Concours Centrale-Supélec, France

Session 2019, filière TSI

Physique-chimie 2

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : accordeur de guitare
- Partie II : dimensionnement du chauffage d'une voiture de TGV
- Partie III : transferts de charges par effet Hall

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/centrale/tsi/2019/physique-chimie2

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Physique-chimie 2

TSI 2019

4 heures Calculatrice autorisée

Accordeur, TGV et effet Hall

Ce sujet comporte trois parties indépendantes :

— Accordeur de guitare ;

— Dimensionnement du chauffage d'une voiture de TGV ;

— Transferts de charges par effet Hall.

Il est accompagné d'un document réponse utilisé dans la partie I.

I Accordeur de guitare

Nous allons étudier quelques aspects d'un accordeur de guitare. La problématique est la suivante.

— La guitare comporte six cordes : Mi grave, La, Ré, Sol, Si, Mi aigu.

— Les fréquences fondamentales théoriques de vibration de ces cordes, notées f_{ac} sont données dans le tableau 1.

Corde	**Fréquence (f_{ac})**
Mi grave	82,4 Hz
La	110,0 Hz
Ré	146,8 Hz
Sol	196 Hz
Si	246,9 Hz
Mi aigu	329,6 Hz

Tableau 1 Fréquences fondamentales de vibration des cordes de guitare

— On souhaite accorder une corde *légèrement* désaccordée : on notera f_{co} la fréquence fondamentale de vibration de la corde en question.

Principe de l'accordeur

— Sélection de la corde à accorder (donc f_{ac} est fixée).

— Création d'un signal carré de référence de fréquence f_{ac} avec un oscillateur de type astable.

— Enregistrement du signal $u_e(t)$ provenant de l'excitation de la corde à accorder : signal quelconque, d'amplitude assez faible, de fréquence f_{co}.

— Amplification et filtrage de ce signal.

— Extraction de la fondamentale du signal : obtention d'un signal sinusoïdal de fréquence f_{co} par l'utilisation d'un filtre à fréquence caractéristique réglable par le signal extérieur de référence.

— Mise en forme de ce signal : obtention d'un signal carré de fréquence f_{co}.

— On a donc à disposition deux signaux carrés (signaux logiques) de fréquences respectives f_{ac} et f_{co}. Dans les accordeurs récents le traitement est numérique : les signaux sont envoyés dans un calculateur numérique intégré qui calcule l'écart de fréquence et indique à l'utilisateur quand la corde est accordée, c'est-à-dire quand $f_{co} = f_{ac}$.

Ce principe général est schématisé sur la figure 1.

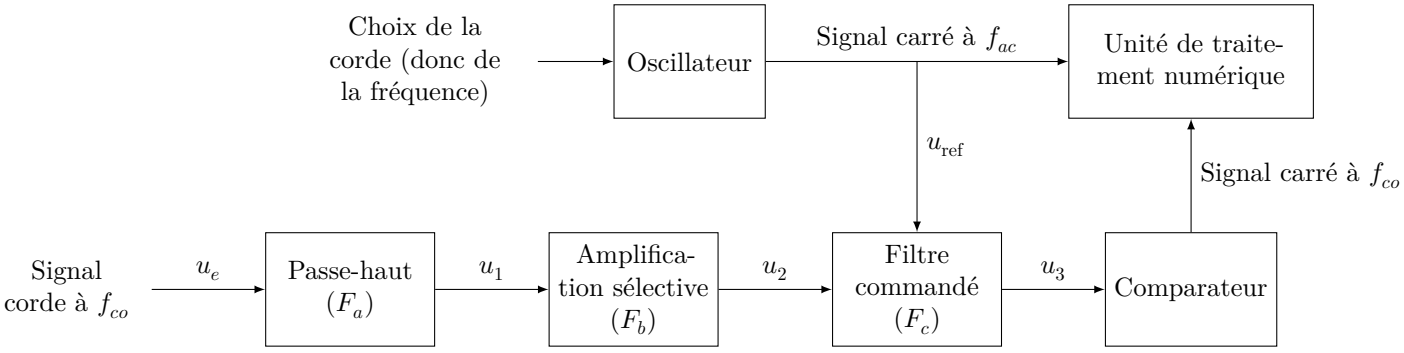


Figure 1 Principe de fonctionnement de l'accordeur de guitare

BY-NC-SA

Ce problème s'intéresse au traitement du signal venant de la corde.

I.A – Le signal

La figure 2 montre un exemple de signal électrique à la sortie du micro d'une guitare électrique.

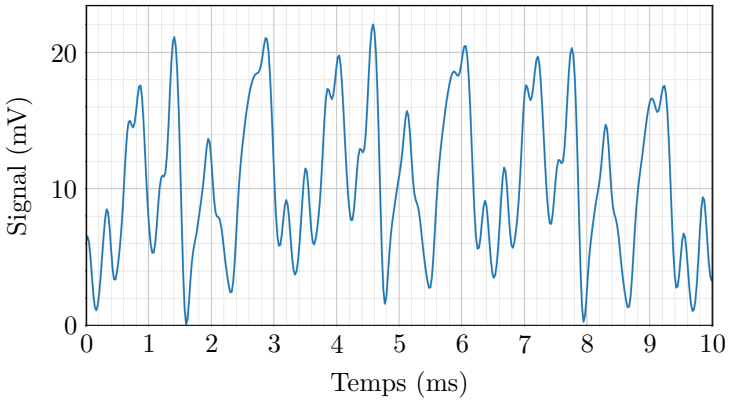


Figure 2 Signal de la guitare

Q 1. Donner une valeur approchée de la valeur moyenne de ce signal.

Q 2. Donner une estimation de la valeur de la fréquence de ce signal (on peut supposer qu'en première approximation le signal est périodique).

Q 3. De quelle corde de guitare s'agit-il ?

Q 4. L'analyse spectrale de ce signal fera-t-elle apparaitre des harmoniques ? Justifier.

I.B – Premier filtre

Avant toute chose, le signal électrique provenant du micro de la guitare est envoyé sur le filtre de la figure 3 (filtre (F_a)).

