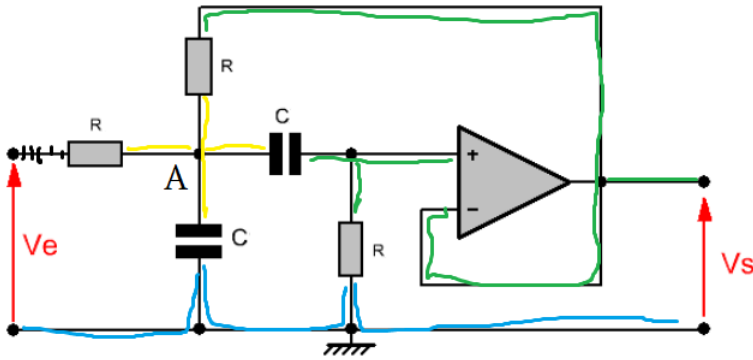


corrigé

1 détermination du spectre d'un signal

- La rétroaction a lieu sur la borne (-), le régime peut être linéaire.
Il suffit de ne pas dépasser les tensions de saturation pour la valeur de la sortie.
- Le gain $\mu \rightarrow \infty$, donc $V^+ = V^-$. On a toujours $i^+ = i^- = 0$ et la bande passante est infinie
- En basse fréquence les condensateurs agissent comme des interrupteurs ouverts. Le courant traversant la résistance R de droite est donc nul. Or la tension à ses bornes est V_s (régime linéaire).
En haute fréquence les condensateurs agissent comme des interrupteurs fermés. Ainsi la sortie est directement liée à la masse (en passant par A). V_s est donc nul en BF et HF, le filtre est passe-bande
- On obtient



- On a $Y_R(V_e - V_A) + Y_R(V_s - V_A) + Y_C(0 - V_A) + Y_C(V^+ - V_A) = 0$ d'où

$$V_A = \frac{Y_R V_E + (Y_R + Y_C) V_s}{2(Y_R + Y_C)}$$

- $i^+ = 0$, le C et R à droite de A sont donc en série. Un diviseur de tension donne

$$V^+ = \frac{R}{R + Z_C} V_A = V_s.$$

$$V_A = (1 + Y_R Z_C) V_s$$

- On a donc $(1 + Y_R Z_C) V_s = \frac{Y_R V_E + (Y_R + Y_C) V_s}{2(Y_R + Y_C)}$

$$(2 + 2Y_R Z_C) V_s = \frac{Y_R V_e}{Y_R + Y_C} + V_s$$

$$(1 + 2Y_R Z_C) V_s = \frac{Y_R V_e}{Y_R + Y_C}$$

$$V_s = \frac{Y_R V_e}{(Y_R + Y_C)(1 + 2Y_R Z_C)}$$

$$V_s = \frac{Y_R V_e}{Y_R + 2Y_R^2 Z_C + Y_C + 2Y_R}$$

$$H = \frac{1}{3 + RY_C + 2Y_R Z_C}$$

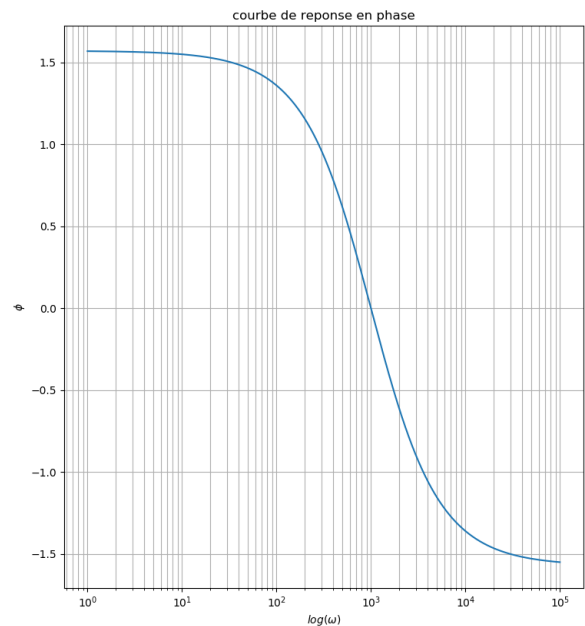
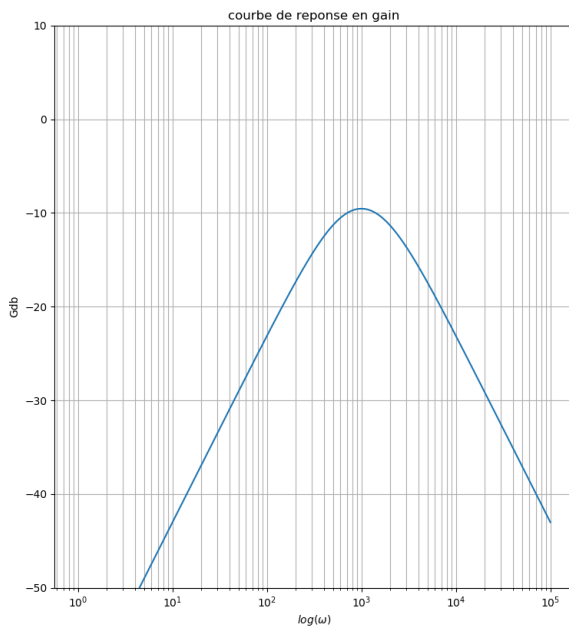
$$\underline{H} = \frac{(1/3)}{1 + (1/3)j(RC\omega - 2/(RC\omega))}$$

