

Proposition de corrigé

Concours : **ATS**

Année : **2010**

Filière : **ATS**

Épreuve : **Sciences Industrielles pour l'Ingénieur**

Ceci est une proposition de corrigé des concours de CPGE, réalisée bénévolement par des enseignants de Sciences Industrielles de l'Ingénieur et d'Informatique, membres de l'[UPSTI](http://www.upsti.fr) (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles), et publiée sur le site de l'association :

<https://www.upsti.fr/espace-etudiants/annales-de-concours>

A l'attention des étudiants

Ce document vous apportera des éléments de corrections pour le sujet traité, mais n'est ni un corrigé officiel du concours, ni un corrigé détaillé ou exhaustif de l'épreuve en question.

L'UPSTI ne répondra pas directement aux questions que peuvent soulever ces corrigés : nous vous invitons à vous rapprocher de vos enseignants si vous souhaitez des compléments d'information, et à vous adresser à eux pour nous faire remonter vos éventuelles remarques.

Licence et Copyright

Toute représentation ou reproduction (même partielle) de ce document faite sans l'accord de l'UPSTI est **interdite**. Seuls le téléchargement et la copie privée à usage personnel sont autorisés (protection au titre des [droits d'auteur](#)).

En cas de doute, n'hésitez pas à nous contacter à : corrigesconcours@upsti.fr.

Informez-vous !

Retrouvez plus d'information sur les [Sciences de l'Ingénieur](#), l'[orientation](#), les [Grandes Ecoles](#) ainsi que sur les [Olympiades de Sciences de l'Ingénieur](#) et sur les [Sciences de l'Ingénieur au Féminin](#) sur notre site : www.upsti.fr

L'équipe UPSTI

Concours ATS SI 2010 – Borne escamotable autonome

2. Analyse fonctionnelle et structurelle

Q1 :

S.C.1	Cellules photovoltaïques
S.C.2	Batterie
S.C.3	Platine électronique de gestion
S.C.4	Moteur (Motoréducteur)
S.C.5	Réducteur (Motoréducteur) + système roue vis sans fin
S.C.6	Système pignon crémaillère
S.C.7	Colonnes de guidage (2 pivots glissants)

Q2 :

Le limiteur de couple permet de stopper la montée de la borne lorsque un obstacle se présente afin de préserver le système lui-même mais aussi d'éviter des dégradations sur l'obstacle qui peut être une voiture par exemple. Ce système peut être associé aux fonctions FC4 : Résister aux agressions du milieu extérieur et FC6 : Respecter les normes de sécurité mécanique et électrique.

Q3 :

Le guidage du chariot supportant la borne est modélisé par 2 liaisons pivots glissants en parallèles.

Q4 :

Méthode Statique

Nombre d'équations statiques

$$E_s = 6 \times 1 = 6$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 1$$

Nombre d'équations utiles

$$E_u = E_s - m_c = 5$$

Nombre d'inconnues statiques

$$I_s = 4 + 4 = 8$$

$E_u - I_s = -3 \Rightarrow$ le système est hyperstatique d'ordre 3

Méthode Cinématique

1 boucle $\Rightarrow E_c = 6$

Nombre d'inconnues cinématiques

$$I_c = 4$$

Nombre de mobilités

$$m_c = 1$$

Or

$$I_c - E_c = m_c - h$$

D'où :

$h = 3 \Rightarrow$ le système est hyperstatique d'ordre 3

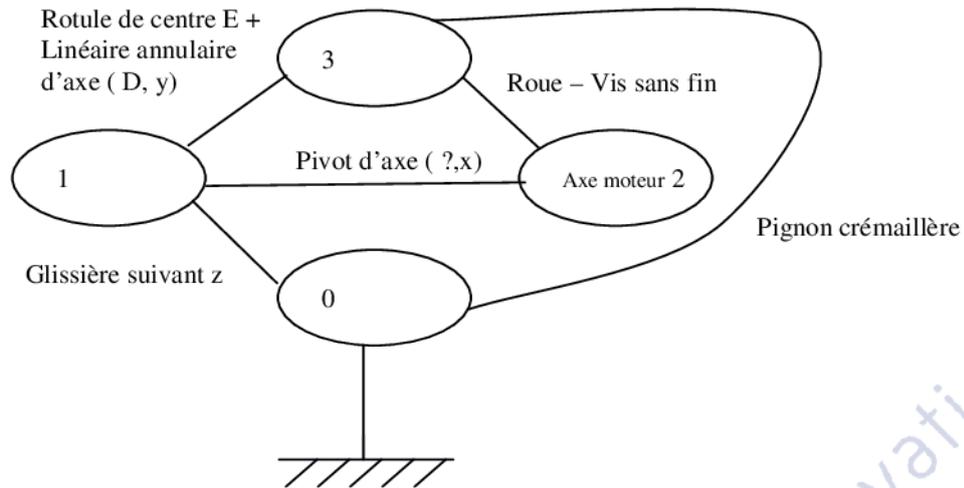
Q5 :

L'hyperstatisme d'ordre 3 implique 3 contraintes géométriques sur chacun des sous ensembles. Globalement, pour que cela fonctionne il faut que les 2 colonnes soient parallèles (2 Contraintes) et que l'entraxe soit précis (1 Contrainte).

Q6 :

Le guidage du chariot supportant la borne est modélisé par 2 liaisons pivots glissants en parallèles ce qui réalise bien globalement **une liaison glissière**.

Q7 : (DR2)



Remarque : Il faut remplacer 2 par Axe Moteur 2 sur le DR2

Q8 :

Une liaison rotule et une liaison linéaire annulaire en parallèle forment une liaison pivot isostatique.

3. Etude statique

Q9 : On isole l'ensemble E

Bilan des actions extérieures :

+ Liaisons pivots glissantes entre 0 et 1 : $T_{A_0 \rightarrow 1} \begin{pmatrix} X_{A01} & 0 \\ 0 & M_{A01} \\ Z_{A01} & 0 \end{pmatrix}_{A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$ et $T_{B_0 \rightarrow 1} \begin{pmatrix} X_{B01} & 0 \\ 0 & M_{B01} \\ Z_{B01} & 0 \end{pmatrix}_{B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$

+ Action du poids en G : $T_{Poids} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -mg & 0 \end{pmatrix}_{G, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}}$

+ Action de la crémaillère 0 en C : $T_{0 \rightarrow 3}$ (Donnée dans le sujet)

D'après les hypothèses du sujet :

$$\begin{aligned} X_{A01} = X_{B01} = X_{01} & \quad Y_{A01} = Y_{B01} = 0 \\ Z_{A01} = Z_{B01} = Z_{01} & \quad \text{et} \quad L_{A01} = L_{B01} = 0 \\ M_{A01} = M_{B01} = M_{01} & \end{aligned}$$

D'autre part, à limite du glissement en phase de monté nous aurons :

$$Z_{01} = -f \cdot |X_{01}| \quad (\text{Effort tangentiel opposé à la vitesse de glissement } 1/0)$$

Remarque : En toute rigueur on devrait écrire $Z_{01} = f(X_{01}, M_{01})$ mais le sujet ne le suggère pas.

Q10 : PFS sur l'ensemble E

Le PFS en O nous donne les équations suivantes :

$$2. \begin{vmatrix} X_{01} \\ 0 \\ Z_{01} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} X_{03} \\ 0 \\ Z_{03} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad (\text{Th de la résultante statique})$$

$$2. \begin{vmatrix} 0 \\ M_{01} \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ mgd \\ 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 \\ LX_{03} \\ 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad (\text{Th du moment statique})$$

Q11 :

L'équation des moments nous donne : $M_{01} = -\frac{1}{2}(mgd + lX_{03})$

Déterminons X_{03} et Z_{03} :

$$Z_{03} = mg - 2Z_{01}$$

Comme $Z_{01} < 0$ (Cf Q9) on a $Z_{03} > 0$

Or $\tan \alpha = -\frac{X_{03}}{Z_{03}}$, on a donc $X_{03} < 0$

Comme $X_{03} = -2X_{01}$, on a $X_{01} > 0$ d'où $Z_{01} = -f \cdot |X_{01}| = -f \cdot X_{01}$

On a alors : $Z_{03} = mg - 2\left(-f\left(-\frac{1}{2}(-\tan \alpha Z_{03})\right)\right)$ d'où $Z_{03} = mg + f \tan \alpha Z_{03}$

Et donc $Z_{03} = \frac{mg}{1-f \tan \alpha}$ et $X_{03} = -\frac{mg \tan \alpha}{1-f \tan \alpha}$ d'où

$$M_{01} = -\frac{1}{2}\left(mgd - l\frac{mg \tan \alpha}{1-f \tan \alpha}\right) = \frac{mg}{2}\left(l\frac{\tan \alpha}{1-f \tan \alpha} - d\right)$$

