

Chaîne de pesée analogique

Nom :

Prénom :

Note : /20

Durée : 3 heures

Avertissement

Lors de ce travail d'évaluation, l'usage de TOUT document est formellement interdit (la copie du voisin est considéré comme un document).

Toute tentative de fraude sera sanctionnée par un 0/20 forfaitaire.

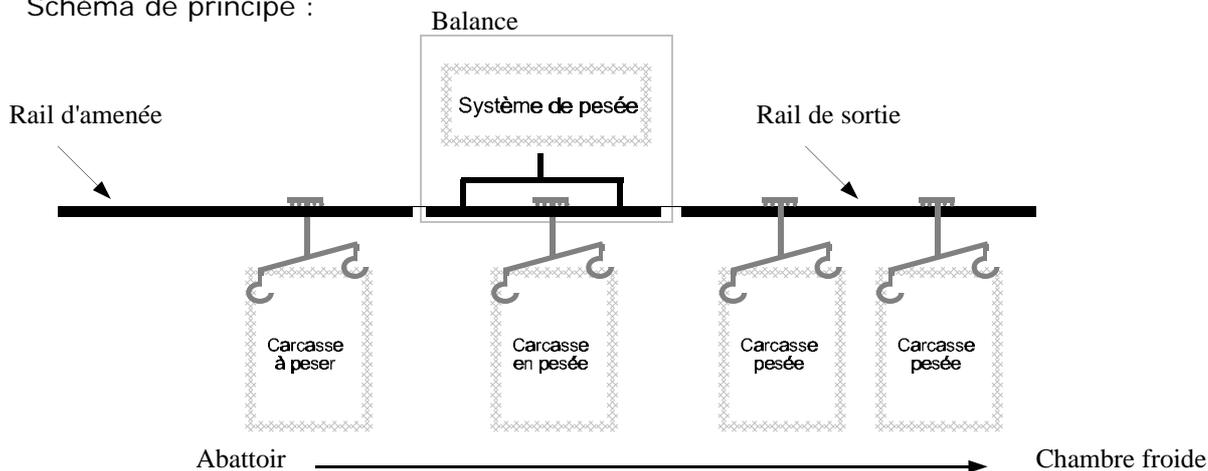
Ne vous laissez pas influencer par le nombre de questions... Courage !

I/Présentation du système

I-1 Mise en situation :

Le système étudié est une partie d'une balance électronique permettant de mesurer le poids des carcasses (entières ou découpées) d'animaux abattus dans un abattoir.

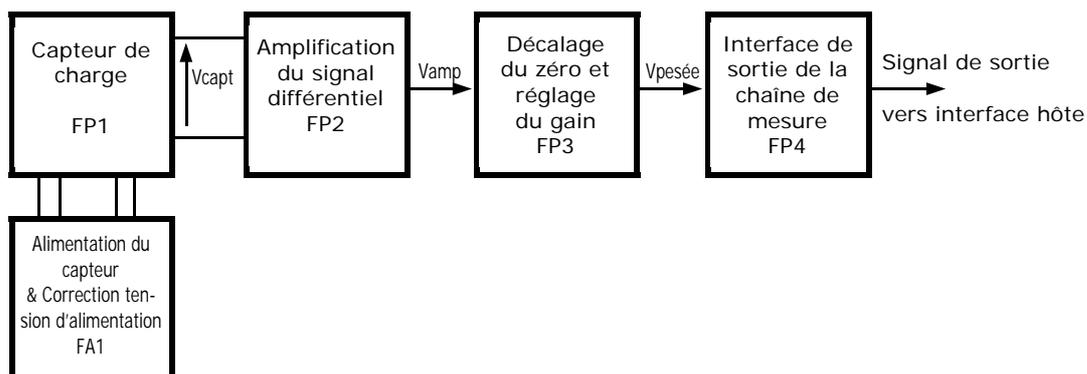
Schéma de principe :



I-2 Description :

Dans notre cas, la partie étudiée est la chaîne de mesure du poids de l'animal, conformément au schéma fonctionnel ci-dessous :

Schéma fonctionnel de degré 2 de la chaîne de mesure :



Chaîne de pesée analogique

Pour vous aider dans ce travail d'analyse, un guide d'application de capteurs de charge à base de cellules dynamométriques vous est présenté en annexe 1.

II/Analyse fonctionnelle du système

II-1. Indiquer, en une phrase, le rôle du système étudié « chaîne de pesée analogique ». Quelle est la valeur ajoutée de ce système ?

