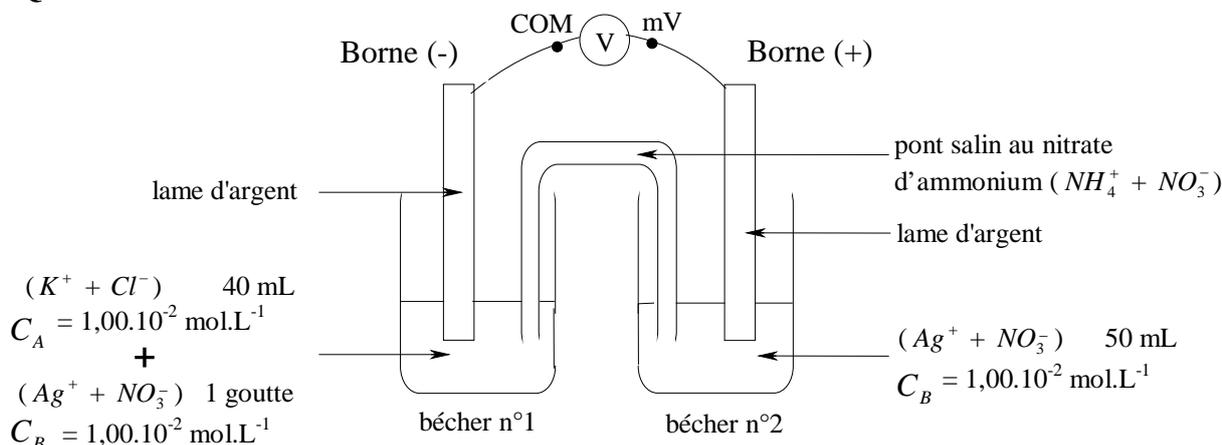


## CORRECTION DU SUJET DE CHIMIE

## PARTIE A. AUTOUR DU CHLORURE D'ARGENT

A.1. Détermination du produit de solubilité du chlorure d'argent

Q1.



Q2. Le pont salin permet la **circulation des ions** entre les deux solutions électrolytiques, sans permettre qu'elles ne se mélangent. Il assure donc la **neutralité électrique** pour chacune d'elles.

L'utilisation d'un pont au bromure de potassium aurait entraîné la **formation d'un précipité de bromure d'argent**, au moins dans le bêcher n°2.

Q3. Lorsque la pile débite, le courant circule à l'extérieur de la pile dans le sens des potentiels décroissants, de la borne positive vers la borne négative du générateur électrochimique. Les électrons circulant en sens inverse,

- ils sont produits à l'**électrode n°1**, siège de l'oxydation, qui constitue donc l'**anode** ;
- ils sont consommés à l'**électrode n°2**, siège de la réduction, qui constitue donc la **cathode**.

Q4.  $Ag^+_{(aq)} + e^- = Ag_{(s)}$

D'après la relation de Nernst,

$$E_1 = E_1^0 + e^0 \log \left( \frac{[Ag^+]_1}{c^0} \right)$$

En considérant la formation du précipité de bromure d'argent,  $K_s = \frac{[Ag^+]_1 [Cl^-]_1}{(c^0)^2}$

Soit

$$E_1 = E_1^0 + e^0 \log \left( \frac{K_s \cdot c^0}{C_A} \right)$$

De même,

$$E_2 = E_1^0 + e^0 \log\left(\frac{[Ag^+]_2}{c^0}\right)$$

Soit

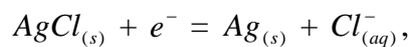
$$E_2 = E_1^0 + e^0 \log\left(\frac{C_B}{c^0}\right)$$

**Q5.**  $E = E_2 - E_1 = e^0 \log\left(\frac{C_A \cdot C_B}{(c^0)^2}\right) + e^0 \cdot pK_s$

Soit

$$pK_s = \frac{E}{e^0} - \log\left(\frac{C_A \cdot C_B}{(c^0)^2}\right) = 10,0$$

**Q6.** En tenant compte de la demi-équation d'oxydoréduction :



le potentiel  $E_1$  se réécrit :

$$E_1 = E_2^0 + e^0 \log\left(\frac{c^0}{[Cl^-]_1}\right)$$

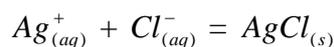
Soit

$$E_2^0 = E_1^0 + e^0 \log\left(\frac{[Ag^+]_1 \cdot [Cl^-]_1}{(c^0)^2}\right)$$

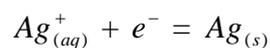
*i.e.*

$$E_2^0 = E_1^0 - e^0 \cdot pK_s = 0,20 \text{ V}$$

L'addition d'ions chlorure à une solution de nitrate d'argent entraîne la précipitation de chlorure d'argent suivant la réaction :



Le principe de modération de Le Châtelier (La modification d'un facteur d'équilibre entraîne une évolution du système vers un nouvel état d'équilibre intensif. Cette évolution s'effectue dans le sens s'opposant aux causes qui lui ont donné naissance, et en modère donc les effets) prévoit un déplacement de la demi-équation électronique dans le sens inverse :



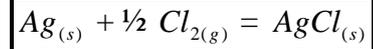
L'argent étant plus facilement oxydé, il devient meilleur réducteur : on vérifie ainsi que le potentiel standard  $E_2^0$  du couple  $AgCl_{(s)} / Ag_{(s)}$  est plus petit que celui du couple  $Ag_{(aq)}^+ / Ag_{(s)}$ .

Ce résultat peut être généralisé : « la précipitation (comme la complexation) de l'ion  $Ag^+$  réduit son pouvoir oxydant. »

## A.2. Détermination de l'énergie réticulaire du chlorure d'argent

Q7. Equations permettant de définir :

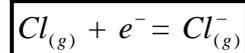
- l'enthalpie standard de formation du chlorure d'argent solide à 293 K :



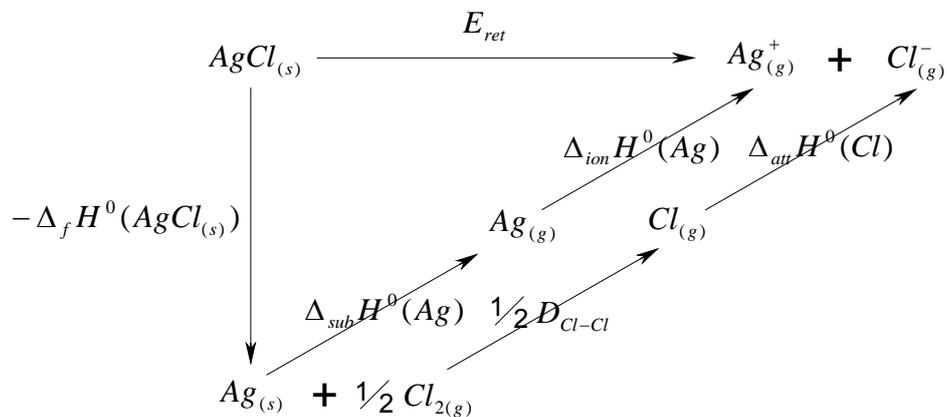
- l'énergie d'ionisation de l'argent :



