



Régime permanent stationnaire

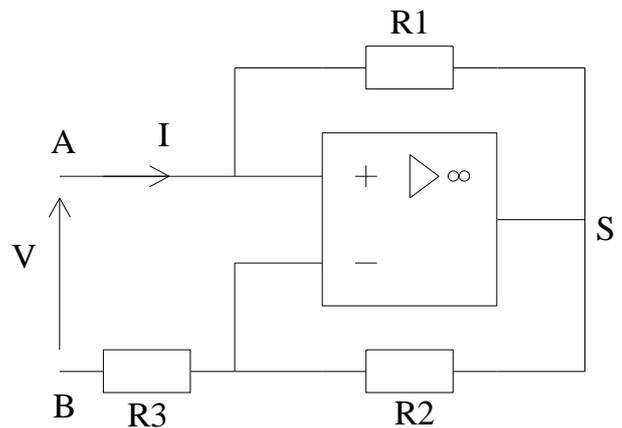
EL12 - Montage de la résistance négative

On considère le dipôle (AB), constitué par un amplificateur opérationnel (ou ALI), entouré des résistances R_1, R_2, R_3 .

On rappelle le modèle idéal de fonctionnement de l'ALI :

- Les intensités des courants d'entrée i_+ et i_- sont nuls.
- En régime linéaire, les potentiels d'entrée v_+ et v_- sont égaux.
- En régime saturé, le potentiel de sortie v_S vaut :

$$\begin{cases} +V_{sat} & \text{si } v_+ > v_- \\ -V_{sat} & \text{si } v_+ < v_- \end{cases}$$



1 - Etablir lorsque l'A.L.I. est utilisé en régime linéaire, la caractéristique $I(V)$ de ce dipôle. Comment appelle-t-on la grandeur $\frac{V}{I}$? Quel nom porte alors ce dipôle ?

2 - Déterminer les valeurs de l'intensité $\pm I_0$ correspondant aux valeurs limites du domaine de linéarité. Etablir les équations de $I(V)$ lorsque $I > I_0$.

3 - Tracer l'allure graphe $I(V)$.

Régime transitoire

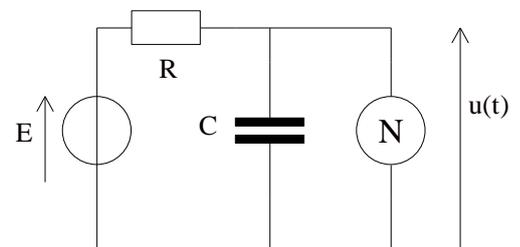
EL22 – Oscillations de relaxation d'un tube fluorescent à décharge

Un tube fluorescent (abusivement appelé « tube au néon ») ne s'allume que si la tension entre ses bornes atteint la valeur V_a dite « potentiel d'allumage ». Elle reste allumée tant que la tension aux bornes est supérieure à une valeur V_e appelée « potentiel d'extinction ».

L'ampoule éteinte équivaut à une résistance infinie ; l'ampoule allumée équivaut à une résistance r .

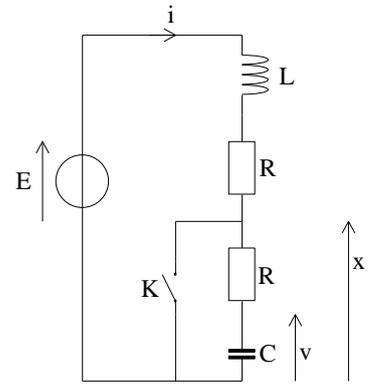
1 - Etudier, au cours des phases de charge et de décharge successives, la tension $u(t)$ aux bornes de N en fonction du temps, sachant qu'au instants $t < 0$, avant le raccordement au générateur, la charge du condensateur est alors nulle.

2 - Tracer $u(t)$ et donner l'expression de la période des oscillations de relaxation.



EL24 - Circuit oscillant

Le circuit représenté sur la figure est maintenu, l'interrupteur K étant fermé, dans cette configuration durant un temps suffisamment long pour qu'on puisse considérer qu'il est en régime permanent stationnaire. L'interrupteur K est alors ouvert (l'instant d'ouverture est alors considéré comme l'instant initial, $t = 0$).



1 - En justifiant vos réponses, compléter le tableau ci-dessous qui décrit comment se fait la transition à $t = 0$ pour différentes grandeurs mises en jeu dans le circuit, et vers quelles valeurs elles tendent.

