



## **Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)**



### **Objectif:**

**Proposer un exemple illustrant l'articulation entre les enseignements technologiques communs et ceux de spécialité ITEC**

### **Plan:**

- Présentation rapide d'Hemomixer**
- Présentation de l'activité de tronc commun et de son prolongement en spécialité ITEC**

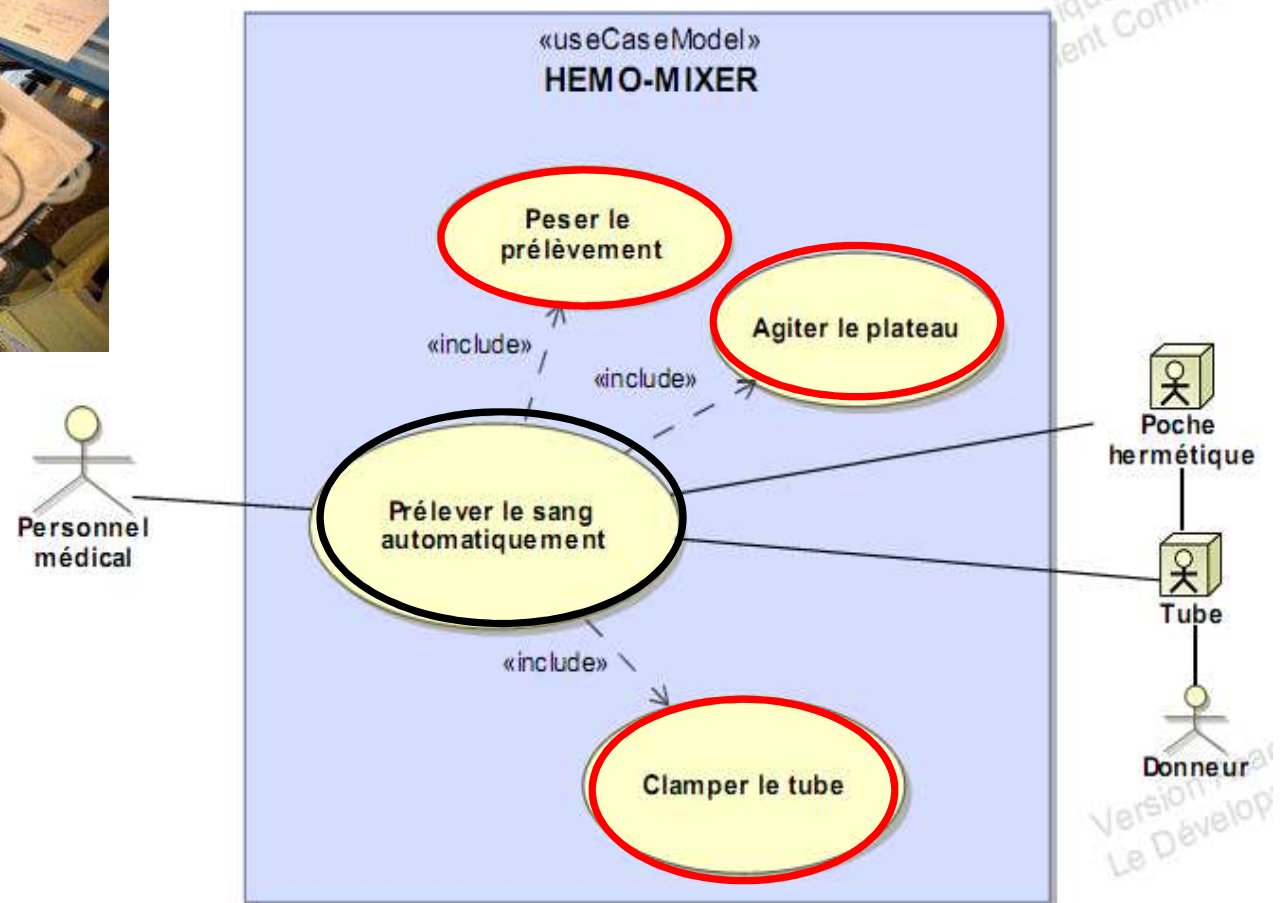


## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



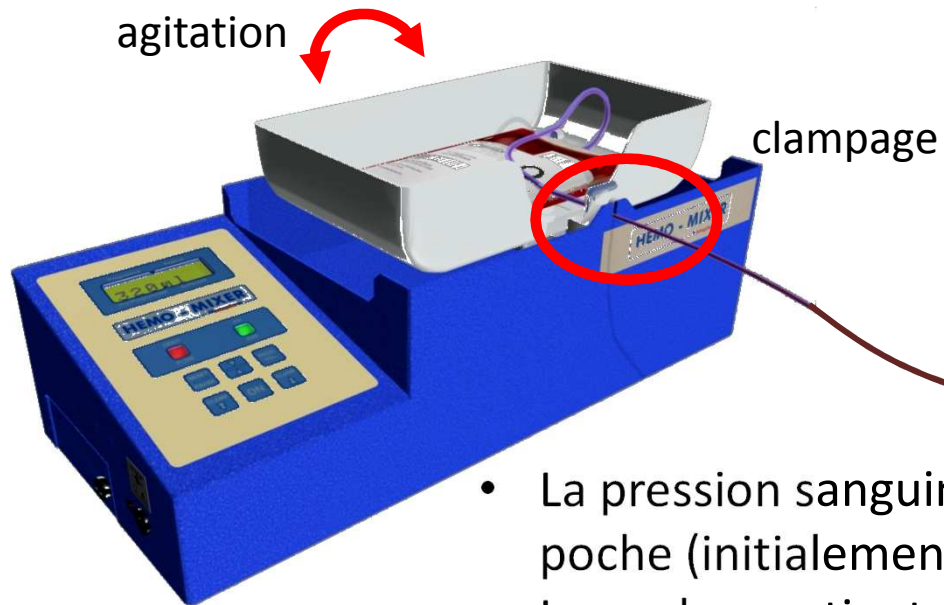
Le système

Expression du besoin [  Cas d'utilisation ]





## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



prélèvement

### Le système

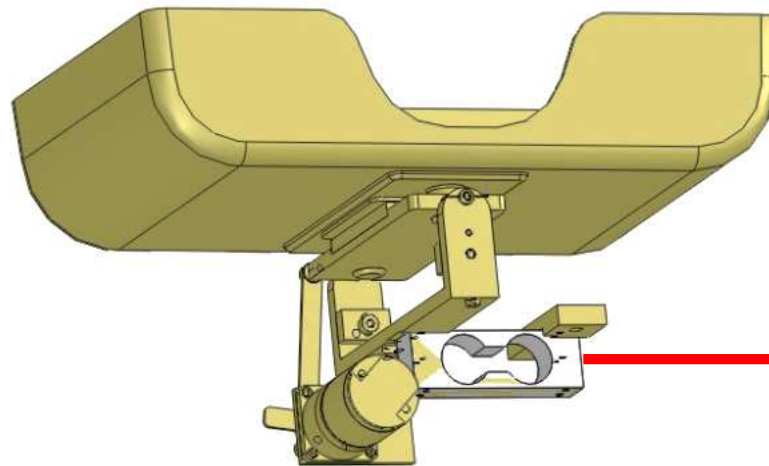
- La pression sanguine permet de **remplir** la poche (initialement sous vide)
- La poche contient un anticoagulant : elle doit être **agitée pendant toute la durée du prélèvement**
- Le prélèvement est de 450 ml (environ 10% de la masse sanguine du donneur): il faut donc **stopper le prélèvement une fois ce volume atteint (clampage)**



## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



**Les deux activités proposées s'inscrivent dans la problématique :  
Comment mesurer la quantité de sang prélevé ?**



### Solution retenue par Hemopharm

Ensemble {plateau + agitateur}  
entièrement supporté par le  
capteur de pesage

Signal électrique  
(0-18 mV)

Traitement du signal:  
Amplification, filtrage,  
conversion  
analogique/numérique,  
traitement microcontrôleur



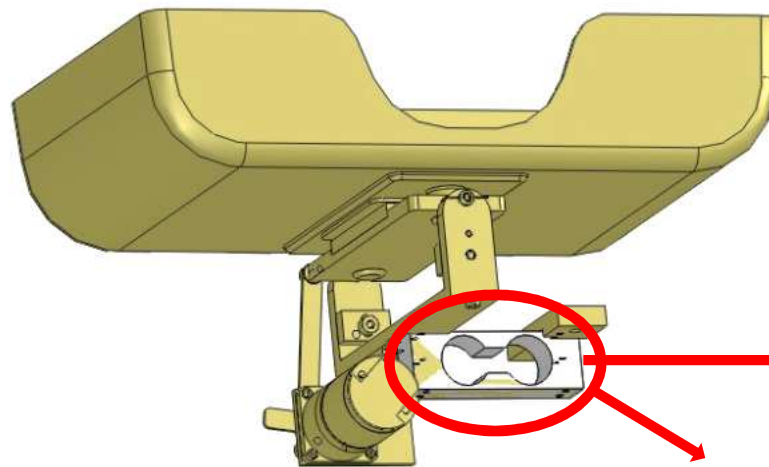
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



**Les deux activités proposées s'inscrivent dans la problématique :  
Comment mesurer la quantité de sang prélevé ?**

### Solution retenue par Hemopharm

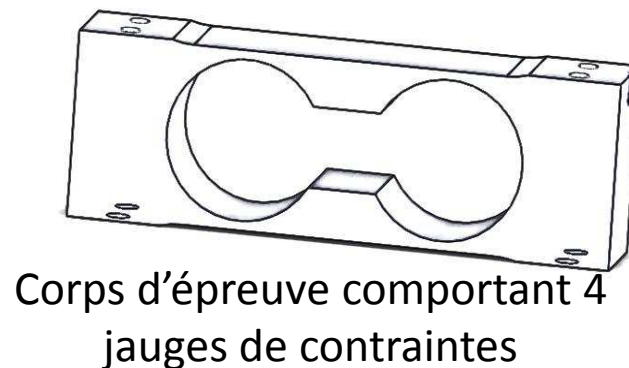
Ensemble {plateau + agitateur}  
entièrement supporté par le  
capteur de pesage



**Frontière d'étude :  
le capteur = corps  
d'épreuve + jauges**

Signal électrique  
(0-18 mV)

Traitement du signal:  
Amplification, filtrage,  
conversion  
analogique/numérique,  
traitement microcontrôleur







## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)

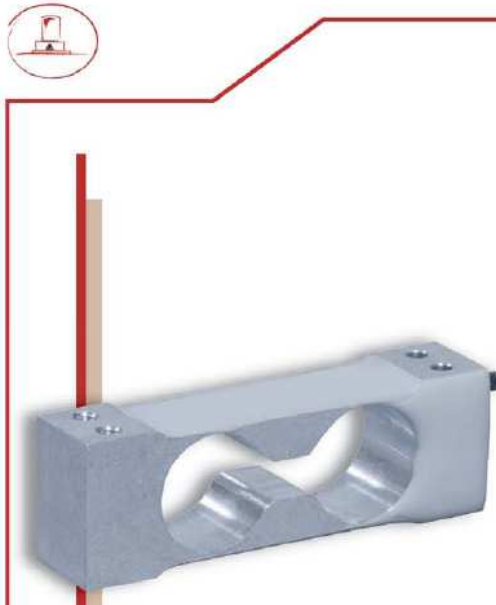


### Le capteur

Hemopharm s'est tourné vers un capteur du commerce (SCAIME), de charge nominale 4 kg, de précision 0.1%, qui garantit une pesée de la poche de sang à 4 g près.

Paramètre important des capteurs à jauges de contraintes, la **sensibilité** permet de connaître le lien entre la tension de sortie du capteur et la masse appliquée.