Q12 :

Pour annuler le moment transmissible il faut :

$$l\frac{\tan \alpha}{1-f \tan \alpha} - d = 0 \text{ d'où } d = l\frac{\tan \alpha}{1-f \tan \alpha}$$

Q13 :

$$\text{AN : } d = \frac{60 \tan 20^\circ}{1-0,22 \tan 20^\circ} = 23,74 \text{ mm}$$

4. Etude dynamique

Q14 :

La liaison pivot 1-3 est considérée comme parfaite. Elle ne dissipe donc pas de puissance. En conséquence : $P(1 \leftrightarrow 3) = 0$

Q15 :

Le solide 1 est en translation donc : $P(g \rightarrow 1/0) = \overline{V_{O \in 1/0}} \cdot \overline{Poids} = -mgv$

En phase de montée : $P(g \rightarrow 1/0) = -30 \times 10 \times 0.083 = -24.9W$

En phase de descente : $P(g \rightarrow 1/0) = -30 \times 10 \times -0.083 = 24.9W$

Q16 :

Le solide 1 est en translation donc : $P(0 \rightarrow 1/0) = \overline{V_{O \in 1/0}} \cdot \overline{R_{0 \rightarrow 1}} = v \times 2Z_{01}^A$

En phase de montée : $P(0 \rightarrow 1/0) = 0.083 \times 2 \times -13 = -2.158W$

En phase de descente : $P(0 \rightarrow 1/0) = -0.083 \times 2 \times 11 = -1.826W$

Q17 :

La puissance délivrée par le moteur est : $P_m = C_m \times \omega_m$

Q18 :

L'énergie cinétique de l'ensemble en mouvement est :

$$E = \frac{1}{2} (m \times v^2 + Jm \times \omega_m^2)$$

Comme $v = \frac{dp_3}{2} \times k \times \omega_m$, on a $E = \frac{1}{2} \left(m \times \left(\frac{dp_3}{2} \times k \right)^2 + Jm \right) \omega_m^2$

Q19 :

On en déduit : $J = m \times \left(\frac{dp_3}{2} \times k \right)^2 + Jm = 30 \times \left(\frac{0.002 \times 30}{2} \times \frac{1}{60} \right)^2 + 65 \times 10^{-6} = 72.5 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$

Q20 :

La dérivée, par rapport au temps, de l'**énergie cinétique galiléenne** d'un ensemble Σ est égale à la somme de la **puissance galiléenne** des actions mécaniques extérieures à Σ et des puissances des actions mutuelles entre chaque solide.

$$\frac{d}{dt} T(\Sigma / Rg) = P(\text{act. ext.} \rightarrow \Sigma / Rg) + \sum P(Si \leftrightarrow Sj)$$

avec $T(\Sigma / Rg) = \sum T(Si / Rg)$

$$J \frac{d\omega_m}{dt} \omega_m = P(g \rightarrow 1/0) + P(0 \rightarrow 1/0) + Pm$$

A vitesse constante on obtient : $Cm = - \frac{P(g \rightarrow 1/0) + P(0 \rightarrow 1/0)}{\omega_m}$ avec

$$\omega_m = \frac{v}{\frac{dp_3}{2} \times k} = \frac{\pm 83}{\frac{2 \times 30}{2} \times \frac{1}{60}} = \pm 166 \text{ rd/s}$$

En phase de montée : $Cm_m = - \frac{-24.9 - 2.158}{166} = 0.163 \text{ Nm}$

En phase de descente : $Cm_d = - \frac{+24.9 - 1.826}{-166} = 0.139 \text{ Nm}$

Q21 :

En tenant compte du rendement :

$$Cm = - \frac{P(g \rightarrow 1/0) + P(0 \rightarrow 1/0)}{\omega_m} \times \frac{1}{\eta r}$$

En phase de montée : $Cm_m = - \frac{-24.9 - 2.158}{166} \times \frac{1}{0.4} = 0.4075 \text{ Nm}$

En phase de descente : $Cm_d = - \frac{+24.9 - 1.826}{-166} \times \frac{1}{\eta r} = 0.3475 \text{ Nm}$

Q22 :

$Cm_m = 0.4075 \text{ Nm}$ et $J = 72.5 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$

5. Construction mécanique

Q23 :

La borne doit parcourir une course de 500 mm en 6 secondes. On a donc : $v_{10} = 500/6 = 83.3 \text{ mm/s}$

$$\text{Et } \omega_{31} = \frac{v_{10}}{d/2} = \frac{83.3}{2 \times 30/2} = 2.78 \text{ rd/s.}$$

Le coussinet utilisé est un C 14x20x14 donc d'après la documentation, le diamètre intérieur d vaut 14 mm.

La vitesse de glissement du coussinet est donc : $v_{31} = \omega_{31} \times d/2 = 2.77 \times 14/2 = 19.4 \text{ mm/s}$

Q24 :

D'après la documentation : $p = \frac{\text{Charge Radiale}}{\text{Surface projetée}}$, donc $p = \frac{Fr}{d \times L} = \frac{175}{14 \times 14} = 0.893 \text{ MPa}$

Q25 :

Si on place le point (26.5 tr/mn ; 0.893 MPa) dans diagramme donnée figure 7, on constate que l'on est au dessous de la courbe limite. D'autre part, $p \times v_{31} = 0.893 \times 0.0194 = 0.017 < 1.8$, donc le coussinet choisi convient largement.

Q26 :

On dimensionne un roulement à partir de la durée de vie souhaitée L_{10} . L_{10} représente la durée de vie du roulement **en millions de tours** (Au minimum, 90% des roulements du même lot doivent attendre la durée de vie L_{10}).

La formule à utiliser est : $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$ où C représente la charge dynamique de base du roulement utilisé, P la charge équivalente et $p = 3$ (pour un roulement à billes).

Pour notre roulement, la charge est purement radial donc : $P = Fr = 175 \text{ N}$.

On en déduit donc $L_{10} = \left(\frac{5100}{175}\right)^3 = 24751 \text{ Millions de tours.}$

D'après la question Q23, $\omega_{31} = 2.77 \text{ rd/s} = \frac{2.77}{2\pi} \times 3600 \text{ tr/h} = 1587 \text{ tr/h.}$

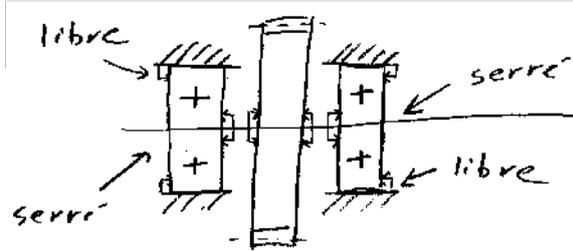
La durée de vie du roulement est donc de $\frac{24751 \times 10^6}{1587} = 15.6 \times 10^6 \text{ heures}$ soit 1780 ans de fonctionnement en continu !!!

Q27 :

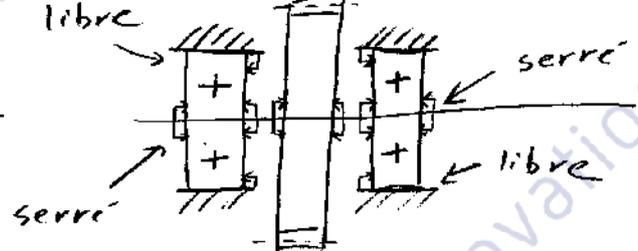
La direction de l'effort sur la denture est fixe relativement au bâti. En conséquence, les bagues extérieures sont fixes par rapport à la direction de la charge et l'arbre est tournant par rapport à la direction de la charge. **On doit donc monter serrées les bagues intérieures.**

La solution classique pour ce type de cas est la **solution A**. Pour cette solution on est obligé de monter un des 2 roulements en dernier (Pb de montage de la roue dentée) ce qui n'est pas très simple. Pour résoudre le problème on peut envisager la **solution C** en réalisant le bâti en 2 parties mais le sujet ne le suggère pas. Enfin, étant donnée que pour la **solution A**, on est obligé de monter un des 2 roulements en dernier, on peut envisager la **variante B** qui pose le même problème.