pour la mettre sous la forme canonique $\underline{H} = \frac{H_0}{1 + jQ(x - 1/x)}$ avec $x = \frac{\omega}{\omega_0}$, on identifie au dénominateur

$$\begin{cases} \frac{Q}{\omega_0} = \frac{1}{3}RC \\ Q\omega_0 = \frac{2}{3RC} \end{cases}$$

Il vient $Q^2 = \frac{2}{9} \Rightarrow Q = \frac{\sqrt{2}}{3}$ et $\omega_0 = \frac{\sqrt{2}}{RC}$. De façon évidente (numérateur), $H_0 = 1/3$

8. On reconnaît l'expression de la fonction de transfert d'un filtre passe-bande. Les limites de H en $x \rightarrow 0$ et $x \rightarrow \infty$ sont nulles.
9. Le diagramme de Bode réel est ci-dessous



On retrouve bien $H_0 < 1$ et un facteur de qualité < 1 (courbe sous le croisement des asymptotes).
Le filtre est peu sélectif (facteur de qualité trop petit)

10. Un raisonnement analogue à la première partie conduit à $U_{2R} = V_s = 0$ en BF. En HF, on a $V^- = 0$ (relié à la masse) et un pont diviseur de tension à droite indique que V_s est proportionnel à V^-
11. Le filtre devient ainsi très sélectif, avec un fort facteur de qualité possible et donc une petite bande passante (comparée à ω_0)
 - ▷ L'allure est celle attendue, les pentes sont en accord avec la nature du filtre, la phase varie bien de π . Par ailleurs il y a un net dépassement des asymptotes indiquant un facteur de qualité élevé.
 - ▷ On lit $\omega_0 = 10^3 \text{ rad/s}$ (croisement des asymptotes ou $\varphi = 0$) et le gain max vaut $20 \log(H_0) \simeq -4 \Rightarrow H_0 \simeq 0.6$ (valeur de tracé : $2/3$)
 - ▷ On peut déterminer les deux fréquences de coupures à max -3dB et en déduire Q par $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$

Méthode peu précise ici car les deux fréquences de coupure sont proches. On part plutôt sur le dépassement qui vaut $20 \log(Q) \simeq 20 \Rightarrow \boxed{Q \simeq 10}$ (valeur de tracé 10)

12. ▷ Il y a le fondamental puis les harmoniques, dont les fréquences sont multiples de celle du fondamental.

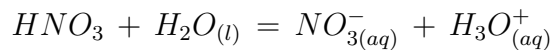
▷ La valeur moyenne correspond à la fréquence nulle, elle vaut donc zéro ici.

▷ On lit environ 1.3 en amplitude, on a donc $\boxed{s_f(t) = 1.3 \cos(\omega_0 t)}$ et de même $\boxed{s_{2h} = 0.25 \cos(5\omega_0 t)}$

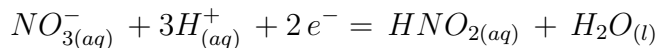
13. On prend comme nouvelle valeur de ω_0 celle du premier harmonique $\omega'_0 = 3\omega_0 = 3.10^3 \text{ rad/s}$. Le filtre ne laisse ainsi passer que cet harmonique (on peut le vérifier en calculant la bande passante $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q} = 300 \text{ rad.s}^{-1}$, le filtre atténue en dehors de la zone [2850,3150]). On mesure la fréquence du signal $s(t)$ ainsi transmis. En modifiant ainsi la fréquence centrale du filtre on peut déterminer une partie du spectre du signal d'entrée.

