Epreuve obligatoire (à option) de physique appliquée pour IESSA session 2021 (ENAC-ingénieurs)

Eléments de corrigé (les corrections et/ou compléments éventuels sont les bienvenus christian.giraud@ac-bordeaux)

Partie I

1) j_{th} est une puissance surfacique : **Réponse A et D**
2) En conduction électrique : $\vec{j} = \gamma\vec{E} = \gamma\overrightarrow{grad}\,(V)$ donc la température est analogue au potentiel électrique : **Réponse B**
   La grandeur analogue à la puissance thermique est : $I = \iint \vec{j}\,d\vec{S}$: **Réponse C**
3) $\overrightarrow{grad}\,(T)$ a pour unité Km^{-1} , j_{th} (puissance surfacique) $W.m^{-2}$ donc K a pour unité $WK^{-1}m^{-1}$: **Réponse D**
4) A partir de l'équation de conservation de l'énergie à une dimension (en l'absence de création !) $\mu c\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial j_{th}}{\partial x} = 0$ et la loi de Fourier à une dimension $j_{th} = -K\frac{\partial T}{\partial x}$, on obtient : **Réponse B**
5) A partir d'une analyse dimensionnelle de l'équation précédente : $K\frac{T}{L^2} \sim \mu c\frac{T}{\tau}$ donc **:** **Réponse D**
6) En régime stationnaire, l'équation dans les barres devient : $\frac{d^2T}{dx^2} = 0$ donc les températures dans les deux barres sont de la forme : $T(x) = Ax + B$ et $T'(x) = A'x + B'$.
   En tenant compte des conditions aux limites : $T(0) = B = T_1$ (1) et $T'(L + L') = A'(L + L') + B' = T_2$ (2)
   Par ailleurs la température étant continue en $x = L$: $AL + B = A'L + B'$ (3) ;
   La puissance thermique étant continue en $x = L$: $P_{th} = \pi a^2 * \left(-K\frac{dT}{dx}\right) = \pi a^2 * \left(-K'\frac{dT'}{dx}\right)$ d'où $KA = K'A'$ (4)
   Finalement (3) s'écrit $\frac{K'A'}{K}L + T_1 = A'L + T_2 - A'(L' + L)$ donc $A' = \frac{K(T_2 - T_1)}{K'L + KL'} = \frac{K}{K'}A$
   Alors $P_{th} = \pi a^2 * \left(-K'\frac{dT'}{dx}\right) = -\pi a^2 K'A' = -\pi a^2\frac{KK'(T_2 - T_1)}{K'L + KL'}$: **Réponse C**
7) En utilisant la question précédente $T_c = AL + B = \frac{K'(T_2 - T_1)}{K'L + KL'}L + T_1$: **Réponse A**
8) Sachant que $T(x) = Ax + B$ et que $T(0) = B = T_1$ et $T(L) = T_c$: **Réponse A**
   De même : **Réponse C**
9) A partir de la question 7) $T_c = \frac{KL'T_1 + K'LT_2}{KL' + K'L} \sim \frac{KL'T_1 + K'LT_2}{K'L}$ soit Réponse E, soit on suppose que T_1 et T_2 ont le même ordre de grandeur et $T_c \sim \frac{K'LT_2}{K'L} \sim T_2$ soit **Réponse B**
10) Alors $P_{th} = -\pi a^2\frac{KK\ (T_2 - T_1)}{K'L + KL'} \sim -\pi a^2\frac{KK'(T_2 - T_1)}{K'L}$ soit : **Réponse C**

Partie II

11) On applique le principe fondamental de la dynamique au point M dans le référentiel tournant lié à la tige non galiléen : $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T} + \vec{R} + \overrightarrow{f_{ie}} + \overrightarrow{f_{ic}}$ (E). M étant à l'équilibre $m\vec{a} = \vec{0} = \overrightarrow{f_{ic}}$ et en projection sur $\overrightarrow{e_x}$ la relation devient $0 = -k(x_{eq} - L_0) + mx_{eq}\omega^2$ d'où $x_{eq} = kL_0/(k - m\omega^2)$: **Réponse E**

12) En projetant (E) sur $\overrightarrow{e_{z0}}$: **Réponse D**

13) On reprend (E) hors équilibre , la force d'inertie de coriolis étant perpendiculaire à $\overrightarrow{e_x}$, la projection devient : $m\ddot{x} = -k(x - L_0) + mx\omega^2$: **Réponse B**

14) L'équation précédente devient $\ddot{x} + \Omega^2 x = \frac{k}{m}(L_0)$ (E')de solution $x(t) = Acos(\Omega t) + \mathrm{Bsin}(\Omega t) + \mathrm{x_{eq}}$ et en tenant compte des conditions initiales : **Réponse A**

15) L'accélération étant entièrement sur $\overrightarrow{e_x}$: (E) implique que $m\vec{g} + \vec{R} + \overrightarrow{f_{ic}} = \vec{0}$ avec $\overrightarrow{f_{ic}} = -2m\vec{\omega} \cap \vec{v} = -2mw\overrightarrow{e_{z0}} \cap \dot{x}\overrightarrow{e_x} = 2mw\Omega\sin(\Omega t)\overrightarrow{e_y}$ d'où $\vec{R} = -m\vec{g} - \overrightarrow{f_{ic}}$: **Réponse E** (mauvais signe pour la réponse A)