II-2. Indiquer le rôle de la fonction principale FP1.

II-3. Identifier (nommer et caractériser) la **grandeur principale** d'entrée et de sortie de la fonction FP1.

II-4. Qu'est ce qu'un capteur de charge ?

II-5. Le capteur de charge étudié dans cette application est une cellule dynamométrique de type « S » : référence fabricant : 616-500U-F (voir documentation annexe 2).

Indiquez pour celle-ci :

- la charge (ou capacité) nominale en Kg.
- la charge admissible en Kg.
- la charge de rupture en Kg.

II-6 La balance est utilisée pour peser des carcasses entières, dépecées et vidées de leurs abats pour :

Des bœufs : 300 Kg en moyenne (vidés)

Des veaux : 200 Kg en moyenne (vidés)

Des taureaux de corrida : 350 Kg de moyenne (vidés)

Des taureaux d'origine « Camargue » : 250 kg de moyenne (vidés)

Des agneaux : 20 Kg en moyenne (vidés)

Des porcs : 50 Kg en moyenne (vidés)

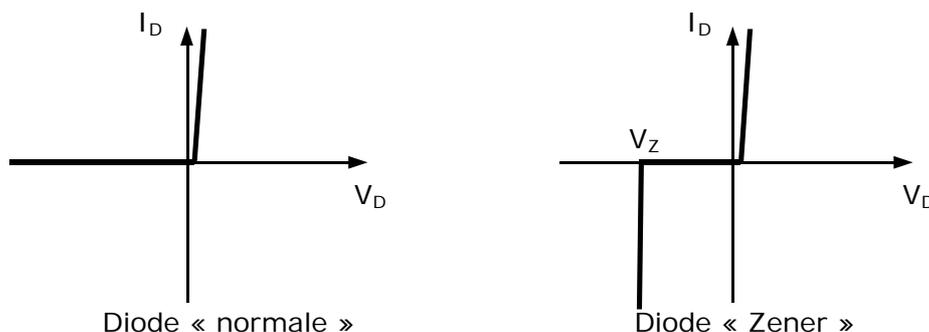
La cellule choisie ci-dessus vous semble t'elle adaptée ? justifiez votre réponse.

III Calculs de vérification :

Le schéma structurel **partiel** de la chaîne de mesure est donné sur l'annexe 3.

Étude de la structure associée à la fonction principale FA1

La **diode D1** est une diode dite « zener » ou de « régulation » qui à la propriété de conduire en sens inverse lorsque la ddp aux bornes de cette diode (notée V_D) atteint une valeur caractéristique appelée tension de Zener (ou de régulation) (notée V_Z)



Chaîne de pesée analogique

On utilise cette propriété pour concevoir une tension constante (dite régulée) en associant une diode zener (montée en inverse) en série avec une résistance (ici R1).

Le choix du modèle de la diode Zener détermine la valeur de la ddp $V_D = V_Z$ constante aux bornes de la diode zener lorsque celle-ci conduit en sens inverse.

Dans notre cas, la diode Zener retenue par le concepteur à une tension de Zener $V_Z = -10 V$. D'autre part la puissance maximale dissipable par la diode vaut $P_{tot,max} = 350 mW$

III 1 – Exprimer la ddp différence de potentiel (V_{R1}) aux bornes de la résistance R1 en fonction de V_D et de la ddp d'alimentation « +15V ».

Ne pas oublier de faire un schéma pour préciser les notations retenues ou bien une description littérale de la notation choisie.

III 2 – En fonction du résultat précédent et de la valeur de la résistance R1, calculez le courant traversant la résistance R1 et la diode D1.

III 3 – Calculez la puissance dissipée dans la diode Zener. Est ce compatible avec le choix du concepteur ?

On rappelle que : la puissance dissipée dans la diode vaut $P = V_D \times I_D$.

III 4 – Exprimer puis calculer les valeurs des ddp $V_{Ex (+)}$ et $V_{Ex (-)}$ en sortie des AIL A1 et A2

Noter sur feuille les hypothèses que vous allez utiliser. On considérera tous les AIL comme « parfait »

Étude de la structure associée à la fonction principale FP1

III 5 – Dédurre du calcul précédent la valeur de V_{alim_cel} . Cette valeur d'alimentation du capteur est-elle compatible avec les recommandations du constructeur de la cellule dynamométrique ?