Q 5. En supposant l'entrée sinusoïdale, définir et exprimer la fonction de transfert $\underline{H}_1(j\omega)$ de ce filtre en fonction de R_1, C_1 et de la pulsation ω du signal.

Q 6. De quel type de filtre s'agit-il ? Faire apparaître une pulsation caractéristique ω_1 en fonction de R_1 et C_1 et préciser sa signification.

Q 7. Tracer sans calcul l'allure du diagramme de Bode asymptotique relatif au gain.

Q 8. On a choisi $R_1 = 100\,\text{k}\Omega$ et $C_1 = 100\,\text{nF}$. Calculer la fréquence de coupure f_1 à $-3\,\text{dB}$ de ce filtre. Au vu de l'allure du signal de la figure 2, quel est le rôle de ce premier filtre ?

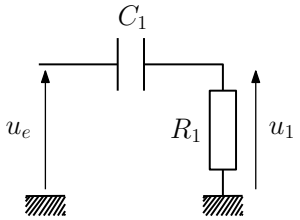


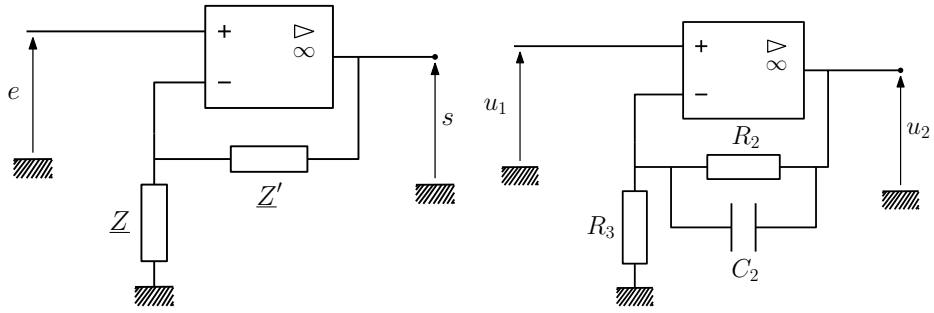
Figure 3 Filtre (F_a)

I.C – Deuxième filtre

Dans cette sous-partie, les signaux sont sinusoïdaux et les amplificateurs linéaires intégrés (ALI) sont supposés idéaux et fonctionnent en régime linéaire.

I.C.1) Préambule

Soit le filtre de la figure 4(a).



(a) Filtre à ALI (b) Filtre (F_b)

Figure 4 Deux filtres

Q 9. Exprimer sa fonction de transfert $\underline{H}$ en fonction de $\underline{Z}$ et $\underline{Z'}$.

Q 10. Que devient $\underline{H}$ si $\underline{Z}$ et $\underline{Z'}$ sont des résistances ($\underline{Z} = R$, $\underline{Z'} = R'$) ? Quel est, dans ce cas, l'intérêt du montage ?

BY-NC-SA

I.C.2) Amplification (légèrement) sélective

En sortie du filtre de la figure 3 le signal $u_1(t)$ est envoyé sur le filtre de la figure 4(b) (filtre (F_b)).

Q 11. Quelle est l'impédance $\underline{Z}_{\text{eq}}$ de la branche constituée par R_2 en parallèle avec C_2 ?

Q 12. Déduire de la question 9 l'expression de la fonction de transfert $\underline{H}_2$ de ce filtre en fonction de R_2, R_3 et C_2.

Q 13. Mettre $\underline{H}_2$ sous la forme

$$\underline{H}_2 = 1 + \frac{G_0}{1 + j\omega/\omega_2}$$

et donner les expressions de G_0 et ω_2.

Q 14. Quelle est la limite de $\left|\underline{H}_2\right|$ en basse fréquence ? en haute fréquence ?

Q 15. Calculer numériquement la fréquence caractéristique f_2 correspondant à ω_2 si $R_2 = 680\,\text{k}\Omega$, $R_3 = 6\,\text{k}\Omega$ et $C_2 = 470\,\text{pF}$ ainsi que son gain G_0. Expliquer quel est le rôle de ce second filtre.

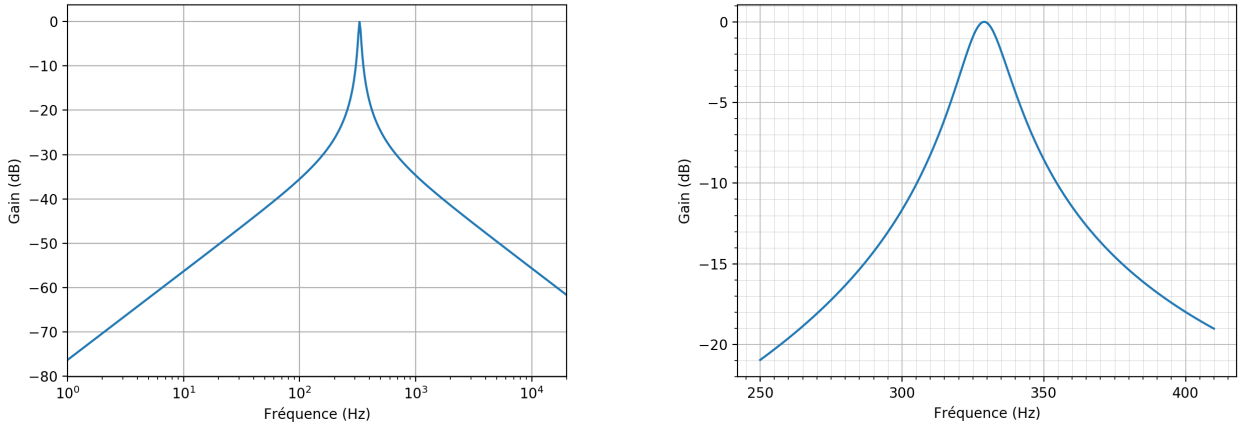
I.D – Filtrage (très) sélectif commandé

On souhaite maintenant sélectionner la fréquence fondamentale f_{co} du signal u_2, dont la valeur est à priori voisine de celle de la fréquence fondamentale théorique de vibration de la corde sélectionnée sur l'accordeur (f_{ac}) (on suppose que la corde est légèrement désaccordée). On suppose pour la suite que c'est la corde Mi aigüe que l'on souhaite accorder.

