

SESSION DE 2005

CAPLP

Concours externe Concours troisième voie

Section : MATHÉMATIQUES-SCIENCES PHYSIQUES

Composition de physique-chimie

Durée : 4 heures

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999).

La composition comporte deux exercices de physique et deux exercices de chimie que les candidats peuvent résoudre dans l'ordre qui leur convient, tout en respectant la numérotation de l'énoncé.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les correcteurs tiennent le plus grand compte des qualités de soin et de présentation.

PLAN DU SUJET

EXERCICE 1 : LE CHLORURE D'HYDROGÈNE ET SA SOLUTION

EXERCICE 2 : AUTOUR DES ALCOOLS À 3 CARBONES

EXERCICE 3 : UN AVION

EXERCICE 4 : UN PEU D'ÉLECTRICITÉ

Les pages 6, 7 et 8 sont des annexes à rendre avec la copie.

EXERCICE 1 : LE CHLORURE D'HYDROGÈNE ET SA SOLUTION

Données : $Z(\text{H}) = 1$; $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $Z(\text{Cl}) = 17$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $R = 8,32 \text{ J. mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1.1. L'atome de chlore

- 1.1.1. Donner la composition du noyau et du cortège électronique de l'atome correspondant à l'isotope ^{35}Cl .
- 1.1.2. Donner la configuration électronique de cet atome.
- 1.1.3. À quel ion peut-il facilement donner naissance ? Justifier la réponse.

1.2. La molécule de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)

- 1.2.1. Donner sa représentation de Lewis.
- 1.2.2. Justifier l'affirmation suivante : «HCl est une molécule polaire».
- 1.2.3. Calculer le volume occupé par 7,3 g de ce gaz si la température est de 20°C et la pression de 900 hPa, en discutant éventuellement la validité du résultat.

1.3. La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique)

- 1.3.1. Décrire, à l'aide d'un schéma, une expérience simple illustrant la solubilité du chlorure d'hydrogène dans l'eau et le caractère acide de la solution obtenue.
- 1.3.2. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.
- 1.3.3. Calculer la quantité de matière en chlorure d'hydrogène dissoute dans 400 mL de solution de $\text{pH} = 2,5$, en discutant éventuellement la validité du résultat.

1.4. Dosage pHmétrique d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution de soude

- 1.4.1. Faire un schéma précis et légendé du dispositif expérimental permettant un tel dosage.
- 1.4.2. Choisir l'indicateur coloré le mieux adapté pour visualiser, lors du dosage rapide préliminaire, le passage par l'équivalence.
- 1.4.3. Indiquer le caractère et le pH de la solution obtenue à l'équivalence.
- 1.4.4. La solution titrante de soude a une concentration de $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La prise d'essai est de 20,0 mL. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution de soude versé de 15,3 mL. En déduire la concentration molaire et la concentration massique de la solution titrée.
- 1.4.5. Tracer sur l'annexe 1 l'allure de la courbe $\text{pH} = f(v_b)$, v_b étant le volume de solution basique versé. Placer avec précision le pH initial et le point équivalent ; indiquer le pH vers lequel tend la solution en fin de dosage.
- 1.4.6. Ce dosage peut être aussi réalisé par conductimétrie. De quelle grandeur suit-on alors l'évolution ? Quel est le nom du «capteur» placé dans la solution ? Donner l'allure de la courbe obtenue.

1.5. La solution d'acide chlorhydrique et l'oxydoréduction

Une réaction chimique se produit quand on plonge une lame de zinc dans une solution d'acide chlorhydrique mais aucune réaction ne se produit quand on y plonge une lame de cuivre.

