

Proposition de corrigé

Concours : Concours Commun Polytechniques

Année : 2012

Filière : TSI

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

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

CONCOURS COMMUN POLYTECHNIQUE TSI 2012

Partie II : Étude de la fonction FT3 : déplacer le conteneur verticalement

Détermination de la vitesse angulaire du moteur

Q1. Non glissement en B du brin de câble sur la poulie : $\vec{V}(B \in \text{poulie} / \text{câble}) = \vec{0}$

Soit $\vec{V}(B \in \text{poulie} / 0) = \vec{V}(B \in \text{câble} / 0) = \vec{0}$ car le câble est lié au bâti de ce côté de la poulie.

Et $\vec{V}(B \in \text{poulie} / 0) = \vec{V}(I \in \text{poulie} / 0) + \vec{\Omega}(\text{poulie} / 0) \wedge \vec{IB} = V_p \cdot \vec{y} - R \cdot \omega_p \cdot \vec{y}$

En projection sur \vec{y} : $\boxed{V_p = R \cdot \omega_p}$

On donne : $\boxed{V_c = V_p + R \cdot \omega_p}$

L'ensemble {spreader + conteneur} étant en liaison pivot d'axe (I, \vec{z}) avec la poulie, $V_p = V_s$

Donc $\boxed{V_s = V_c / 2}$

Q2. Il y a roulement sans glissement du câble sur le tambour, donc

$\vec{V}(N \in \text{câble} / \text{tambour}) = \vec{0}$ soit $\vec{V}(N \in \text{câble} / 0) = \vec{V}(N \in \text{tambour} / 0)$

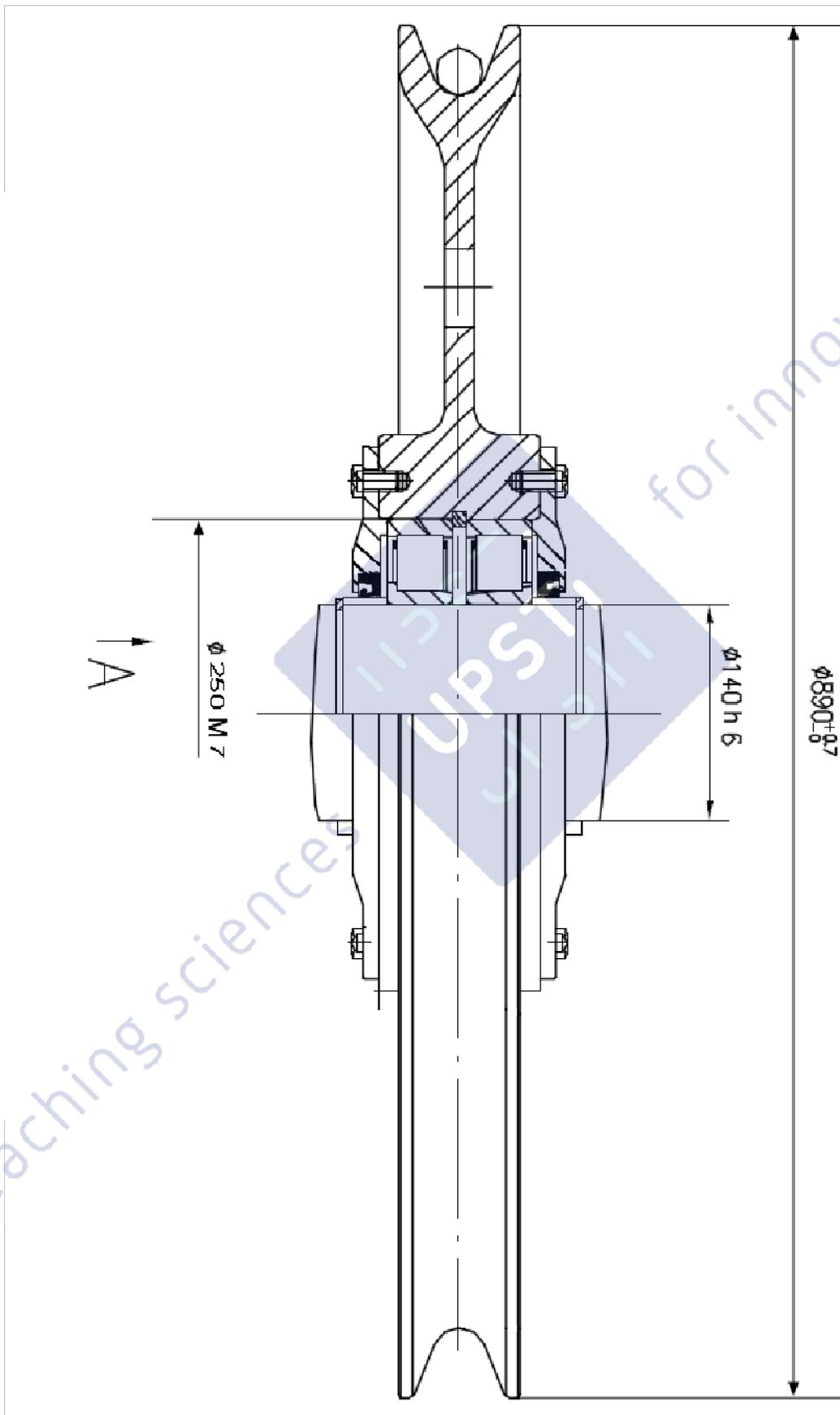
Donc $V_c = \frac{D_T}{2} \cdot \omega_r$ avec $r = \frac{\omega_r}{\omega_m}$ donc $\boxed{\omega_m = \frac{4 \cdot V_s}{r \cdot D_T} = \frac{4 \cdot 80 / 60}{1 / 21,6 \cdot 1,67} = 69 \text{ rad/s}}$