- l'énergie d'attachement électronique du chlore :



Q8. Cycle de Born-Haber



D'après la loi de Hess,

$$E_{\text{ret}} = -\Delta_f H^0(\text{AgCl}_{(s)}) + \Delta_{\text{sub}} H^0(\text{Ag}) + \Delta_{\text{ion}} H^0(\text{Ag}) + \frac{1}{2} D_{\text{Cl-Cl}} + \Delta_{\text{att}} H^0(\text{Cl})$$

$$E_{\text{ret}} = 910 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

## PARTIE B. AUTOUR DES INDICATEURS COLORES ACIDO-BASIQUES

### B.1. Suivi cinétique de la décoloration du vert malachite en milieu basique

#### B.1.1. Détermination du coefficient d'absorption molaire du vert malachite

**Q9.** La loi de Beer Lambert exprime l'absorbance :  $A = \varepsilon \cdot \ell \cdot c$

$\varepsilon$  : Coefficient d'absorption molaire (ou coefficient d'extinction molaire) en  $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$

$\ell$  : Epaisseur de solution traversée (épaisseur de la cuve) en cm

$c$  : Concentration de l'espèce absorbante en  $mol \cdot L^{-1}$

$A$  est sans dimension.

La loi de Beer-Lambert est une loi additive.

**Q10.** La courbe représentative de l'absorbance  $A$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  est appelée **spectre d'absorption**.

Pour vérifier la loi de Beer-Lambert, on choisit en général la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance est la plus grande car :

- la **variation d'absorbance par unité de concentration** y est **maximale** ;
- les **incertitudes liées à la difficulté de reproduire la même longueur d'onde** sont **réduites**, le maximum du spectre d'absorption présentant une tangente horizontale.

**Q11.** On utilise la solution mère – versée dans un bécher propre et sec – pour rincer puis pour remplir une pipette jaugée de 5,00 mL. La solution ainsi obtenue est versée dans une fiole jaugée de 50,0 mL, préalablement rincée à l'eau distillée. Après avoir ajouté de l'eau distillée deux centimètres sous le trait de jauge, on agite pour homogénéiser. On complète alors minutieusement au trait de jauge et on homogénéise à nouveau.

**Q12.** La courbe représentative de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde est une **droite qui passe par l'origine**. La loi de Beer-Lambert est donc bien vérifiée.

Le coefficient directeur de la droite correspond au coefficient d'absorption molaire  $\varepsilon$  :

$$\varepsilon = 5,7 \cdot 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

#### B.1.2. Détermination de la loi de vitesse

**Q13.** La vitesse volumique  $v$  de la réaction s'écrit :  $v = k \cdot [HO^-]^\alpha \cdot [M^+]^\beta$

**Q14.** Concentration en vert malachite après dilution :  $c_1 = 1,50 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Concentration en ions hydroxyde après dilution :  $c_2 = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

On constate que  $c_2 \gg c_1$ . On peut donc appliquer la méthode de la méthode d'isolement d'Ostwald (ou méthode de dégénérescence de l'ordre) :

$$v \approx k_{app} \cdot [M^+]^\beta \quad \text{où} \quad k_{app} = k \cdot c_2^\alpha$$

**Q15. Hypothèse :**

$$\beta = 1$$

**Recherche de l'équation différentielle régissant l'évolution des concentrations au cours du temps :**

D'une part, à volume constant,  $v = -\frac{d[M^+]}{dt}$

D'autre part,  $v \approx k_{app} \cdot [M^+]$

Soit

$$\frac{d[M^+]}{dt} + k_{app} \cdot [M^+] = 0$$

**Résolution de l'équation différentielle :**

$$[M^+] = c_1 \cdot e^{-k_{app} \cdot t}$$

**Linéarisation :**

$$\ln\left(\frac{[M^+]}{c_1}\right) = -k_{app} \cdot t$$

Pour savoir si l'hypothèse initiale sur la loi de vitesse est vérifiée, il suffit de vérifier que la représentation de  $\ln\left(\frac{[M^+]}{c_1}\right)$  en fonction de  $t$  donne une droite qui passe par l'origine.

D'après l'allure du graphique ou d'après le coefficient de détermination  $R^2$ , on vérifie que  $\beta$  est égal à 1. La pente de la droite fournit  $-k_{app}$  :

$$k_{app} = 3,40 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

**Q16.** Par définition,  $k_{app} = k \cdot c_2^\alpha$ , soit

$$\log(k_{app}) = \log(k) + \alpha \cdot \log(c_2)$$

La représentation de  $\log(k_{app})$  en fonction de  $\log(c_2)$  donne une droite :

- de coefficient directeur  $\alpha$ , soit

$$\alpha = 1$$

- d'ordonnée à l'origine  $\log(k)$ , soit

$$k = 10^{0,840} \text{ L.mol}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

## B.2. Suivi cinétique de la décoloration de la phénolphtaléine en milieu basique

**Q17.** La concentration initiale  $C_1$  de phénolphtaléine  $P^{2-}$  est très faible devant la concentration initiale  $C_0$  en ions hydroxyde. On peut donc appliquer la méthode d'isolement d'Ostwald

$$v_1 = k_1' \cdot [P^{2-}] \quad \text{où} \quad k_1' = k_1 \cdot C_0$$

**Q18.** L'avancement volumique de la réaction étant noté  $x$  à l'instant  $t$ ,

|            |           |               |   |                        |
|------------|-----------|---------------|---|------------------------|
| Etat       | $P^{2-}$  | $+ HO^-$      | = | $POH^{3-}$             |
| Initial    | $C_1$     | $C_0$         |   | $0 \text{ mol.L}^{-1}$ |
| Quelconque | $C_1 - x$ | $\approx C_0$ |   | $x$                    |

$POH^{3-}$  est formé par la réaction en sens direct et consommé par la réaction en sens inverse. On a donc :

$$\frac{dx}{dt} = v_1 - v_{-1}$$

Soit 
$$\frac{dx}{dt} = k_1' \cdot (C_1 - x) - k_{-1} \cdot x$$

i.e. 
$$\frac{dx}{dt} = -k \cdot x + k_1' \cdot C_1 \quad (1) \quad \text{avec} \quad k = k_{-1} + k_1'$$

**Q19.** A l'état d'équilibre thermodynamique, la concentration de  $POH^{3-}$  ne varie plus. Autrement dit, la réaction en sens inverse a lieu exactement à la même vitesse que la réaction en sens direct ; on parle d'équilibre dynamique :

$$\left( \frac{dx}{dt} \right)_{\infty} = 0 = -k \cdot x_{\infty} + k_1' \cdot C_1 \quad (2)$$