16) A t=0 $x = L_0$ et $v = \dot{x} = 0$ mais augmente (sin) : **Réponse B**

17) Alors (E') vue Q14) devient : $\ddot{x} - {\Omega_2}^2 x = \frac{k}{m}(L_0)$ et en résolvant et en tenant compte des conditions initiales : **Réponse C**

18) En reprenant le raisonnement de Q15) : **Réponse C**

19) Alors la trajectoire n'est plus périodique : **Réponse D**

Partie III

20) **Réponses B et C**

21) **Réponses A et D**

22) A basse comme à haute fréquence U_s sera nulle donc : **Réponse B**

23) En reconnaissant un diviseur de tension : $\underline{H} = \frac{\underline{u_s}}{\underline{u_e}} = \frac{Z_L \| Z_C}{Z_R + Z_L \| Z_C} = \frac{jLw}{R + jLw + RLC(jw)^2}$: **Réponse D**

24) A basse pulsation : $\underline{H} \to \frac{jLw}{R}$ et $G_{db} = 20\log(H) \to 20\log\left(\frac{L}{R}\right) + 20\log(w)$: **Réponse B**

25) A basse pulsation : $\underline{H} \to \frac{jLw}{R}$ donc $\underline{u_s} \to \frac{L}{R} jw\underline{u_e}$ **Réponse B**

26) A basse pulsation : $\underline{H} \to \frac{jLw}{R}$ donc $\arg(\underline{H}) \to \frac{\pi}{2}$: **Réponse A**

27) A haute pulsation : $\underline{H} \to \frac{jLw}{-RLCw^2} = \frac{1}{jRCw}$ et $G_{db} = 20\log(H) \to 20\log\left(\frac{1}{RC}\right) - 20\log(w)$: **Réponse C**

28) A haute pulsation : $\underline{H} \to \frac{jLw}{-RLCw^2} = \frac{1}{jRCw}$ donc $\underline{u_s} \to \frac{1}{RC}\frac{1}{jw}\underline{u_e}$: **Réponse A**

29) A basse pulsation : $\underline{H} \to \frac{1}{jRCw}$ donc $\arg(\underline{H}) \to -\frac{\pi}{2}$: **Réponse B**

30) A $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$: $\underline{H} = 1$ donc : **Réponse C**

31) A $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$: $\underline{H} = 1$ donc $G = |\underline{H}|$: **Réponse C**

32) En reprenant l'expression de $\underline{H} = \frac{\underline{u_s}}{\underline{u_e}} = \frac{jLw}{R + jLw + RLC(jw)^2}$ et en faisant le produit en croix puis en repassant à la notation réelle , on obtient : $RLC\frac{d^2u_s}{dt^2} + L\frac{du_s}{dt} + Ru_s = L\frac{du_e}{dt}$: **Réponse D**

Partie IV

33) **Réponses A et D** (les lignes de champ sont perpendiculaires aux équipotentielles qui sont des sphères car $V(r)$)
34) $Q_1 = 4\pi {R_1}^2\sigma_1 = -Q_2 = -4\pi {R_2}^2\sigma_2$ donc **Réponse D**
35) D'après le théorème de Gauss $\oiint \vec{E}.\overrightarrow{dS} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$, sachant que pour $r < R_1$, $Q_{int} = 0$: **Réponse B**
36) Pour $R_1 < r < R_2$, $Q_{int} = Q_1 = 4\pi {R_1}^2\sigma_1$ alors que $\oiint \vec{E}.\overrightarrow{dS} = E(r)4\pi r^2$: **Réponse E**
37) Pour $R_2 < r$, $Q_{int} = Q_1 + Q_2 = 0$: **Réponse B**
38) Pour $r < R_1$, $E = 0$ d'où $V(r\ ) = cte = V(r = 0) = 0$ car $dV = -\vec{E}.\overrightarrow{dr}$: **Réponse B***
*On obtient un résultat différent si on suppose le potentiel nul à l'infini et on remonte au calcul du potentiel intérieur : $V_1 = \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_1} - \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_2}$
39) Pour $R_1 < r < R_2$, $E(r) = \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 r^2}$ d'où $V(r) = \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 r} + cte = \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 r} - \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_1}$ en assurant la continuité du potentiel en $r = R_1$: **Réponse C**.
40) Pour $r > R_2, E = 0$ d'où $V(r\ ) = cte = \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_2} - \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_1}$: **Réponse B***
41) Voir Q34) : **Réponse A**
42) A partir des résultats précédents : $C = -\frac{Q}{\frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_2} - \frac{R_1^2\sigma_1}{\varepsilon_0 R_1} - 0}$: **Réponse A**

Partie V

43) **Réponse B**
44) L.pop() supprime le dernier élément de la liste L : **Réponse B**
45) **Réponse D**
46) « Python » peut comparer un réel et un entier : **Réponse A**
47) (a=2,m=6) puis (4,3) après premier passage dans la boucle puis (16,1) après le deuxième et dernier passage : **Réponse A**
48) m=110 puis m=55 après premier passage (bloc if) dans la boucle puis m=27 après deuxième passage (bloc else) puis m=13 après troisième passage (bloc else) puis m=6 après quatrième passage (bloc else) puis m=3 après cinquième passage (bloc if) puis m= 1 après le dernier passage (bloc else) : **Réponse D**
49) **Réponse C**
50) A chaque passage dans la boucle, le compteur n est divisé par 2 (s'il est pair, sinon (n-1)/2…) donc en écrivant ce compteur $n = 2^x$, il y aura $x(= \log(n))$ passage dans la boucle .
Réponse D