Conception de la liaison pivot poulie/spreader

Q3. La bague intérieure du roulement est montée glissante car la direction de la charge est fixe par rapport à cette bague.

La bague extérieure du roulement est montée serrée dans le logement ce qui correspond au montage classique lorsque la bague extérieure est tournante par rapport à la direction de la charge.

Q4. Conception



Partie III : Étude de la fonction FT32 : produire un mouvement de rotation

III.1. Dimensionnement d'un moteur

Q5. Puissances extérieures à S = {rotor + accouplement + frein + tambour + 1/2 spreader + 1/2 conteneur}.

$$P(\text{pes} \rightarrow 1/2(\text{spreader} + \text{conteneur})/0) = -\frac{M_s + M_c}{2} \cdot g \cdot V_s$$

$$P(0 \rightarrow S/0) = 0 \text{ car liaisons parfaites}$$

$$P(\text{stator} \rightarrow \text{rotor}/0) = C_m \cdot \omega_m$$

Puissances intérieures à S

$$P_{\text{int}}(\text{reducteur}) = -(1-\eta) \cdot C_m \cdot \omega_m$$

Q6. Théorème de l'énergie cinétique à S

$$\frac{d}{dt}[Ec(S/0)] = P(\text{pes} \rightarrow 1/2(\text{spreader} + \text{conteneur})/0) + P(\text{stator} \rightarrow \text{rotor}/0) + P_{\text{int}}(\text{réducteur})$$

$$\text{Or } Ec(S/0) = \frac{1}{2} \cdot J_{\text{equ}} \cdot \omega_m^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{\text{equ}} \cdot 51,6^2 \cdot V_s^2$$

$$\text{Et } P(\text{stator} \rightarrow \text{rotor}/0) = C_m \cdot 51,6 \cdot V_s \quad \text{ainsi que } P_{\text{int}}(\text{reducteur}) = -(1-\eta) \cdot C_m \cdot 51,6 \cdot V_s$$

$$\text{Donc } J_{\text{equ}} \cdot 51,6^2 \cdot V_s \cdot \frac{d}{dt}(V_s) = -\frac{M_s + M_c}{2} \cdot g \cdot V_s + \eta \cdot C_m \cdot 51,6 \cdot V_s$$

$$\text{Soit } C_m = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{M_s + M_c}{2 \cdot 51,6} \cdot g + \frac{1}{\eta} \cdot J_{\text{equ}} \cdot 51,6 \cdot \frac{d}{dt}(V_s)$$