2 - Etablir l'expression de $v(t)$ dans le cas d'un régime transitoire oscillant.

grandeur	$t = 0^-$	$t = 0^+$	$t \rightarrow \infty$
$i(t)$			
$v(t)$			
$x(t)$			

Régime permanent sinusoïdal

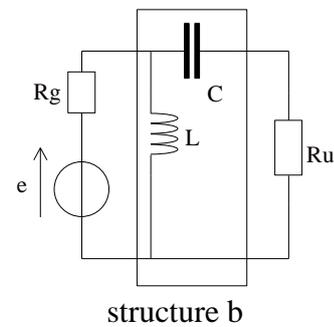
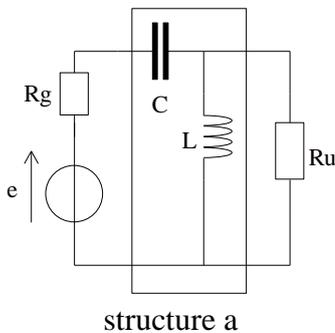
EL32 – Adaptateur d'impédance à composants réactifs

On rappelle que lorsqu'on souhaite que le générateur (e, R_g) fournisse à la charge (dipôle utile) R_u un maximum de puissance, l'adaptation d'impédance est réalisée pour $R_u = R_g$,

Pour transmettre une puissance maximale du générateur (e, R_g) à la charge $R_u \neq R_g$, on intercale entre le générateur et l'utilisation un quadripôle. Le montage est adapté si l'impédance équivalente du reste du circuit vu du générateur est égale à R_g .

1 – Montrer que la structure a permet l'adaptation lorsque $R_u > R_g$. Calculer L et C en fonction de R_u, R_g et ω .

2 - Montrer que la structure b permet l'adaptation lorsque $R_u < R_g$. Calculer L et C en fonction de R_u, R_g et ω .



EL42 - Simulateur d'inductance.

Les ALI sont supposés parfaits et fonctionner en régime linéaire, c'est-à-dire que les intensités des courants d'entrée i_+ et i_- sont nuls et que les potentiels d'entrée v_+ et v_- sont égaux.

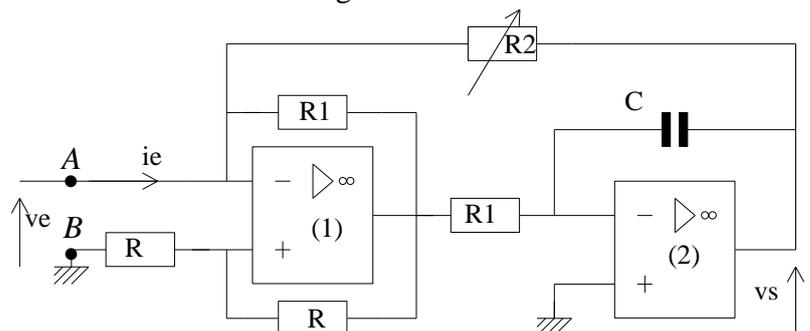
1 - Déterminer la fonction de transfert

$$H(j\omega) = \frac{v_s}{v_e}$$

Montrer que le déphasage φ de v_s par rapport à v_e est indépendant de la pulsation.

2 - Calculer l'admittance d'entrée

$$Y_e = \frac{i_e}{v_e}$$



de ce montage.

Montrer qu'il est équivalent à l'association en parallèle d'une inductance L et d'une résistance r qu'on exprimera en fonction des données du montage.

3 - a - Données : $R_1 = 2,0 \text{ k}\Omega$; $C = 0,75 \text{ nF}$.

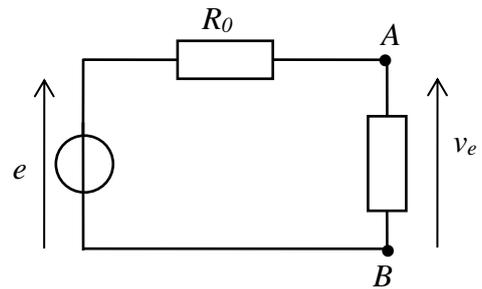
Comment choisir R_2 pour que ce montage simule une inductance pure L_0 ? Calculer L_0 .

b - Pour mesurer L_0 on place le dipôle précédent en série avec une résistance $R_0 = 3,3 \text{ k}\Omega$ et une source de tension sinusoïdale idéale $e(t)$.