**Soustraction de l'équation (2) à l'équation (1),**

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot (x_{\infty} - x)$$

**Séparation des variables :**

$$-\frac{dx}{x_{\infty} - x} = -k \cdot dt$$

**Intégration :**

$$\int_I^Q -\frac{dx}{x_{\infty} - x} = -\int_I^Q k \cdot dt$$

soit

$$\ln \left( \frac{x_{\infty} - x}{x_{\infty}} \right) = -k \cdot t$$

$$x = x_{\infty} \cdot (1 - e^{-kt})$$

**Q20.** Seule la phénolphtaléine absorbe dans les conditions choisies ( $\lambda = 550 \text{ nm}$ ). On note  $\varepsilon$  son coefficient d'absorption molaire et  $\ell$  la largeur de la cuve.

$$A_0 = \varepsilon \cdot \ell \cdot C_1 \quad \text{i.e.} \quad C_1 = \frac{A_0}{\varepsilon \cdot \ell}$$

$$A = \varepsilon \cdot \ell \cdot (C_1 - x) \quad x = \frac{A_0 - A}{\varepsilon \cdot \ell}$$

$$A_{\infty} = \varepsilon \cdot \ell \cdot (C_1 - x_{\infty}) \quad x_{\infty} = \frac{A_0 - A_{\infty}}{\varepsilon \cdot \ell}$$

Or

$$\ln\left(\frac{x_{\infty} - x}{x_{\infty}}\right) = -k \cdot t$$

avec

$$\frac{x_{\infty} - x}{x_{\infty}} = \frac{A - A_{\infty}}{A_0 - A_{\infty}}$$

Soit

$$\boxed{\ln\left(\frac{A - A_{\infty}}{A_0 - A_{\infty}}\right) = -k \cdot t}$$

**Q21.** La représentation graphique de  $\ln\left(\frac{A - A_{\infty}}{A_0 - A_{\infty}}\right)$  en fonction de  $t$  donne une droite de pente négative, passant par l'origine, ce qui corrobore les hypothèses sur les lois de vitesse. La pente donne :

$$\boxed{k = k_1' + k_{-1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}}$$

**Q22.** La constante d'équilibre de la réaction s'écrit :

$$K = \frac{[POH^{3-}]_{\infty} \cdot c^0}{[P^{2-}]_{\infty} \cdot [HO^-]_{\infty}}$$

Soit

$$K = \frac{x_{\infty} \cdot c^0}{(C_1 - x_{\infty}) \cdot C_0}$$

Sachant qu'à l'équilibre  $v_{1,\infty} = v_{-1,\infty}$ ,

$$k_1 \cdot (C_1 - x_{\infty}) \cdot C_0 = k_{-1} \cdot x_{\infty}$$

i.e.

$$\boxed{K = \frac{k_1 \cdot c^0}{k_{-1}} = \frac{k_1' \cdot c^0}{k_{-1} \cdot C_0}}$$

**Q23.** On a

$$K = \frac{x_{\infty} \cdot c^0}{(C_1 - x_{\infty}) \cdot C_0}$$

Soit

$$\boxed{K = \frac{(A_0 - A_{\infty}) \cdot c^0}{A_{\infty} \cdot C_0}}$$

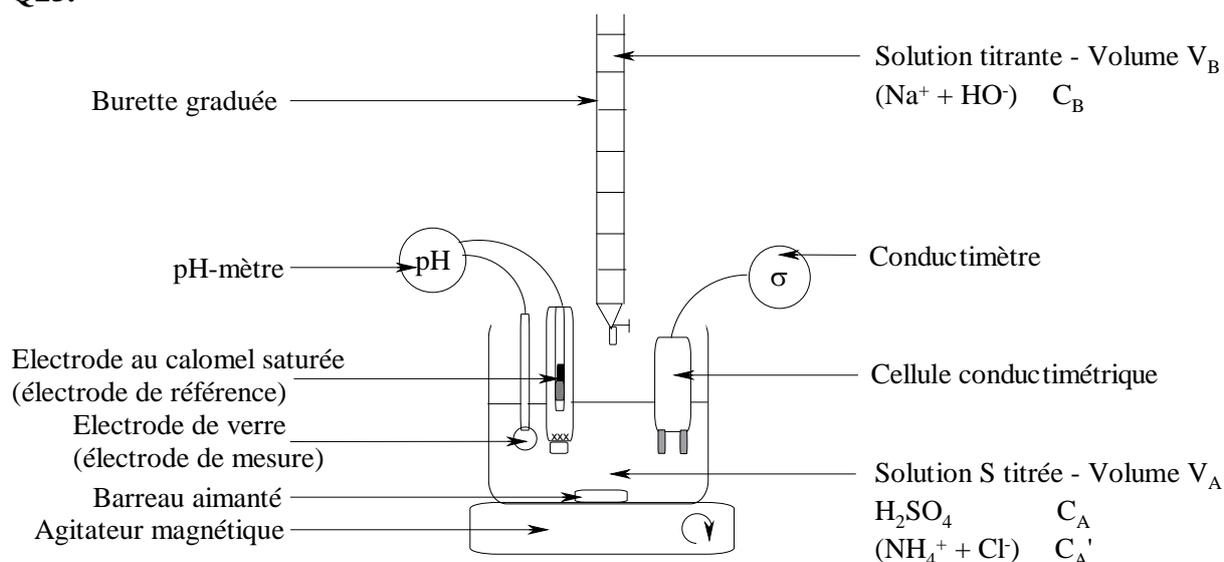
i.e.

$$\boxed{\frac{k_1'}{k_{-1}} = \frac{A_0 - A_{\infty}}{A_{\infty}} = 3,0}$$

- Q24.** Sachant que  $k = k_1' + k_{-1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  et que  $\frac{k_1'}{k_{-1}} = 3,00$   
 On trouve  $k_{-1} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  et  $k_1' = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$   
 Soit  $k_1 = \frac{k_1'}{C_0} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

### B.3. Application au dosage d'un mélange d'acides

**Q25.**

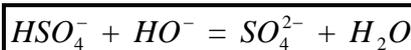


**Q26. RD1 1<sup>ère</sup> réaction de dosage :**



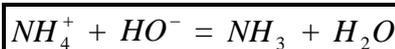
$$K = \frac{1}{K_e} = 10^{14}$$

**RD2 2<sup>ème</sup> réaction de dosage :**



$$K = \frac{K_a(HSO_4^- / SO_4^{2-})}{K_e} = 10^{12}$$

**RD3 3<sup>ème</sup> réaction de dosage :**



$$K = \frac{K_a(NH_4^+ / NH_3)}{K_e} = 10^{4,8}$$

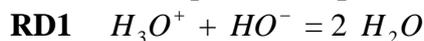
$$pK_a(HSO_4^- / SO_4^{2-}) - pK_a(H_3O^+ / H_2O) = 2,0 < 4$$

On dose dans un premier temps les ions oxonium ainsi que l'acidité de  $HSO_4^-$  (qui se comporte quasiment comme un acide fort en solution aqueuse) : **RD1** et **RD2** sont simultanées

$$pK_a(NH_4^+ / NH_3) - pK_a(HSO_4^- / SO_4^{2-}) = 7,2 > 4$$

On dose dans un second temps les ions ammonium : **RD2** et **RD3** sont consécutives,  $NH_4^+$  étant un acide beaucoup plus faible que  $HSO_4^-$ .