Le principe du filtre (F_c) est que sa fréquence caractéristique soit réglée par le signal de référence de fréquence f_{ac}. Ce type de commande (à capacité commutée) sera précisé dans la sous-partie I.F.

I.D.1) Diagramme de Bode

La figure 5 représente le diagramme de Bode relatif au gain du filtre (F_c) tracé à deux échelles différentes.



(a) (b)

Figure 5 Diagramme de Bode en gain du filtre (F_c)

Q 16. Dire en le justifiant rapidement, de quel type de filtre il s'agit. Quelle est sa fréquence centrale caractéristique ?

Q 17. Donner une estimation de sa bande-passante à $-3\,\text{dB}$ après l'avoir définie.

Q 18. Si la corde est désaccordée à $f_{co} = 315\,\text{Hz}$, estimer, en le justifiant, de quel facteur est atténuée sa composante spectrale fondamentale en sortie de ce filtre.

I.D.2) Analyse spectrale

La figure 6 correspond au spectre du signal d'entrée u_e représenté sur la figure 2.

Q 19. Justifier qu'il est parfaitement cohérent qu'il s'agisse du spectre du signal de la figure 2.

Q 20. En le justifiant soigneusement, dire quel spectre de la figure 7 correspond à la sortie du premier filtre (F_a).

Q 21. Même question, pour la sortie du filtre (F_b).

Q 22. Tracer l'allure du spectre du signal en sortie du filtre (F_c). Tracer l'allure du signal (temporel) correspondant.

BY-NC-SA

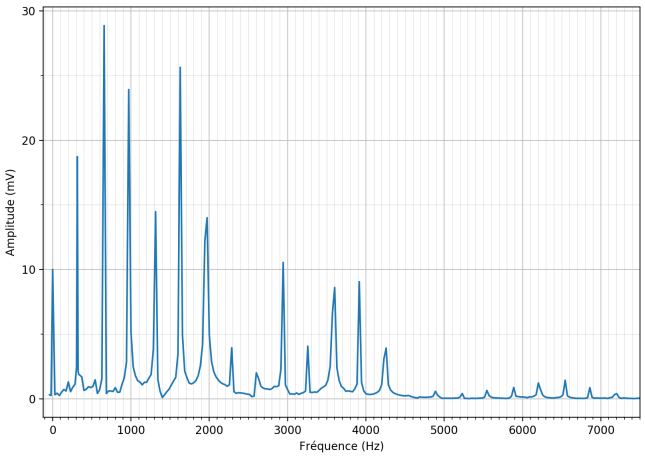
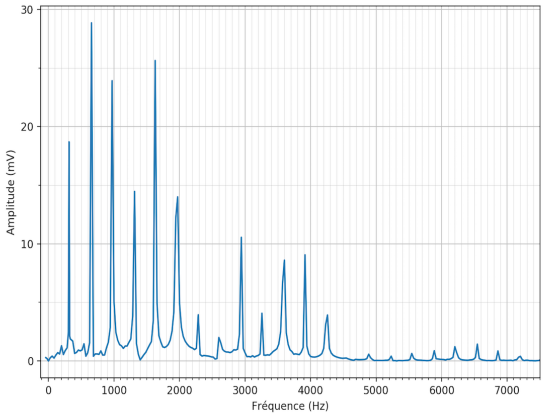
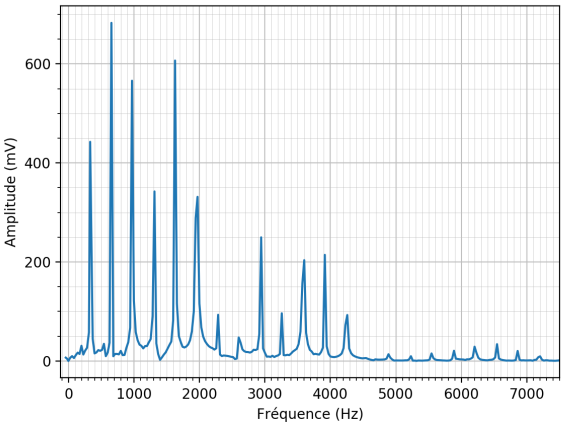


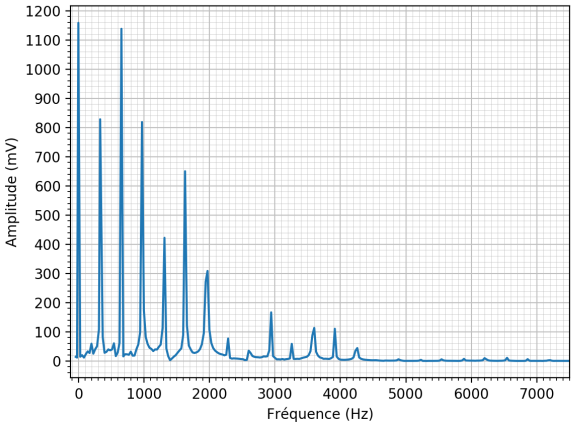
Figure 6 Spectre du signal d'entrée



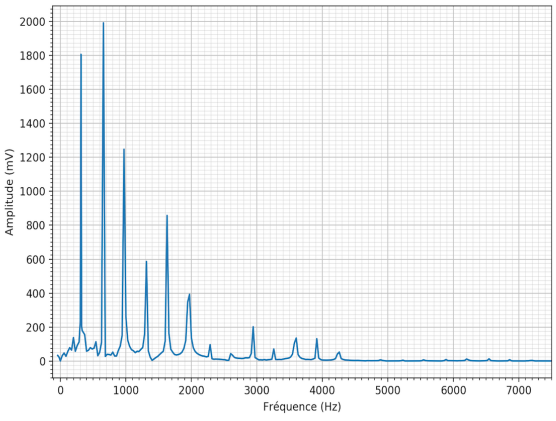
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 7 Spectres

I.E – Mise en forme

À la sortie de l'étage précédent, le signal est donc proche d'un signal sinusoïdal de fréquence f_{co} et d'amplitude dépendant de la force avec laquelle on a gratté la corde, mais de l'ordre du volt. Pour effectuer un traitement numérique qui permettra de comparer f_{co} à la fréquence théorique f_{ac} on souhaite fabriquer à partir du signal précédent un signal créneau de fréquence f_{co}. Pour cela, on utilise un comparateur à hystérésis, représenté figure 8.