Capteurs de Pesage - Appui Central  
Single Point Load Cells



**EP4/P04**  
**4 kg**

- Construction en aluminium, protection IP65
- Classe de précision 0.1 %
- Faible hauteur : 23 mm
- Excentration de charge compensée jusqu'à 120x120 mm pour la version EP4 (pas de compensation en excentration pour P04)
- Aluminium construction, protection class IP65
- Accuracy class 0.1 %
- Low profile design: 23 mm
- Off-center load compensated up to 120x120 mm, for EP4 version (no off-center compensation for P04)

Le capteur étudié possède une **sensibilité de 2,2 mV/V** à la charge nominale de **4 kg**

**Qu'est-ce que cela  
signifie ?**



## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Le capteur

**Sensibilité de 2,2 mV/V à la charge nominale de 4 kg**

**Signification:** lorsque le capteur supporte une charge de 4 kg, et qu'il est alimenté en 1V, il génère une tension de sortie de 2,2 mV

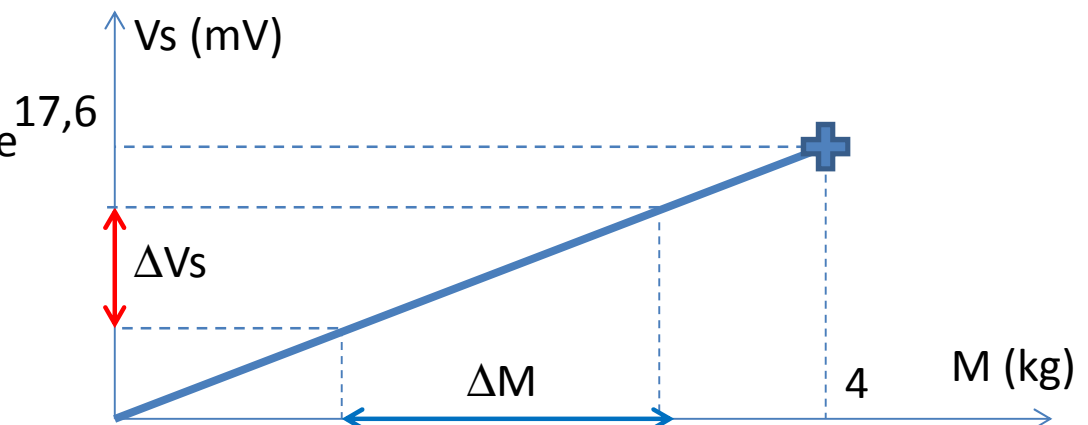
Sur Hemomixer, le capteur est alimenté en 8 V, donc pour 4 kg de chargement, il renvoie une tension de  $2,2 \times 8 = 17,6$  mV

Tension d'alimentation $V_e$	Charge	Tension de sortie $V_s$
1 V	4 kg	2,2 mV
8 V	4 kg	17,6 mV

**On peut en déduire la relation:**  
**tension de sortie  $V_s = f(\text{Charge})$**

Un concepteur de capteur cherche une bonne amplitude de la tension de sortie en fonction de la variation du mesurande (la masse).

**Donc une bonne sensibilité.**





## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)

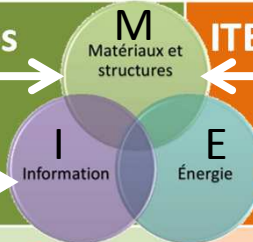


### Scenario TC

Où faut-il placer (et comment  
brancher) les 4 jauges de contraintes  
pour avoir la meilleure sensibilité  
possible du capteur?

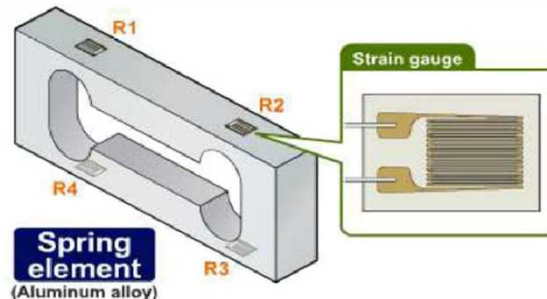
TC 2.3.3. Comportement mécanique des  
systèmes / RdM

TC 3.2.3. Acquisition et codage de  
l'information / Capteurs



RdM (T) niveau taxonomique **2**  
(être capable d'en parler: maîtrise des  
définitions, de la terminologie)

**Approche  
qualitative**



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?

ITEC 2.2. Comportement d'un mécanisme /d'une  
pièce / RdM

RdM (T) niveau taxonomique **3**  
(Résoudre un problème en étant guidé :  
maîtrise d'outils)

**Approche  
quantitative**





# Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



## Scenari TC

### Etape1: apport théorique

Présentation globale des capteurs de pesage à jauges de contrainte :  
définitions des capteurs, jauges,  
déformations, sensibilité..

**Capteur :** Dispositif assurant la conversion d'une grandeur physique en une autre grandeur physique .

Dans le capteur de Pesage : La grandeur physique « force » est traduite en une grandeur physique électrique : la Résistance

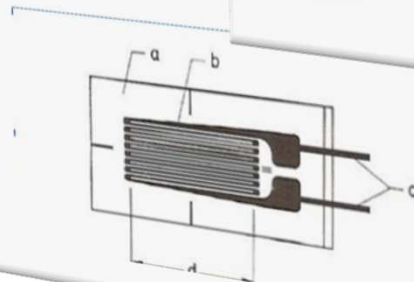
**Jauge :** Instrument servant à mesurer les déformations

-l'épaisseur du support est de 20µm à 30µm.

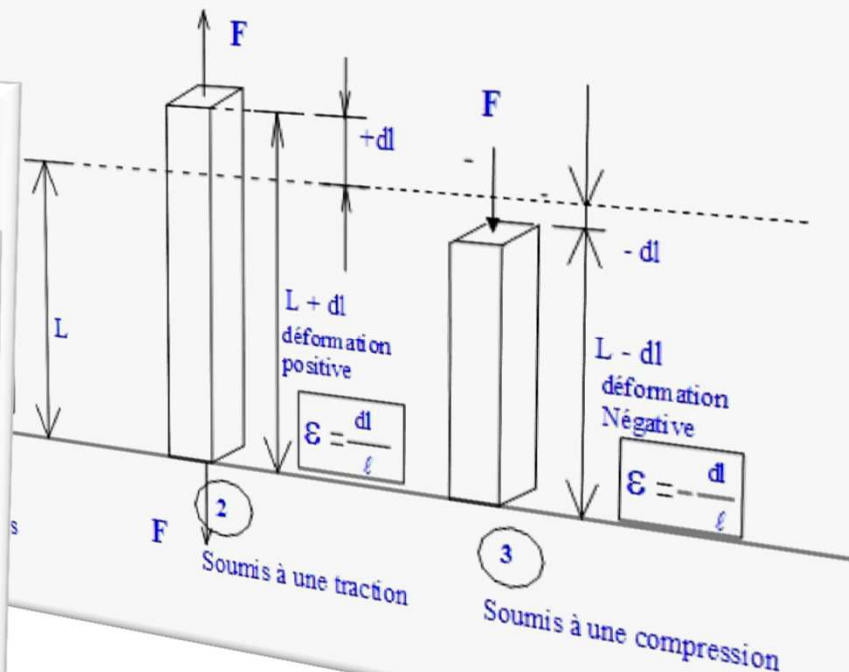
-Les dimensions du support

Des connexions (pattes de s

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta l}{l}$$



- a matériau support
- b Grille de mesure
- c connexion
- d longueur effective





## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)