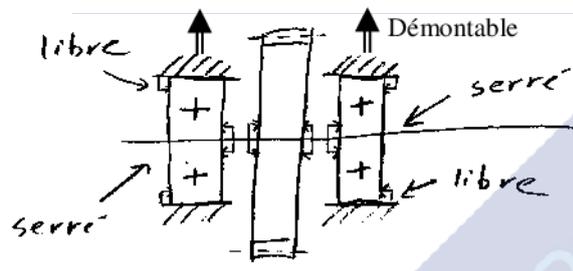
Solution A



Solution B



Solution C (Bâti en 2 parties)



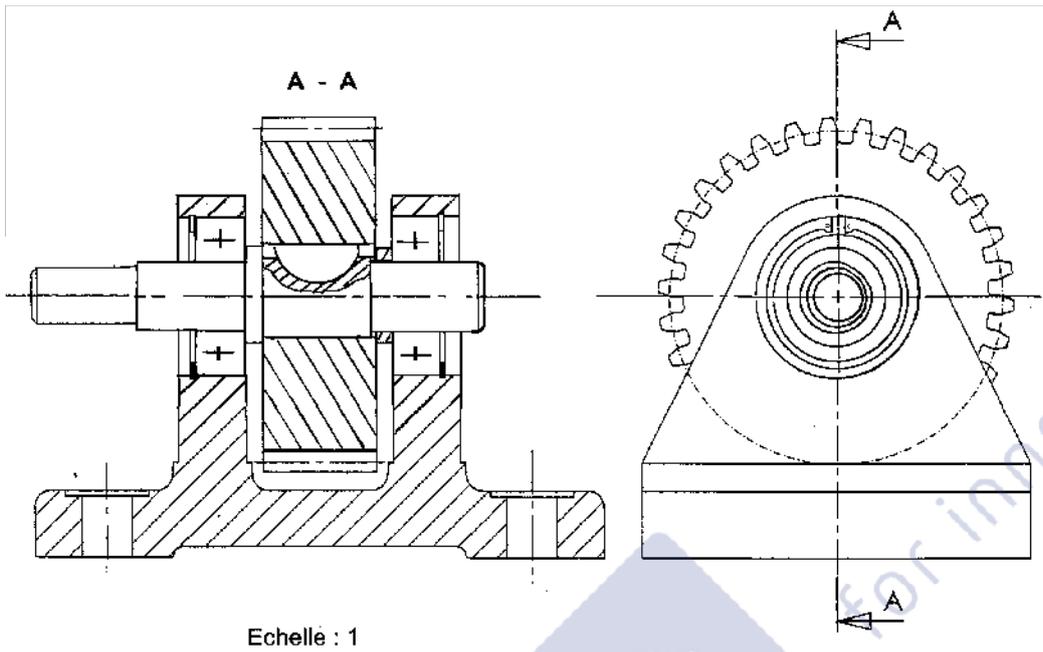
for innovation

UPSTI

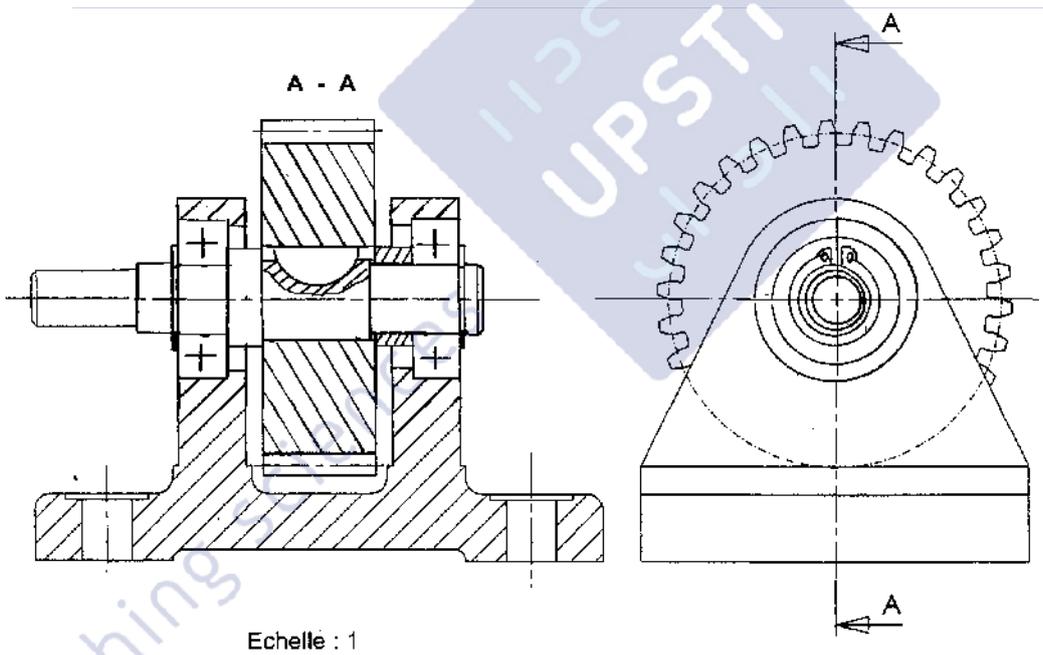
teaching sciences

Q28 :

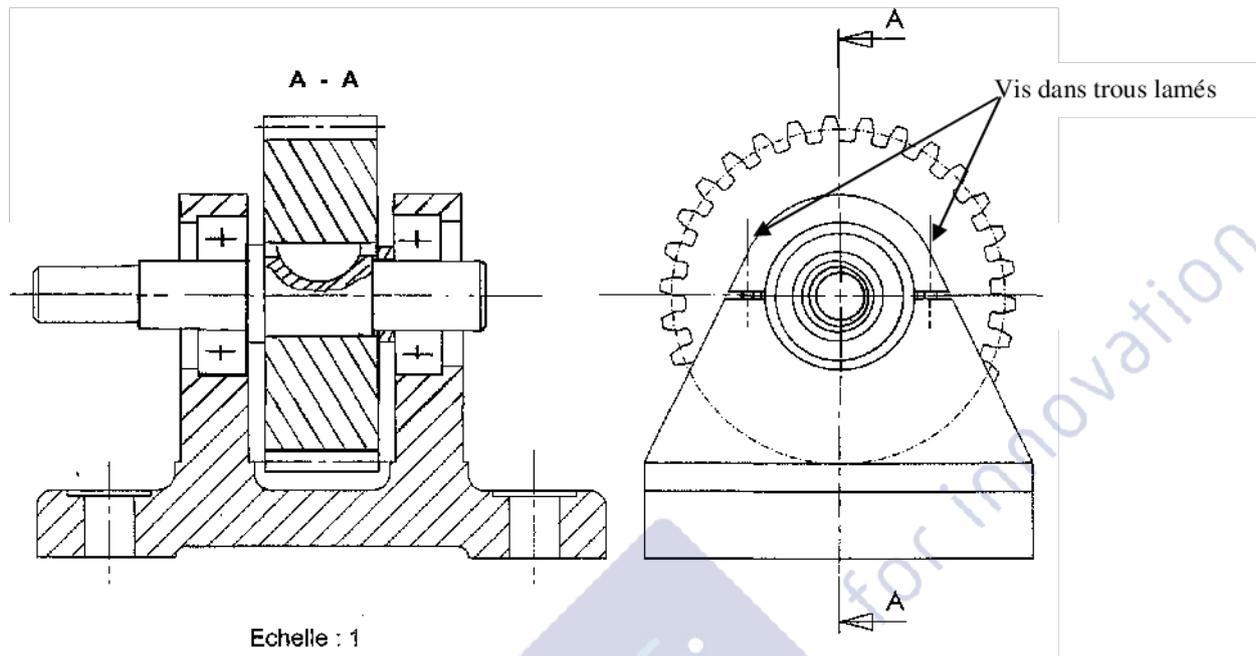
Solution A



Solution B



Solution C



Pour la lubrification, le plus simple est d'utiliser des roulements étanches graissés à vie.

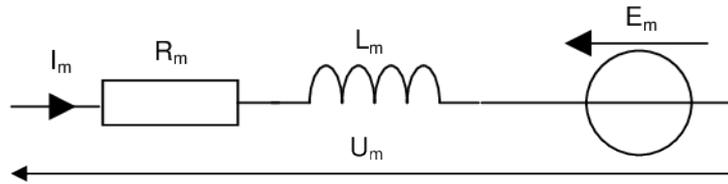
Remarque : La clavette utilisée n'est pas la bonne. Pour ce type de montage on préfère une clavette à bout rond. La solution représentée correspond à la réponse à la question en réutilisant la solution proposée dans le sujet.