Q7. En régime établi, $V_s = \text{constante}$,

$$\text{donc } C_m = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{77,4 \cdot 10^3}{2} \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{51,6} = 8175 \text{ N.m}$$

$$P_{\text{nom}} = C_m \cdot \omega_m = 8175 \cdot 68,8 = 526\,440 \text{ W}$$

Q8. Le moteur développe la puissance maximale à t_1 car la pesanteur développe alors une puissance négative et la vitesse est maximale.

Q9. Durant la phase 1, l'accélération linéaire du conteneur vaut

$$\frac{d}{dt}(V_s) = \frac{80/60}{1,67} = 0,80 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Soit } C_m = \left(8175 + \frac{1}{0,9} \cdot 52,98 \cdot 51,6 \cdot 0,8 \right) = 10\,605 \text{ Nm}$$

$$\text{Et } P_{\text{max}} = C_m \cdot \omega_m = 10605 \cdot 51,6 \cdot \frac{80}{60} = 729\,624 \text{ W}$$

III.2. Electrotechnique de levage du spreader :

Q.10. Moteur à courant continu à excitation séparée.

Q.11. Énergie électrique triphasée avec une tension composée de 500V efficace.

Q.12. $P_{\text{moteur}} = 717/1,14 = 629 \text{ kW} \Rightarrow P_{\text{moteur}} \geq 630 \text{ kW}$.

U_{vn} : Tension composée d'alimentation CA à charge nominale : 500V.

U_{n} : Tension CC d'induit nominale : $500 * 1,1 = 550 \text{ V}$

n : Vitesse de base catalogue : $n \leq 657 \text{ tr/min (rpm)}$.

n_4 : Limite de vitesse électrique à charge nominale entrainement cycle court : $n_4 \geq 1478 \text{ tr/min (rpm)}$.

$T_{\text{moteur}} \geq T_{\text{charge}} = 10427/1,14 = 9146 \text{ Nm}$.

Soit le moteur 3BSM003050-UFX (avec X=G ou H ou J) de 659kW à $n=587 \text{ tr/min}$ avec $T_{\text{moteur}} = 10724 \text{ Nm}$ et $n_4 = 1544 \text{ tr/min}$.

Q.13. $E = k_e * \Phi * N$ ou à flux constant $E = k_e l * N$.

$T = k_t * \Phi * I$ ou à flux constant $T = k_t l * I$.

$u = R_a \cdot i + L_a \cdot di/dt + e$

Q.14. Le moteur à courant continu travaille dans les quadrants I (fonctionnement moteur) et II (fonctionnement générateur : freinage), dans ce cas de figure, il suffit d'utiliser un variateur adapté : pont complet avec contrôle de l'inducteur (convertisseur réversible en tension).

Convertisseur réversible en tension.

Graphique : $e = 613 \text{ V}$, $i = 1214 \text{ A}$

$U = 31 \cdot 10^{-3} * 1214 + 613 + 0$

$U = 650 \text{ V}$

Q.15.