**Réactions avant la première équivalence :**



**Réactions entre la première et la deuxième équivalence :**



**Q27.** A la première équivalence, grâce au saut de  $pH$ , on trouve  $V_B^{éq1} = 10,0 \text{ mL}$   
A la deuxième équivalence, grâce à la courbe conductimétrique, on a  $V_B^{éq2} = 25,0 \text{ mL}$

**Q28.** A la première équivalence ont été dosées les deux acidités de l'acide sulfurique :

$$2.C_A.V_A = C_B.V_B^{éq1} \quad \text{soit} \quad C_A = \frac{C_B.V_B^{éq1}}{2.V_A} = 5,00.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

Entre la première et la deuxième équivalence a été dosée l'acidité de l'ion ammonium :

$$C_A'.V_A = C_B.(V_B^{éq2} - V_B^{éq1}) \quad \text{soit} \quad C_A' = \frac{C_B.(V_B^{éq2} - V_B^{éq1})}{V_A} = 1,50.10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

**Q29.** Après la deuxième équivalence, il y a accumulation d'ions sodium  $Na^+$  et d'ions hydroxyde  $HO^-$  en solution : la conductivité corrigée  $\sigma^*$  est alors une fonction croissante du volume  $V_B$  de solution titrante.

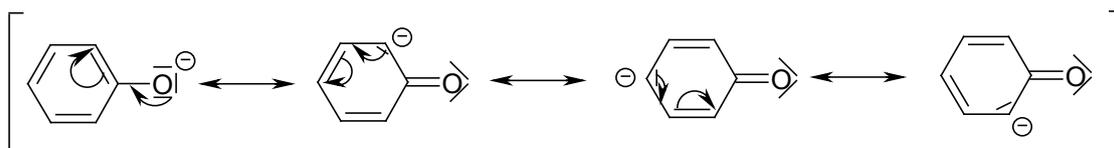
**Q30.** Le saut de  $pH$  pour la première équivalence pouvant être repéré sans ambiguïté, on aurait pu utiliser un indicateur coloré acido-basique à la place de faire un suivi  $pH$ -métrique (le rouge de méthyle par exemple). L'amplitude du saut de  $pH$  à la deuxième équivalence est au contraire trop faible pour envisager de la détecter par colorimétrie.

## PARTIE C. SYNTHÈSE D'UN ÉTHÉROXYDE CATALYSÉE PAR TRANSFERT DE PHASE

### C.1. Principe de la synthèse

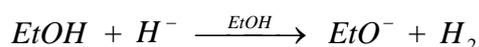
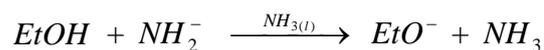
**Q31.** La technique de montage à reflux permet de réaliser une réaction à température constante (généralement la température d'ébullition du solvant) tout en conservant un volume liquide sensiblement identique.

**Q32.** La différence de pKa observée entre un couple alcool/alcoolate et un couple phénol/phénolate s'explique par la **forte stabilisation de l'anion phénolate par mésomérie**, la charge négative étant délocalisée sur tout le cycle :

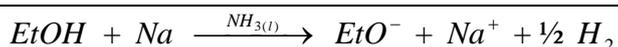


On synthétise un alcoolate en milieu parfaitement anhydre. On peut choisir :

→ d'utiliser une **base plus forte que l'alcoolate, comme l'amidure de sodium** ( $Na^+ + NH_2^-$ ) dans l'ammoniac liquide ( $pK_a^{NH_3/NH_2^-} = 35$ ) ou l'hydruure de sodium ( $Na^+ + H^-$ ) :



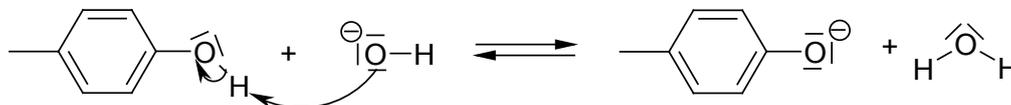
→ d'effectuer une réaction d'oxydoréduction en oxydant un métal alcalin comme le sodium, le lithium ou le potassium :



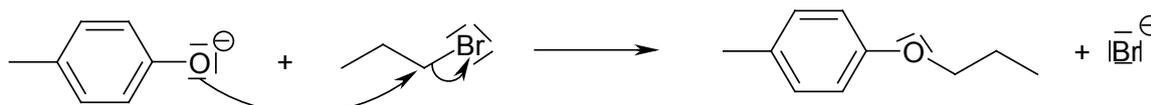
**Q33.** Cette synthèse d'étheroxyde est appelée **synthèse de Williamson**.

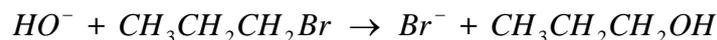
Schéma réactionnel simplifié :

- Réaction acido-basique : déprotonation du phénol en phénolate

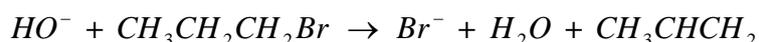


- Formation d'un étheroxyde par  $S_N2$  :

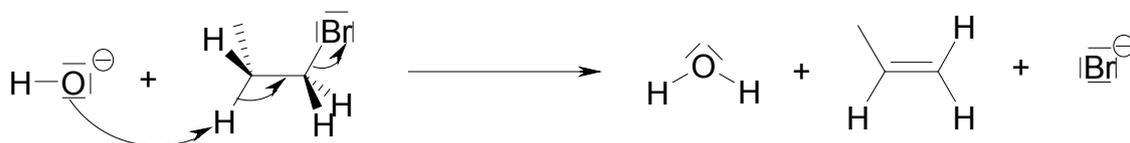


**Q34. Formation du propan-1-ol par S<sub>N</sub>2 :**

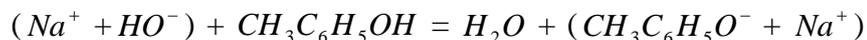
Mécanisme réactionnel :

**Formation du propène par E2 :**

Mécanisme réactionnel :



**Q35.** Lors des lavages par la solution d'hydroxyde de sodium, le 4-méthylphénol **A**, peu soluble dans l'eau, est déprotoné en sa base conjuguée, l'ion 4-méthylphénolate, fortement soluble en phase aqueuse.