Concours ATS SI 2010 – Borne rétractable

1. Analyse fonctionnelle et structurelle Q1 : voir DR1

6. Modélisation du moteur

Q29 :



6.1 Essai rotor bloqué

Q30 : Rotor bloqué → vitesse nulle → $E_m = 0$

U_m parfaitement continue → I_m parfaitement continu → $L_m \cdot \frac{dI_m}{dt} = 0$

Donc $U_m = R_m \cdot I_m$

Q31 : $R_m = \frac{U_m}{I_m} = \frac{2,511}{2,7} = 0,93 \Omega$

6.1 Essai en charge

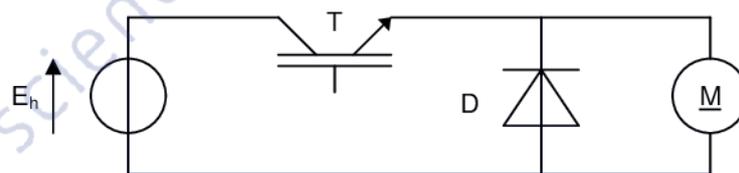
Q32 : I_m parfaitement continu → $U_m = R_m \cdot I_m + E_m = R_m \cdot I_m + K_m \cdot \Omega_m \rightarrow K_m = \frac{U_m - R_m \cdot I_m}{\Omega_m}$

Q33 : $K_m = \frac{12 - 0,93 \times 2,7}{206,28} = 0,046 \text{ V}/(\text{rad/s})$

6.3 Détermination de l'inductance d'induit L_m

Q34 : C'est un hacheur abaisseur (série, dévolteur, buck). α : rapport cyclique

Q35 :



Q36 : MOS et IGBT

MOS : qq. 100 kHz

IGBT : qq. 10 kHz

Q37 : $U_{m[moy]} = \frac{1}{T_H} \int_0^{T_H} E_H \cdot dt = \frac{E_H}{T_H} [t]_0^{\alpha \cdot T_H} = \frac{E_H}{T_H} \cdot \alpha \cdot T_H = \alpha \cdot E_H$

Q38 : $u_m = L_m \cdot \frac{di_m}{dt} + E_m$, R_m étant négligé.

$$U_{m[moy]} = \frac{1}{T_H} \int_0^{T_H} \left(L_m \cdot \frac{di_m}{dt} \right) \cdot dt + \frac{1}{T_H} \int_0^{T_H} E_m \cdot dt = \frac{L_m}{T_H} [i_m(t)]_0^{T_H} + \frac{E_m}{T_H} [t]_0^{T_H} = \frac{L_m}{T_H} (i_m(T_H) - i_m(0)) + E_m$$

$i_m(T_H) - i_m(0)$ car $i_m(t)$ est périodique de période T_H , donc $U_{m[moy]} = E_m$, d'où $E_m = \alpha \cdot E_H$

Q39 : K_{H1} fermé et K_{H2} ouvert : $E_H = L_m \cdot \frac{di_m}{dt} + E_m$ $\frac{di_m}{dt} = \frac{E_H - E_m}{L_m}$

$$i_m(t) = \left(\frac{E_H - E_m}{L_m} \right) \cdot t + I_{m[\min]}$$

Q40 : $i_m(\alpha \cdot T_H) = I_{m[\max]} = \left(\frac{E_H - E_m}{L_m} \right) \cdot \alpha \cdot T_H + I_{m[\min]}$ $\Delta I_m = I_{m[\max]} - I_{m[\min]} = \left(\frac{E_H - E_m}{L_m} \right) \cdot \alpha \cdot T_H$

or $E_m = \alpha \cdot E_H$ donc $\Delta I_m = \frac{E_H \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha \cdot T_H}{L_m}$ d'où $L_m = \frac{E_H \cdot T_H \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha}{\Delta I_m}$

Q41 : On relève $\Delta I_m = 1 - 0,8 = 0,2$ A, $E_H = 12$ V, $\alpha = \frac{40 - 10}{70 - 10} = 0,5$, $T_H = 60 \mu\text{S}$

$$L_m = \frac{12 \times 60 \cdot 10^{-6} \cdot (1 - 0,5) \cdot 0,5}{0,2} = 0,9 \text{ mH}$$

6.4 Fonction de transfert de la motorisation

Q43 : $C_R(p) = 0$ $J \cdot p \cdot \Omega_m(p) = K_m \cdot I_m(p) - F \cdot \Omega_m(p)$ $I_m(p) = \frac{J \cdot p + F}{K_m} \cdot \Omega_m(p)$

$$U_m(p) = K_m \cdot \Omega_m(p) + I_m(p) \cdot (R_m + L_m \cdot p) = K_m \cdot \Omega_m(p) + \frac{(J \cdot p + F)}{K_m} \cdot \Omega_m(p) \cdot (R_m + L_m \cdot p)$$

$$U_m(p) = \Omega_m(p) \cdot \left[K_m + \frac{(F + J \cdot p) \cdot (R_m + L_m \cdot p)}{K_m} \right]$$

$$H_m(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{1}{K_m + \frac{(F + J \cdot p) \cdot (R_m + L_m \cdot p)}{K_m}} = \frac{K_m}{K_m^2 + (F + J \cdot p) \cdot (R_m + L_m \cdot p)}$$

Q44 : $H_m(p) = \frac{K_m}{K_m^2 + (F + J \cdot p) \cdot (R_m + L_m \cdot p)} = \frac{\frac{K_m}{K_m^2 + F \cdot R_m}}{\frac{J \cdot L_m}{K_m^2 + F \cdot R_m} \cdot p^2 + \frac{F \cdot L_m + J \cdot R_m}{K_m^2 + F \cdot R_m} \cdot p + 1}$

$$H_m(p) = \frac{H_{mo}}{\frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2 + \frac{2 \cdot m}{\omega_0} \cdot p + 1}, \text{ d'où } H_{mo} = \frac{K_m}{K_m^2 + F \cdot R_m} \text{ et } \omega_0 = \sqrt{\frac{K_m^2 + F \cdot R_m}{J \cdot L_m}}$$

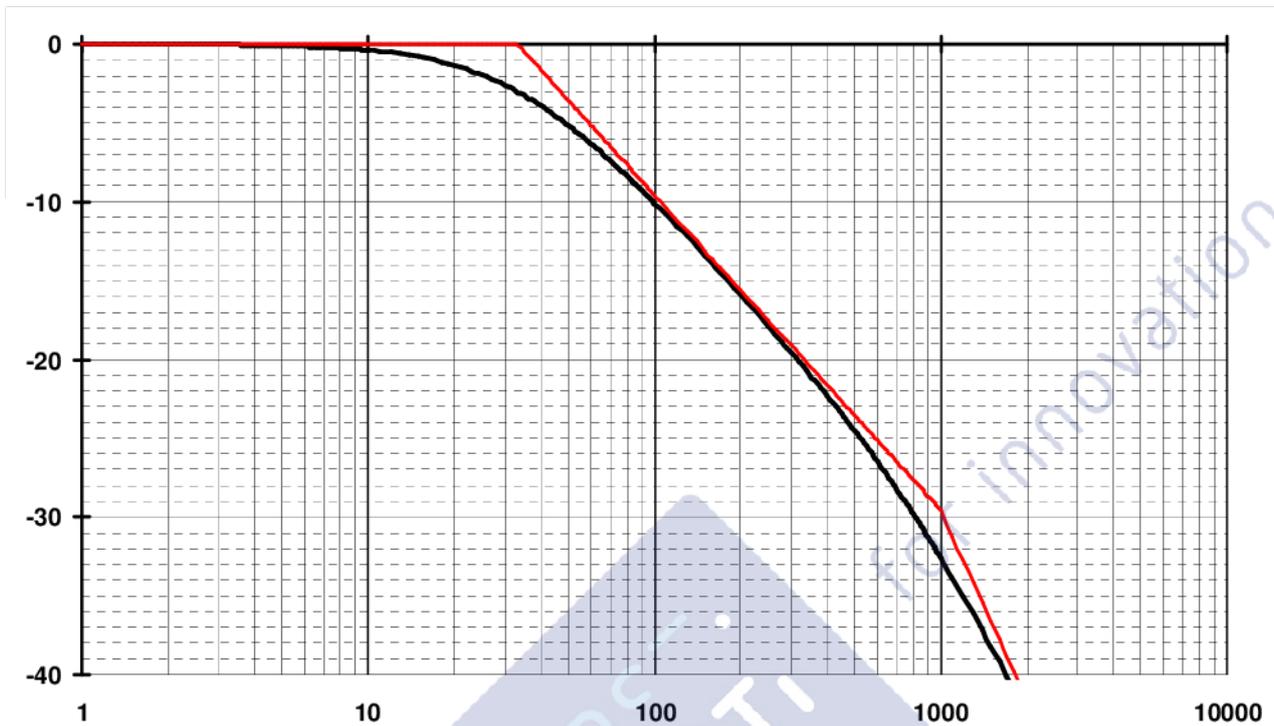
$$\frac{2 \cdot m}{\omega_0} = \frac{F \cdot L_m + J \cdot R_m}{K_m^2 + F \cdot R_m} \quad m = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{K_m^2 + F \cdot R_m}{J \cdot L_m}} \cdot \frac{F \cdot L_m + J \cdot R_m}{K_m^2 + F \cdot R_m}, \text{ soit } m = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot L_m + J \cdot R_m}{\sqrt{J \cdot L_m \cdot (K_m^2 + F \cdot R_m)}}$$

Q45 : $m = \frac{1}{2} \cdot \frac{57 \cdot 10^{-6} \times 0,9 \cdot 10^{-3} + 72,5 \cdot 10^{-6} \times 0,93}{\sqrt{72,5 \cdot 10^{-6} \times 0,9 \cdot 10^{-3} \times (0,046^2 + 57 \cdot 10^{-6} \times 0,93)}} = 2,836$

Système très amorti ($m > 1$), d'où pas de dépassement pour la réponse indicielle et pas de résonance pour la réponse harmonique.