BY-NC-SA

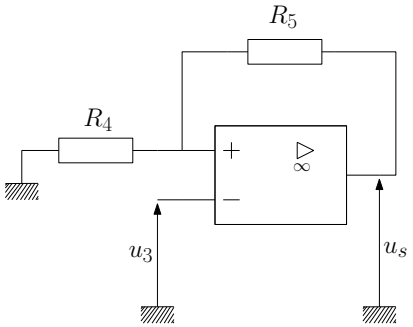


Figure 8 Comparateur à hystérésis

On note U_{sat} la tension de saturation de l'ALI et on suppose que l'ALI est idéal. Le signal u_3 est sinusoïdal alternatif d'amplitude 1 V et de fréquence f_{co} (c'est le signal sortant du filtre sélectif (F_c)).

Q 23. Qu'est ce qui permet d'être certain que l'ALI fonctionne en régime saturé ? Rappeler les propriétés d'un ALI idéal en régime saturé.

Q 24. Exprimer V^+ le potentiel de la borne non inverseuse de l'ALI en fonction de R_4, R_5 et u_s. En déduire l'expression de $\epsilon = V^+ - V^-$.

Q 25. Comment varie ϵ quand u_3 varie (u_s étant fixé) ?

Supposons que u_3 soit suffisamment faible pour que $\epsilon > 0$.

Q 26. Quelle est la valeur de u_s ? À partir de cette situation, u_3 augmente : exprimer en fonction des données la valeur U_{seuil} de u_3 pour laquelle on observera le basculement de u_s. Quelle est alors la nouvelle expression de ϵ ?

Q 27. À partir de cette nouvelle situation, traiter le cas où u_3 diminue.

Q 28. Représenter finalement le cycle d'hystérésis de ce montage : $u_s = f(u_3)$.

Dans le cadre de l'accordeur de guitare, $R_4 = 1\,\text{k}\Omega$, $R_5 = 10\,\text{k}\Omega$ et $U_{\text{sat}} = 5\,\text{V}$.

Q 29. Tracer sur le document réponse l'allure du signal de sortie $u_s(t)$ correspondant aux deux exemples de signal $u_3(t)$ proposés.

Q 30. Que peut-il se passer si la corde est vraiment trop désaccordée ?

I.F – Retour sur le filtre sélectif commandé

Regardons plus en détails la manière de fabriquer le filtre (F_c) dont la fréquence centrale est commandée par un signal carré externe. On utilise pour cela un filtre à *capacité commutée*.

I.F.1) Capacité commutée

Soit un condensateur de capacité C aux bornes duquel on applique une tension u_C.

Q 31. Rappeler l'expression de la charge q transférée au condensateur en fonction de C et u_c. On précisera, à l'aide d'un schéma, les conventions utilisées.

On monte maintenant le condensateur de capacité C_k entre deux interrupteurs commandés notés K_A et K_B, comme l'indique la figure 9.

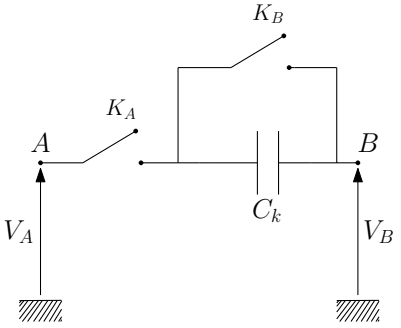


Figure 9 Capacité commutée

On fait les hypothèses suivantes.

— Les interrupteurs sont idéaux (d'impédance infinie quand ils sont ouverts et nulle quand ils sont fermés).

— Ils sont toujours dans des états *complémentaires* : si K_A est ouvert, alors K_B est fermé et inversement.

— Ils sont commandés de manière périodique par un signal extérieur (signal u_{ref} carré périodique de fréquence f_k (période T_k)) de telle sorte que :

- sur l'intervalle $[0, T_k/2]$: K_A est fermé et K_B ouvert ;
- sur l'intervalle $[T_k/2, T_k]$: K_A est ouvert et K_B fermé.

BY-NC-SA

— Les condensateurs ont le temps de se charger/décharger sur chaque intervalle de temps.

— La période T_k est faible devant tous les autres temps caractéristiques.

Q 32. Donner les expressions de q_1 et q_2, les charges portées par l'armature du condensateur reliée directement au point B respectivement sur l'intervalle $[0, T_k/2]$ et $[T_k/2, T_k]$. On précisera les conventions utilisées.

On en déduit $\delta q = q_2 - q_1$ la charge transférée de l'entrée vers la sortie en une période.

Q 33. À quoi est alors égale la charge totale Q transférée de l'entrée vers la sortie en un temps $t \gg T_k$?

Q 34. En déduire l'expression de l'intensité moyenne I_m associée à ce transfert en fonction de V_A, V_B, C_k et f_k.

Q 35. Pourquoi peut-on en conclure que ce dipôle AB se comporte comme une résistance R_k ? Donner l'expression de cette résistance en fonction de f_k et C_k.

La capacité commutée se comporte donc comme une résistance R_k dont la valeur est commandée par un signal extérieur et plus exactement par la fréquence f_k de ce signal.

I.F.2) Filtre à capacité commutée

Q 36. Expliquer qualitativement comment utiliser cette capacité commutée pour créer des filtres dont la fréquence caractéristique est réglée par le signal de référence u_{ref} et, en particulier, un filtre du type recherché pour (F_c).

II Dimensionnement du chauffage d'une voiture de TGV

II.A – Équation de la diffusion thermique dans une paroi solide

Soit le parallélépipède représenté sur la figure 10. On considère le problème unidimensionnel suivant l'axe (Ox) (toutes les grandeurs ne dépendent à priori que de x, éventuellement du temps t et sont uniformes sur toute section orthogonale à (Ox)).