Le capteur utilisé délivre une tension différentielle V_{capt} image de la charge. Cette ddp est **proportionnelle à la charge** mais aussi **à la valeur de la ddp d'alimentation** (V_{alim_cel})

En pratique : cette ddp V_{capt} vaut 2 mV pour une ddp V_{alim_cel} de 1V à la charge nominale (voir doc constructeur).

$$V_{capt} = K_c * V_{alim_cel} * Charge$$

Avec :

$$K_c = 2/5000 \text{ mV}/(N * V) \text{ [charge en Newton]}$$

$$\text{ou } K_c = 2/500 \text{ mV}/(Kg * V)$$

Dans la suite de cette étude on prendra pour les calculs $V_{alim_cel} = 10 V$.

III 6 – Calculer la valeur de la ddp V_{capt} :

- à la charge nominale,
- pour un bœuf de 370 Kg (tare comprise)
- pour un agneau de 50 Kg (tare comprise)
- à vide (Tare = 30 Kg).

III 7 – Avez vous un commentaire à faire sur l'ordre de grandeur de V_{capt} ?

Étude de la structure associée à la fonction principale FP2

On souhaite amplifier le signal issue du capteur, pour cela on utilise la structure présentée sur la feuille annexe (AIL A3, A4 et A5)

Chaîne de pesée analogique

III-8 Indiquer le mode de fonctionnement des AIL A3, A4 et A5.

III-9 Exprimer la relation liant V_{capt} à VA_{capt} et VB_{capt} .

III-10 Calculer l'expression de V_{Scapt_A} en fonction de VA_{Capt} puis l'expression de V_{Scapt_B} en fonction de VB_{Capt}

III-11 Calculer enfin l'expression de V_{amp} (ddp en sortie de A5) en fonction de R_2 , R_3 , V_{ScaptA} et V_{Scapt_B} . Puis V_{amp} en fonction de V_{capt} (en exploitant les résultats précédents)
Faire l'application numérique.

III – 12 En déduire par calcul, les valeurs numériques de V_{amp} pour les charges retenues dans le calcul de la question III-6.

Question pour vous départager ;-)

III – 13 Compléter le tableau suivant :

Animal: Charge (tare comprise) Unité : Kg	V_{capt} Unité :	V_{amp} Unité :
Bœuf: 370		
Taureau « espagnol »: 400		
Taureau « Camargue » : 300		
Agneau : 50		

Chaîne de pesée analogique

Capteurs de charge

Guide d'application

Qu'est-ce qu'une cellule dynamométrique ?

Une cellule dynamométrique est un transducteur convertissant les efforts, poids ou force, en signaux électriques.

Comment cela fonctionne-t-il ?

Les cellules dynamométriques présentées dans ce catalogue fonctionnent suivant le principe du capteur métallique se déformant légèrement sous l'effort. Cette déformation modifie la résistance électrique de jauges de contrainte collées au capteur. Celles-ci sont branchées de façon à constituer un pont de Wheatstone, et les variations de résistances déséquilibrent ce pont. Le degré de déséquilibre dépend directement de la force ou de l'effort appliqué ; c'est cela qui donne le signal de sortie de la cellule dynamométrique.

Les signaux fournis par une cellule dynamométrique sont très faibles, en général pas plus de 2 mV par volt d'excitation du pont, à pleine charge. Cela signifie que si une cellule dynamométrique est pilotée par 10 V c.c., alors la sortie à pleine charge ne sera que de 20 mV. En considérant que la plage de mesure de la cellule dynamométrique est normalement divisée en au moins 1000 divisions, le signal de sortie disponible par division vaut alors 20 μ V ou moins. Dans ces conditions, il faut un amplificateur à grand gain et à grande stabilité pour amener ces signaux à un niveau utilisable.

Quel type de cellule dynamométrique choisir ?

Les cellules dynamométriques peuvent être utilisées pour une grande variété d'applications de mesure, du pesage (systèmes étalonnés en g ou kg) à la mesure de force (systèmes étalonnés en Nm, mNm ou kNm). La sélection de la cellule dynamométrique convenant le mieux à l'application permettra de gagner du temps et de l'argent lors du montage de la cellule et du développement de l'application en vue d'obtenir une fidélité et une précision optimales. Les principaux types de cellules dynamométriques sont les suivants :

Ponctuelles - lorsque la cellule dynamométrique peut accepter des forces excentrées telles que dans les plates-formes de pesage supportées par une seule cellule dynamométrique.

Poutre de flexion - la cellule dynamométrique peut être protégée contre le milieu ambiant par un soufflet soudé.

Poutre de cisaillement - une rigidité et une résistance élevées permettent l'utilisation sur les plates-formes multi-cellules, cuves et silos.

