

①

Corrigé DS n° 5

I / 1) Les lignes ont une puissance $P = 100 \text{ MW} = UI$

Ainsi: $I_1 = \frac{P}{u_1} = 250 \text{ A}$

$I_2 = \frac{P}{u_2} = 1000 \text{ A}$

2) La définition de \vec{j} est $I = \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$. Ici \vec{j} est uniforme
ainsi $I = jS$

$S_1 = \frac{I_1}{j} \approx 3,6 \text{ cm}^2$

$S_2 = \frac{I_2}{j} = 14 \text{ cm}^2$

3) $R = \frac{l}{\gamma S}$

- Plus la ligne est longue, plus sa résistance est grande
- Plus le métal est conducteur, ~~moins~~ plus la résistance est faible
- Plus la section est grande, plus $R \searrow$.

4) $R_1 = 7,2 \Omega$

$R_2 \approx 1,8 \Omega$

5) $P_{j1} = R_1 I_1^2 = 450 \text{ kW}$

$P_{j2} = R_2 I_2^2 \approx 1,8 \text{ MW}$

6) On a d'après le texte: $\eta = \frac{P - P_j}{P}$

$\eta_1 \approx 99,6\%$

$\eta_2 \approx 98,2\%$

7) La rétroaction est sur la borne inverseuse (-) de l'AL1, il fonctionne donc en régime linéaire.

8) L'AL1 est idéal donc $i^+ = i^- = 0$. Il est de gain infini donc $V^+ = V^-$. $V^+ = V_e$ et par diviseur de tension $V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$

②

8) (fin) Ainsi $V^- = V_e = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0$ donc $\frac{V_0}{V_e} = H = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

9) $H > 0$ et $|H| > 1$ ce montage est donc amplificateur non inverseur

10) La tension en sortie d'un ALI vaut au maximum $V_{out} \approx 15V$
Ici les tensions sont de l'ordre de 100 kV ! Un ALI ne peut délivrer une telle tension.

11) • La distribution de courant est invariante par rotation d'angle θ . Ainsi \vec{B}_1 ne dépend pas de θ donc $\vec{B}_1 = B_1(\rho, z)$

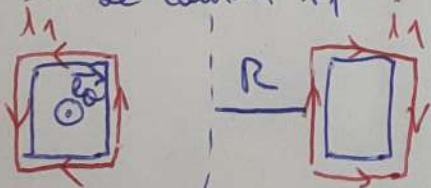
• Le plan $(M, \vec{e}_r, \vec{e}_z)$ est un plan de symétrie de la distribution de courant. \vec{B} est donc orthogonal à ce plan, ainsi

$\vec{B}_1 = B_1(\rho, z) \vec{e}_\theta$

12) Ce contour est un cerce de rayon ~~$R+a$~~ $R+a > r > R$
orienté selon $+\vec{e}_\theta$.

13) $\oint_{C_1} \vec{B}_1 \cdot d\vec{l} = \int_{\theta=0}^{2\pi} B_1(\rho) n d\theta \vec{e}_\theta \cdot \vec{e}_\theta = 2\pi n B_1(\rho)$

Le courant i_1 ~~à l'intérieur du tore~~ remonte vers l'intérieur du tore



N_1 spires sont réparties, ainsi

$I_{enlacés} = N_1 i_1$

③ 13) (Suite)

On applique le théorème d'Ampère: $\oint \vec{B}_1 \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{enclos}$

$$2\pi n B_1 = \mu_0 N_1 i_1 \Rightarrow \underline{\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 N_1 i_1}{2\pi n} \vec{e}_\phi}$$

14) $\varphi = \iint \vec{B}_1 \cdot d\vec{S}$ le tore est de section carrée de côté a

$$\varphi = \int_{n=R}^{R+a} \int_{\phi=0}^a \frac{\mu_0 N_1 i_1}{2\pi n} dn dz = \frac{\mu_0 N_1 i_1 a}{2\pi} \int_R^{R+a} \frac{dn}{n}$$