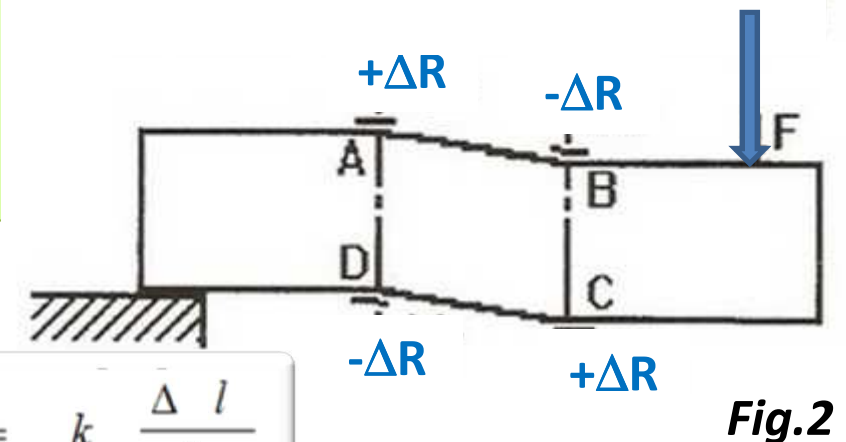
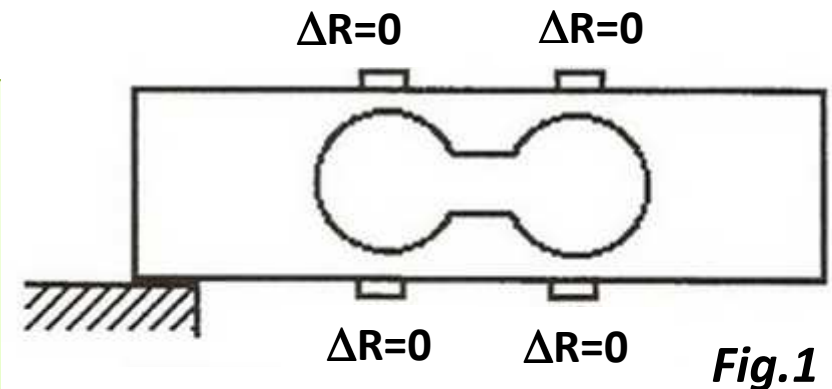
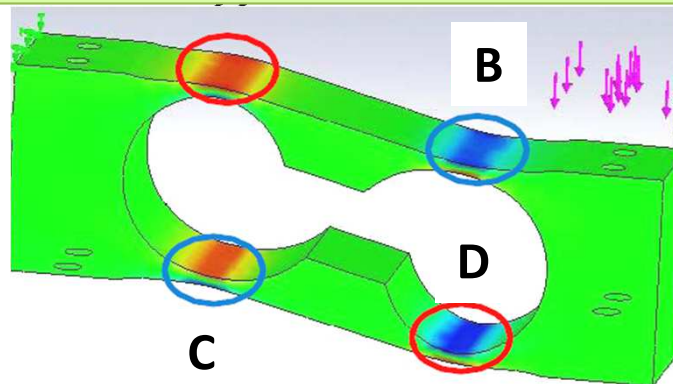


### Scénario TC

#### Etape2: analyse du comportement des jauges sur le corps d'épreuve

Lors de la déformation du corps d'épreuve sous l'effet de la charge, les 4 jauges voient leur résistance varier de  $+\Delta R$  ou  $-\Delta R$  selon leur position.

**Question:** Justifier le placement des  $\pm\Delta R$  sur la fig.2, en donnant la nature des sollicitations dans les zone A, B, C et D