On mesure la fréquence de coupure de ce filtre :

$f_c = 180 \text{ kHz}$

Calculer L_0 . Commenter



EL44 – Filtre du 1^{er} ordre

$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1,0 \text{ k}\Omega$; $C = 4,7 \text{ nF}$

1 - a – Déterminer les valeurs asymptotiques de v_s en fonction de v_e .

b - Etablir la fonction de transfert complexe $\underline{H}(j\omega) = \frac{v_s}{v_e}$ de ce montage et la mettre sous la forme :

$$\underline{H}(j\omega) = \alpha \frac{1 + j\frac{\tau}{\alpha}\omega}{1 + j\tau\omega}$$

Déterminer α et τ en fonction de C, R_1, R_2 . Calculer les valeurs numériques de α et τ .

c – Vérifier les réponses à la question 1-a.

2 – a - Montrer que le déphasage $\varphi(\omega)$ de $v_s(t)$ par rapport à $v_e(t)$ passe par un maximum φ_0 que l'on exprimera en fonction de α , pour une valeur de ω que l'on exprimera en fonction de α et τ . A.N.

b - Tracer le diagramme de Bode (gain en dB et déphasage).

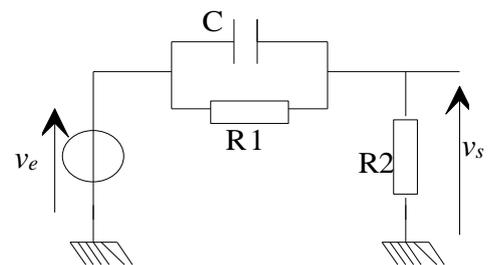
Ce filtre présente-t-il un caractère dérivateur ou intégrateur ? Si oui, sur quel domaine de pulsations ?

3 – On applique la tension d'entrée suivante : $v_e(t) = E(1 + \cos(\omega t))$.

a – Tracer l'allure de cette tension. Quel couplage de la voie d'entrée d'un oscilloscope faut-il choisir pour visualiser cette tension ?

b – Tracer l'allure de $v_s(t)$ pour $\omega = 10^2 \text{ rad.s}^{-1}$.

c – Tracer l'allure de $v_s(t)$ pour $\omega = 10^4 \text{ rad.s}^{-1}$.





Thème : Mécanique du point

Lundi 2 septembre 2024

Cinématique

ME104 - Centrifugeuse

Pour entraîner les astronautes aux fortes accélérations subies lors du décollage et lors de la rentrée dans l'atmosphère, on les place dans un siège situé à l'extrémité d'un bras en rotation. Un point M du sujet décrit dans le référentiel lié au sol un cercle de rayon $R = 5,0 \text{ m}$ à la vitesse angulaire $\omega(t)$.



1 – La vitesse angulaire est stabilisée à une valeur constante ω_0 .

a) Déterminer la valeur de ω_0 pour laquelle l'accélération radiale du point M dans le référentiel lié au sol est égale à $a_0 = 10.g$. On exprimera cette vitesse angulaire en *tours par seconde*.

b) Quelle est la vitesse de M dans le référentiel lié au sol ?

c) Représenter en un point de la trajectoire le vecteur accélération.

2 – Partant de la vitesse nulle, la valeur de ω_0 est atteinte au bout de $\tau = 10 \text{ s}$, et on suppose qu'entre $t = 0$ s et $t = \tau$, la vitesse angulaire est une fonction linéaire du temps.

a) Déterminer les composantes de l'accélération de M à un instant $t < \tau$ quelconque.

b) Représenter schématiquement ce vecteur accélération en un point de la trajectoire de M.

c) Déterminer la valeur de l'accélération de M à la date $t_1 = 5 \text{ s}$.

Données : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

★ME106 - Toboggan hélicoïdal

Dans un parc aquatique, Paul emprunte le grand toboggan hélicoïdal de rayon $R = 5,0 \text{ m}$

L'équation paramétrée de la trajectoire de Paul (assimilé à un point matériel) en coordonnées cartésiennes :

$$\begin{cases} x(t) = R \cdot \cos(\theta(t)) \\ y(t) = R \cdot \sin(\theta(t)) \\ z(t) = -b \cdot \theta(t) \end{cases}$$

où $\theta(t)$ est l'angle des coordonnées cylindriques.

a) Ecrire le vecteur position en coordonnées cylindriques.

b) Ecrire le vecteur vitesse en coordonnées cylindriques, puis son module.



c) Le pas c de la trajectoire (différence d'altitude entre 2 points consécutifs de la trajectoire ayant mêmes abscisse et ordonnée) vaut $2,0 \text{ m}$. En déduire la valeur de b .

d) On suppose le mouvement de Paul uniformément varié. Ainsi, la valeur de sa vitesse est une loi linéaire du temps. Ayant démarré à $t = 0$ à vitesse nulle, au bout de trois tours, sa vitesse atteint $v_3 = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

En déduire la durée τ de la descente.

e) Déterminer la valeur de l'accélération à la fin de la descente.