Ainsi $\underline{\varphi = \frac{\mu_0 N_1 i_1 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)}$

15) $\underline{\Phi_1 = N_1 \varphi = \frac{\mu_0 N_1^2 i_1 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)}$

16) La définition de L est $\underline{\Phi_1 = L_1 i_1}$

17) Ainsi $\underline{L_1 = \frac{\mu_0 N_1^2 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)}$

18) Par analogie $\underline{L_2 = \frac{\mu_0 N_2^2 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)}$

19) On note $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ le flux du champ \vec{B}_1 dans le circuit 2, on définit ainsi alors M tel que $\underline{\Phi_{1 \rightarrow 2} = M i_1}$

(de même $\Phi_{2 \rightarrow 1} = M i_2$)

20) Le circuit 2 a la même géométrie que le circuit 1, sauf qu'il y a N_2 spires au lieu de N_1 : $\Phi_{1 \rightarrow 2} = N_2 \varphi = \frac{\mu_0 N_1 N_2 i_1 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)$

(4)

20) (suite) D'où $M = \frac{\mu_0 N_1 N_2 a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)$

21) La loi de Faraday est $e = -\frac{d\phi}{dt}$

L'équation de Maxwell-Faraday est $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

On applique le th. de Stokes $\oint_{\mathcal{C}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \iint_S \text{rot } \vec{E} \cdot d\vec{S} \Rightarrow e = \iint_S -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

$\Rightarrow e = -\frac{d}{dt} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$ d'où $e = -\frac{d\phi}{dt}$

22) Le flux traversant la bobine 1 est

$\phi_{\text{rot}_1} = \phi_1 + \phi_{2 \rightarrow 1} = L_1 i_1 + M i_2 \Rightarrow e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$

de même $\phi_{\text{rot}_2} = \phi_2 + \phi_{1 \rightarrow 2} = L_2 i_2 + M i_1 \Rightarrow e_2 = -L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}$

Les f.e.m. e_1 et e_2 sont placés en convention générateur.

On a donc $u_1 = -e_1$ et $u_2 = -e_2$. On trouve les expressions que à la

prochaine question.

23) D'après ce schéma: $u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$ (1)

24) De même $u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$ (2)

25) D'après (2), $\frac{di_1}{dt} = \frac{u_2}{M} - \frac{L_2}{M} \frac{di_2}{dt}$, on injecte dans (1)

$u_1 = L_1 \left(\frac{u_2}{M} - \frac{L_2}{M} \frac{di_2}{dt} \right) + M \frac{di_2}{dt} \Rightarrow u_1 = \frac{L_1}{M} u_2 + \frac{M^2 - L_1 L_2}{M} \frac{di_2}{dt}$

26) On a

$$M^2 - L_1 L_2 = \left[\frac{N_1 N_2 \mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right) \right]^2 - \frac{N_1^2 \mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right) \frac{N_2^2 \mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right)$$
$$= \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{R+a}{R}\right) \left[N_1^2 N_2^2 - N_1^2 N_2^2 \right] = 0$$

D'où ~~u₁~~ $u_1 = \frac{L_1}{M} u_2 \Rightarrow \frac{u_2}{u_1} = \frac{M}{L_1} = \frac{N_2}{N_1}$

27) Ainsi pour élever la tension il suffit d'avoir un secondaire avec plus de spires.

En entrée de ligne on utilise donc des transformateurs avec $\frac{N_2}{N_1} \gg 1$ pour élever la tension.

En sortie, on l'utilise pour abaisser la tension donc $\frac{N_2}{N_1} \ll 1$.

28) Un transformateur fonctionne grâce aux phénomènes d'induction qui ne se produisent que pour des signaux alternatifs.

Donc il ne fonctionne pas pour des signaux continus.

29) • Pertes par effet Joule dans les ~~résistances~~ bobines.

