

TD6

---

## TD 6 / CAPTER UNE GRANDEUR PHYSIQUE

---

### Objectifs pédagogiques

A la fin de cette thématique, les étudiant·e·s seront capables de :

- identifier les caractéristiques d'un capteur
- intégrer un capteur dans un système de mesure
- reconnaître les modes de fonctionnement des ALI

### Activités pédagogiques

- Lectures (hors temps présentiel - en ligne)
  - ▷ Fiche résumé : Amplificateur Linéaire Intégré / Principe et montages de base
  - ▷ Fiche résumé : Capteurs
- Séance de **TD6**
- Séances de **TP1** à **TP6** (module TP CéTI)

### Ressources Complémentaires

- Cours sur les capteurs - Franck Delmotte (2014)
- Cours sur le conditionnement de capteurs - Franck Delmotte (2014)
- Exercices supplémentaires proposés sur eCampus (avec correction)

TD6

## TD 6 / CAPTER UNE GRANDEUR PHYSIQUE

### Exercice 1 - Capteur de force

#### Notions abordées

- ▷ identifier les zones de fonctionnement d'un capteur dans une documentation technique

On donne la documentation du capteur **FN3000** de la société *TE Connectivity* (USA).

On souhaite mesurer des forces en compression jusqu'à 40 kN. On choisira un capteur ayant une étendue de mesure de 50 kN.

1. Quelle est la plage de mesure nominale de ce capteur ? Quelle est la plage de non destruction de ce capteur ? Quelle est la différence avec la plage de non dégradation ?
2. Quelle est la sensibilité du capteur et la plage de la tension de sortie du capteur (dans le cas où l'on reste dans l'étendue de mesure nominale) si on utilise : (a) le modèle standard - alimenté avec  $V_{CC} = 5\text{ V}$  ? (b) le modèle A1 ? (c) le modèle A2 ?

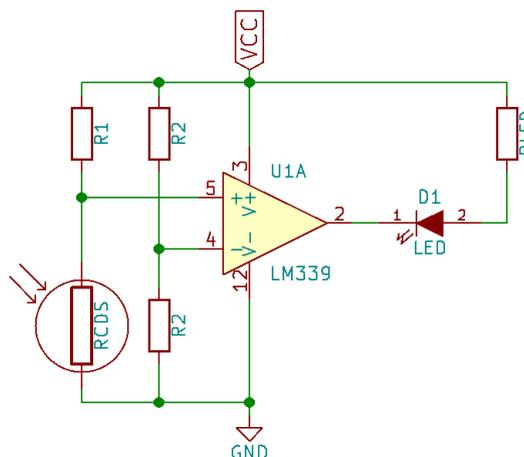
### Exercice 2 - Pilotage TOR en fonction de la luminosité

#### Notions abordées

- ▷ utiliser un ALI en mode comparateur
- ▷ interfacer un capteur de luminosité

TOR signifie Tout Ou Rien.

On souhaite réaliser un détecteur qui allume une LED lorsque la luminosité ambiante diminue. On propose pour cela le montage suivant qui utilise une cellule photoconductrice CdS. On donne :  $V_{cc} = 12\text{ V}$  et  $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ .



On donne ci-dessous les caractéristiques de la cellule CdS.

On rappelle que l'amplificateur linéaire intégré, le **LM339**, est un comparateur à collecteur ouvert.

1. Quelle est la fonction réalisée par l'amplificateur opérationnel (AO) dans ce montage ?

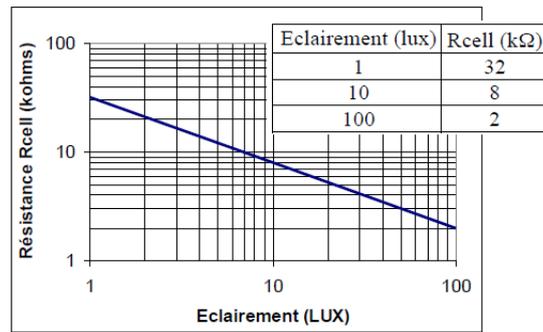


Fig. 1: Caractéristique Résistance en fonction de l'Eclairement de la cellule CDS

2. Dans quelle condition sur  $V+$  et  $V-$  la LED sera-t-elle allumée ?
3. Calculer la tension à la sortie de la cellule CDS.
4. Vérifier le bon fonctionnement du système.

On mesure la valeur de la photocellule ( $R_{cell0} = 5 \text{ k}\Omega$ ) dans des conditions d'éclairement ambiant.