Q46 :
$$H_{mv}(j\omega) = \frac{1}{\left(1 + \frac{j\omega}{33,2}\right) \cdot \left(1 + \frac{j\omega}{1001}\right)}$$

En rouge, asymptotes, en noir courbe réelle.



Q46 : La constante de temps électrique est faible : $\frac{L_m}{R_m} = 0,968 \text{ mS} = \frac{1}{1033} \approx \frac{1}{1001}$

Si L_m est négligé, la fonction de transfert se réduit à un premier ordre :

$$H_m(p) = \frac{\frac{K_m}{K_m^2 + F.R_m}}{\frac{J.R_m}{K_m^2 + F.R_m} \cdot p + 1} = \frac{H_{mo}}{\frac{p}{32,17} + 1} \quad H_m(j\omega) = \frac{H_{mo}}{1 + \frac{j\omega}{32,17}} \approx \frac{H_{mo}}{1 + \frac{j\omega}{33,2}}$$

7. Modélisation complète du système

Q48 :
$$Z(p) = K_R \cdot \frac{K_Z}{p} \cdot \Omega_m(p)$$

$$\Omega_m(p) = \frac{1}{F + J.p} \cdot \left[K_m \cdot \frac{1}{R_m} \cdot (U_m(p) - K_m \cdot \Omega_m(p)) - C_R(p) \right]$$

$$\Omega_m(p) \cdot \left[1 + \frac{K_m^2}{R_m} \cdot \frac{1}{F + J.p} \right] = \frac{K_m}{R_m} \cdot \frac{1}{F + J.p} \cdot U_m(p) - \frac{1}{F + J.p} \cdot C_R(p)$$

$$\Omega_m(p) = \frac{K_m}{F.R_m + K_m^2 + J.R_m.p} \cdot U_m(p) - \frac{R_m}{F.R_m + K_m^2 + J.R_m.p} \cdot C_R(p)$$

$$Z(p) = \frac{K_m \cdot K_R \cdot K_Z}{(F.R_m + K_m^2 + J.R_m.p) \cdot p} \cdot U_m(p) - \frac{R_m \cdot K_R \cdot K_Z}{(F.R_m + K_m^2 + J.R_m.p) \cdot p} \cdot C_R(p)$$

$$Q49 : Z(p) = \frac{\frac{K_m \cdot K_R \cdot K_Z}{F \cdot R_m + K_m^2}}{\left(1 + \frac{J \cdot R_m}{F \cdot R_m + K_m^2} \cdot p\right) \cdot p} \cdot U_m(p) - \frac{\frac{R_m \cdot K_R \cdot K_Z}{F \cdot R_m + K_m^2}}{\left(1 + \frac{J \cdot R_m}{F \cdot R_m + K_m^2} \cdot p\right) \cdot p} \cdot C_R(p)$$

$$Z(p) = \frac{A}{(1 + \tau \cdot p) \cdot p} \cdot U_m(p) - \frac{B}{(1 + \tau \cdot p) \cdot p} \cdot C_R(p)$$

7.1 Evolution de la position de la borne

Q50 : Montée : K1 et K2 fermés, K3 et K4 ouverts.
 Descente : K1 et K2 ouverts, K3 et K4 fermés.

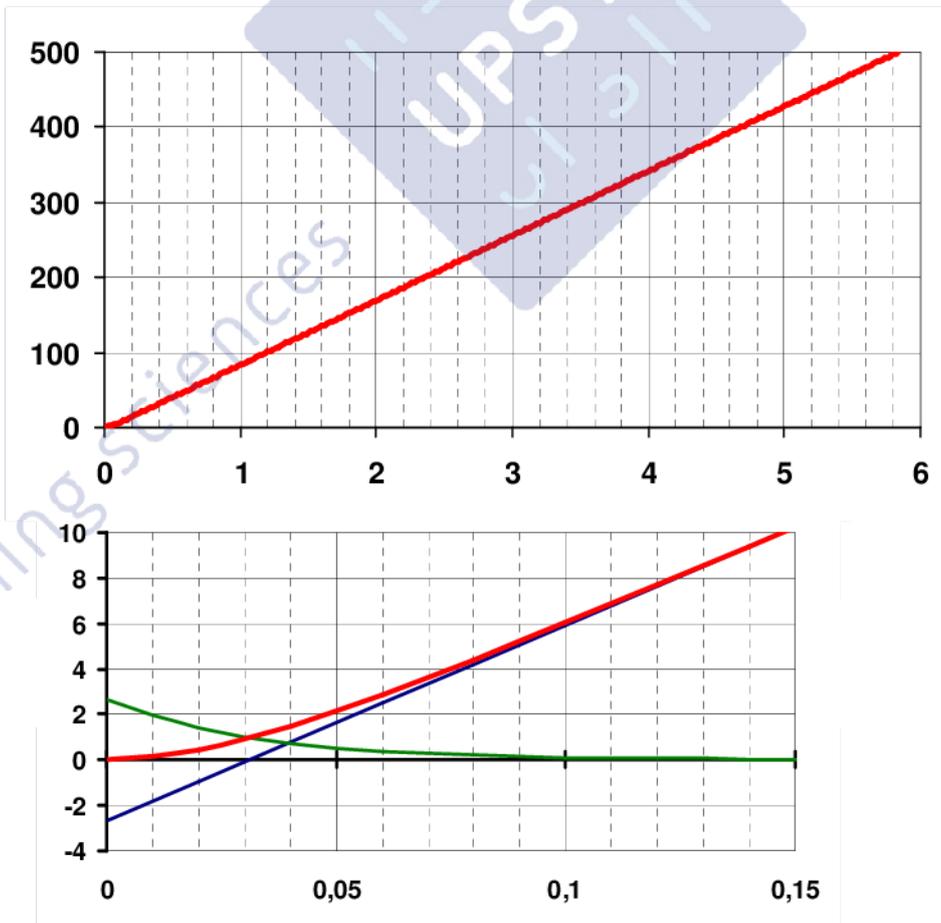
$$Q51 : Z(p) = \frac{A \cdot E_B}{(1 + \tau \cdot p) \cdot p^2} - \frac{B \cdot C_{R0}}{(1 + \tau \cdot p) \cdot p^2} = \frac{A \cdot E_B - B \cdot C_{R0}}{(1 + \tau \cdot p) \cdot p^2}$$

$$Q52 : Z(t) = (A \cdot E_B - B \cdot C_{R0}) \cdot \left(t - \tau + \tau \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \text{On a bien } Z(0) = 0.$$

$$Q53 : Z(5,84) = (10,6 \cdot 10^{-3} \times 12 - 214 \cdot 10^{-3} \times 0,192) \cdot \left(5,84 - 31,1 \cdot 10^{-3} + 31,1 \cdot 10^{-3} \cdot e^{\frac{-5,84}{31,1 \cdot 10^{-3}}} \right)$$

$$Z(5,84) = 500,22 \cdot 10^{-3} \approx 500 \text{ mm}$$

Q54 :



En rouge, Z(t) **En bleu, (A.E_B - B.C_{R0})(t - τ)** **En vert, (A.E_B - B.C_{R0})τ.e^{-t/τ}**

7.2 Courant absorbé par le moteur

$$\text{Q55 : } I_m(p) = C \cdot \frac{[1 + \tau' \cdot p] E_B}{[1 + \tau \cdot p] p} + \frac{D \cdot C_{R0}}{[1 + \tau \cdot p] p}$$