30) $\left. \begin{aligned} \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} ; \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} ; \operatorname{div} \vec{B} = 0 \\ \operatorname{rot} \vec{B} &= \mu_0 \left(\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \end{aligned} \right\}$ Dans le vide $\rho = 0$
 $\vec{j} = \vec{0}$

31) $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec{E}) - \Delta \vec{E}$

31) (suite)

$$\text{rot}(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}) = \text{grad}(\rho) - \Delta \vec{E} \Rightarrow -\frac{\partial}{\partial t}(\text{rot} \vec{B}) + \Delta \vec{E} = \vec{0}$$

$$-\frac{\partial}{\partial t}(\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}) + \Delta \vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \Delta \vec{E} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

On identifie $c^2 = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}$, c est en m/s et représente la vitesse de propagation de l'onde.

32) $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{u}_y$ représente une onde se propageant dans la direction des x croissants. Elle est transverse car polarisée selon \vec{u}_y et $\vec{u}_y \perp \vec{u}_x$.

33) Cette onde est plane car son amplitude est constante dans les plans $x = \text{cte}$.

- Progressive car le temps et l'espace sont couplés
- Monochromatique car sinusoïdale de pulsation ω .

34) \vec{E} ne dépendant que de x , l'équation de propagation s'écrit

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0} \quad \text{on} \quad \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} = -k^2 \vec{E} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2 \vec{E} \quad \text{d'où}$$

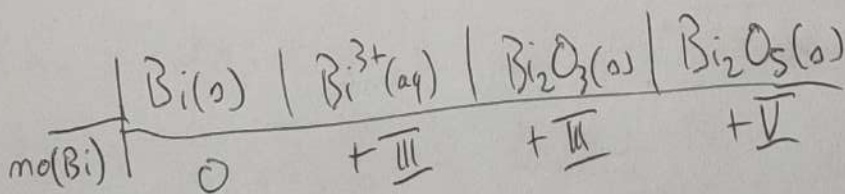
$$-k^2 + \frac{\omega^2}{c^2} = 0 \Rightarrow \omega^2 = k^2 c^2 \Rightarrow \omega = kc$$

35) On utilise $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$, $\vec{k} = k \vec{u}_x$

$$\vec{B} = \frac{k}{\omega} E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{u}_x \wedge \vec{u}_y \quad \text{on} \quad \frac{k}{\omega} = \frac{1}{c} \Rightarrow \vec{B} = \frac{E_0}{c} \cos(\omega t - kx) \vec{u}_z$$

$$\underline{B_0 = \frac{E_0}{c}} \quad \underline{\vec{u} = \vec{u}_z}$$

36)



37) Dans un diagramme E-pH les espèces sont placées verticalement par n.o. croissant.

8) 90) La demi-équation est $\text{Bi}^{3+}_{(aq)} + 3e^- = \text{Bi}_{(s)}$

On utilise la formule de Nernst: $E = E^\circ(\text{Bi}^{3+}/\text{Bi}) + \frac{0,06}{3} \log [\text{Bi}^{3+}]$
à la frontière A/B, $[\text{Bi}^{3+}] = C_0$ et $E_{A/B} \approx 0,2\text{V}$ donc

$$E^\circ(\text{Bi}^{3+}/\text{Bi}) = E_{A/B} - \frac{0,06}{3} \log C_0 \Rightarrow \underline{E^\circ(\text{Bi}^{3+}/\text{Bi}) \approx 0,204\text{V}}$$

91) Entrée C et A: $2\text{Bi}_{(s)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{Bi}_2\text{O}_3_{(s)} + 6\text{H}^+_{(aq)} + 6e^-$

$$E = E^\circ + \frac{0,06}{6} \log ([\text{H}^+]^6) = E^\circ(\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{Bi}) - 0,06 \text{pH}$$

La pente est de $\underline{-0,06\text{V}/\text{pH}}$

92) A
C
D } → domaine d'existence
B } → domaine de prédominance

En dehors d'un domaine d'existence, l'espèce (solide) n'existe plus. En dehors de son domaine de prédominance, un soluté est beaucoup moins concentré.