$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta l}{l}$$

Loi de comportement  
d'une jauge

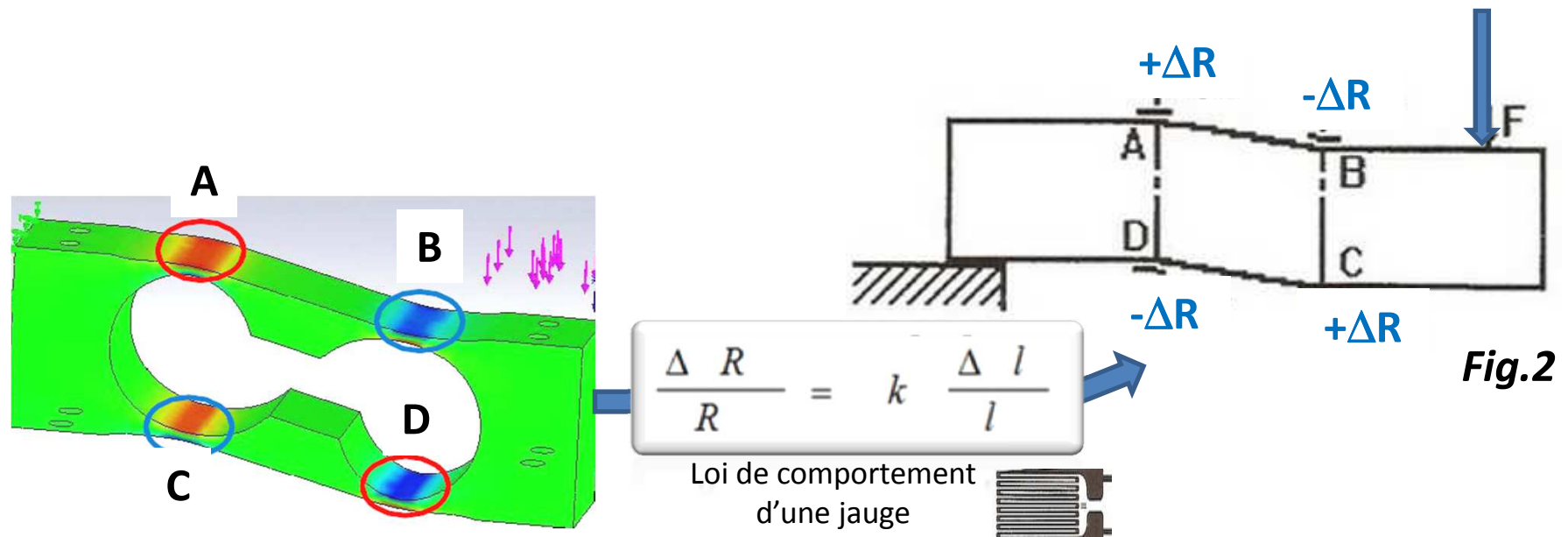




## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



- En **A**, **B**, **C** et **D**, la sollicitation est de la flexion
- En **A** et en **D**, les fibres extérieures sont tendues et subissent un allongement  $+\Delta l$  qui induit une augmentation de résistance  $+\Delta R$
- En **B** et en **C**, les fibres extérieures sont comprimées et subissent un rétrécissement  $-\Delta l$  qui induit une diminution de résistance  $-\Delta R$



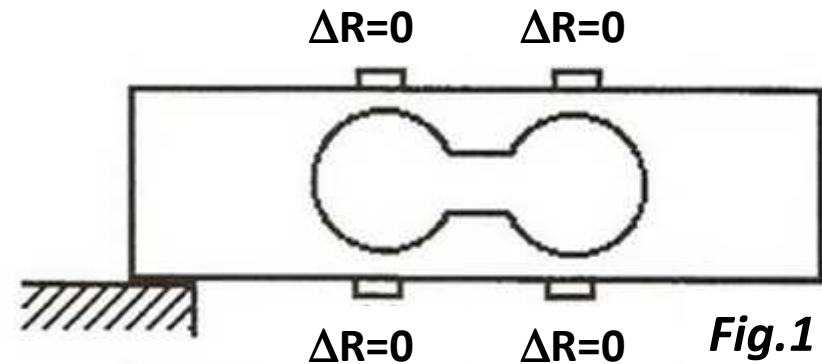
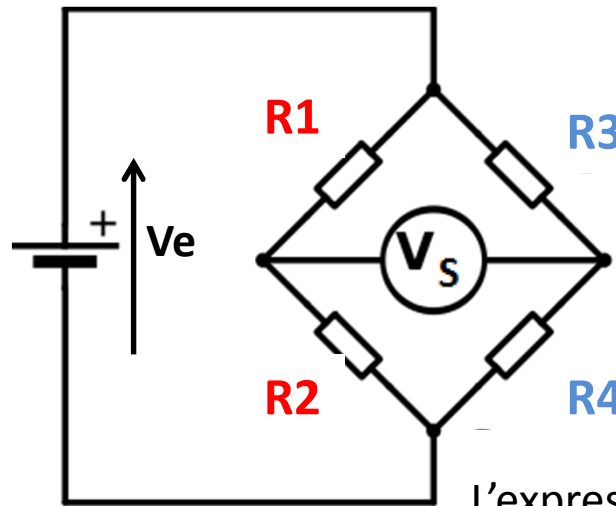
## Scénario TC

### Etape3: Analyse du pont de Wheatstone

Hypothèse : 4  
jauges identiques

#### Question:

En l'absence  
de  
chargement  
(fig.1), que  
vaut la  
tension de  
sortie  $V_G$ ?



L'expression de la tension de sortie est fournie:

Avec  $R1 = R2 = R3 = R4 = R$

$$V_s = (V_e/4R) \cdot [(\Delta R1 - \Delta R2) + (\Delta R3 - \Delta R4)]$$

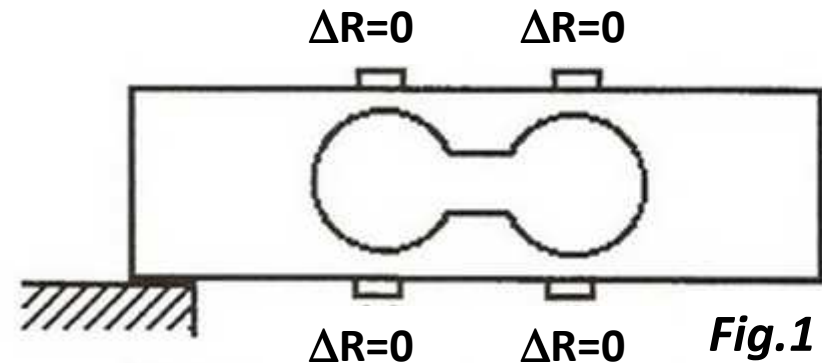
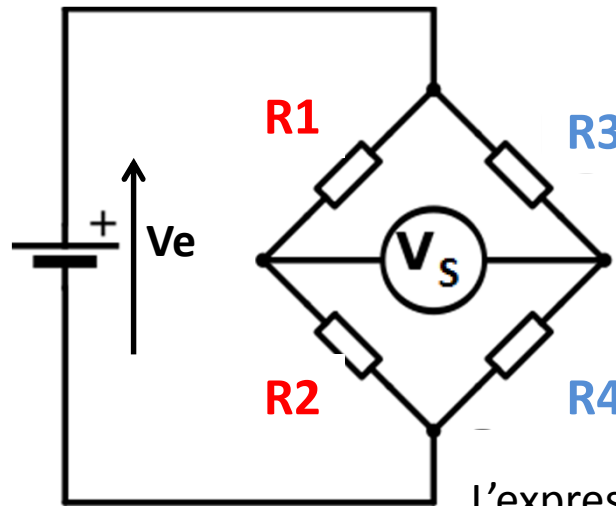
## Scénario TC

### Etape3: Analyse du pont de Wheatstone

Hypothèse : 4  
jauges identiques

#### Question:

En l'absence  
de  
chargement  
(fig.1), que  
vaut la  
tension de  
sortie  $V_G$ ?