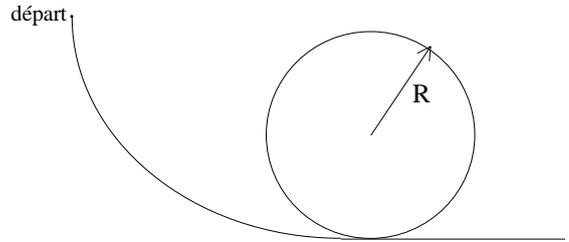
f) Représenter le vecteur accélération à un instant quelconque, lorsque Paul est dans le plan (xOz).

ME120 - Looping or not looping

On considère une piste pour jeu de billes présentant un looping circulaire de rayon $R = 20 \text{ cm}$.

- Quelles sont les forces appliquées à la bille en contact avec la piste ?
- Quelle doit être la vitesse minimale de la bille au sommet du looping pour que la bille reste en contact avec la piste ?
- On néglige les frottements. Quelle doit être la hauteur minimale h de laquelle il faut lâcher sans vitesse initiale la bille afin qu'elle passe le looping ?

Données : $g = 10 \text{ m.s}^{-1}$. $m = 20 \text{ g}$.



Résolution de problème

★ME118 : L'attraction de fête foraine reverse bungee

Appelée en français *la boule élastique*, cette attraction est depuis une dizaine d'année très populaire.

Le principe en est le suivant. Un habitacle pour deux personnes (boule) est suspendu à deux élastiques entre deux mats.

Au repos, la boule est maintenue au sol par un électroaimant tandis que les élastiques sont tendus par des treuils.

Une fois les élastiques tendus au maximum, l'alimentation de l'électroaimant est coupée.

La boule et ses occupants font alors des allers-retours verticaux pour finalement s'immobiliser dans les airs, suspendus aux élastiques.

On se propose ici de dégager quelques caractéristiques mécaniques de cette attraction.

Données :

Masse de la boule + occupants : $m = 250 \text{ kg}$

Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Longueur à vide de chaque élastique :

$$\ell_0 = 15 \text{ m}$$

Accélération annoncée par le constructeur : $3g$

A l'aide des données ci-dessus et sur le schéma simplifié ci-contre, estimer :

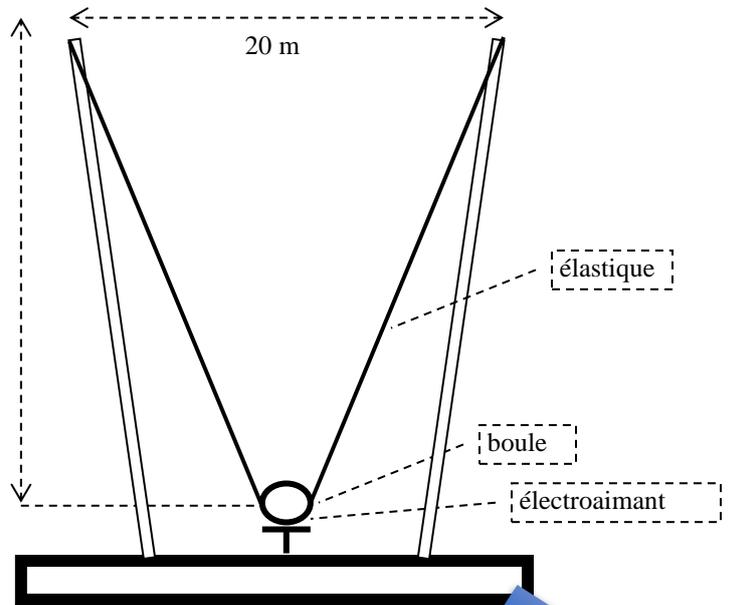
- la raideur des élastiques (A.N.)
- la hauteur maximale atteinte (A.N.)
- la vitesse maximale atteinte (A.N.)

On précisera soigneusement les hypothèses utilisées ainsi que les méthodes employées.