5. Calculer la valeur de  $R_1$  pour que la LED s'allume lorsque l'éclairement diminue d'un facteur 10.

### Exercice 3 - Capteur de température

#### Notions abordées

- ▷ utiliser un capteur de température
- ▷ mettre en oeuvre un montage de conditionnement

### Sonde de platine

On considère une sonde de platine (souvent notée PT100) pour laquelle la variation de température sur sa plage de fonctionnement ( $-200^\circ\text{C}$  à  $+650^\circ\text{C}$ ) peut être approximée par la formule (en Ohms avec  $T$  exprimée en  $^\circ\text{C}$ ) :

$$R(T) = 100 (1 + 3.90810^{-3}T - 5.80210^{-7}T^2)$$

1. Que signifie, d'après vous, la valeur 100 dans le terme PT100 ?
2. Donner l'expression de la sensibilité de la sonde de platine.
3. Calculer la variation relative  $\Delta R/R$  associée à une variation de température de  $0.1^\circ\text{C}$  autour de  $0^\circ\text{C}$ .
4. Compléter le tableau suivant :

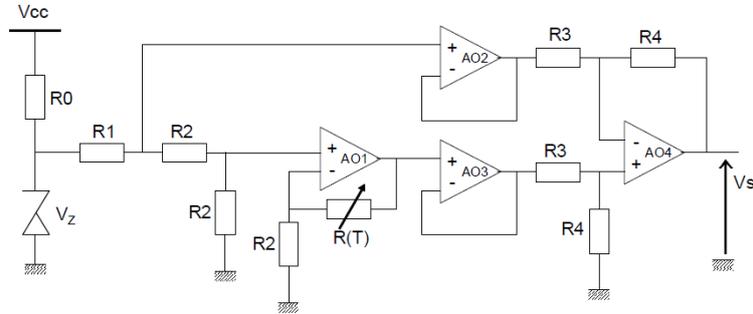
T ( $^\circ\text{C}$ )	-200	0	100	650
R(T)				
Sensibilité (...)				

On propose d'injecter un courant  $I_0$  (via une source de courant) dans la résistance précédente.

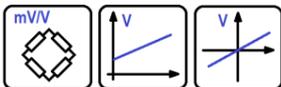
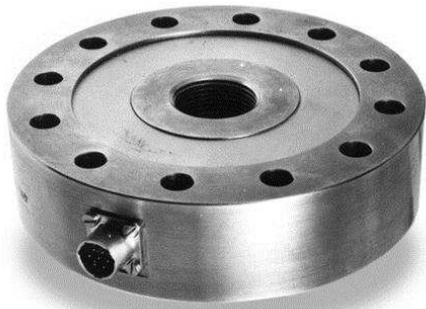
5. Quelle est la sensibilité de votre système de mesure pour un courant  $I_0$  de 1 A injecté dans la résistance ?  
Un courant  $I_0$  de 10 A ?

## Montage à ALI

Le montage suivant utilise 4 amplificateurs linéaires intégrés (ALI) que l'on supposera idéaux. Une sonde de platine est insérée dans la boucle de réaction de l'AO1. La diode Zener sert à délivrer une tension de référence constante de valeur  $V_Z = 1.2\text{ V}$ . Les valeurs des autres composants sont :  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $R_0 = 10\text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 100\ \Omega$ .



1. Décomposer ce circuit en différents étages et expliquer le rôle de chacun.
2. Exprimer la tension de sortie  $V_s$  en fonction de  $R(T)$ . Ce montage peut-il fonctionner avec des AO monotensions (c'est-à-dire alimentés entre 0 V et  $V_{CC}$ ) ?
3. On souhaite obtenir en sortie du montage une sensibilité de  $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$  autour de  $T = 0^\circ\text{C}$ . Quelle valeur faut-il choisir pour  $R_4$  ?
4. Dans ces conditions, exprimer la linéarité de ce montage sur une plage de fonctionnement de  $-100^\circ\text{C}$  à  $+100^\circ\text{C}$  (on calculera pour cela l'écart maximal à la droite de pente  $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ ).



## CARACTERISTIQUES

- ◆ Applications statiques et dynamiques
- ◆ Linéarité 0.1% E.M.
- ◆ Version haut niveau (amplificateur intégrée) en option
- ◆ Indice de protection IP65 en option

## APPLICATIONS

- ◆ Contrôle de procédés d'assemblage
- ◆ Pesage en environnement sévère
- ◆ Bancs d'essais de fatigue
- ◆ Régulation de commandes hydrauliques
- ◆ Laboratoire de recherche

## FN3000

### Capteur de force Traction et Compression

#### SPECIFICATIONS

- ◆ Grande robustesse
- ◆ Etendues de mesure de 10 à 1000 kN [2 à 200 klb]
- ◆ Applications statiques et dynamiques
- ◆ Corps en aluminium ou en acier inoxydable
- ◆ Indice de protection élevé
- ◆ Sortie haut niveau avec amplificateur intégré

Les capteurs d'effort de la série **FN3000** allient solidité et précision. Leur structure et le positionnement des ponts de jauges, les rendent peu sensibles aux efforts transverses. Ils sont particulièrement adaptés aux bancs d'essai comme au procédés d'assemblage et ce même dans des environnements difficiles.