Type 'S' - la force appliquée peut être en traction ou en compression, comme par exemple pour les essais de moteur ou la mesure d'effort d'un actionneur. Des

Plusieurs cellules dynamométriques peuvent-elles être connectées ?

De nombreuses applications utilisent plusieurs cellules dynamométriques connectées en parallèle, car cela permet d'ajouter facilement et efficacement les signaux de sortie, par exemple ceux des coins d'une grande plate-forme de pesage. Lorsque les sorties sont additionnées de cette façon, les caractéristiques des circuits du pont de Wheatstone entraînent une sensibilité réduite pour une charge donnée par cellule. Cela signifie que leur pleine capacité restera de 2 mV/V lorsque les cellules dynamométriques sont chargées à leur pleine capacité, mais la charge appliquée sera la somme des charges appliquées sur chaque cellule dynamométrique. Cette caractéristique permet de travailler facilement avec la somme des charges appliquées à chaque cellule dynamométrique. Remarque - De telles connexions exigent que toutes les cellules dynamométriques soient du même type !

Les cellules dynamométriques peuvent-elles être utilisées pour la mesure de force et de couple ?

Les cellules dynamométriques sont étalonnées en usine en kg, ce qui indique que leurs applications principales sont dans le domaine des systèmes de pesage. La conversion en unités de force ou de couple peut être effectuée par la simple formule ci-dessous :

Force = masse x accélération

$F = ma$ où m = masse en kg et a = accélération de la pesanteur (9,81 à proximité du niveau de la mer)

L'unité de mesure de force est le Newton (N)

Couple = force x distance

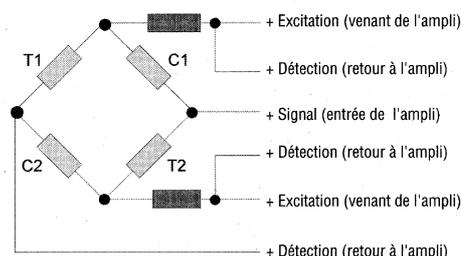
$C = FL$ où F = force en Newtons et L = distance entre l'axe et la droite d'action de la force

L'unité de mesure de couple est le Newton-mètre (Nm)

Il est donc possible de convertir les résultats d'étalonnage usine fournis avec chaque cellule dynamométrique en unité pertinente pour une application donnée. Cela permet d'élargir notablement le champ d'application de la cellule dynamométrique classique.

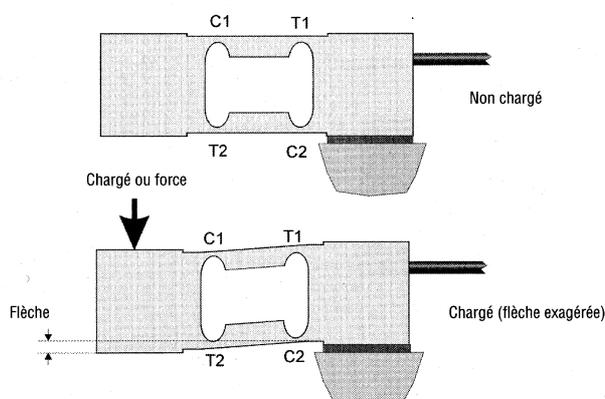
Applications types

Schéma d'une cellule dynamométrique



Les composants C1, C2, T1 et T2 sont des jauges de contrainte résistives calculées de façon à ce que le signal approche zéro dans des conditions de charge nulle.

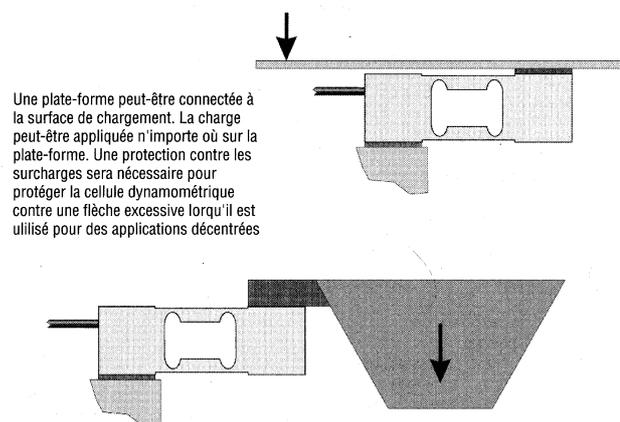
Lorsqu'il est chargé, le capteur des cellules dynamométriques déforme C1 et C2 en réduisant ainsi leur résistance et déforme T1 et T2 en traction en augmentant leur résistance.