Majoritaire en phase

organique

aqueuse

L'évaporateur rotatif permet d'éliminer des constituants volatils, comme le diéthyléther ou le 1-bromopropane **B**. En travaillant sous pression réduite, on abaisse la température d'ébullition des composés : on peut ainsi espérer éliminer l'halogénoalcane à l'évaporateur rotatif, en chauffant le ballon au bain-marie.

**C.2. Principe de la catalyse par transfert de phase****Q36.**

|    | Configuration électronique fondamentale | Electrons de valence                    |
|----|---|---|
| O  | $1s^2 2s^2 2p^4$                        | $2s^2 2p^4$ soit 6 électrons de valence |
| Mn | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$    | $4s^2 3d^5$ soit 7 électrons de valence |

Q37.

| $MnO_4^-$                               |  |
|---|--|
| <b>Représentation de Lewis</b>          |  |
| <b>Symbole VSEPR (atome central Mn)</b> | $AX_4E_0$  |
| <b>Environnement électronique</b>       | <b>Tétraédrique</b>  |
| <b>Géométrie autour du carbone</b>      | <p style="text-align: center;"><b>Géométrie tétraédrique</b></p> |

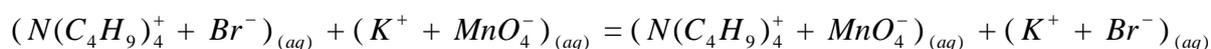
L'angle entre deux liaisons Manganèse-Oxygène vaut environ  $109^\circ$ .

**Q38.** D'après les formules mésomères précédemment écrites, toutes les liaisons Manganèse-Oxygène sont équivalentes dans l'ion permanganate. Elles sont intermédiaires entre des liaisons doubles et des liaisons simples.

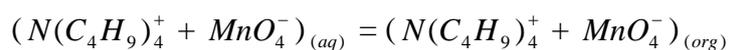
**Q39.** Espèces présentes avant introduction du catalyseur par transfert de phase :

- en phase aqueuse : eau  $H_2O_{(l)}$  ; ions permanganate  $MnO_4^-_{(aq)}$  ; ions potassium  $K^+_{(aq)}$  ;
- en phase organique : dichlorométhane  $CH_2Cl_{2(org)}$ .

**Q40.** L'ion bromure peut s'échanger avec l'ion permanganate  $MnO_4^-_{(aq)}$  :



**Q41.** Il y a partage du permanganate de tétrabutylammonium entre la phase aqueuse et la phase organique :

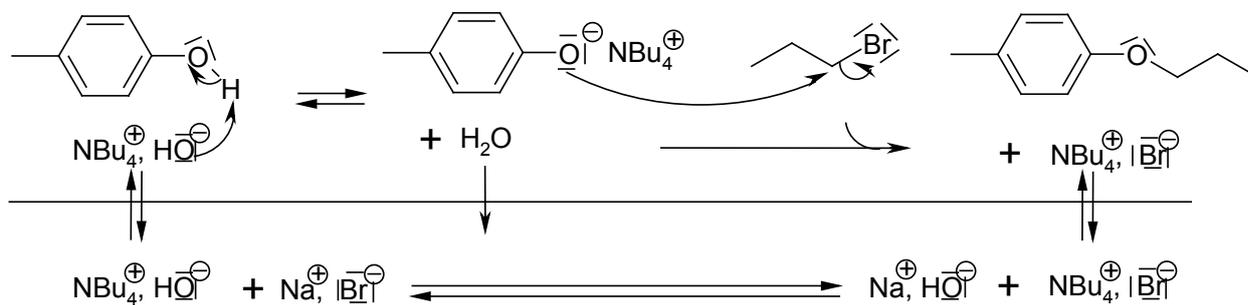


La coloration de la phase organique s'explique par le **transfert d'ions permanganate dans le dichlorométhane**.

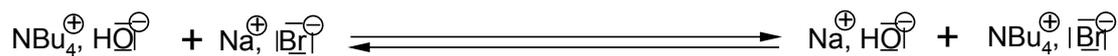
Le catalyseur par transfert de phase permet donc d'**accélérer une réaction en mettant en contact deux réactifs dissous dans deux solvants non miscibles**.

**Q42.** Schéma général de la synthèse de l'éther **E** :

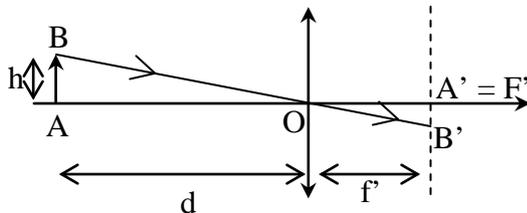
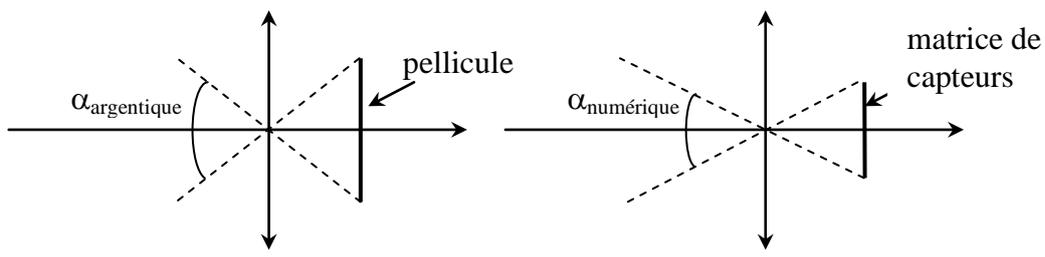
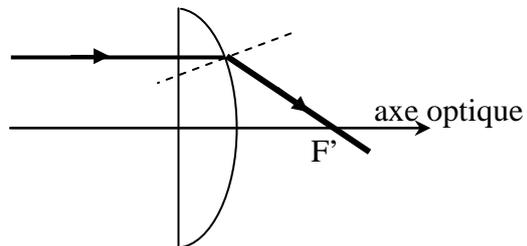
Phase Organique

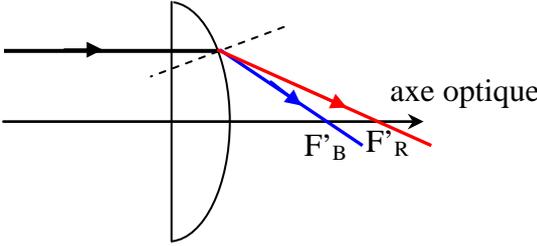


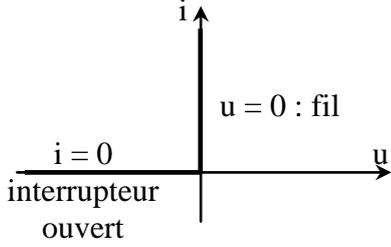
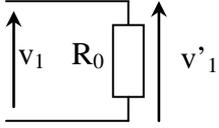
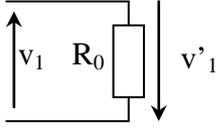
Phase Aqueuse