- Le TMD appliqué à l'arbre équivalent donner $C_m + C_{\text{Requ}} = J_{\text{equ}} \cdot \frac{d\omega_m}{dt}$
- On isole la poulie : le TMD en I projeté sur l'axe \vec{z} donne $\|\vec{T}_B(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\| = \|\vec{T}_A(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\|$ car l'inertie et la masse de la poulie sont négligées.
- On isole {poulie+1/4 spreader}
TRD projeté sur l'axe vertical \vec{y} :
 $\frac{M_s}{4} \cdot \gamma = 2 \cdot \|\vec{T}_A(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\| - \frac{M_s}{4} \cdot g$ soit
 $\|\vec{T}_A(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\| = \frac{M_s}{8} \cdot (g + \gamma)$
- On isole le câble : TRD projeté sur l'axe vertical \vec{y} :
 $\|\vec{T}_N(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\| = \|\vec{T}_A(\text{câble} \rightarrow \text{poulie})\|$
- $\vec{M}_0(\text{câble} \rightarrow \text{tambour}) = \vec{ON} \wedge \left[-\frac{M_s}{8} \cdot (g + \gamma) \right] \cdot \vec{y} = \frac{D_T}{2} \cdot \vec{x} \wedge \left[-\frac{M_s}{8} \cdot (g + \gamma) \right] \cdot \vec{y}$
 $\vec{M}_0(\text{câble} \rightarrow \text{tambour}) = -M_s \cdot (g + \gamma) \cdot \frac{D_T}{16} \cdot \vec{z}$
- Or, $\vec{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour}) = 2 * \vec{M}_0(\text{câble} \rightarrow \text{tambour})$ donc

$$\vec{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour}) = -M_s \cdot (g + \gamma) \cdot \frac{D_r}{8} \cdot \vec{z}$$

$$\text{AN : } \overline{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour}) = -6000 \cdot (9,81 - 1,5) \cdot \frac{1,67}{8} = -10408 \text{ Nm}$$

$$\bullet \quad \eta = \frac{|\overline{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour})| \cdot \omega_r}{|\overline{C}_{\text{Requ}}| \cdot \omega_m}$$

$$\overline{C}_{\text{Requ}} = \frac{\overline{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour}) \cdot \omega_r}{\eta \cdot \omega_n} = \frac{\overline{M}_0(\text{câbles} \rightarrow \text{tambour}) \cdot r}{\eta} = -535 \text{ Nm}$$

$$\bullet \quad \frac{d\omega_m}{dt} = 51,6 \cdot (-1,5) = -77,4 \text{ rad/s}^2$$

$$\bullet \quad \text{Le TMD donne } \overline{C}_m = 535 + 38,5 \cdot (-77,4) = -2445 \text{ Nm}$$

• $C_m < 0, \omega_m < 0$ fonctionnement moteur quadrant III. La machine est motrice.

Q.16. $U_{vn} = 500 \text{ V} \Rightarrow x = 4Q \Rightarrow U_{d\max} = 4 - Q = 520 \text{ V} \Rightarrow y = 5$. Avec $I_{\max} = 1549 \text{ A}$ nous choisissons $I_{dc} = 2000 \text{ A} \geq I_{\max} \Rightarrow \text{DCS60x-2003-y1}$ ou $x=2$ et $y=5$. Soit DCS602-2003-51.

Tolérer DCS602-1503-51 si le critère de choix de puissance P est clairement indiqué. Nous sommes un peu supérieur en courant.

Q.17.

Rang	1	5	7	11	13	17	19
Fréquence En Hz	50	250	350	550	650	850	950
A	1335	269	192	123	104	77	69
A eff	944	190	136	87	74	54	49
M	1,1	0,21	0,18	0,1	0,09	0,08	0,06
MEFF	0,78	0,15	0,11	0,07	0,06	0,05	0,04

Q.18. $I_0 = I_{\text{moy}} = 0 \text{ A}$

$$I_{\text{effrms}} = \sqrt{\sum_{n=0}^{\infty} I_n^2} = 982 \text{ A}$$

$$\text{Q.19. THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} = \frac{270}{944} = 0,29 \text{ soit } 29 \%$$

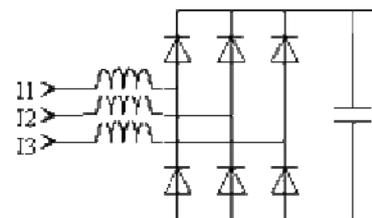
Q.20. $H_5 = I_5 / I_{\text{effrms}} = 190 / 944 = 0,19$ soit $19 \% > 5 \%$

La norme n'est pas respectée.

