée  $V_a$  à l'aide d'un logiciel approprié. On trace aussi la courbe d'évolution de la dérivée  $\frac{\text{dpH}}{\text{d}V_a}$  en fonction de  $V_a$ .

Evolution du pH



Evolution de dpH/dVa



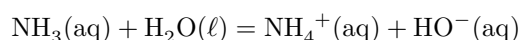
2. Écrire l'équation bilan de la réaction de titrage (1) de la solution d'ammoniac  $S$ .
3. À partir des données expérimentales, déterminer le volume de solution acide versé à l'équivalence  $V_{aE}$ .
4. En déduire la valeur de la concentration  $C_S$  de la solution diluée  $S$ .
5. Déterminer alors la valeur de la concentration  $C_0$  de la solution  $S_0$  et comparer la valeur trouvée à la valeur  $C_0$  donnée au début de l'énoncé.  
*Remarque* : pour la suite de l'exercice, on utilisera la valeur de  $C_0$  donnée au début de l'énoncé et la valeur correspondante de  $C_S$ .
6. Autre repérage de l'équivalence.

Parmi les indicateurs colorés du tableau ci-dessous, déterminer celui qu'il faut ajouter à la solution pour procéder le plus efficacement possible au titrage précédent par une méthode colorimétrique.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Bleu de bromophénol	Jaune	3,0 – 4,6	Bleu-violet
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,2	Jaune
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge

On considère à présent un volume  $V_S = 1,0$  L de la solution  $S$ .

7. L'équation bilan, notée (2) de la réaction entre l'ammoniac et l'eau est :



On définit la constante d'équilibre  $K$  associée à cette réaction par le rapport :

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+]_e [\text{HO}^-]_e}{[\text{NH}_3]_e}$$

Exprimer  $K$  en fonction de  $K_e$  et  $K_{A2}$ . Calculer  $K$ .

8. Construire un tableau d'avancement associé à la réaction (2).

*Remarques* : à l'état initial, la concentration de la solution  $S$  est telle que  $[\text{NH}_3]_i = C_S$ . L'avancement molaire à l'état final qui est un état d'équilibre est noté  $x_e$ . Le volume de la solution  $V_S$  est supposé constant (la dilution est négligée).

9. En supposant que  $x_e$  soit négligeable par rapport au produit  $C_S V_S$ , montrer que :

$$K \simeq \frac{x_e^2}{C_S V_S^2}$$

10. En déduire la valeur  $x_e$ . L'hypothèse est-elle justifiée ?

11. La valeur de la conductivité de la solution diluée  $S$  est  $\sigma = 8,52 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ .

12. En déduire la valeur commune de la concentration (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) des ions  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  et  $\text{HO}^-(\text{aq})$  dans  $S$ .
13. Déterminer alors la valeur du pH dans  $S$ . Ce résultat est-il en accord avec les données expérimentales ?