- 1.5.1. Écrire l'équation de la réaction entre le zinc et la solution d'acide chlorhydrique. Identifier l'espèce réduite et l'espèce oxydée.
- 1.5.2. Quel est le couple de référence dont le potentiel est nul ?
- 1.5.3. Quel est, entre les couples Cu^{2+}/Cu et Zn^{2+}/Zn , celui dont le potentiel est positif ? Justifier la réponse.
- 1.5.4. On souhaite réaliser une pile mettant en jeu les couples Cu^{2+}/Cu et Zn^{2+}/Zn . Faire un schéma de cette pile. Identifier son pôle positif.

EXERCICE 2 : AUTOUR DES ALCOOLS À 3 CARBONES

Données : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2.1. Les hydrocarbures

- 2.1.1. Donner la formule développée et le nom de l'alcane à 3 carbones.
- 2.1.2. Donner la formule développée et le nom de l'alcène à 3 carbones.
- 2.1.3. Donner la formule développée et le nom de l'alcyne à 3 carbones.

2.2. Les alcools

La formule brute d'un alcool à 3 carbones est $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

- 2.2.1. Donner les formules semi développées et les noms des 2 isomères correspondants selon la nomenclature officielle.
- 2.2.2. Préciser la classe de chacun de ces deux alcools. Justifier la réponse.
- 2.2.3. Écrire l'équation de la réaction permettant de passer de l'alcène à 3 carbones à un alcool à 3 carbones. À quel type de réaction appartient cette réaction ? Quel isomère obtient-on de manière prépondérante ? Quel est le nom de la règle utilisée pour répondre à cette dernière question ?

2.3. Les combustions des alcools

- 2.3.1. Écrire les équations des réactions de combustions complète et incomplètes de $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.
- 2.3.2. Calculer la masse de dioxyde de carbone obtenue lors de la combustion complète de 12,0 g d'alcool.

2.4. Oxydation des alcools en solution aqueuse

Par action du permanganate de potassium en milieu acide, un de ces alcools s'oxyde en acide carboxylique de formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$. Lors de cette réaction, l'ion permanganate MnO_4^- se transforme en ions manganèse Mn^{2+} .

- 2.4.1. Nommer l'alcool qui s'oxyde en acide carboxylique.
- 2.4.2. Donner la formule semi développée et le nom de cet acide carboxylique.
- 2.4.3. Écrire la demi équation électronique traduisant le passage de $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ à $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.
- 2.4.4. Écrire la demi équation électronique traduisant le passage de MnO_4^- à Mn^{2+} .
- 2.4.5. Écrire l'équation de la réaction d'oxydation de l'alcool nommé en 2.4.1. par le permanganate.

2.5. Estérification

- 2.5.1. Cette réaction nécessite l'utilisation d'un montage à reflux. Faire un schéma légendé de ce type de montage.
- 2.5.2. Écrire l'équation de la réaction d'estérification dans le cas de la réaction entre l'alcool primaire de formule brute $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ et l'acide éthanoïque (ou acide acétique). Utiliser des formules semi développées. Donner le nom de l'ester obtenu.
- 2.5.3. Afin d'accélérer la transformation, on ajoute au mélange réactionnel de l'acide sulfurique et on le porte à température élevée. Le mélange réactionnel initial contient 0,50 mol d'alcool et 0,50 mol d'acide carboxylique. L'équilibre ayant été atteint, le mélange final contient 0,17 mol d'alcool, 0,17 mol d'acide carboxylique, 0,33 mol d'ester et 0,33 mol d'eau. En déduire la constante d'équilibre associée à la réaction d'estérification.
- 2.5.4. L'élévation de température modifie t'elle la composition du mélange final ? Pourquoi ?
- 2.5.5. L'évolution de la quantité de matière n_a en acide carboxylique du mélange précédent a été suivie lors de la transformation. Les valeurs relevées figurent dans le tableau ci-dessous.

t (min)	0	2	5	12	20	30	50	70	90
n_a (mol)	0,50	0,40	0,31	0,22	0,20	0,18	0,17	0,17	0,17

À partir du tracé du graphe $n_a = f(t)$ (pour lequel on pourra utiliser l'annexe 1), évaluer les vitesses de réaction exprimées en $\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ à $t = 5 \text{ min}$ et $t = 10 \text{ min}$.