L'expression de la tension de sortie est fournie:

Avec  $R1 = R2 = R3 = R4 = R$

$$V_s = (V_e/4R) \cdot [(\Delta R1 - \Delta R2) + (\Delta R3 - \Delta R4)]$$

Les quatre  $\Delta R$  étant nuls, quel que soit le branchement des jauges,  
la tension de sortie est nulle

$$V_s = V_G = 0$$



## Scénario TC

### Etape 4: Branchement des jauges

**Question:** la  
jauge en A joue  
le rôle de R1;  
quelles jauges  
(B, C ou D)  
doivent jouer  
le rôle de R2,  
R3 et R4, pour  
que la tension  
de sortie soit  
maximale sous  
charge ?  
(meilleure sensibilité du  
capteur)

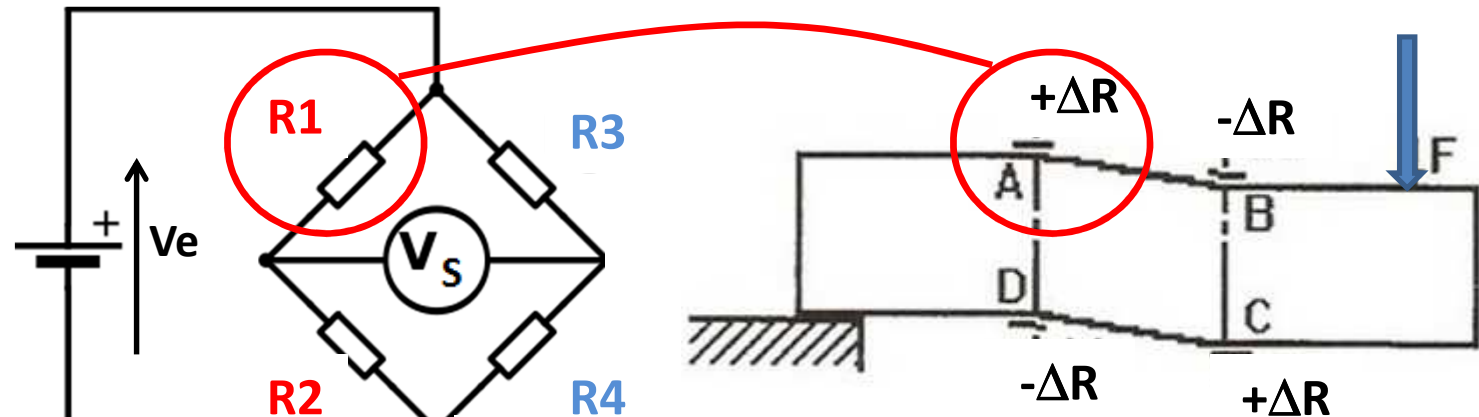


Fig.2

L'expression de la tension de sortie est fournie

Avec  $R1 = R2 = R3 = R4 = R$

$$V_s = (V_e/4R) \cdot [(\Delta R1 - \Delta R2) + (\Delta R3 - \Delta R4)]$$

( $\Delta R$  - .....)

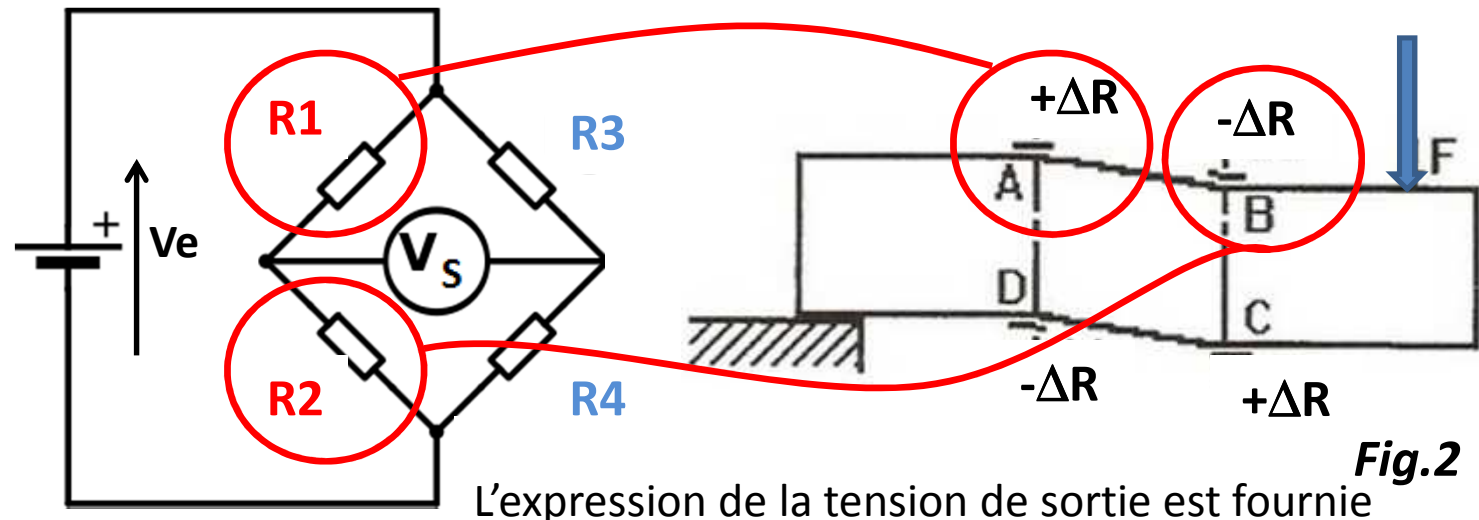
Même démarche ici

Il faut mettre un terme négatif ici pour qu'il  
s'ajoute à R1

## Scénario TC

### Etape 4: Branchement des jauges

**Question:** la  
jauge en A joue  
le rôle de R1;  
quelles jauges  
(B, C ou D)  
doivent jouer  
le rôle de R2,  
R3 et R4, pour  
que la tension  
de sortie soit  
maximale sous  
charge ?  
(meilleure sensibilité du  
capteur)