Les schémas montrent une cellule dynamométrique de type poutre de flexion en double porte-à-faux. Du point de vue mécanique, la cellule dynamométrique de type poutre de cisaillement diffère considérablement à cause de la conception en I. Les jauges de contrainte sont arrangées pour mesurer la force de cisaillement.

Du point de vue électrique, le mode opératoire reste le même.

Cellules dynamométriques ponctuelles



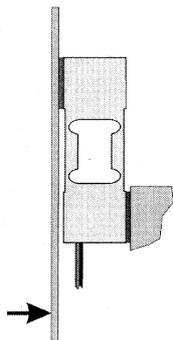
Une plate-forme peut être connectée à la surface de chargement. La charge peut être appliquée n'importe où sur la plate-forme. Une protection contre les surcharges sera nécessaire pour protéger la cellule dynamométrique contre une flèche excessive lorsqu'il est utilisé pour des applications décentrées

Trémis et récipients peuvent être connectés aux cellules dynamométriques par l'avant ou les côtés. Une protection contre les surcharges sera nécessaire, en particulier si des objets tombent dans le trémis, ajoutant un élément de force dynamique

Chaîne de pesée analogique

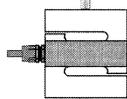
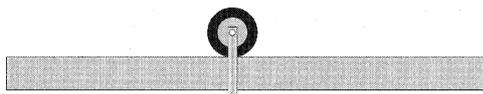
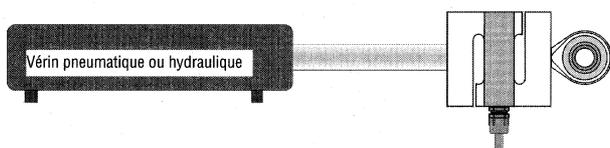
Lorsqu'elles sont utilisées pour la mesure de force, les possibilités d'installation augmentent considérablement. Par exemple, lorsque les effets de la pesanteur sont constants ou insignifiants, des installations verticales ou latérales peuvent être adoptées.

Une protection contre les charges dynamiques unidirectionnelles est possible en surdimensionnant la cellule dynamométrique par un facteur de 1 ou 2. Par exemple si la magnitude de la charge dynamique est prévue pour 250N max., la capacité de la cellule dynamométrique devra être au moins de 500N.



SEN192

Cellule dynamométrique de type 'S' en traction ou en compression



La caractéristique d'une cellule dynamométrique de type 'S' est la polyvalence. Aussi simple à utiliser pour des applications de mesure de force que pour des applications de pesage

La condition principale pour assurer la précision et la répétabilité est de faire en sorte que la force ou la charge soit appliquée d'une façon axiale en évitant les charges latérales

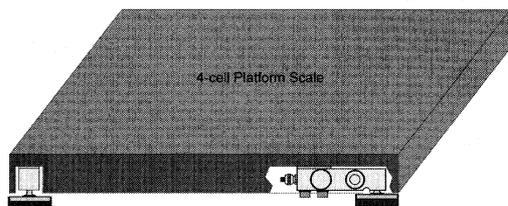
On peut facilement remplir ces conditions en utilisant des paliers à l'extrémité de la tige, ce qui rétablit la liberté nécessaire pour permettre à la cellule dynamométrique de faire partie de la direction de la charge

SEN193

Tableau de synthèse des types et gammes de cellules dynamométriques

Type de cellule dynamométrique	Gamme kg (N)	Modèle	Construction	Etanchéité
Ponctuelles	3-20 kg (30-200 N)	1022	Aluminium	IP66
Ponctuelles	50 kg (500 N)	1040	Aluminium	IP54
Ponctuelles	100 kg (1 kN)	1260	Aluminium	IP66
Poutre de flexion	100-250 kg (1-2,5 kN)	355	Acier inoxydable	IP67
Poutre de cisaillement	500-1000 kg (5-10 kN)	3510	Acier inoxydable	IP68
Type 'S'	250 kg (2,5 kN)	601	Aluminium	IP65
Type 'S'	500 kg (5,0 kN)	616	Acier inoxydable	IP67
Type 'S'	1000 kg (10 kN)	620	Acier inoxydable	IP68

Cellule dynamométrique type poutre de flexion et poutre de cisaillement



Informations concernant les applications

Applications standard

Conditions requises pour l'interfaçage

Comme indiqué sous les cellules dynamométriques (voir ci-dessus), une cellule dynamométrique comprend quatre éléments actifs ou plus, configurés en montage en pont de Wheatstone. Le pont doit être excité avec un courant compris entre 5 V et 15 V c.a. ou c.c., qui doit être stable. Autrement, l'opération logométrique causera des variations à la sortie.