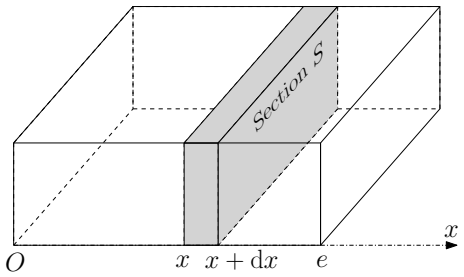


Figure 10

On suppose qu'un flux thermique traverse ce volume. L'épaisseur de la paroi (suivant (Ox)) est e et sa section S. On a également représenté une petite tranche comprise entre x et $x + \mathrm{d}x$.

Les notations utilisées sont :

— masse volumique du matériau ρ ;

— capacité thermique massique c ;

— conductivité thermique λ ;

— vecteur densité de flux thermique $\vec{\jmath}(x,t) = j(x,t)\,\vec{u}_x$;

— champ de température dans le parallélépipède $T(x,t)$.

Q 37. Exprimer le transfert thermique δQ_{in} *entrant* de la tranche d'épaisseur $\mathrm{d}x$ pendant une durée $\mathrm{d}t$ en fonction de $\dfrac{\partial j}{\partial x}$ et des données.

Q 38. Exprimer la variation d'énergie interne $\mathrm{d}U$ de cette tranche pendant cette même durée $\mathrm{d}t$ au cours de laquelle la température varie de $\mathrm{d}T$.

Q 39. En appliquant un résultat de la thermodynamique que l'on rappellera, en déduire une relation entre $\dfrac{\partial j}{\partial x}$ et $\dfrac{\partial T}{\partial t}$.

Q 40. Rappeler l'expression de la loi de Fourier (dans ce cas particulier unidimensionnel).

On peut déduire de ce qui précède l'équation dite de la chaleur ou de la diffusion thermique :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

Q 41. Donner, en le justifiant à partir des résultats des questions 39 et 40, l'expression de D en fonction des données.

BY-NC-SA

II.B – Régime stationnaire

Dans cette sous-partie le système est en régime stationnaire. On suppose que :

$$T(x=0) = T_1$$
$$T(x=e) = T_2$$

Q 42. Déterminer l'expression de $T(x)$.

Q 43. En déduire l'expression de la densité de flux thermique $j(x)$, ainsi que la puissance thermique $\mathcal{P}_{\text{th}}$ traversant une section quelconque de surface S orthogonale à (Ox) et orientée dans le sens des x positifs. Que peut-on dire du champ $\vec{j}(x)$ dans le volume étudié ?

Q 44. Définir la résistance thermique R_{th} du volume et l'exprimer en fonction de λ, S et e.

Loi de Newton

On suppose qu'en plus des phénomènes purement diffusifs s'ajoutent des phénomènes conducto-convectifs aux interfaces paroi / fluide (air) ; pour simplifier on ne les prendra en compte qu'en $x = e$.

La modélisation de ces phénomènes par la loi de Newton consiste à supposer qu'il existe une discontinuité de température entre la paroi et le fluide et un flux thermique entre les deux de sorte que

$$\vec{j}_{\text{cc}} = h\,(T_{2,p} - T_{2,f})\,\vec{u}_x$$

où $\vec{j}_{\text{cc}}$ est la densité de flux conducto-convectif sortant de la paroi, h le coefficient de conducto-convection de l'interface paroi / fluide, $T_{2,p}$ la température en $x = e$ de la paroi et $T_{2,f}$ la température de l'air côté droit.

Q 45. Quelle est la puissance thermique $\mathcal{P}_{\text{cc}}$ échangée par conducto-convection à travers la surface S en $x = e$?

Q 46. En déduire l'expression de la résistance thermique R_{cc} équivalente à ajouter en série à R_{th} pour modéliser la conducto-convection en $x = e$.

II.C – Chauffage d'une voiture de TGV

Cette partie est moins guidée que le reste du sujet et fait plus appel à l'analyse des documents et à un raisonnement personnel construit. Le nombre de points attribué à cette partie tient compte de ces spécificités.

On considère une voiture de TGV dans des conditions hivernales. La température extérieure est constante égale à $T_{\text{ext}} = -4\,°\text{C}$. On cherche à estimer la puissance du chauffage $\mathcal{P}_{\text{ch}}$ nécessaire pour maintenir la température intérieure constante à $T_{\text{int}} = 20\,°\text{C}$.

On fait dans un premier temps les hypothèses suivantes :

— le régime est stationnaire ;

— les vitres et le reste des parois (latérales, sol et toit) sont constituées de plusieurs couches comme schématisé figure 11 ;

— les vitres sont par ailleurs le siège de phénomènes conducto-convectifs côté intérieur (coefficient h_i) et côté extérieur (coefficient h_e) ;

— en outre, l'air intérieur est en permanence renouvelé par de l'air neuf venant de l'extérieur et ce avec un débit volumique D_V (figure 12). La puissance thermique nécessaire pour l'amener de la température extérieure à la température intérieure s'écrit

$$\mathcal{P}_{\text{air neuf}} = D_m c_p (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \tag{II.1}$$

où D_m est le débit *massique* de renouvellement de l'air et c_p la capacité thermique massique à pression constante de l'air (notons que la masse volumique de l'air est considérée comme constante et uniforme).

Les données numériques utiles au problème sont fournies en fin d'énoncé.

Q 47. Pourquoi les valeurs des coefficients conducto-convectif verre / air sont-elles différentes (h_i et h_e) pour l'extérieur et l'intérieur de la voiture ?

Q 48. Justifier l'expression de l'équation (II.1).