L'expression de la tension de sortie est fournie

Avec  $R1 = R2 = R3 = R4 = R$

$$V_s = (V_e/4R) \cdot [(\Delta R_1 - \Delta R_2) + (\Delta R_3 - \Delta R_4)]$$

$(\Delta R - -\Delta R)$

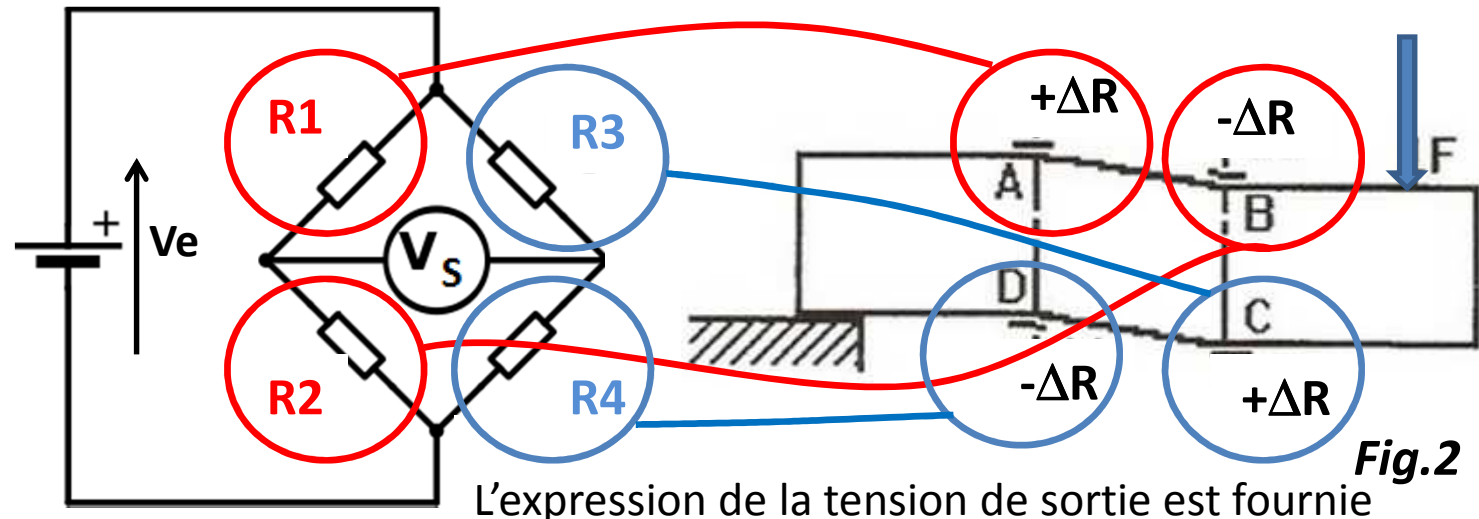
Même démarche ici

Il faut mettre un terme négatif ici pour qu'il s'additionne à R1

## Scénario TC

### Etape 4: Branchement des jauges

**Question:** la  
jauge en A joue  
le rôle de R1;  
quelles jauges  
(B, C ou D)  
doivent jouer  
le rôle de R2,  
R3 et R4, pour  
que la tension  
de sortie soit  
maximale sous  
charge ?  
(meilleure sensibilité du  
capteur)



L'expression de la tension de sortie est fournie

Avec  $R1 = R2 = R3 = R4 = R$

$$V_s = (V_e/4R) \cdot [(\Delta R_1 - \Delta R_2) + (\Delta R_3 - \Delta R_4)]$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ (\Delta R - - \Delta R) \quad (\Delta R - - \Delta R) \\ \searrow \quad \swarrow \\ (4\Delta R) \end{array}$$

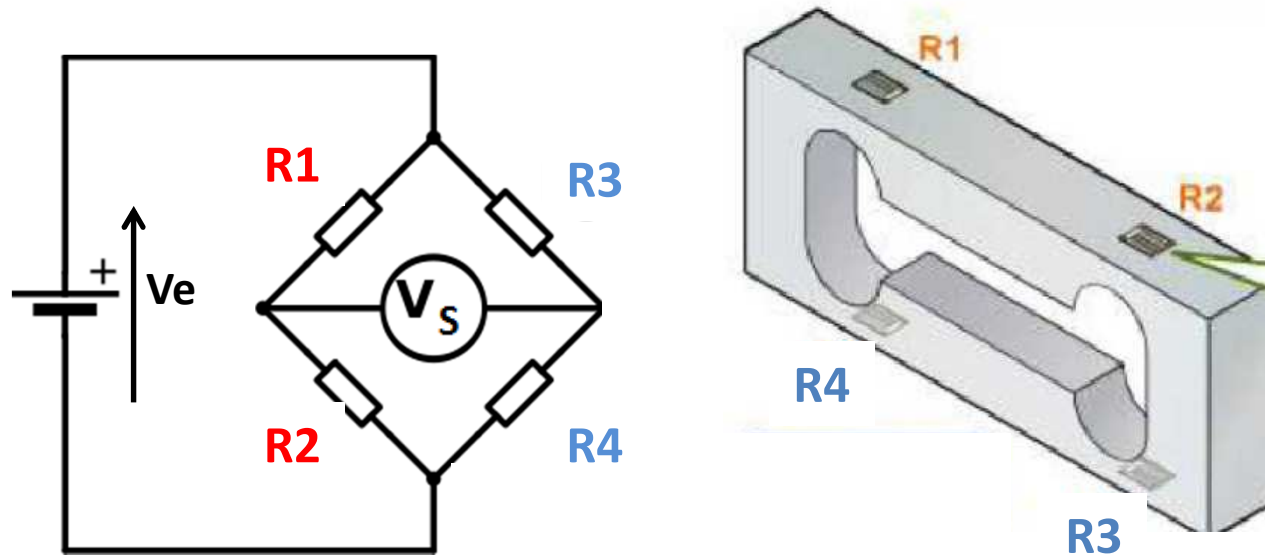


## Scénario TC

### Etape 4: Branchement des jauges

**Question:** la  
jauge en A joue  
le rôle de R1;  
quelles jauges  
(B, C ou D)  
doivent jouer  
le rôle de R2,  
R3 et R4, pour  
que la tension  
de sortie soit  
maximale sous  
charge ?