Le signal de sortie à la charge nulle sera de $\pm 10\%$ du signal de chargement intégral ; ainsi avec une excitation de 10 Vcc, si le signal de sortie est donné comme étant $2,0 \pm 10\%$ mV/V, alors le signal zéro pourrait être entre -2,2 mV et +2,2 mV.

Le signal de sortie provenant d'une cellule dynamométrique est normalement transmis à un module amplificateur spécialisé, pour une sortie en tant que signal analogique sous la forme standard de 0-10 Vcc ou en tant que signal de boucle de courant de 0-20 mA ou 4-20 mA c.c.. Dans ce cas, une résistance de 500 W pourrait générer le signal 0-10 V lorsqu'il est contrôlé par le signal de boucle de courant de 0-20 mA (utilisé dans de nombreuses applications d'automates programmables lorsque la résistance est à l'intérieur de la carte d'entrée de l'automate).

Pour interfaçage avec des PC ou directement avec des éléments électroniques numériques, ensuite, un module de numérisation de la cellule dynamométrique peut être utilisé afin d'obtenir un résultat à haute résolution directement à partir du signal de sortie de la cellule dynamométrique. De tels modules offrent de nombreuses possibilités telles que l'étalonnage du signal, le réglage du zéro, le maintien de la valeur maxi. et l'auto-transmission ; cette dernière option fournit des liens à des applications utilisateur telles que les tableurs et les bases de données.

Mesure à 4 fils ou 6 fils

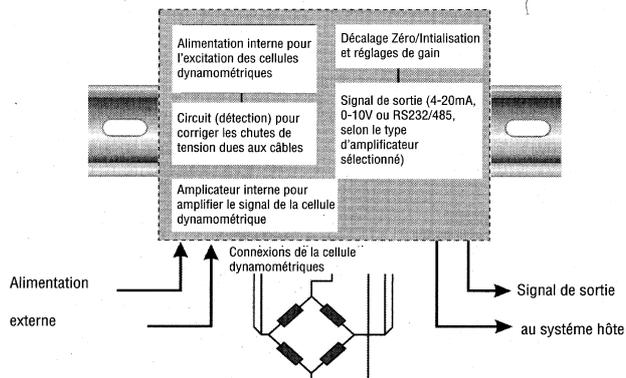
La plupart des amplificateurs de cellule dynamométrique offrent la possibilité d'effectuer des mesures à 6 fils, lorsque la tension d'excitation au pont est contrôlée par une paire de fils supplémentaire, contenue dans le même câble, afin que les réductions de la tension d'excitation du pont, dues à la longueur du câble ou à des changements de température, puissent être compensées. Comme il n'y a pas de passage de courant dans cette paire supplémentaire de fils "capteurs", la tension retournée aux entrées "capteurs" de l'amplificateur est représentative de la vraie tension d'excitation du pont. Cette option est importante lorsque d'importantes longueurs de câble sont utilisées ou lorsque les variations de température sont importantes.

Critères de performance

Les cellules dynamométriques sont rarement utilisées sur l'ensemble de leur gamme de fonctionnement - le besoin d'assembler de l'équipement recevant une charge ou une force entre la cellule dynamométrique et l'objet de la mesure entraîne souvent un signal sans chargement qui peut être bien différent de zéro. Il est important que l'amplificateur/numériseur devant être utilisé puisse s'adapter à ce décalage du zéro et être toujours capable d'amplifier le signal de chargement "en temps réel" au niveau requis. De plus, les cellules dynamométriques sont souvent surestimées en termes de capacité, permettant la surcharge, la charge par à-coup, "le facteur sécurité" et ainsi de suite ; ainsi, les signaux de sortie des cellules dynamométriques sont d'environ un quart du niveau de chargement intégral. Étant donné que les niveaux des signaux sont si bas et que les facteurs d'amplification sont si élevés, la compatibilité électromagnétique devient une question très importante. Voici ce que les amplificateurs/numériseurs spécialisés présentés ci-dessous sont normalement capables de traiter.