93) Les demi-équations sont: $\text{O}_2 + 4\text{H}^+_{(aq)} + 4e^- = 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et $2\text{H}^+_{(aq)} + 2e^- = \text{H}_2_{(g)}$

O_2 est ainsi l'espèce la plus oxydante et H_2 la plus réductrice

1 → $\text{O}_2_{(g)}$

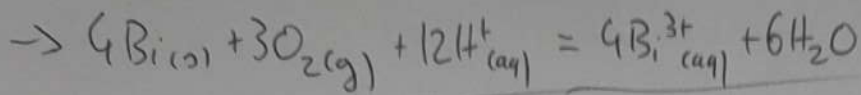
2 → $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

3 → $\text{H}_2_{(g)}$

94) Les domaines du bismuth et de l'eau sont non disjoints quelque soit le pH. Ainsi le bismuth est stable dans l'eau à pH.

95) En revanche le domaine de $\text{Bi}_{(s)}$ est disjoint de celui de $\text{O}_2_{(g)}$ il y a donc réaction. À pH=1, $\text{Bi}_{(s)}$ va former $\text{Bi}^{3+}_{(aq)}$

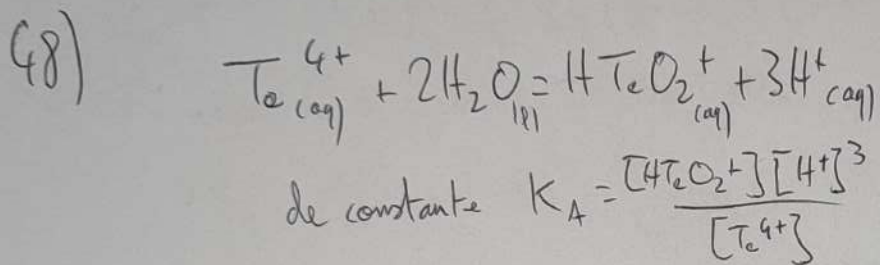
(95) Les deux demi-équations sont $\text{Bi(s)} = \text{Bi}_{(\text{aq})}^{3+} + 3e^-$
 $\text{O}_2 + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} + 4e^- = 2\text{H}_2\text{O(l)}$



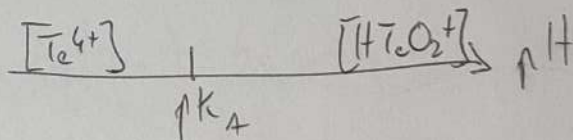
46) A \rightarrow immunité
 B \rightarrow corrosion
 C) \rightarrow passivation.

47)

	Te(s)	$\text{Te}_2^{2-}(\text{aq})$	$\text{Te}^{4+}(\text{aq})$	$\text{HTeO}_2^+(\text{aq})$
no(Te)	0	-I	+IV	+IV



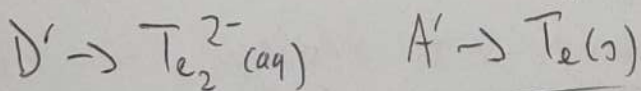
Pour $\text{pH} \gg \text{p}K_A$, $[\text{HTeO}_2^+]$ (la base) prédomine, inversement pour $\text{pH} \ll \text{p}K_A$ $[\text{Te}^{4+}]$ prédomine



49) A la frontière B'/C' $[\text{HTeO}_2^+] = [\text{Te}^{4+}]$ et $\text{pH}_f = 0,37$

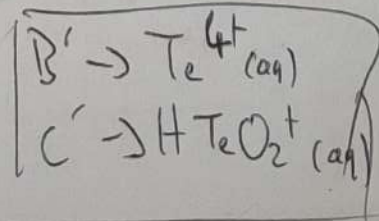
d'où $K_A = [\text{H}^+]^3$ $\text{p}K_A = -\log K_A = 3\text{pH}_f \Rightarrow \underline{\text{p}K_A = 1,11}$

50) Verticalement on classe les espèces par n.o. croissant



entre B' et C' , B' est à gauche donc correspond à l'acide du couple.