- 2.5.6. Donner la composition approximative du mélange final, équilibre atteint, dans le cas d'un mélange initial constitué de 0,20 mol d'alcool et 0,10 mol d'acide carboxylique.

EXERCICE 3 : UN AVION

3.1. Vol en palier

Un avion de masse 1 500 kg vole en palier (altitude constante) ; sa trajectoire est rectiligne et sa vitesse est constante et égale à 70 m/s. Dans ces conditions de vol, l'avion est soumis à quatre forces appliquées en G, centre de gravité et centre de poussée : le poids \vec{P} ; la portance \vec{F} ; la poussée \vec{P}_0 ; la traînée \vec{T} . La poussée et la traînée ont même valeur et leur direction est horizontale.

- 3.1.1.** En appliquant le principe fondamental de la dynamique, établir une relation entre les 4 forces. En déduire les caractéristiques de la portance. On prendra 10 N.kg^{-1} pour valeur approchée de g .
- 3.1.2.** Le pilote incline l'avion d'un angle de 30° (voir figures 1 et 2 de l'annexe 2). On suppose que la portance garde la même valeur et que sa direction reste perpendiculaire au plan des ailes.
Sur la figure 1 de l'annexe 2, construire la somme $\vec{P} + \vec{F}$ et en déduire le mouvement de l'avion.
On représentera 3 000 N par 1 cm et on laissera apparents les traits de construction.
- 3.1.3.** Le pilote veut conserver le vol en palier (vol à altitude constante).
- 3.1.3.a)** Dans ce cas, déterminer graphiquement, sur la figure 2 de l'annexe 2, la nouvelle valeur F' de la portance nécessaire au maintien du vol en palier.
On représentera 3 000 N par 1 cm et on laissera apparents les traits de construction.
- 3.1.3.b)** On note \vec{F}_c la force centripète qui provoque le virage en palier de l'avion : $\vec{F}_c = \vec{P} + \vec{F}'$.
Calculer la valeur F_c de la force centripète.
- 3.1.3.c)** Calculer le rayon de virage de l'avion sachant que la vitesse de l'avion est maintenue constante et égale à 70 m.s^{-1} .

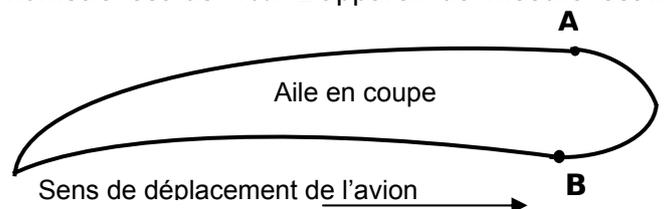
3.2. Performance au décollage

Un essai de décollage de l'avion est effectué par vent nul. Lors de cet essai, l'avion décolle lorsque la vitesse donnée par l'anémomètre de bord est de 80 km.h^{-1} . Une personne au sol chronomètre la durée de roulage et relève un temps $t=23 \text{ s}$. La distance de roulage depuis le lâcher des freins (vitesse nulle) jusqu'à la phase d'envol est $x=250 \text{ m}$.

- 3.2.1.** Le mouvement de l'avion durant la phase de roulage est uniformément accéléré. Calculer la valeur de l'accélération.
- 3.2.2.** En déduire la valeur, en km.h^{-1} , de la vitesse instantanée au moment de l'envol.
- 3.2.3.** La précision de la vitesse affichée par l'anémomètre est de 4%. L'appareil de mesure est-il conforme ? Justifier la réponse.

3.3. Forme de l'aile et portance

En comparant les vitesses de l'air aux deux points A et B, expliquer en quelques lignes pourquoi la forme de l'aile représentée ci-contre assure la portance de l'avion.