2 diagramme potentiel pH

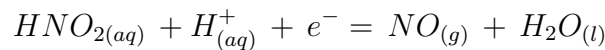
Q11. Le pK_A de l'acide nitrique est inférieur à 0, ce qui signifie qu'en solution aqueuse, c'est toujours la forme basique qui sera prédominante¹. L'équation de dissolution associée est la suivante



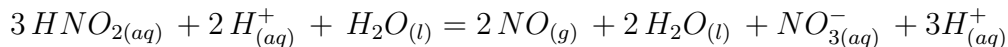
Q12. Les demi équations sont les suivantes



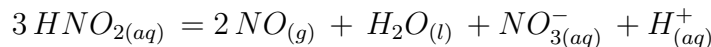
et



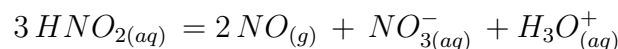
Q13. Dans les conditions indiquées dans l'énoncé, le potentiel des couples est égal au potentiel standard, donc $E^0(NO_{3(aq)}^-/HNO_{2(aq)}) = 0,94 \text{ V}$ et $E^0(HNO_{2(aq)}/NO_{(g)}) = 0,99 \text{ V}$, ce qui signifie que les domaines de prédominance de $HNO_{2(aq)}$ sont disjoints. $HNO_{2(aq)}$ est donc instable en solution aqueuse et se dismute selon la réaction (en combinant les deux équations précédentes de manière à éliminer les électrons)



soit en simplifiant



et en regroupant les protons avec l'eau

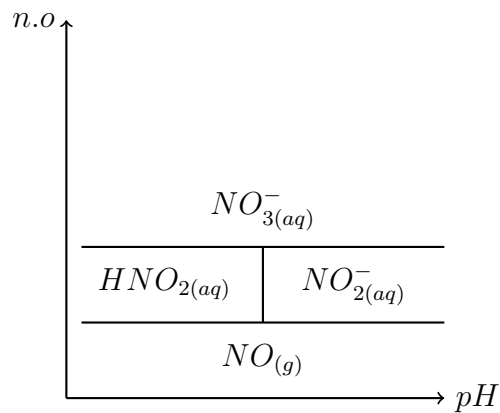


Q14. Les nombre d'oxydation de l'azote dans les différents édifices chimiques sont

- +II dans $NO_{(g)}$,
- +III dans $HNO_{2(aq)}$ et $NO_{2(aq)}^-$,
- +V dans $NO_{3(aq)}^-$.

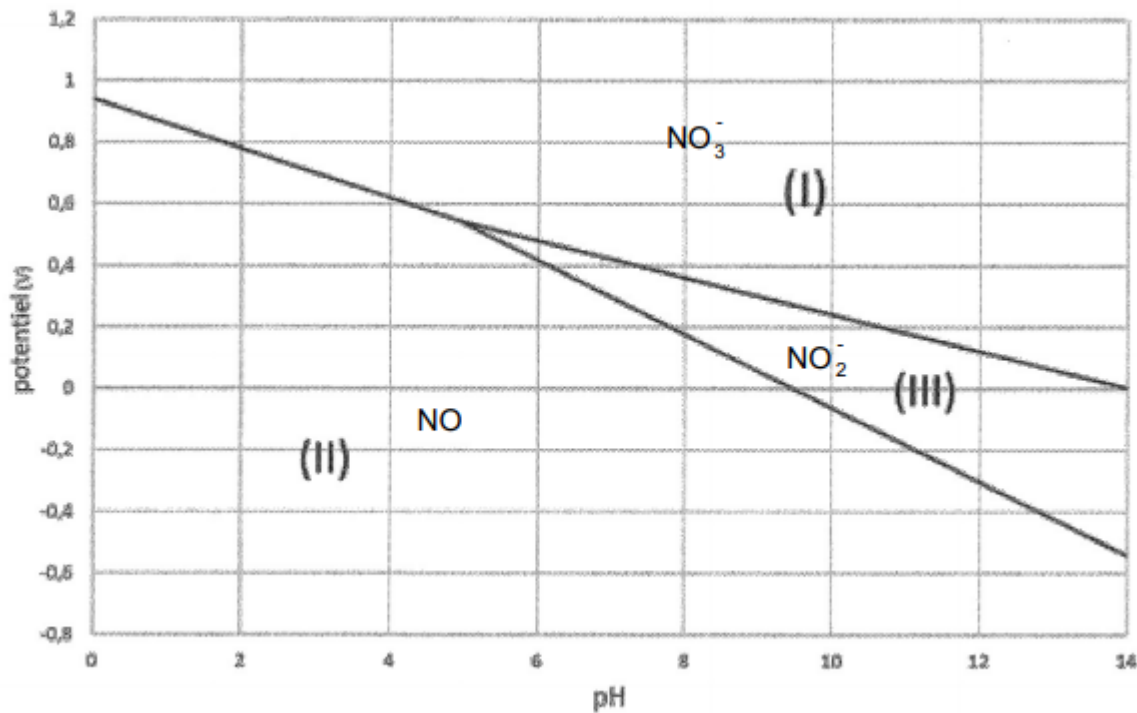
Le diagramme de situation est alors le suivant

1. On peut préciser que le pK_A est même inférieur à -1, ce qui signifie qu'on est effectivement exclusivement dans le domaine de prédominance de la base associée.