Filtrage des harmoniques.

Filtre LC centré sur l'harmonique.

Ex : inductance de lissage.



Partie IV : Étude de la fonction FT4 : freiner l'ensemble S = {spreader+conteneur}

Freinage mécanique

Q.21. Le frein SB28 développe un couple de freinage de 17500 Nm

$$\mathbf{Q.22.} \quad \vec{M}_p(4 \rightarrow 7) \cdot \vec{z} = (\vec{M}_l(4 \rightarrow 7) + \vec{PI} \wedge \vec{R}_{4 \rightarrow 7}) \cdot \vec{z} = -\frac{d_1}{2} \cdot Y_{47}$$

$$C_f = 2 * \vec{M}_p(4 \rightarrow 7) \cdot \vec{z} = -d_1 \cdot Y_{47}$$

D'après les lois de Coulomb, lorsqu'il y a glissement, $|Y_{47}| = f \cdot |Z_{47}|$

$$\text{Donc } |Z_{47}| = \frac{C_f}{d_1 \cdot f} = \frac{17500}{0,7 \cdot 0,4} = 62500 \text{ N}$$

$$\mathbf{Q.23.} \quad P = \frac{F}{S} = \frac{62500}{0,1 \times 0,25} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa inférieure à la pression de matage}$$

Mesure de l'effort dans la pièce (3) à l'aide de jauges de déformation

$$\mathbf{Q.24.} \quad R = \rho * \frac{l^2}{V} \text{ et } K = (1 + 2\nu) + C * (1 - 2\nu) \text{ soit } K=2$$

$$dR/R = 2 * dI/l = 1/500.$$

$$dR = 2 * 120/1000 = 0,24 \text{ } \Omega.$$

Avec $dR/R=0,2\%$, le signal mesuré est très faible et risque donc d'être fortement bruité. L'étage de pré-amplification nécessite d'être choisi avec soin pour limiter les parasites et bruits divers.

Q.25

Alliage	Composition	K
Constantan	45%Ni, 55%Cu	2,0 à 2,1

Q.26. Thevenin :

$$V_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} * (V_{cc} - (-V_{cc})) + (-V_{cc})$$

$$V_1 = \frac{R_4}{R_2 + R_4} * (V_{cc} - (-V_{cc})) + (-V_{cc})$$

$$\text{Donc } \Delta V = V_2 - V_1 = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) * 2 * V_{cc}$$

$$\text{Ou } R_{th}^+ = \frac{R_3}{R_1 + R_3} * 2V_{cc} - V_{cc} \text{ et } R_{th}^- = \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_3}$$

$$E_{th}^- = \frac{R_4}{R_2 + R_4} * 2V_{cc} - V_{cc} \quad \text{et} \quad R_{th}^- = \frac{R_2 * R_4}{R_2 + R_4}$$

$$R_{th}^- = \frac{(R_2 * R_4)}{(R_2 + R_4)} \approx \frac{R_0}{2} = 60\Omega$$

Solution par Milleman non simplifiée :

$$\Delta V = \frac{(R_3 - R_1)}{(R_3 + R_1)} * V_{cc} - \frac{(R_4 - R_2)}{(R_4 + R_2)} * V_{cc}$$

Q.27.