Traitement des signaux d'une cellule dynamométrique - Application

Le diagramme ci-dessous représente les fonctions principales du traitement des signaux d'une cellule dynamométrique. On remarque que l'excitation pour la cellule dynamométrique est fournie par le module de traitement, car le processus de mesure radiométrique dépend de la qualité de l'excitation fournie



Le module de traitement du signal nécessite une alimentation externe c.c. de qualité industrielle standard. L'excitation de la cellule dynamométrique est fournie par le module du signal.

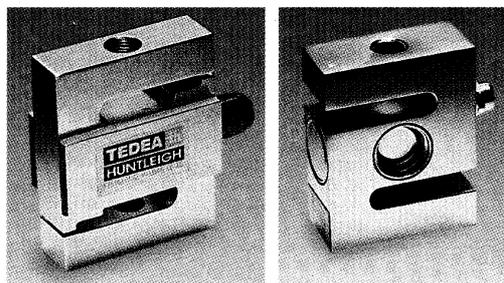
Lorsque le traitement du signal doit effectuer des mesures à 6 fils, les 6 fils doivent alors être connectés. Si la cellule dynamométrique choisie n'a que 4 fils, alors les connexions de détection doivent être alimentées par courtes connexions temporaires provenant des terminaisons de l'excitations.

Note : la sortie du signal de la cellule dynamométrique devient l'entrée du signal du module de traitement.

Le signal de sortie sera la tension analogique, la boucle de courant analogique ou digitale, selon le type de module choisi. Le traitement du signal permet le réglage du zéro et l'étalonnage du signal d'entrée à travers la plage des signaux de sorties désirées.

Chaîne de pesée analogique

Type "S", Tension/Compression 250-1000 Kg (2,5 - 10 KN)



601/616

620

- Conçu pour un fonctionnement en tension ou en compression
- Polyvalent et adaptable
- Construction compacte et robuste
- Montage et utilisation faciles
- Paliers disponibles

Conçus pour supporter des forces de tension ou de compression, les dynamomètres de types "S" sont faciles à monter et à utiliser. Leurs trous de fixation filetés permettent une adaptation simple aux applications de mesure de force (vérins pneumatiques/hydrauliques par exemple) et leur capacité d'alignement automatique lors d'une utilisation avec des paliers à rotule est garante d'une haute précision, convenant parfaitement aux conversions d'échelle mécanique ou aux mesures de couples de réaction.

Capacité nominale en Kg	250	500	1000	Kg
Capacité nominale en Newtons (environ)	2500	5000	10000	N
sortie à la capacité nominale	2,0 ± 0,1%	2,0 ± 0,1%	2,0 ± 0,1%	mV/V
Erreur totale	0,025	0,03	0,025	% de la charge appliquée
Gamme de températures d'utilisation	de -30 à +70	de -30 à +70	de -30 à +70	°C
Gamme de températures compensées	de -10 à +40	de -10 à +40	de -10 à +40	°C
Surcharge admissible	150	150	150	% de la capacité nominale
Surcharge maximale	300	300	300	% de la capacité nominale
Excitation : recommandée	10	10	10	Vca ou c.c.
Excitation : maximale	15	15	15	Vca ou c.c.
Impédance d'entrée	415 ± 15	385 ± 15	400 ± 20	ohms
impédance de sortie	350 ± 3	350 ± 3	350 ± 3	ohms
Déviaton à la capacité nominale	< ±0,4	< ±0,4	< ±0,4	mm
Protection de l'environnement	IP65	IP67	IP68	
Type de câble	4 fils, PVC, simple Écran flottant	6 fils, Polyuréthane Double écran flottant		
Longueur du câble	3	3	5	m
Dimensions L x l x H	70 x 34 x 76	62 x 26 x 80	70 x 32 x 90	mm
Trous de fixation filetés	M12 x 1,75	1/2" x 20 filet à pas fin UNF	M16 x 2,0	2 emplacements
Réf. fab.	601-250M-D2	616-500U-F	620-1000-F	
Code Commande	704-3820	704-3831	704-3843	