On rappelle le théorème de Bernoulli : dans un tube de courant, $\frac{p}{\rho} + g.z + \frac{v^2}{2} = C$.

3.4. Chute d'un objet.

L'avion vole en palier à l'altitude de 800 m et à vitesse constante de 70 m.s^{-1} sur une trajectoire rectiligne. Un petit objet (sur lequel on peut négliger l'influence de la résistance de l'air) se détache du dessous de l'avion.

- 3.4.1.** Représenter l'allure et donner l'équation de la trajectoire de l'objet par rapport à un repère terrestre.
- 3.4.2.** Représenter l'allure et donner l'équation de la trajectoire de l'objet par rapport à un repère lié à l'avion.

On pourra utiliser la partie libre de l'annexe 2 pour représenter les allures des trajectoires.

3.5. Objet suspendu.

Le microphone du pilote est suspendu au plafond de la carlingue par un câble souple de longueur 30 cm.

- 3.5.1.** Déterminer les caractéristiques de l'inclinaison du câble par rapport à la verticale lorsque l'avion vole en palier à vitesse constante de 70 m.s^{-1} sur une trajectoire rectiligne.
- 3.5.2.** Déterminer les caractéristiques de l'inclinaison du câble par rapport à la verticale lorsque le pilote incline l'avion d'un angle de 30° tout en maintenant le vol en palier (conditions de la question **3.1.3**).

EXERCICE 4 : UN PEU D'ÉLECTRICITÉ

4.1. Etat de charge d'une batterie

Sur la batterie d'une automobile figurent les indications :
12 V - 44 Ah.

4.1.1. Donner la signification de ces deux indications.

4.1.2. La tension mesurée aux bornes de la batterie à vide est de 12,5 V. En vous aidant du diagramme ci-contre (figure 1), que pouvez vous conclure quant à l'état de charge de la batterie ?

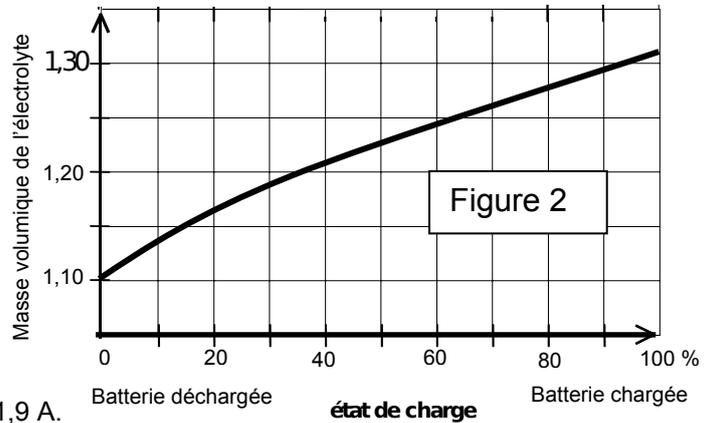
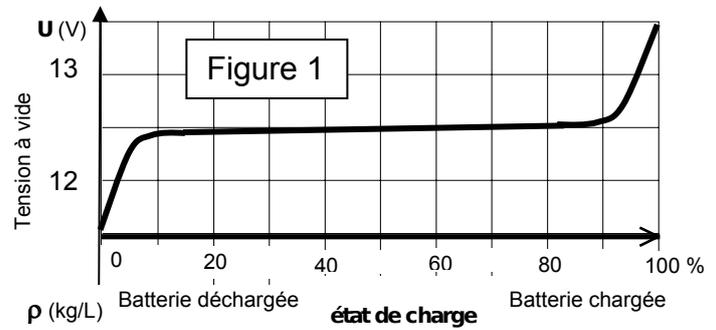
4.1.3. Pour apprécier avec précision l'état de charge d'une batterie, on mesure la masse volumique de l'électrolyte et, pour cela, on utilise un pèse-acide. Expliquer, à l'aide d'un schéma, le principe de fonctionnement d'un pèse-acide et écrire de quel type d'appareils il fait partie.