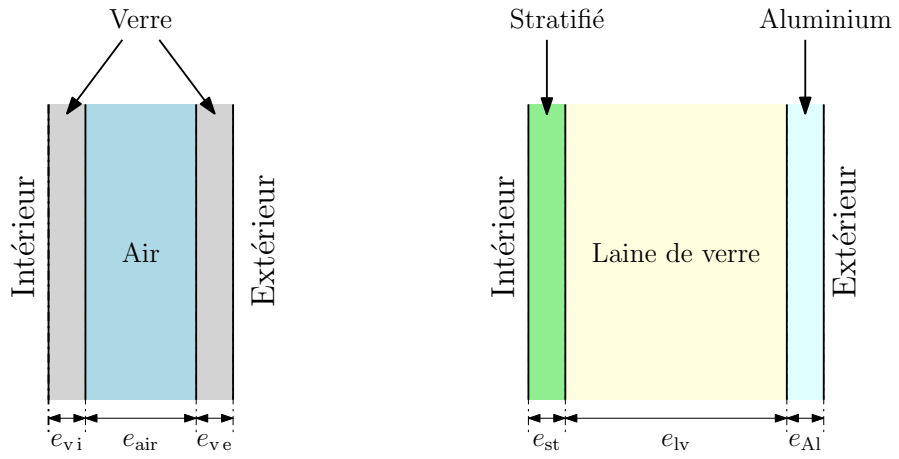
Q 49. On souhaite se placer dans un premier temps dans la situation la plus défavorable (celle qui nécessitera la plus grande valeur de $\mathcal{P}_{\text{ch}}$). Doit-on supposer la voiture pleine de passagers ou vide (justifier) ?

Q 50. On se place dans l'hypothèse de la question précédente. En précisant toutes les étapes du raisonnement et des calculs, estimer la valeur de la résistance thermique équivalente totale de la voiture (R_{tot}).

Q 51. En précisant toutes les étapes du raisonnement et des calculs, estimer la valeur de $\mathcal{P}_{\text{ch}}$ permettant de maintenir la température intérieure constante.

Q 52. Que devient cette valeur si on suppose la voiture pleine de passagers ?

BY-NC-SA



(a) Constitution d'une vitre (b) Constitution des parois

Figure 11 Constitution des parois et des vitres

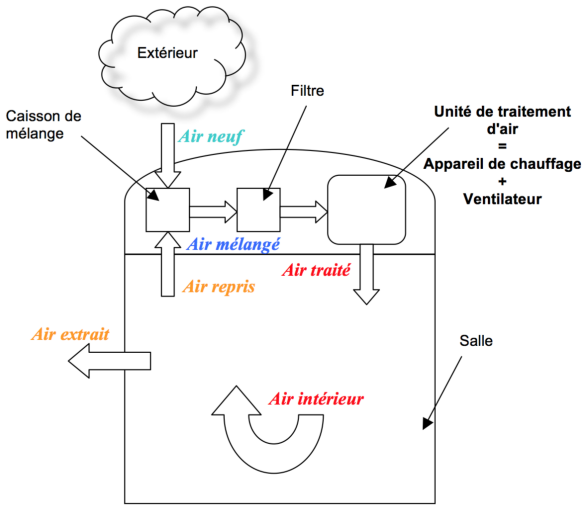


Figure 12 Circulation de l'air dans un véhicule ferroviaire et appellations selon la norme NF EN 14750-1

III Transferts de charges par effet Hall

Après s'être intéressé dans la partie II aux transferts thermiques dans un volume, nous allons nous intéresser maintenant aux transferts de charges dans une portion de conducteur.

III.A – Soit une particule ponctuelle de charge q en mouvement à la vitesse $\vec{v}$ soumise à l'action d'un champ magnétique $\vec{B}(M)$. On rappelle que l'expression de la force à laquelle cette particule est soumise s'écrit $q\,\vec{v} \wedge \vec{B}(M)$.

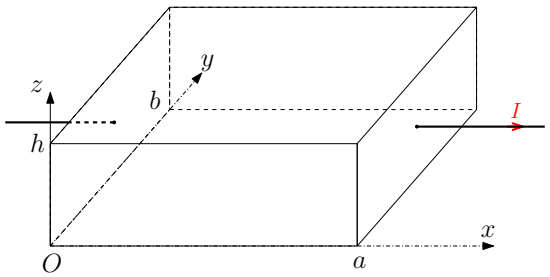


Figure 13

Soit une portion de conducteur de dimensions a, b, h (figure 13). Ce conducteur est inséré dans un circuit parcouru par un courant d'intensité $I > 0$ (comme indiqué sur la figure 13).

On notera n la densité volumique de porteurs de charge et $\vec{v}$ la vitesse d'un porteur de charge dans le volume. Les particules portent la charge q dont on ne connait à priori pas le signe. On suppose dans un premier temps qu'il n'y a qu'un seul type de porteurs.

BY-NC-SA

Q 53. Rappelez l'expression de $\vec{j}$, vecteur densité volumique de courant, en fonction de n, q et du vecteur vitesse d'un porteur de charge.

III.B – Approche qualitative de l'effet Hall

Q 54. Si les porteurs de charges sont des électrons de charge $q = -e$, quel est le sens de $\vec{j}$? Quel est le sens de $\vec{v}$?

Q 55. Mêmes questions si les charges des porteurs sont positives $q = +e$.

On place le volume dans un champ magnétique $\overrightarrow{B} = B_0\vec{u}_y$ (où $B_0 > 0$) supposé uniforme à l'échelle de l'échantillon.

Q 56. En considérant la direction et le sens de la force exercée par le champ magnétique sur un porteur de charge, expliquer en quelques mots pourquoi on voit apparaitre une tension entre les faces d'équations $z = 0$ et $z = h$ du parallélépipède.

Q 57. Faire deux schémas indiquant le signe des charges apparaissant sur chaque face : dans le cas où $q = -e$ et dans le cas où $q = +e$.

Q 58. Expliquer en pratique comment on peut simplement vérifier le signe des porteurs de charges avec un voltmètre.

III.C – Approche quantitative de l'effet Hall (cas des électrons porteurs)

On se place dans le cas où les charges mobiles sont des électrons, donc $q = -e$. On notera n_e leur densité volumique et $\vec{v}_e$ leur vitesse.

On suppose qu'après un régime transitoire au cours duquel des charges ont commencé à s'accumuler sur l'une des faces, on atteint un régime permanent où la quantité de charges accumulées sur les faces ne varie plus, donnant lieu à la création d'un champ électrique de Hall uniforme entre les faces noté $\overrightarrow{E}_H$.