Placement	Forme littérale complète de ΔV avec R_0 et ΔR	Forme littérale simplifiée	choix	Sensibilité $\frac{\Delta V}{V}$
Résistance fixe : $R_2=R_3=R_4=R_0$ Jauge : $R_1=R_0+\Delta R$	$\Delta V = \left(\frac{R_0}{R_0 + \Delta R + R_0} - \frac{R_0}{R_0 + R_0} \right) * 2 * V_{cc}$	$\Delta V = \left(\frac{R_0}{2R_0 - \Delta R} - \frac{1}{2} \right) * 2 * V_{cc}$	Cas1	
Résistance fixe : $R_2=R_4=R_0$ Jauge : $R_1=R_0+\Delta R$ Jauge : $R_3=R_0-\Delta R$	$\Delta V = \left(\frac{R_0 - \Delta R}{2R_0} - \frac{R_0}{R_0 + R_0} \right) * 2 * V_{cc}$ Si cohérent avec le précédent : 0,5	$\Delta V = \left(\frac{-\Delta R}{R_0} \right) * V_{cc}$ 0,5	Cas2	
Résistance fixe : $R_3=R_4=R_0$ Jauge : $R_1=R_0+\Delta R$ Jauge : $R_2=R_0-\Delta R$	$\Delta V = \left(\frac{R_0}{R_0 + \Delta R + R_0} - \frac{R_0}{R_0 + R_0 - \Delta R} \right) * 2 * V_{cc}$	$\Delta V = \frac{-4 \frac{\Delta R_0}{R_0}}{4 - \left(\frac{\Delta R_0}{R_0} \right)^2} * V_{cc}$	Cas3	
Jauge : $R_1=R_4=R_0+\Delta R$ Jauge : $R_2=R_3=R_0-\Delta R$	$\Delta V = \left(\frac{R_0 - \Delta R}{R_0 + \Delta R + R_0 - \Delta R} - \frac{R_0 + \Delta R}{R_0 + R_0 - \Delta R + \Delta R} \right) * 2 * V_{cc}$	$\Delta V = \left(\frac{-\Delta R}{R_0} \right) * 2 * V_{cc}$	<input checked="" type="checkbox"/> Cas4	$\frac{\Delta V}{V} = \frac{-2 * \Delta R}{R_0}$ $\frac{\Delta V}{V} = -4mV/V$

Q.28. $\Delta V = \frac{\Delta V}{V} * V_{cc} = 4 * 10^{-3} * 5 = 20 \text{ mV}$

Étude du Circuit de mesure :

Q.29. Rebouclage sur l'entrée - : Contre réaction. Pas de réaction positive. Fonctionnement linéaire dans la limite de la saturation.

Q.30. R_{th1} et R_{th2} valent 60Ω . Elles sont en série avec des résistances de $10 \text{ K } \Omega$, leur valeur est négligeable (0,6%).

$$Q.31. \quad V_+ = V_- \quad V_+ = \frac{\frac{R_{21} * R_{22}}{R_{21} + R_{22}}}{\frac{R_{21} * R_{22}}{R_{21} + R_{22}} + R_{18}} * V_2 \quad V_- = \frac{\frac{V_1 + V_3}{R_{16}} + \frac{V_2}{R_{12}}}{\frac{1}{R_{16}} + \frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_{12}}} * V_2$$

$$V_- = \frac{1}{1 + \frac{R_{18}}{R_{21}} + \frac{R_{18}}{R_{22}}} * \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{10}} + \frac{R_{16}}{R_{12}}\right) * \frac{R_{12}}{R_{16}} * V_2 - \frac{R_{12}}{R_{16}} * V_1$$

D'après les simplifications sur les valeurs : $\Delta V = \frac{R_{12}}{R_{16}} * (V_2 - V_1)$

Q.32. Amplificateur de différence : $\Delta V = 10 * (V_2 - V_1)$

Q.33. D'après les figures :

R7 agit sur l'ordonnée à l'origine, il modifie donc l'offset de la chaîne d'amplification.

R15 agit sur la pente de la courbe. C'est une modification du gain.

Nous pouvons remarquer sur les courbes de R15, que la valeur du gain dépend de l'offset. Il faut donc commencer par ajuster l'offset.

Q.34. Réglages : Alimentation du capteur : 10Vdc

Choix du capteur : Charge nominal = 40000N = 4t

$$\text{Signal de sortie : sensibilité du capteur} = 1 \frac{mV}{V}$$

Calcul de la sensibilité à sélectionner Sg :

$$S_g = \frac{25000}{40000} * \frac{1mV}{V} = 0,625 \frac{mV}{V}$$

Soit le cavalier en position 4.

Q.35.