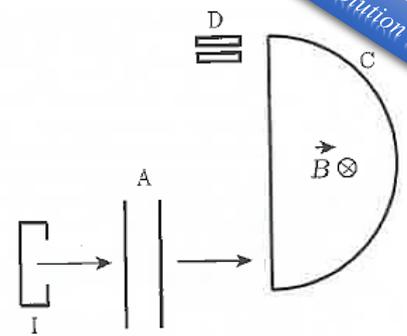
ME124 - Spectromètre de masse

On veut séparer du carbone 14 et du carbone 12 à l'aide d'un spectromètre magnétique ; les atomes de carbone sont vaporisés puis passent dans un ioniseur (I) qui arrache en moyenne un électron par atome. Les ions passent ensuite dans un accélérateur (A) constitué d'un champ électrique uniforme généré par un condensateur soumis à la différence de potentiel $V = 1,0 \cdot 10^3 \text{ V}$. Le faisceau pénètre ensuite dans une chambre de déviation (C) où règne un champ magnétique \vec{B} uniforme. Un détecteur (D) est placé à la sortie.

Que doit valoir B pour que le spectromètre puisse tenir sur une table dans un laboratoire, tout en pouvant distinguer les deux isotopes du carbone ? Commentez.



Résolution de problème



★ ME126 – Point dans 1/2 sphère en rotation

On considère une 1/2-sphère de rayon R qui tourne autour de son axe de révolution vertical à une vitesse angulaire constante Ω . Une particule considérée ponctuelle de masse m se déplace sur la surface intérieure de la 1/2-sphère, sous l'influence de la gravité. De plus, la particule est soumise à une force de frottement :

$$\vec{f} = -k\vec{v}_{rel}$$

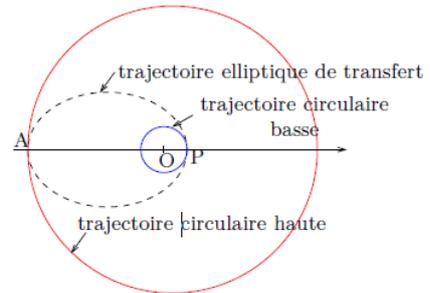
où \vec{v}_{rel} est la vitesse de la particule relativement à la demi-sphère.

On s'intéresse aux petits mouvements de la particule proche du bas de la demi-sphère. Pour cela, on introduit le référentiel galiléen auquel est lié le repère cartésien $(x; y; z)$ avec son origine en bas de la 1/2-sphère et l'axe (Oz) suivant l'axe de rotation. On se placera dans l'approximation $|x| \ll R$ et $|y| \ll R$

A quelle(s) condition(s) ce mouvement est-il périodique ?

ME128 – Mise en orbite d'un satellite terrestre artificiel

Pour atteindre des trajectoires de très hautes altitudes, le satellite est dans un premier temps placé sur une trajectoire circulaire basse ($r_b = 8,0 \cdot 10^3 \text{ km}$) puis, dans un deuxième temps, sur une trajectoire circulaire haute ($r_h = 40 \cdot 10^3 \text{ km}$) comme illustré ci-contre.



Pour passer de la trajectoire basse à la trajectoire haute, on utilise une trajectoire de transfert elliptique dont l'un des foyers est le centre de la Terre O : son périhélie P est situé sur l'orbite basse et son apogée A sur l'orbite haute.

On note G la constante de gravitation universelle.

Le changement d'orbite s'effectue en réalisant des variations brutales de vitesse du satellite à l'aide des moteurs qui correspondent à des variations d'énergie mécanique que l'on cherche à déterminer.

1 – Rappeler les lois de Kepler. Qu'appelle-t-on trajectoire képlérienne ? A quelles conditions sur les objets en interaction gravitationnelle est-elle réalisée rigoureusement ?

2 – On considère que la Terre et le satellite sont assimilables à des points matériels de masses respectives M et m . Le satellite à la distance r de la Terre est soumis à l'attraction gravitationnelle terrestre. Montrer que son moment cinétique se conserve. On le notera L_0 et on l'exprimera en fonction de m , r et $\dot{\theta}$ (vitesse angulaire du satellite en coordonnées polaires).

3 - Exprimer l'énergie mécanique E_m du satellite en fonction de r , \dot{r} , L_0 et des constantes du problème. Ordonner les termes de façon à mettre l'expression sous la forme $E_m = E_{c,eff}(\dot{r}) + E_{p,eff}(r)$

4 – On donne les simulations de $E_{p,eff}(r)$ pour les 3 orbites fréquentées par le satellite.

En déduire la variation d'énergie mécanique ΔE_m à communiquer au satellite pour passer de l'orbite circulaire basse à l'orbite elliptique de transfert. Sachant que le pouvoir calorifique du carburant est d'environ 50 MJ.kg^{-1} , déterminer la masse m_c de carburant nécessaire.