4.1.4. La masse volumique de l'électrolyte ainsi mesurée est de $1,20 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$. Déduire, en vous référant à la courbe ci-contre (figure 2) :

4.1.4.a. le pourcentage de charge de la batterie ;

4.1.4.b. la quantité d'électricité manquant au regard de la capacité nominale affichée ;

4.1.4.c. la durée de la charge nécessaire pour recharger la batterie si l'intensité moyenne du courant de charge est de 1,9 A.



4.2. Étude du chargeur de batterie

Le chargeur de batterie est constitué, selon le schéma simplifié ci-contre (figure 3), par une diode D, une résistance R et un transformateur dont la plaque signalétique porte les indications :
230 V/24 V - 50 Hz - 1 kVA.

Rappeler les lois de Lenz et de Faraday. Décrire succinctement le principe de fonctionnement d'un **transformateur**.

4.3. Étude de la charge de la batterie

La tension aux bornes du secondaire a pour expression $u = U\sqrt{2} \sin \omega t$ et la diode est idéale. En charge, la batterie développe une force électromotrice E de 14 V qui ne doit pas être dépassée sans dégrader l'électrolyte. La résistance interne de la batterie est considérée comme nulle.

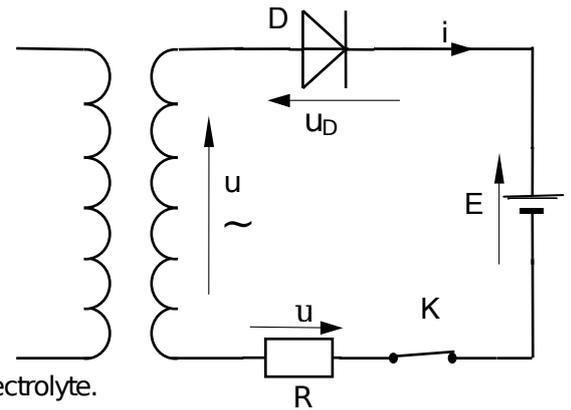


Figure 3

4.3.1. Expliciter le rôle de la diode lors de la charge de la batterie.

4.3.2. Préciser à quelle condition elle est passante.

4.3.3. En déduire, sur une période, les instants t_1 et t_2 entre lesquels elle conduit.

4.3.4. Dans ce cas, écrire la loi des mailles dans le circuit et donner la relation entre l'intensité i du courant, la tension u aux bornes du transformateur, la f.e.m. E de la batterie et la valeur R de la résistance.

4.3.5. Calculer la valeur de R pour que l'intensité maximale I_{\max} soit de 8 A.

4.3.6. Sur l'annexe 3, représenter les courbes $u(t)$, $E(t)$ et $i(t)$ sur deux périodes de $u(t)$.

4.3.7. Proposer un montage permettant de doubler la valeur moyenne de i sans modifier sa valeur maximale.

4.4. Bilan énergétique

On mesure la valeur moyenne et la valeur efficace du courant : $I_{\text{moy}} = 1,9 \text{ A}$; $I_{\text{eff}} = 3,5 \text{ A}$.