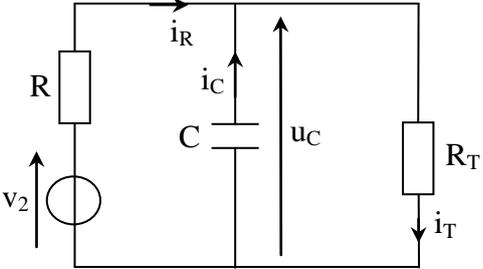
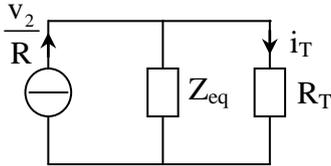


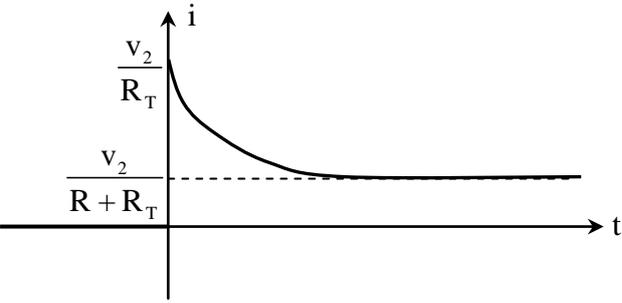
**ETUDE D'UN APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE**  
**BAREME ET CORRIGE**

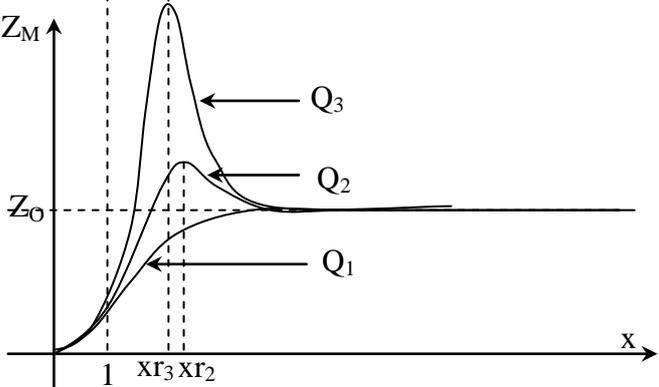
| Question | Barème<br>100 points | Corrigé  |
|----------|----------------------|--|
| Q1       | 1 point              | L'objet est situé à une distance de l'objectif très supérieure à sa focale. On peut donc considérer qu'il est à l'infini. Son image se forme alors dans le plan focal image de l'objectif.   |
| Q2       | 1 point              | La distance D entre la lentille et la pellicule doit donc être égale à $f'$ .  |
| Q2       | 2 points             |    |
| Q3       | 1 point              | $h_1 = \frac{f'}{d} h$   |
|          | 1 point              | $h_1 = 8,1 \text{ mm}$   |
| Q4       | 1 point              | Le grandissement de l'objectif augmente si sa focale augmente d'où l'intérêt d'une focale élevée pour photographier les détails d'un objet.  |
| Q5       | 1 point              | $h_2 = \frac{f'_0}{d} h = 32 \text{ mm}$   |
|          | 1 point              | Encombrement égal à la focale soit 20 cm.  |
| Q6       | 2 points             |  <p>L'angle de champ est plus réduit dans le cas de l'appareil photo numérique. Un même téléobjectif sera donc plus « puissant » s'il est monté sur un boîtier numérique plutôt que sur un boîtier argentique.</p> |
| Q7       | 2 points             |    |
|          | 1 point              | Le rayon pénétrant dans la lentille n'est pas dévié à l'interface air → verre car l'angle d'incidence est nul.   |
|          | 1 point              | A l'interface verre → air, on passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent ; l'angle d'incidence est donc inférieur à l'angle de réfraction.  |
| Q8       | 1 point              | Le rayon émergent est rabattu vers l'axe optique : la lentille est convergente.<br>Note : Le point est attribué pour la justification de la réponse.   |
| Q9       | 1 point              | Le foyer image d'un système optique est l'image par ce système d'un point à l'infini sur l'axe optique.  |
|          | 1 point              | Le rayon incident de la figure 1 est issu d'un point à l'infini sur l'axe optique. Le rayon émergent qui en résulte coupe l'axe optique en $F'$ .  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><b>Q10</b></p> <p>3 points</p> <p>1 point</p>                                | <p>L'indice de la lentille est plus élevé pour la radiation bleue que pour la radiation rouge : <math>n_B &gt; n_R</math> (1 point). Les angles d'incidence sur le dioptre verre <math>\rightarrow</math> air étant identiques (1 point), on trouve en appliquant la loi de Descartes pour la réfraction que l'angle de réfraction est plus élevé pour la radiation bleue que pour la rouge : <math>r_B &gt; r_R</math> (1 point)</p>  |    |
| <p><b>Q11</b></p>   | <p>1 point</p>   | <p>Les foyers images de la lentille ne sont pas les mêmes pour les différentes radiations. La lentille présente un défaut chromatique. Les photos seraient irisées.</p>  |
| <p><b>Q12</b></p> <p>2 points</p> <p>1 point</p> <p>2 points</p>                | <p><math>A_\infty \xrightarrow{L_1} F'_1 \xrightarrow{L_2} F'</math></p> <p>La relation de conjugaison de Descartes appliquée à <math>L_2</math> s'écrit : <math>\frac{1}{O_2F'} - \frac{1}{O_2F'_1} = \frac{1}{f_2}</math>.</p> <p>On a donc : <math>\overline{O_2F'} = \frac{\overline{O_2F'_1}f_2}{\overline{O_2F'_1} + f_2} = \frac{(\overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1})f_2}{\overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1} + f_2}</math> soit <math>\boxed{\overline{O_2F'} = \frac{(-e + f'_1)f_2}{-e + f'_1 + f_2}}</math></p> <p>Remarque : L'énoncé ne précise pas si la position de <math>F'</math> doit être déterminée par rapport à <math>O_1</math> ou par rapport à <math>O_2</math>. Les deux résultats sont donc acceptés. Le foyer image <math>F'</math> de l'appareil est confondu avec <math>P</math>.</p> <p>L'encombrement vaut alors : <math>\boxed{\overline{O_1P} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F'} = e + \frac{(-e + f'_1)f_2}{-e + f'_1 + f_2}}</math></p> <p>d'où : <math>\overline{O_1P} = 31 + \frac{-(-31 + 50)25}{-31 + 50 - 25} \approx 31 + \frac{19 \times 25}{6} = 31 + \frac{475}{6} \approx 111 \text{ mm}</math> soit 11 cm</p> <p>En tenant compte des réponses proposées, <math>\overline{O_1P}</math> vaut 11 cm.</p> <p><u>ou</u> avec la relation de Newton : <math>\overline{F'_2F'}\overline{F_2F'_1} = -f_2^2</math> soit <math>\overline{F'_2F'} = -\frac{f_2^2}{f_2 - e + f'_1}</math></p> <p><math>\Rightarrow \overline{O_1P} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F'_2} + \overline{F'_2F'} \approx e + f_2 + -\frac{f_2^2}{f_2 - e + f'_1} = e + \frac{(-e + f'_1)f_2}{-e + f'_1 + f_2}</math></p> |  |
| <p><b>Q13</b></p> <p>1 point</p> <p>2 points</p> <p>1 point</p> <p>2 points</p> | <p><math>h_3 \neq \gamma_1 h_2</math> avec <math>\gamma_1</math> et <math>\gamma_2</math> les grandissements respectifs de <math>L_1</math> et de <math>L_2</math></p> <p>Or : <math>\gamma_1 = -\frac{f'_1}{d}</math> et <math>\gamma_2 = \frac{\overline{O_2P}}{\overline{O_2F'_1}} = \frac{\overline{O_2P}}{-e + f'_1} = \frac{f_2}{-e + f'_1 + f_2}</math></p> <p>On a donc : <math>\boxed{h_3 = -\frac{f'_1 f_2}{d(-e + f'_1 + f_2)} h}</math></p> <p>A.N. : <math>h_3 \approx -\frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 25}{2000 \cdot -6} \times 324 \approx 2,5 \cdot 10^{-5} \times 4 \times 324 = 10^{-4} \times 324 = 32 \text{ mm}</math></p> <p>En tenant compte des réponses proposées, <math>h_3</math> vaut 34 mm</p>  |  |
| <p><b>Q14</b></p>   | <p>2 points</p>  | <p>Le téléobjectif ainsi constitué possède un grandissement comparable à celui du téléobjectif réalisé avec une lentille unique de focale 200 mm. Il possède cependant l'avantage d'avoir un encombrement réduit : 11 cm contre 20 cm.</p> |