D'après la réponse à la Q48)



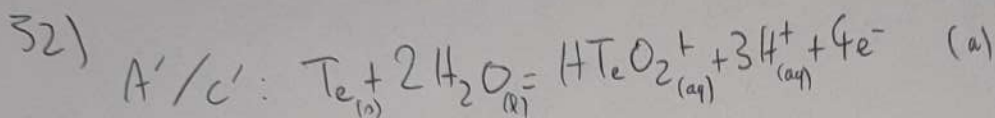
(10)

51) Le couple B'/A' est Te^{4+}/Te de demi-équation
 $\text{Te}^{4+}_{(aq)} + 4e^- = \text{Te}_{(s)}$ La formule de Nernst nous donne

$$E = E^0(\text{Te}^{4+}/\text{Te}) + \frac{0,06}{4} \log [\text{Te}^{4+}] \quad \text{À la frontière B'/A', } [\text{Te}^{4+}] = C_0$$

$$\Delta E = 0,537 \text{ V}$$

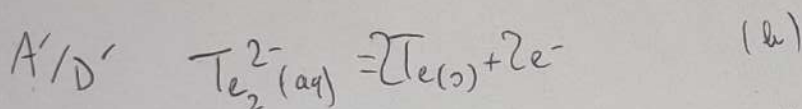
$$E^0(\text{Te}^{4+}/\text{Te}) = E - \frac{0,03}{2} \log(10^{-2}) \Rightarrow E^0(\text{Te}^{4+}/\text{Te}) = 0,567 \text{ V}$$



$$E_1 = E^0(\text{HTeO}_2^+/\text{Te}) + \frac{0,06}{4} \log ([\text{HTeO}_2^+] [\text{H}^+]^3)$$

Au niveau de la frontière $[\text{HTeO}_2^+] = C_0$

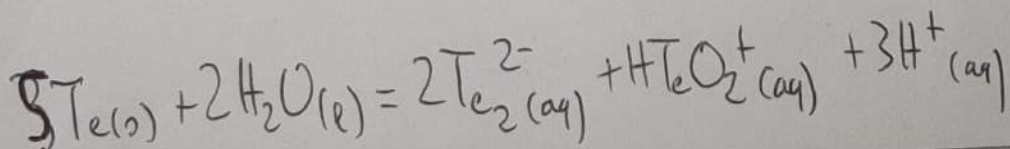
$$\rightarrow E_1 = E^0(\text{HTeO}_2^+/\text{Te}) + \frac{0,06}{4} \log C_0 - \frac{0,09}{2} \text{ pH}$$



$$E_2 = E^0(\text{Te}_2^{2-}/\text{Te}) + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{1}{[\text{Te}_2^{2-}]} \right) \quad \text{Au niveau de la frontière}$$

$$[\text{Te}_2^{2-}] = C_0 \rightarrow E_2 = E^0(\text{Te}_2^{2-}/\text{Te}) - 0,03 \log C_0$$

Ainsi lorsque C_0 diminue E_1 diminue et E_2 augmente: le domaine de A' se rétrécit. Lorsque les deux frontières se croisent, le domaine de A' disparaît, cette espèce n'est plus stable et se dissout selon la réaction (combinaison de (a) et -(b))



(11) 53) Pour réaliser cette réaction il faut donc que Bi^{3+} et HTeO_2^{2+} soient en grande concentration donc qu'ils prédominent.

Leurs domaines de prédominances sont communs pour $\text{pH} \in [0,37; 3,1]$