Par ailleurs les porteurs de charges mobiles ont repris leur mouvement d'ensemble à la vitesse $\vec{v}_e$ uniforme et constante suivant (Ox) l'intensité du courant électrique est toujours I.

Q 59. En utilisant la sous-partie III.B, expliquer quel est le sens de $\overrightarrow{E}_H$.

Q 60. Établir, en s'intéressant au mouvement d'un porteur de charge, la relation $\overrightarrow{E}_H = -\vec{v}_e \wedge \overrightarrow{B}$.

Q 61. En projetant suivant (Oz) la relation précédente, donner l'expression de E_H en fonction de B_0 et v_e ; puis en fonction de B_0, e, n_e, I et des dimensions du conducteur.

Q 62. Exprimer $U_H = V(z = h) - V(z = 0)$, la tension de Hall.

III.D – Cas de porteurs positifs

Dans le cas de semi-conducteurs *dopés N*, les porteurs majoritaires sont des *électrons* de charge $-e$. Mais dans le cas de semi-conducteurs *dopés P*, les porteurs majoritaires sont des *trous* de charge $+e$ et de densité volumique notée n_p. On notera leur vitesse $\vec{v}_p$.

Q 63. Reprendre les calculs précédents pour établir la nouvelle expression de U_H dans le cas d'un semi-conducteur dopé P en justifiant *soigneusement* (à l'aide d'un schéma notamment) les calculs.

III.E – Applications numériques

Q 64. Dans le cas d'un conducteur comme le cuivre, les seuls porteurs sont des électrons. On suppose que dans le cristal chaque atome de cuivre libère un électron de conduction. En utilisant les données du tableau 2, calculer la tension de Hall U_H.

Masse molaire atomique du cuivre	$M_{\text{Cu}} = 63{,}5\ \text{g·mol}^{-1}$
Masse volumique du cuivre	$\mu_{\text{Cu}} = 8{,}9 \times 10^3\ \text{kg·m}^{-3}$
Constante d'Avogadro	$\mathcal{N}_a = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
Charge élémentaire	$e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C}$
Champ magnétique	$B_0 = 0{,}1\ \text{T}$
Dimensions du conducteur	$h = 5{,}5\ \text{mm}$, $a = b = 0{,}2\ \text{mm}$
Intensité du courant	$I = 0{,}1\ \text{A}$

Tableau 2 Données numériques

Q 65. Commenter la valeur obtenue.

Q 66. Reprendre le calcul pour un semi-conducteur, comme le germanium, dopé N de sorte que $n_e = 7 \times 10^{22}\ \text{m}^{-3}$. Conclure.

BY-NC-SA

Données

Données numériques pour le dimensionnement du chauffage d'une voiture de TGV

Voiture	L (longueur)	22500 mm
	ℓ (largeur)	2780 mm
	h (hauteur)	2100 mm
	e_{Al}	4 mm
	e_{lv}	24 mm
	e_{st}	4 mm
	Nombre de places assises	50
Vitres	Nombre par voiture	12
	L_{v} (largeur)	2000 mm
	H_{v} (hauteur)	840 mm
	e_{air}	12 mm
	e_{vi}	4 mm
	e_{ve}	4 mm
Conductivités thermiques	λ_{Al}	237 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	λ_{lv}	0,051 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	λ_{st}	1 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	λ_{air}	0,03 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
	λ_{v}	1,15 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Masse volumique de l'air	ρ_{air}	1,2 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Puissance thermique moyenne dégagée par un passager	$\mathcal{P}_{\text{pass}}$	60 W
Autres données	h_i	8 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
	h_e	25 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
	D_V	2100 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$
	c_p	1000 $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