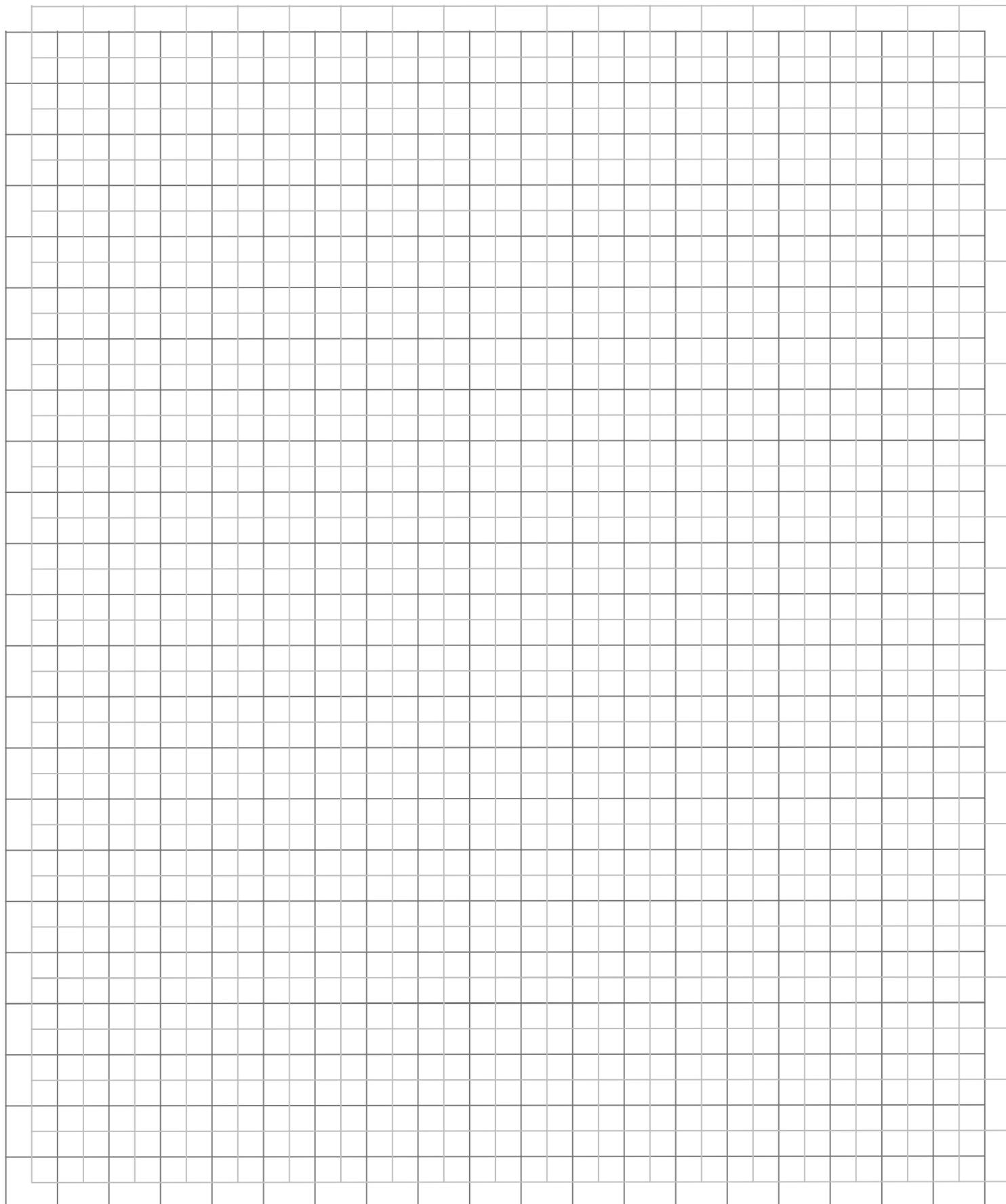
4.4.1. Calculer la puissance perdue par effet Joule.

4.4.2. Calculer la puissance moyenne fournie à la batterie.

4.4.3. En déduire le rendement de la charge de la batterie.

4.4.4. Proposer un ou des aménagement(s) de ce circuit afin d'obtenir un meilleur rendement.

Annexe 1 (à rendre avec la copie)



Annexe 2 (à rendre avec la copie)

Figure 1

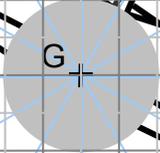
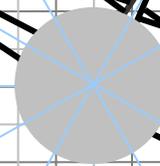


Figure 2



Annexe 3 (à rendre avec la copie)