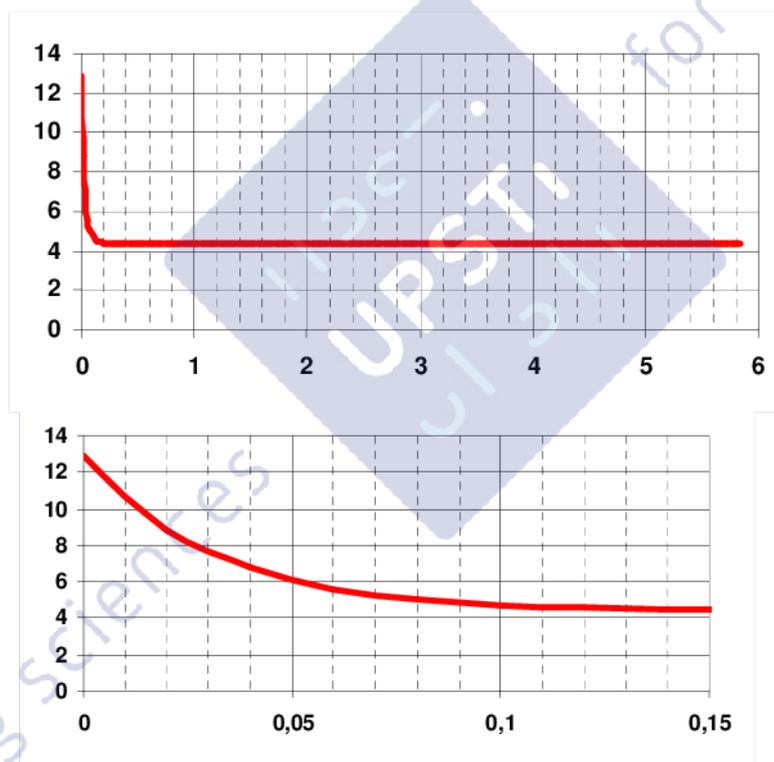
$$\text{Q56 : } I_m(p) = (C \cdot E_B + D \cdot C_{R0}) \cdot \frac{1}{[1 + \tau \cdot p] p} + C \cdot E_B \cdot \tau' \cdot \frac{1}{1 + \tau \cdot p}$$

$$I_m(t) = (C \cdot E_B + D \cdot C_{R0}) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + C \cdot E_B \cdot \frac{\tau'}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Q57 :

$$I_m(t) = (26,28 \cdot 10^{-3} \times 12 + 21,208 \times 0,192) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{31,1 \cdot 10^{-3}}} \right) + (26,28 \cdot 10^{-3} \times 12) \cdot \frac{1,27}{31,1 \cdot 10^{-3}} \cdot e^{-\frac{t}{31,1 \cdot 10^{-3}}}$$

$$I_m(t) = 4,387 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{31,1 \cdot 10^{-3}}} \right) + 12,88 \cdot e^{-\frac{t}{31,1 \cdot 10^{-3}}} \quad I_m \text{ varie de } 12,88 \text{ A à } 4,387 \text{ A}$$



Q58 : Si on néglige la partie de l'intensité au dessus de 4,387 A du début,

$$W_m = 12 \times 4,387 \times 5,84 = 307,4 \text{ J}$$

\$W_m\$ sera en réalité proche de 310 J

8. Autonomie du système

Q59 : \$V_D = R_{SC} \cdot I_{SC} + V_{SC}\$ La diode est passante si \$R_{SC} \cdot I_{SC} + V_{SC} = V_{D0}\$

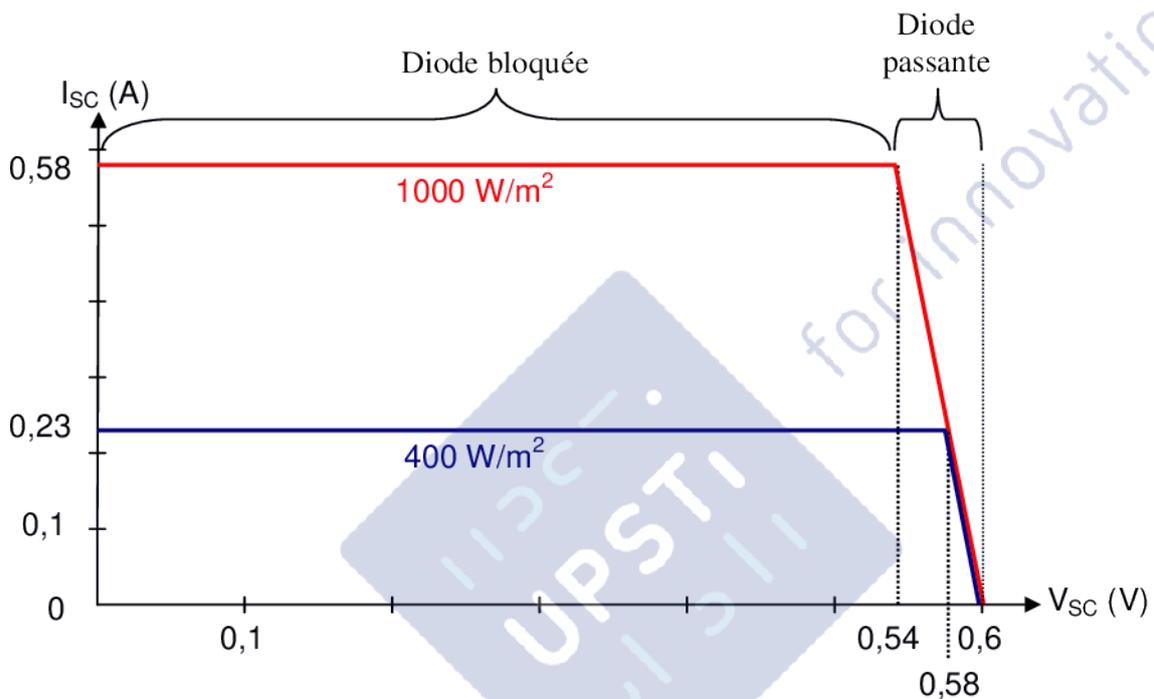
Q60 : Si la diode est passante, \$I_{SC} = \frac{V_{D0} - V_{SC}}{R_{SC}}\$; si la diode est bloquée, \$I_{SC} = I_{PH}\$

Q61 : Si $E_S = 1000 \text{ W/m}^2$, $I_{PH} = 0,58 \cdot 10^{-3} \times 1000 = 0,58 \text{ A}$
 Si $E_S = 400 \text{ W/m}^2$, $I_{PH} = 0,58 \cdot 10^{-3} \times 400 = 0,23 \text{ A}$

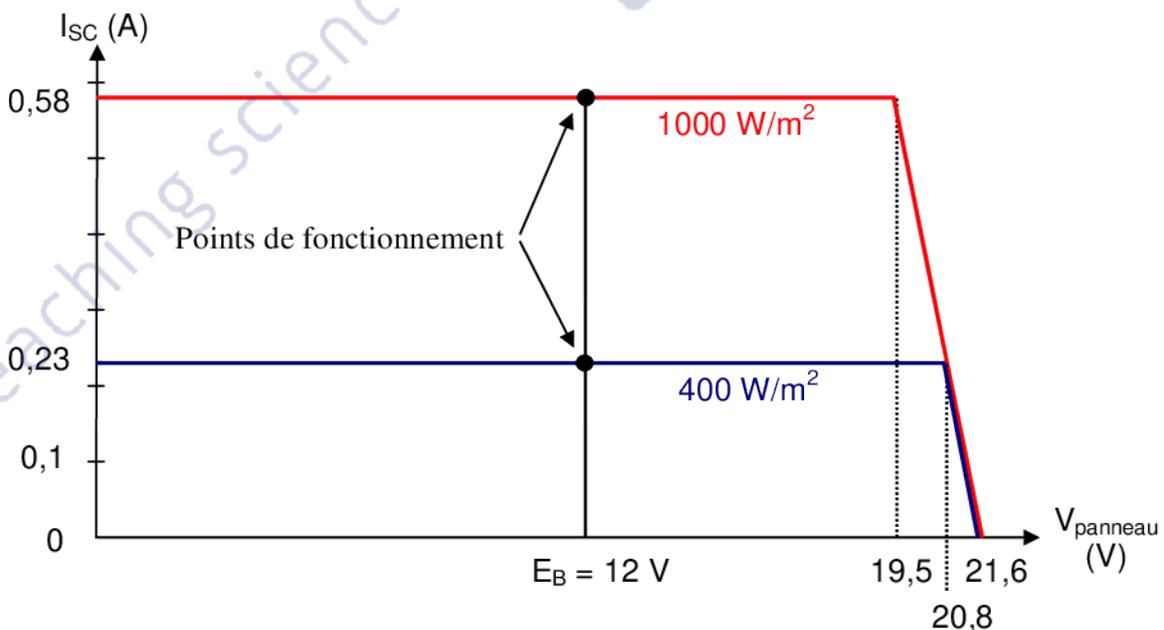
Si $V_{SC} < V_{DO} - R_{SC} \cdot I_{SC}$, la diode est bloquée et $I_{SC} = I_{PH}$,

soit pour $E_S = 1000 \text{ W/m}^2$, $V_{SC} < 0,6 - 0,1 \times 0,58$ $V_{SC} < 0,54 \text{ V}$
 et pour $E_S = 400 \text{ W/m}^2$, $V_{SC} < 0,6 - 0,1 \times 0,23$ $V_{SC} < 0,58 \text{ V}$

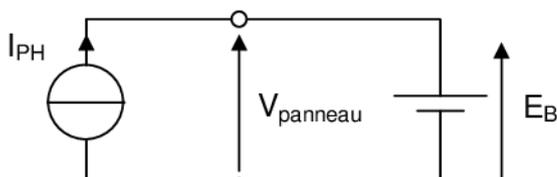
Si la diode est passante, $I_{SC} = \frac{0,6 - V_{SC}}{R_{SC}} = 6 - \frac{V_{SC}}{0,1}$



Q62 : 36 cellules en série, pour un même courant I_{SC} , les tensions s'additionnent.