• • • FIN • • •

BY-NC-SA

Numéro de place

Numéro d'inscription

Signature

Nom

Prénom

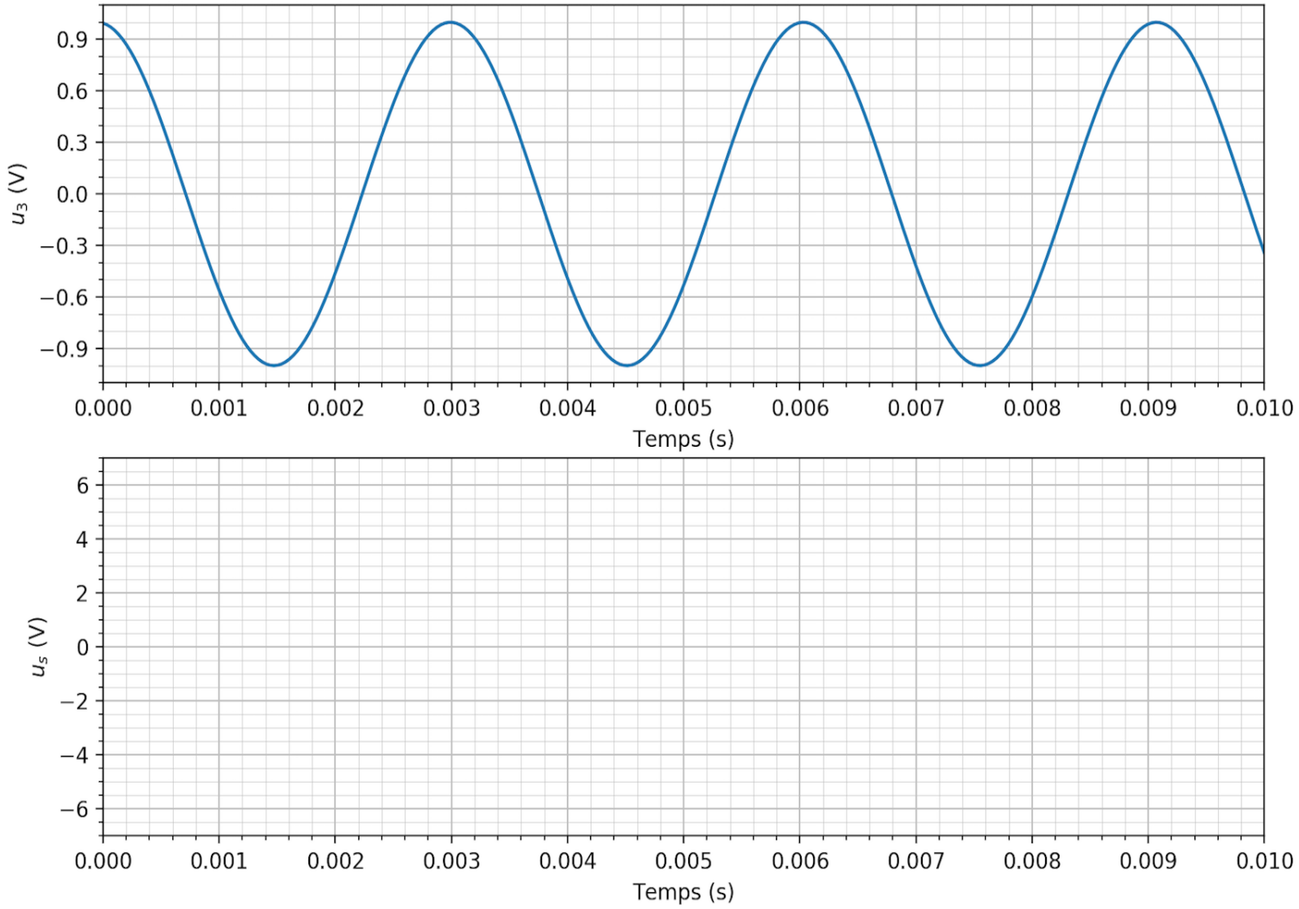
CONCOURS CENTRALE•SUPÉLEC

Épreuve : Physique-chimie 2 TSI

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

Question 29 premier exemple



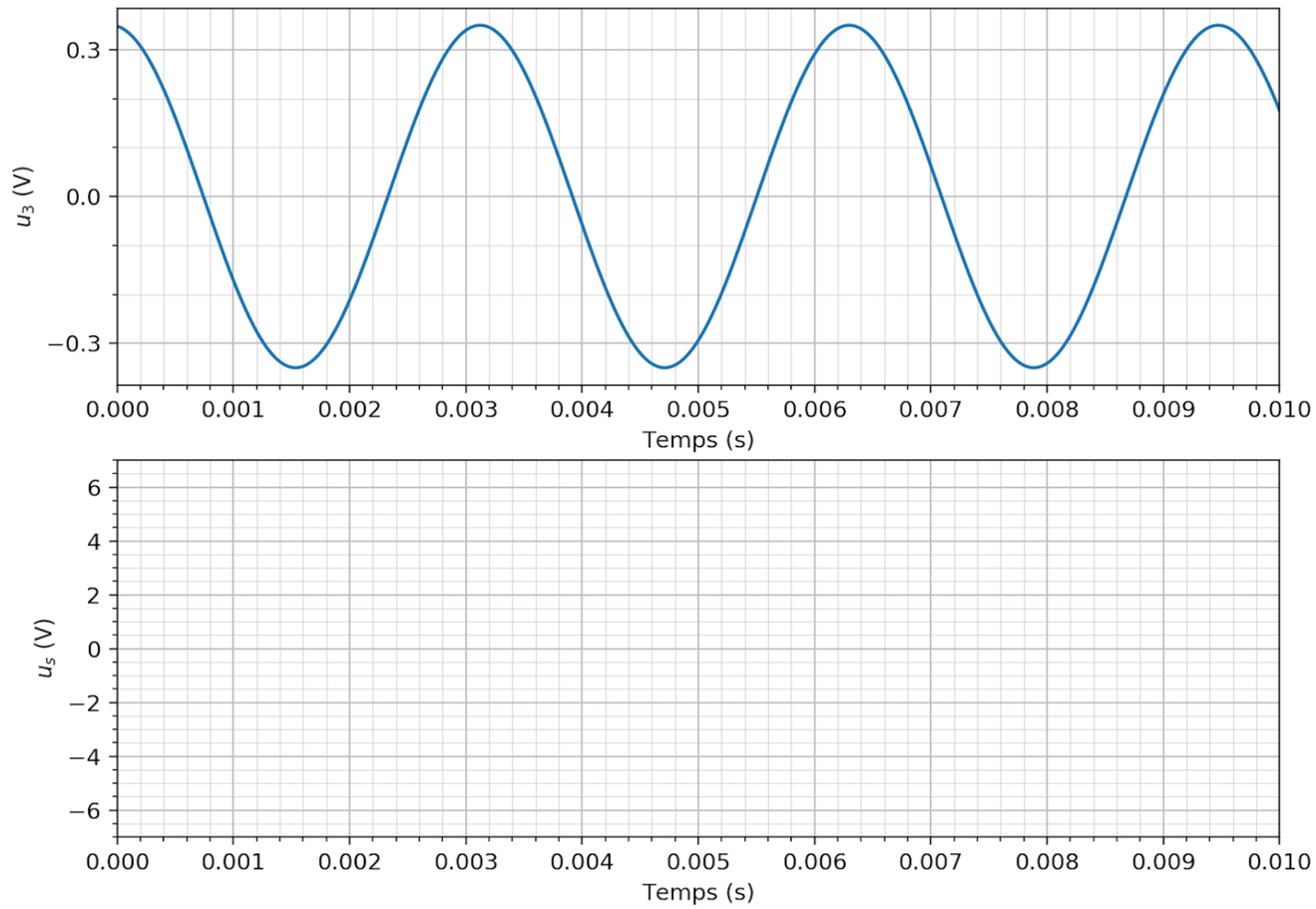
2019-02-26 11 :32 :03

Ne rien écrire

dans la partie barrée

P011-DR/20180913 MKIV

Question 29 deuxième exemple



Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Filtrage linéaire
- Amplificateur linéaire intégré, stabilité et rétroaction
- Notation complexe, régime sinusoïdal forcé et fonctions de transfert
- Trigonométrie et signaux sinusoïdaux
- Grandeurs, unités, analyse dimensionnelle et ordres de grandeur
- Conduction électrique et conservation de la charge
- Magnétostatique : formulation locale

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/centrale/tsi