L'indice de protection des capteurs **FN3000** peut être encore augmenté sur demande. La sortie analogique haut niveau intégrée au capteur lui confère une grande polyvalence et une facilité d'utilisation.

Concepteur et producteur de ce capteur, TE CONNECTIVITY propose une vaste gamme d'électroniques de conditionnement et de traitement permettant l'alimentation du capteur, l'amplification du signal et l'affichage de la mesure sur indicateur numérique, pour vous fournir une chaîne de mesure complète, appairée, étalonnée et donc prête à l'emploi.

Afin de vous permettre l'utilisation de nos capteurs avec un maximum d'efficacité et de sécurité, un document d'instruction d'utilisation est disponible sur demande.

**FN3000**

Capteur de force Traction et Compression

**ETENDUES DE MESURE (EM)**

<b>Etendues en N</b>	10k	25k	50k	100k	200k	500k	1000k
<b>Etendues en lbf</b>	2k	5k	10k	20k	40k	100k	200k
<b>Raideur en N/m</b>	2.5x10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>8</sup>	1x10 <sup>9</sup>	2x10 <sup>9</sup>	3x10 <sup>9</sup>	5x10 <sup>9</sup>	7x10 <sup>9</sup>
<b>Raideur en lbf/ft</b>	1.7x10 <sup>7</sup>	3.4x10 <sup>7</sup>	6.9x10 <sup>7</sup>	1.4x10 <sup>8</sup>	2.1x10 <sup>8</sup>	3.4x10 <sup>8</sup>	4.8x10 <sup>8</sup>
<b>Matériau</b>	Aluminium	Acier inoxydable					

**CARACTERISTIQUES (valeurs typiques à température 23±3°C)**

<b>Paramètres</b>	
Plage d'utilisation en température (PUT)	-20 à 80° C [-4 à 176° F]
Plage de compensation en température (PCT)	0 à 60° C [32 à 140° F]
Dérive du zéro dans la PCT	<0.5% E.M. / 50° C [100° F]
Dérive de sensibilité dans la PCT	<1% de la valeur lue / 50° C [100° F]
<b>Surcharge admissible</b>	
Sans altération des performances	1.5 x E.M.
Sans destruction	3 x E.M.
<b>Précision</b>	
Linéarité	±0.1% E.M.
Hystérésis	±0.1% E.M.

**Caractéristiques électriques**

Modèle	FN3000 <sup>1</sup>	FN3000-A1	FN3000-A2
Alimentation	1 à 10 Vcc	10 à 30Vcc	±15Vcc (±12 à ±18Vcc)
Sensibilité à l'E.M. <sup>2</sup>	±2mV/V	±2V ±0.2V	±5V ±0.2V
Décalage initial	±1mV	2.5V ±0.2V	0V ±0.2V
Impédance d'entrée / Consommation	350 à 700Ω	<50mA	50mA
Impédance de sortie	350 à 700Ω	1 kΩ <sup>6</sup>	1 kΩ <sup>6</sup>
Isolement sous 50Vcc	≥100MΩ	≥100MΩ	≥100MΩ

**Notes**

1. Capteur caractérisé avec une tension d'alimentation 10 Vcc en standard
2. Signal positif en traction en câblage standard. Autres sorties signal sur demande
3. Sortie électrique par embase Jaeger miniature, fiche mobile fournie avec serre-câble.
4. Matériaux: corps en acier inoxydable ou alliage d'aluminium en fonction de l'E.M. capot en aluminium
5. Indice de protection: IP50 (autres indices en option)
6. Impédance de sortie < 100 Ω sur demande
7. Certification CE suivant les normes EN 61010-1, EN 50081-1, EN 50082-1

# FN3000

Capteur de force Traction et Compression

## ENCOMBREMENT ET CABLAGES (METRIQUE)

### Schéma électrique

Corps — Blindage

#### Version -A1

Corps — Blindage

#### Version -A2

Corps — Blindage

### EH: Embout Hémisphérique

Dimensions en mm

E.M	J	R
10 kN	12	80
25 kN	12	80
50 kN	12	80
100 kN	20	250
200 kN	20	250
500 kN	30	400
1000 kN	60	400