Q63 :



Q64 : $P_{BAT} = E_B \cdot I_{PH} = E_B \cdot K_{PH} \cdot E_S$

Le panneau n'est pas exploité à sa puissance maximale,
cette dernière correspondant à $(19,5 \times 0,58)$ si $E_S = 1000 \text{ W/m}^2$
ou à $(20,8 \times 0,23)$ si $E_S = 400 \text{ W/m}^2$.

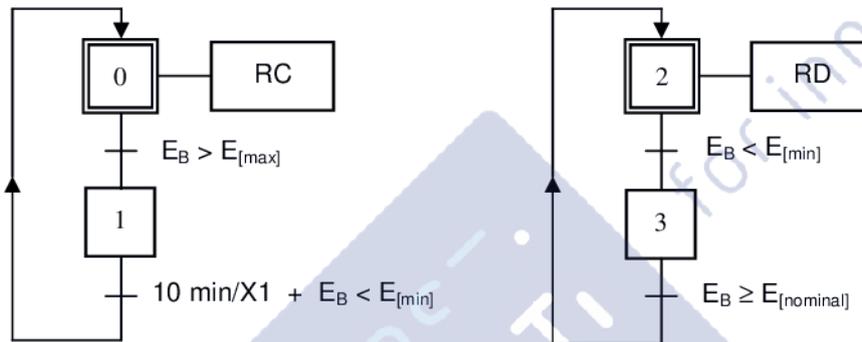
8.2 Régulation de la charge

Q65 : Voir DR7.

Q66 : Voir DR7.

Quand E_B diminue, la batterie fournit de l'énergie,
quand E_B augmente, la batterie reçoit de l'énergie.

Q67:



8.3 Mesure de température

Q68 : $V_{BE(Q1)} = V_{BE(Q2)}$, $I_{S(Q1)} = I_{S(Q2)}$ et $T_{K(Q1)} = T_{K(Q2)}$ donc $I_{e(Q1)} = I_{e(Q2)}$ d'où $I1 = I2$

$$I4 = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot I_{c(Q4)} = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot (I_{c(Q1)} + I_{b(Q1)} + I_{b(Q2)}) = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot \left(I_{e(Q1)} + \frac{I_{e(Q2)}}{\beta + 1} \right) \text{ or } I_{e(Q1)} = I_{e(Q2)} = I1$$

$$I4 = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot \left(I1 + \frac{I1}{\beta + 1} \right) = \frac{\beta + 2}{\beta} \cdot I1 \approx I1$$

$$I3 = I_{c(Q3)} + I_{b(Q3)} = (I_{c(Q2)} - I_{b(Q3)} - I_{b(Q4)}) + I_{b(Q3)} = I_{c(Q2)} - I_{b(Q4)}$$

$$\text{donc } I3 = I_{e(Q2)} \frac{\beta}{\beta + 1} - \frac{I_{e(Q4)}}{\beta + 1} = I2 \frac{\beta}{\beta + 1} - \frac{I4}{\beta + 1} \approx I2$$

Q69 : $\text{Exp} \left[\frac{q}{k \cdot T_K} \cdot V_{BE} \right] = \frac{I_e}{I_S}$ $\frac{q}{k \cdot T_K} \cdot V_{BE} = \text{Ln} \left(\frac{I_e}{I_S} \right)$ $V_{BE} = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \text{Ln} \left(\frac{I_e}{I_S} \right)$

$$V_{BE(Q3)} = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \text{Ln} \left(\frac{I3}{I_{S(Q3)}} \right) \quad V_{BE(Q4)} = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \text{Ln} \left(\frac{I4}{I_{S(Q4)}} \right)$$

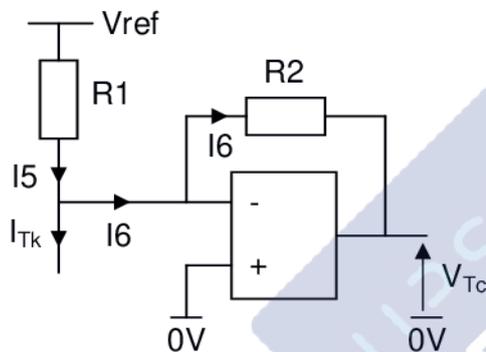
Q70 : $\Delta V_{BE} = V_{BE(Q3)} - V_{BE(Q4)} = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \ln\left(\frac{I3}{I_{S(Q3)}} \cdot \frac{I_{S(Q4)}}{I4}\right) = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \ln\left(8 \cdot \frac{I3}{I4}\right)$

Q71 : $R0 \cdot I4 + V_{BE(Q4)} - V_{BE(Q3)} = 0 \quad \Delta V_{BE} = R0 \cdot I4$
 $I3 = I4 \quad I_{TK} = I1 + I2 = 2 \cdot I1 = 2 \cdot I4 \quad I4 = \frac{I_{TK}}{2} \quad R0 \cdot \frac{I_{TK}}{2} = \frac{k \cdot T_K}{q} \cdot \ln(8)$

$$I_{TK} = \frac{2 \cdot \ln(8) \cdot k}{R0 \cdot q} \cdot T_K$$

Q72 : $I_{TK} = \frac{2 \times \ln(8) \times 1,38 \cdot 10^{-23}}{358 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot T_K \approx 10^{-6} \cdot T_K$

Q73 :



$$V_{Tc} = -R2 \cdot I6$$

$$V_{ref} = R1 \cdot I5$$

$$I6 = I5 - I_{TK} = \frac{V_{ref}}{R1} - I_{TK}$$

$$V_{Tc} = -\frac{R2}{R1} \cdot V_{ref} + R2 \cdot I_{TK}$$

Q74 : $T_K = T_C + 273,2 \quad V_{Tc} = -\frac{R2}{R1} \cdot V_{ref} + R2 \cdot 10^{-6} \cdot (T_C + 273,2)$

Q75 : $V_{Tc} = -\frac{100 \cdot 10^3}{36,6 \cdot 10^3} \times 10 + 100 \cdot 10^3 \times 10^{-6} \cdot (T_C + 273,2) = 0,1 \cdot T_C$

Ce choix rend V_{Tc} proportionnel à T_C .

Q76 : $V_{Tc} \in [-10V, +10V]$ correspond à $T_C \in [-100^\circ C, +100^\circ C]$
 Le capteur couvre largement l'amplitude des températures extérieures.

8.4 Autonomie du système

Q77 : $W_j = \int_0^{Te} E_B \cdot K_{PH} \cdot E_S(t) \cdot dt = E_B \cdot K_{PH} \cdot E_{SMAX} \cdot \left[-\frac{Te}{\pi} \cdot \cos\left(\pi \cdot \frac{t}{Te}\right) \right]_0^{Te}$

$$W_j = E_B \cdot K_{PH} \cdot E_{SMAX} \cdot \frac{Te}{\pi} \cdot [-\cos \pi + \cos 0] = \frac{2}{\pi} \cdot E_B \cdot K_{PH} \cdot E_{SMAX} \cdot Te$$

Q78 : Eté : $W_j = \frac{2}{\pi} \times 12 \times 0,58 \cdot 10^{-3} \times 1000 \times (16 \times 3600) = 255218J$

Hiver : $W_j = \frac{2}{\pi} \times 12 \times 0,58 \cdot 10^{-3} \times 400 \times (8 \times 3600) = 51043J$

Q79 : Nombre de cycles sur un jour ensoleillé d'hiver = $\frac{51043}{420} = 121,5$ soit 121 cycles.