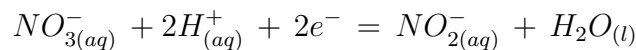


en plaçant $HNO_2(aq)$ dans la région de pH faible puisque c'est l'acide conjugué de $NO_2^-(aq)$.

Q15.



Q16. D'après la question précédente, le couple à considérer est $NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)$. La demi équation du couple est la suivante :



Le potentiel de Nernst de ce couple est

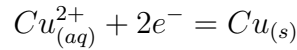
$$E(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)) = E^0(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)) + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{[NO_3^-][H^+]^2}{[NO_2^-]} \right)$$

Compte tenu des conventions de tracé, les concentrations des espèces en solutions sont égales donc

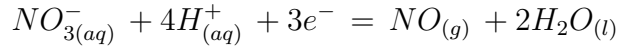
$$E(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)) = E^0(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)) + 0,06 \log[H^+] = E^0(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq)) - 0,06 pH$$

rem le sujet ne donne pas la valeur de $E^0(NO_3^-(aq)/NO_2^-(aq))$, pour le calculer il faut utiliser le potentiel standard du couple $NO_3^-(aq)/HNO_2(aq)$ et le pKa du couple $HNO_2(aq)/NO_2^-(aq)$ (à faire à titre d'exercice)

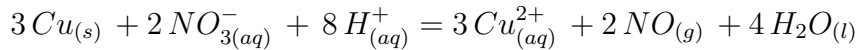
Q17. En solution aqueuse, l'acide nitrique est complètement dissocié car c'est un acide fort. Le potentiel standard du couple Cu^{2+}/Cu vaut $0,34V$ et est donc inférieur à celui du couple $NO_{3(aq)}^-/NO_{(g)}$. Les demi équations mises en jeu sont donc



et



La réaction qui se produit est donc la suivante :



Les quantités de matières initiales des différents réactifs sont

$$n_{Cu} = \frac{12,7}{63,5} = \frac{127}{63,5} \cdot 10^{-1} = 0,2 \text{ mol} \quad n_{NO_{3(aq)}^-} = n_{H_{(aq)}^+} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ mol}$$

On calcule l'avancement maximum correspondant à la disparition de chacun des réactifs :

— si le cuivre est le réactif limitant

$$n_{Cu} - 3\xi_{max} = 0 \Rightarrow \xi_{max} = \frac{n_{Cu}}{3} = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

— si les ions nitrates sont le réactif limitant

$$n_{NO_{3(aq)}^-} - 2\xi_{max} = 0 \Rightarrow \xi_{max} = \frac{n_{NO_{3(aq)}^-}}{2} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

— si les ions hydroxyde sont le réactif limitant

$$n_{H_{(aq)}^+} - 8\xi_{max} = 0 \Rightarrow \xi_{max} = \frac{n_{H_{(aq)}^+}}{8} = 7,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Le cuivre est donc le réactif limitant et $\xi_{max} = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Q18. Compte tenu de la question précédente, $\xi_{max} = 6,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$. Le cuivre a totalement disparu. Concernant les autres espèces

$$n_{H_{(aq)}^+}^f = 0,6 - 8 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{NO_{3(aq)}^-}^f = 0,6 - 2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 4,7 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n_{Cu_{(aq)}^{2+}}^f = 3 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

$$n_{NO_{(g)}}^f = 2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 1,3 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

Q19. Le gaz formé est du monoxyde d'azote de formule brute NO . La relation entre la quantité de matière et le volume du gaz formé, si celui ci est parfait est

$$V = \frac{nRT}{P}$$

Q20. Le nombre d'électrons échangés lors de la réaction dont on a donné l'équation bilan plus haut est égal à 6. On a donc échangé $n_e = 6 \cdot 6,7 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$ d'électrons. La charge totale échangée vaut alors

$$Q = n_e \mathcal{F} = 4 \cdot 10^{-1} \cdot 96500 \simeq 4 \cdot 10^4 \text{ C}$$