|            |                          |  |
|------------|--------------------------|--|
| <b>Q15</b> | 3 points                 | <p>Allure de la caractéristique (1 point) ;<br/>interrupteur ouvert pour <math>u &lt; 0</math> et <math>i = 0</math> (1 point) ; fil pour <math>u = 0</math> et <math>i &gt; 0</math> (1 point)</p>    |
| <b>Q16</b> | 1 point                  | La tension seuil d'une diode au silicium est typiquement de l'ordre de 0,6 V. On peut donc la négliger devant les centaines de volts en sortie du pont.  |
| <b>Q17</b> | 3 points                 | <p>Lors d'une alternance positive de la tension <math>v_1(t)</math>, les diodes <math>D_2</math> et <math>D_3</math> sont passantes et se comportent comme des fils. Les diodes <math>D_1</math> et <math>D_4</math> sont bloquées et équivalentes à des interrupteurs ouverts.(1 point)<br/>On a donc <math>v'_1(t) = v_1(t) &gt; 0</math> (1 point)</p>  <p>1 point</p> <p>Note : Une réponse sous forme de schéma avec des interrupteurs ouverts et fermés est acceptée.</p> |
| <b>Q18</b> | 2 points                 | <p>Lors d'une alternance négative de la tension <math>v_1(t)</math>, les diodes <math>D_1</math> et <math>D_4</math> sont passantes et se comportent comme des fils. Les diodes <math>D_2</math> et <math>D_3</math> sont bloquées et équivalentes à des interrupteurs ouverts.<br/>On a donc <math>v'_1(t) = -v_1(t) &gt; 0</math> (1 point)</p>  <p>1 point</p> <p>Note : Une réponse sous forme de schéma avec des interrupteurs ouverts et fermés est acceptée</p>         |
| <b>Q19</b> | 2 points                 | <p>On obtient <math>v'_1(t) =  v_1(t) </math><br/>Note : Le tracé du graphe suffit à l'attribution des 2 points.</p>   |
| <b>Q20</b> | 1 point                  | Les atomes de xénon ionisés sont sensibles au champ électrique résultant de la tension entre les électrodes. Ils sont alors soumis à une force électrique qui les met en mouvement, permettant ainsi le passage d'un courant électrique.   |
| <b>Q21</b> | 2 points<br><br>2 points | <p>Avant la fermeture de K, le condensateur était chargé sous une tension <math>v_2</math>. La tension aux bornes d'un condensateur étant une grandeur continue, elle vaut toujours <math>v_2</math> à <math>t = 0_+</math> d'où <math>i_T(0_+) = \frac{v_2}{R_T}</math>.</p> <p>En régime établi, le condensateur se comporte comme un interrupteur ouvert d'où :</p> $i_T(\infty) = \frac{v_2}{R + R_T}$   |

|                   |                                |   |
|-------------------|--------------------------------|---|
| <p><b>Q22</b></p> | <p>4 points</p>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>i_T = i_C + i_R</math></li> <li>• <math>u_C = R_T i_T</math></li> <li>• <math>i_C = -C \frac{du_C}{dt}</math></li> <li>• <math>v_2 - R i_R - R_T i_T = 0</math></li> </ul>  <p>D'où : <math>i_T = -R_T C \frac{di_T}{dt} + \frac{v_2 - R_T i_T}{R}</math></p> <p>On obtient l'équation différentielle suivante : <math>\frac{di_T}{dt} + \frac{1}{\tau} i_T = \frac{v_2}{RR_T C}</math> pour <math>t &gt; 0</math>.</p> <p>Note : 3 points pour les relations de départ (-1 par erreur) ;<br/>1 point pour l'équation différentielle recherchée.</p> <p><u>ou</u> on peut simplifier le circuit pour <math>t &gt; 0</math> en raisonnant en régime sinusoïdal forcé. On obtient alors le circuit ci-dessous après avoir transformé le générateur de Thévenin en un générateur de Norton et en notant <math>Z_{eq}</math> l'impédance équivalente à l'association parallèle de R et C.</p>  <p><math>Z_{eq} = \frac{R}{1 + jRC\omega}</math></p> <p>Note : 1 point pour l'expression de l'intensité de court-circuit du générateur de Norton et 1 point pour l'expression de son impédance.</p> <p>A l'aide du diviseur de courant : <math>i_T = \frac{Z_{eq}}{Z_{eq} + R_T} \frac{v_2}{R} = \frac{v_2}{R + R_T + jRR_T C \omega}</math> (1 point)</p> <p>En repassant aux notations temporelles, on trouve :</p> <p><math>(R + R_T) i_T(t) + RR_T C \frac{di_T}{dt} = v_2</math> soit : <math>\frac{di_T}{dt} + \frac{1}{\tau} i_T = \frac{v_2}{RR_T C}</math> (1 point)</p> <p><u>ou</u> à l'aide du théorème de Millman :</p> $\frac{u_C}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_T} + jC\omega} = R_T i_T \Rightarrow jR_T C \omega i_T + \frac{R + R_T}{R} i_T = \frac{v_2}{R} \text{ soit } \boxed{\frac{di_T}{dt} + \frac{R + R_T}{RR_T C} i_T = \frac{v_2}{RR_T C}}$ <p>Note : Tout raisonnement correct est accepté.</p> |
| <p><b>Q23</b></p> | <p>2 points</p> <p>1 point</p> | <p>Pour <math>t &gt; 0</math> : <math>i_T(t) = Ae^{-t/\tau} + \frac{v_2}{R + R_T}</math></p> <p>Détermination de A : <math>i_T(0_+) = \frac{v_2}{R_T} = A + \frac{v_2}{R + R_T}</math> d'où : <math>A = \frac{Rv_2}{R_T(R + R_T)}</math></p>  |