### FF: Flasque de Fixation

### Dimensions en mm [inch]

E.M. en N [en lbf]	10k [2k]	25k [5k]	50k [10k]	100k [20k]	200k [40k]	500k [100k]	1000k [200k]
A	100 [3.94]			150 [5.91]		195 [7.68]	272 [10.71]
B	30 [1.18]			40 [1.57]		60 [2.36]	80 [3.15]
C	34 [1.34]			65 [2.56]		87 [3.43]	120 [4.72]
D (filetage)	M20x1.5			M32x2		M56x2	M80x3
E	65 [2.56]			90 [3.54]		106 [4.17]	150 [5.91]
F	70 [2.76]			100 [3.94]		143 [5.63]	186 [7.32]
G	45°			30°		22.5°	
H	8x8.2 / 85			12x10.4 / 125		16x16.2 / 169	16x24.5 / 229
I	M8 / 85			M10 / 125		M16 / 169	M24 / 229
Serrage vis (m.kg)	2.2	2.5	2.5	5	5	15	50
Serrage vis (lbf/ft)	15.9	18.1	18.1	36.2	36.2	108.5	361.7

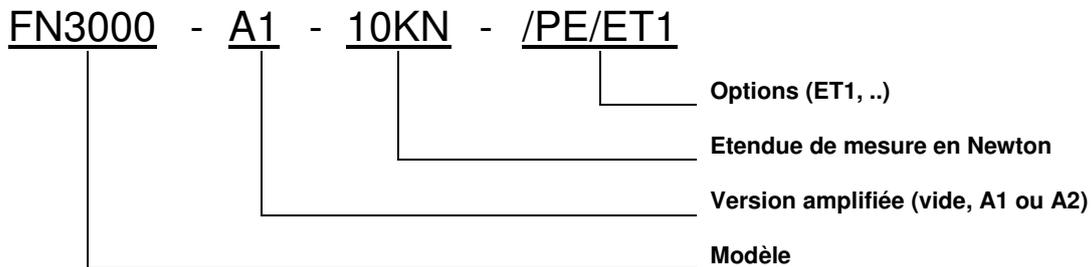
## FN3000

Capteur de force Traction et Compression

### OPTIONS

<b>A1</b> : Sortie amplifiée Tension avec alimentation en Mono-tension
<b>A2</b> : Sortie amplifiée Tension avec alimentation en Bi-tension
<b>ET1</b> : PCT -20 à 100° C [-4 à 212° F] PCT = PUT
<b>ET2</b> : PCT -40 à 120° C [-40 à 248° F] PCT = PUT
<b>ET3</b> : PCT -40 à 150° C [-40 à 302° F] PCT = PUT (non compatible avec les options A1 et A2)
<b>PE</b> : Sortie par presse-étoupe avec 2 m [6.5 ft] de câble
<b>PE/L00M</b> : Sortie presse-étoupe avec longueur de câble spéciale, remplacer "00" par la longueur totale en mètres

### REFERENCE ET CODIFICATION



### ACCESSOIRES FOURNIS

<b>EFMX-7M</b> : fiche mobile Jaeger 530-272-006 avec serre-câble 530-371-006 pour standard et ET1
<b>EFMX-7H</b> : fiche mobile Jaeger 530-604-006 et serre-câble 530-693-006 pour les options ET2 or ET3

### ACCESSOIRES RECOMMANDES

<b>EH</b> : Embout hémisphérique
<b>FF</b> : Flasque de fixation

#### NORTH AMERICA

Measurement Specialties, Inc.,  
a TE Connectivity Company  
Phone: +1 800 522 6752  
Email: [customercare.fmt@te.com](mailto:customercare.fmt@te.com)

#### EUROPE

Measurement Specialties (Europe), Ltd.  
a TE Connectivity Company  
Phone: +31 73 624 6999  
Email: [customercare.lcsb@te.com](mailto:customercare.lcsb@te.com)

#### ASIA

Measurement Specialties (China), Ltd.,  
a TE Connectivity Company  
Phone +86 400 820 6015  
Email: [customercare.shzn@te.com](mailto:customercare.shzn@te.com)

#### [TE.com/sensorsolutions](http://TE.com/sensorsolutions)

Measurement Specialties, Inc., a TE Connectivity company.

Measurement Specialties, TE Connectivity, TE Connectivity (logo) and EVERY CONNECTION COUNTS are trademarks. All other logos, products and/or company names referred to herein might be trademarks of their respective owners.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, TE Connectivity makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. TE Connectivity's obligations shall only be as set forth in TE Connectivity's Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will TE Connectivity be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of TE Connectivity products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

© 2015 TE Connectivity Ltd. family of companies All Rights Reserved.