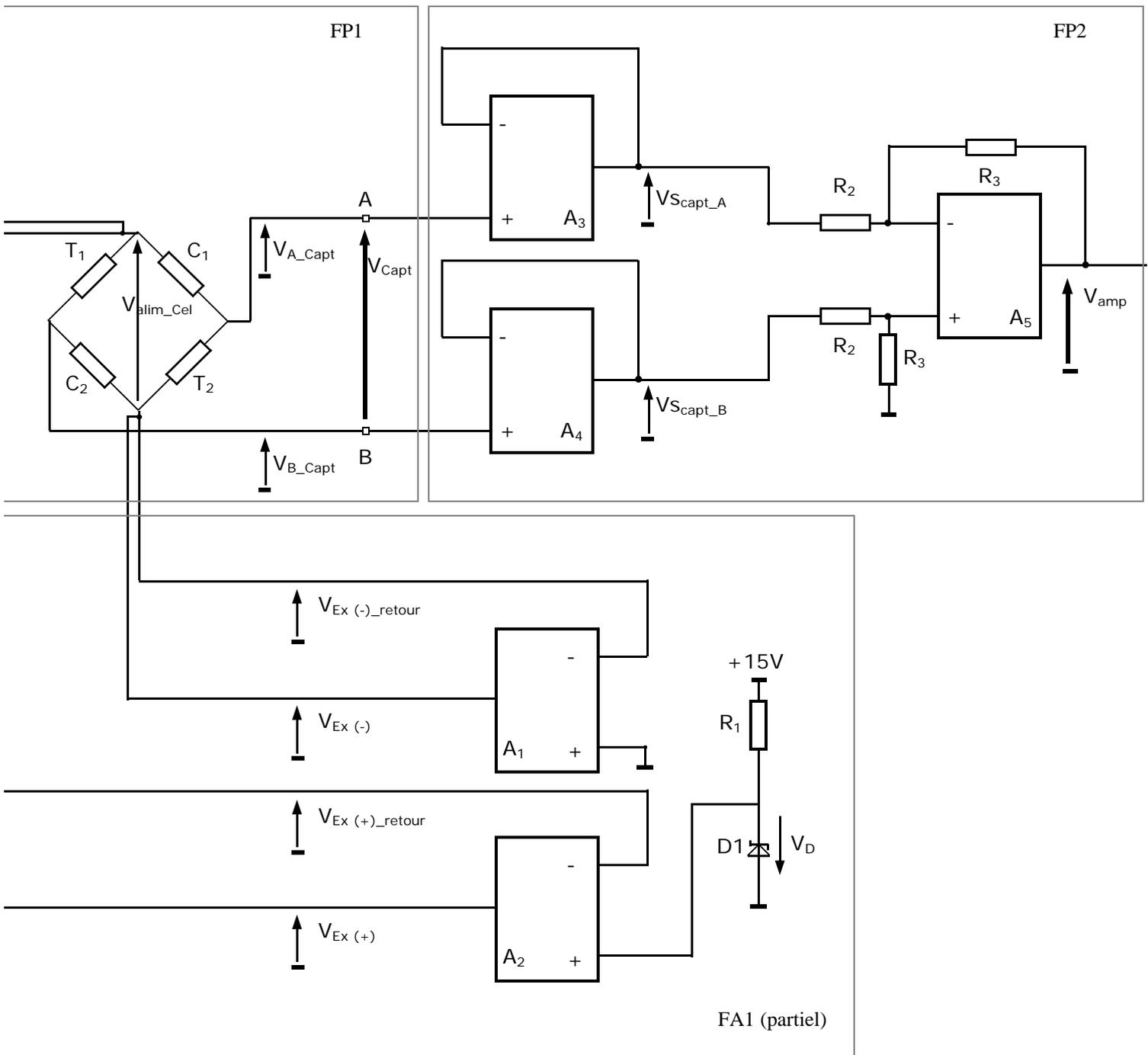
Paliers à rotule

Type de filetage	M12 x 1,75	1/2" x 20 filet à pas fin UNF	M16 x 2,0
Réf. fab.	M12 REB	1/2" REB	M16 REB
Code Commande	704-3855	704-3867	704-3879

SEN199

	Capacité	Code Commande	Prix Unitaire		
			1+	5+	10+
Dynamomètres	250 Kg	704-3820	2400,00	2160,00	2040,00
	500 Kg	704-3831	2450,00	2340,00	2210,00
	1000 Kg	704-3843	3000,00	2700,00	2550,00
2 Par Paquet			Prix Par Paquet		
Paliers à rotule	Filetage		1+	5+	10+
	M12 x 1,75	704-3855	250,00	232,50	220,00
	1/2" - 20 - UNF	704-3867	250,00	232,50	220,00
	M16 x 2,0	704-3879	350,00	325,50	308,00

Chaîne de pesée analogique



$$R1 = 620 \, \Omega$$

$$D1 : ZX84-10$$

$$V_z = -10 \, V$$

$$P_{tot\max} = 350 \, mW$$

$$R2 = 620 \, \Omega$$

$$R3 = 820 \, K\Omega$$