|                   |  |   |
|-------------------|--|---|
| <p><b>Q24</b></p> | <p>4 points</p>                              |  <p>Note : 1 point pour le tracé pour <math>t &lt; 0</math> ; 1 point pour <math>t &gt; 0</math> ;<br/>1 point pour l'expression de <math>i(0_+)</math> et 1 point pour l'expression de l'asymptote.<br/>Un éclair lumineux est généré lorsqu'un courant très intense circule dans le tube. C'est le cas pendant une durée très brève (de l'ordre de <math>\tau = R_{eq}C</math>) avant que l'interrupteur ne soit de nouveau ouvert.</p>                         |
| <p><b>Q25</b></p> | <p>1 point</p>                               | $W_C = \frac{1}{2} C v_2^2$   |
| <p><b>Q26</b></p> | <p>2 points</p>                              | <p>Pour émettre un flash d'une puissance égale à 4,0 W et d'une durée de 0,1 s, il faut une énergie de <math>W_C = 4 \times 0,1 = 0,4</math> J.</p>   |
| <p><b>Q27</b></p> | <p>2 points</p> <p>1 point</p>               | <p><math>C = \frac{2W_C}{v_2^2}</math>, on trouve alors une capacité de l'ordre de 10 <math>\mu</math>F.</p> <p>Les capacités de cet ordre de grandeur sont généralement volumineuses (dimensions de l'ordre du centimètre). Leur intégration dans des flashes nécessite donc une miniaturisation de ces composants.</p> <p>Note : La réponse « ordre de grandeur courant » ne suffira pas à l'attribution du point.</p>  |
| <p><b>Q28</b></p> | <p>1 point</p>                               | $z_{eq} = \ell_0 + \frac{mg}{k}$  |
| <p><b>Q29</b></p> | <p>1 point</p> <p>1 point</p> <p>1 point</p> | <p>Le référentiel de l'appareil photo n'est pas galiléen car il oscille dans le référentiel terrestre galiléen.</p> <p>Le P.F.D. appliqué à la masse M dans le référentiel de l'appareil s'écrit :</p> $m(\vec{a}_M)_{Rap} = m\vec{g} - k(z - \ell_0)\vec{u}_z - \alpha(\vec{v}_M)_{Rap} - m(\vec{a}_O)_{RT}$ <p>En projetant sur Oz : <math>m\ddot{z} = mg - k(z - \ell_0) - \alpha\dot{z} - m\ddot{z}_O</math></p> <p>Soit : <math>\ddot{z} + \frac{\alpha}{m}\dot{z} + \frac{k}{m}z = \frac{k}{m}z_{eq} + \omega^2 Z_O \cos(\omega t)</math></p> |

|            |  |  |
|------------|--|--|
| <b>Q30</b> | 1 points<br><br>2 points<br><br>2 points<br>2 points | $\ddot{Z} + \frac{\omega_0}{Q} \dot{Z} + \omega_0^2 Z = Z_0 \omega^2 \cos(\omega t) \quad (1 \text{ point})$ <p>avec <math>\frac{\omega_0}{Q} = \frac{\alpha}{m}</math> et <math>\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}</math> (1 point) d'où <math>Q = \frac{\sqrt{km}}{\alpha}</math> (1 point).</p> <p><math>\omega_0</math> est appelée pulsation propre (1 point) homogène à l'inverse d'une durée (1 point).<br/> <math>Q</math> est appelé facteur de qualité (1 point), sans dimension (1 point).</p>   |
| <b>Q31</b> | 1 point<br><br>1 point<br>2 points                   | <p>Le système étant linéaire (et stable : coefficients de l'équation homogène de mêmes signes), la masse oscille en régime établi à la même pulsation que le boîtier (excitation).</p> <p>Son mouvement est a priori déphasé par rapport à celui de O.</p> <p><math>Z_M</math> représente l'amplitude du mouvement de M et <math>\varphi</math> le déphasage du mouvement de M par rapport à celui de O.</p>   |
| <b>Q32</b> | 2 points<br><br>1 point                              | $Z_M = \frac{x^2}{\sqrt{(1-x^2)^2 + \frac{x^2}{Q^2}}} Z_0$ <p>Filtre passe-haut</p>  |
| <b>Q33</b> | 4 points   | $x_r = \sqrt{\frac{2Q^2}{2Q^2 - 1}} > 1 \text{ et } Q > \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ pour que } x_r \text{ existe}$ <p>Note : 1 point pour le calcul de <math>x_r</math> ; 1 point pour l'expression de <math>x_r</math><br/> 1 point pour relier son existence à <math>Q &gt; \frac{1}{\sqrt{2}}</math> ; 1 point pour <math>x_r &gt; 1</math>.</p>  |
| <b>Q34</b> | 5 points   | <p>Pour <math>x \ll 1</math> <math>Z_M \approx 0</math><br/> Pour <math>x \gg 1</math> <math>Z_M</math> tend vers <math>Z_0</math></p> <p>Note :<br/> 1 point pour chacune des trois courbes<br/> 1 point pour l'équation de chacune des asymptotes</p>    |
| <b>Q35</b> | 2 points<br>(sécable)                                | <p>On souhaite idéalement que <math>Z_M = Z_0</math> indépendamment de la fréquence, c'est-à-dire que la courbe de réponse soit la plus plate possible.<br/> Toute réponse « tenant la route » est acceptée. En voici deux exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il faut que la pulsation de résonance soit la plus basse possible avec une résonance la plus aiguë possible (donc <math>Q</math> élevé).</li> <li>• Pour avoir une réponse plate sur la plus grande plage possible de fréquences, il faut que <math>Q</math> ne soit ni trop élevé ni trop faible, donc <math>Q</math> proche de <math>\frac{1}{\sqrt{2}}</math> semble un bon compromis.</li> </ul> <p>De plus, avec un facteur de qualité élevé, le régime transitoire persiste plus longtemps et le temps de réponse du système augmente. Dans cette optique, il serait intéressant de prendre <math>Q = 0,5</math> (régime critique donc temps de réponse minimal).</p> |