Q80 : La batterie de 12 Ah possède une énergie de $12 \times 12 \times 3600 = 518400$ J

La batterie est considérée déchargée si sa tension tombe à 10,8 V
et elle est considérée chargée si sa tension atteint 13,8 V.

En simplifiant le problème, on peut considérer qu'elle restitue environ 25% de son énergie
(3V de perdu sur une valeur nominale de 12V), soit 129600 J.

On considère, qu'en hiver, sous un ciel couvert de stratus, l'éclairement tombe à 50 W/m²,
soit 8 fois moins que la calcul en Q78, soit 6380 J.

Selon le cahier des charges, le besoin journalier est de $(50 \times 420) = 21000$ J.

Le déficit journalier est alors de $(21000 - 6380) = 14620$ J.

L'autonomie est donc égale à $\frac{129600}{14620} = 8,86$ soit environ 9 jours nuageux de suite en hiver.

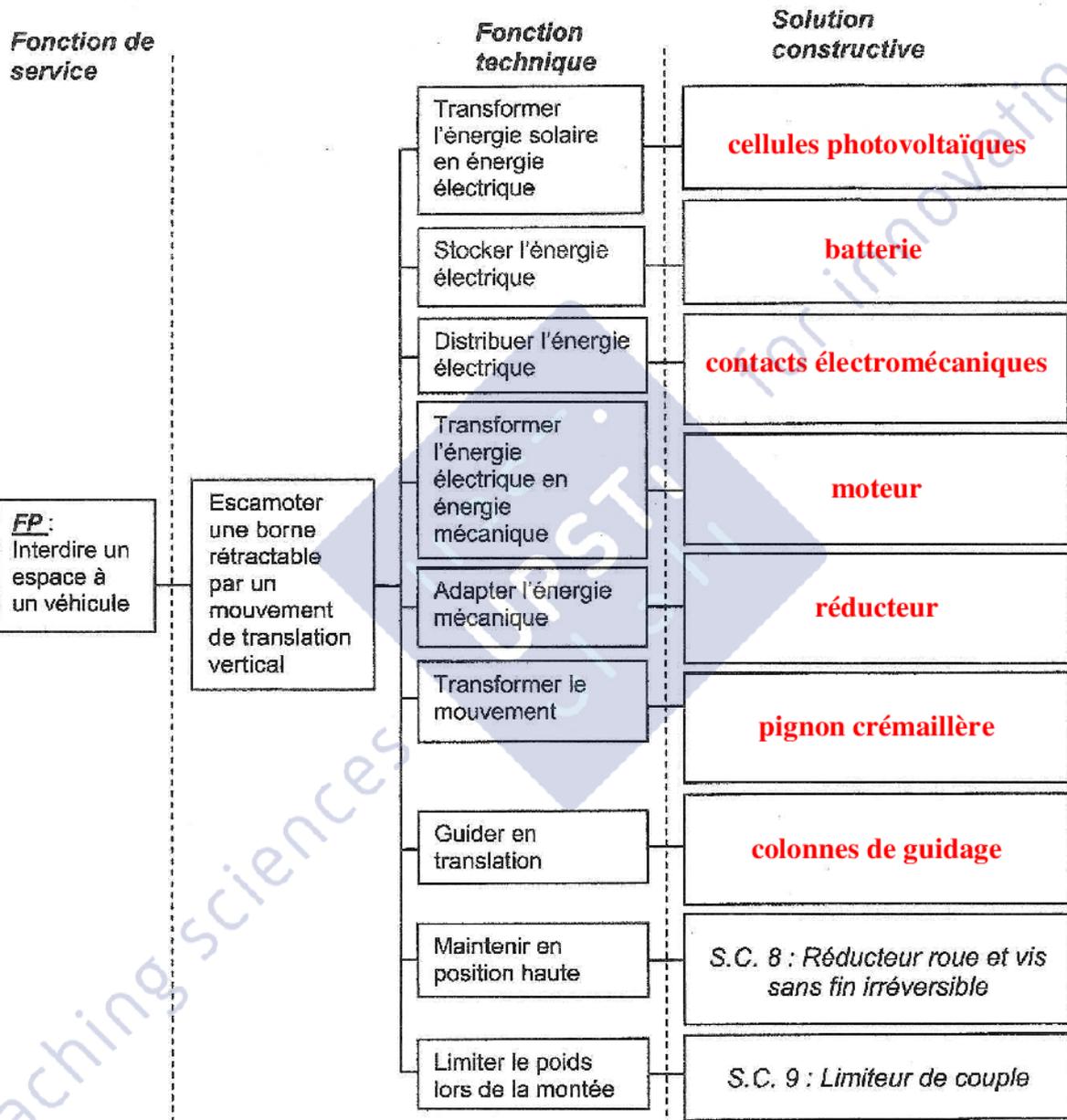
for innovation

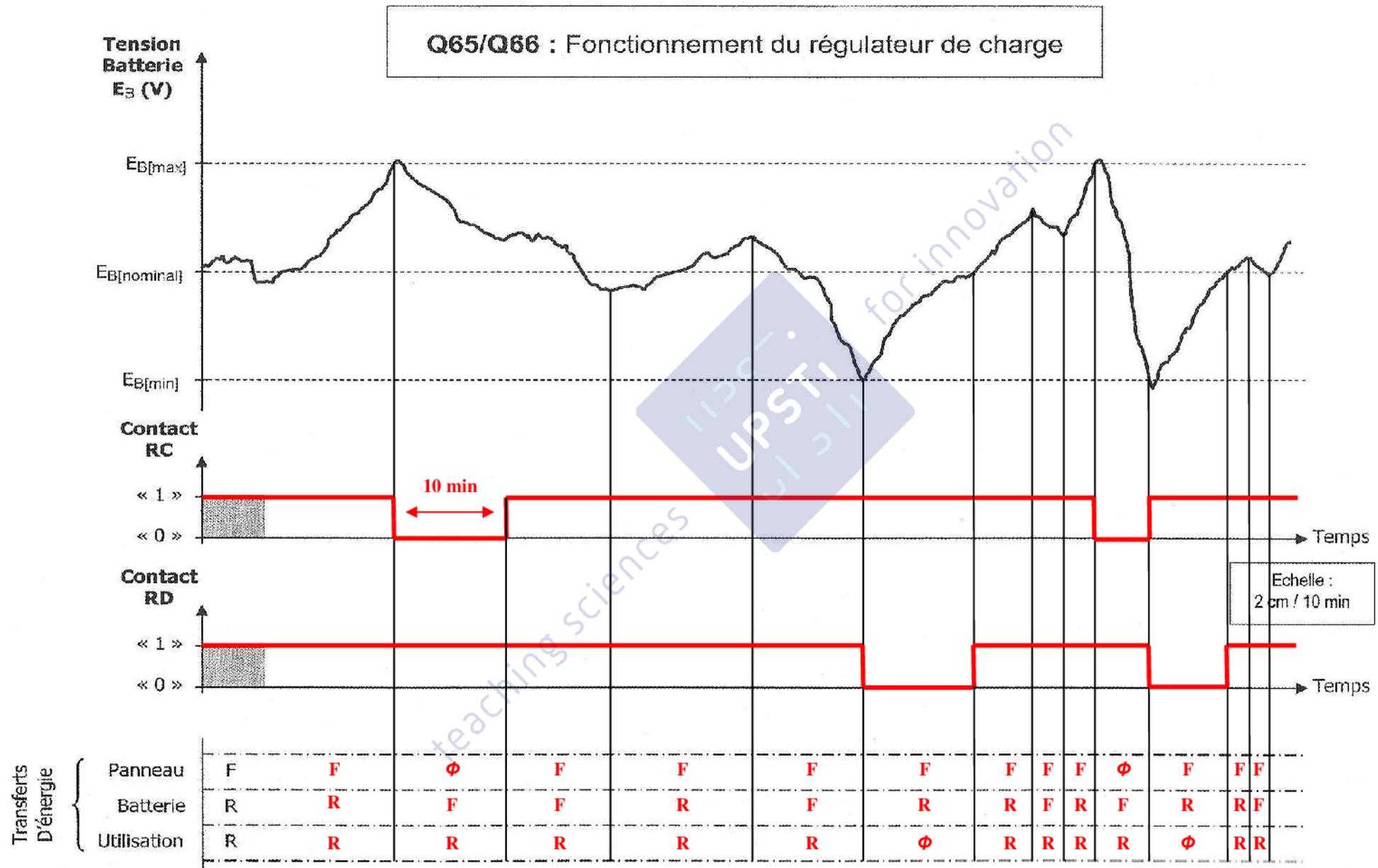


teaching sciences

DOCUMENT REPONSE 1

Q 1- Diagramme FAST





DOCUMENT REPONSE 7