(meilleure sensibilité du  
capteur)



Avec les branchements retenus pour les jauges, on obtient

$$V_s = (V_e/4R).(4\Delta R)$$

$$V_s = V_e. \Delta R/R$$

De cette manière, pour un chargement donné, la tension délivrée par le capteur est la plus grande possible (meilleure sensibilité, meilleure résolution)



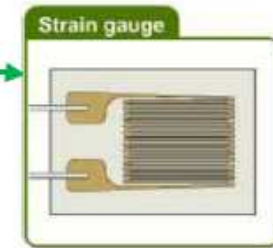
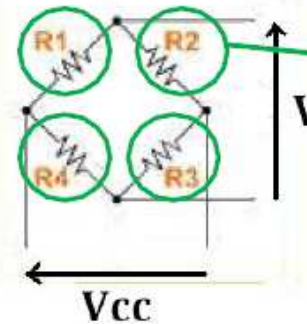
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?

La sensibilité du capteur en fonction de la déformation  
des jauges vaut:



$$V = 1000 \cdot K \cdot \frac{\Delta L}{L} \cdot V_{cc}$$

$$S = 1000 \cdot K \cdot \Delta l / l \quad (\text{dépend du facteur de jauge et de leur allongement relatif})$$

#### Question:

Les déformations du corps d'épreuve sont-elles compatibles avec la valeur de  $S=2,2 \text{ mV/V}$  ?

Il faut un allongement relatif :

$$\Delta l / l = S / 1000K = 2,2 / 2000$$

$$\Rightarrow \Delta l / l = 1,1 \cdot 10^{-3}$$





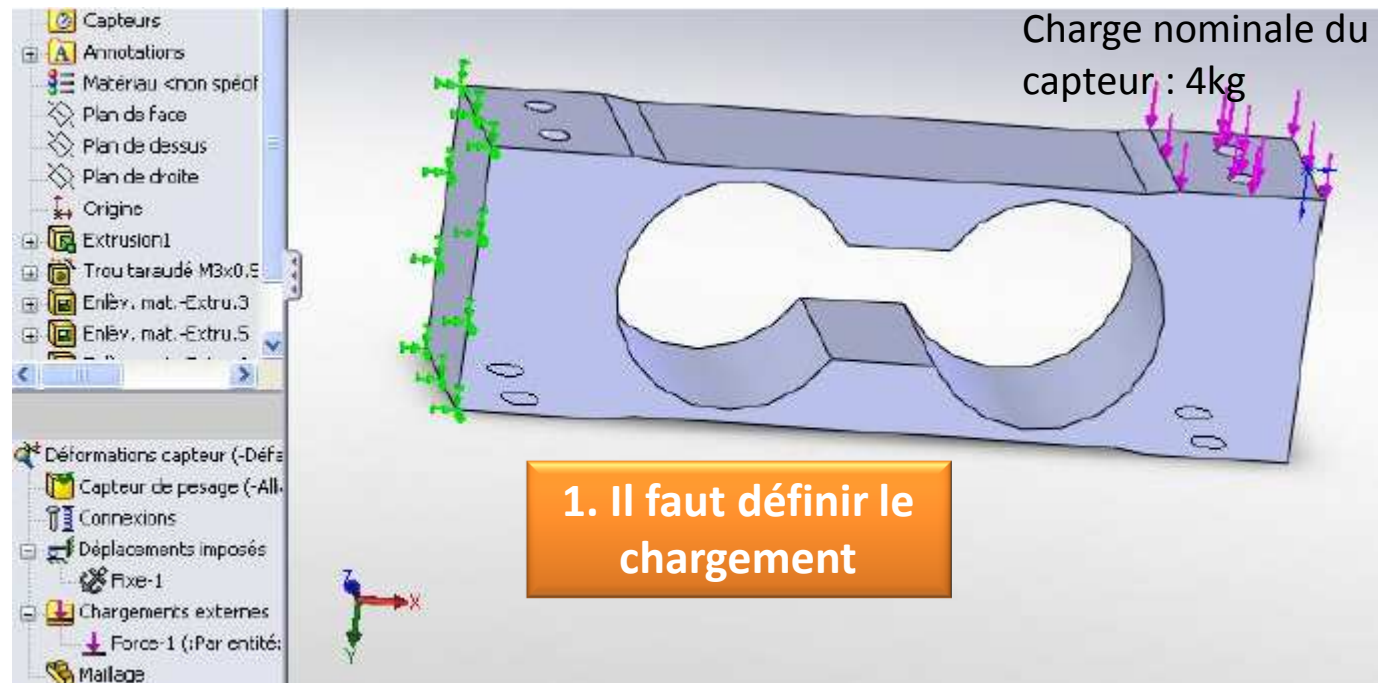
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?

Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes



1. Il faut définir le  
chargement



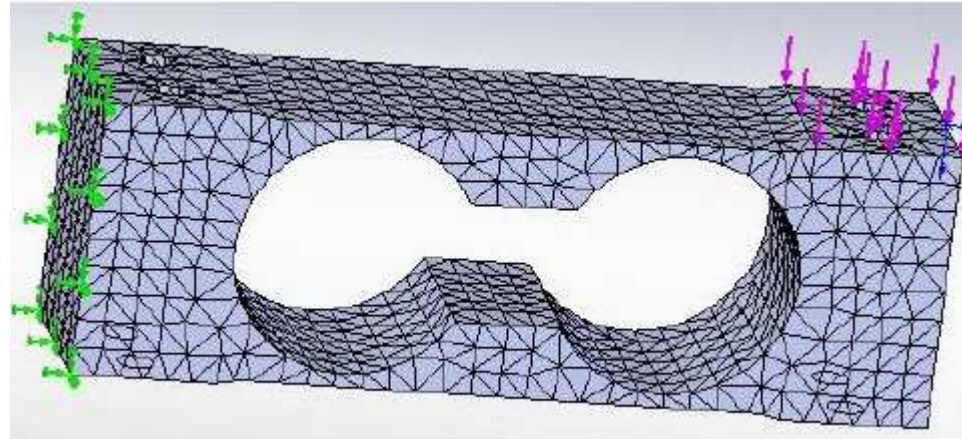
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

**Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?**

Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes



### 2. Créer le maillage



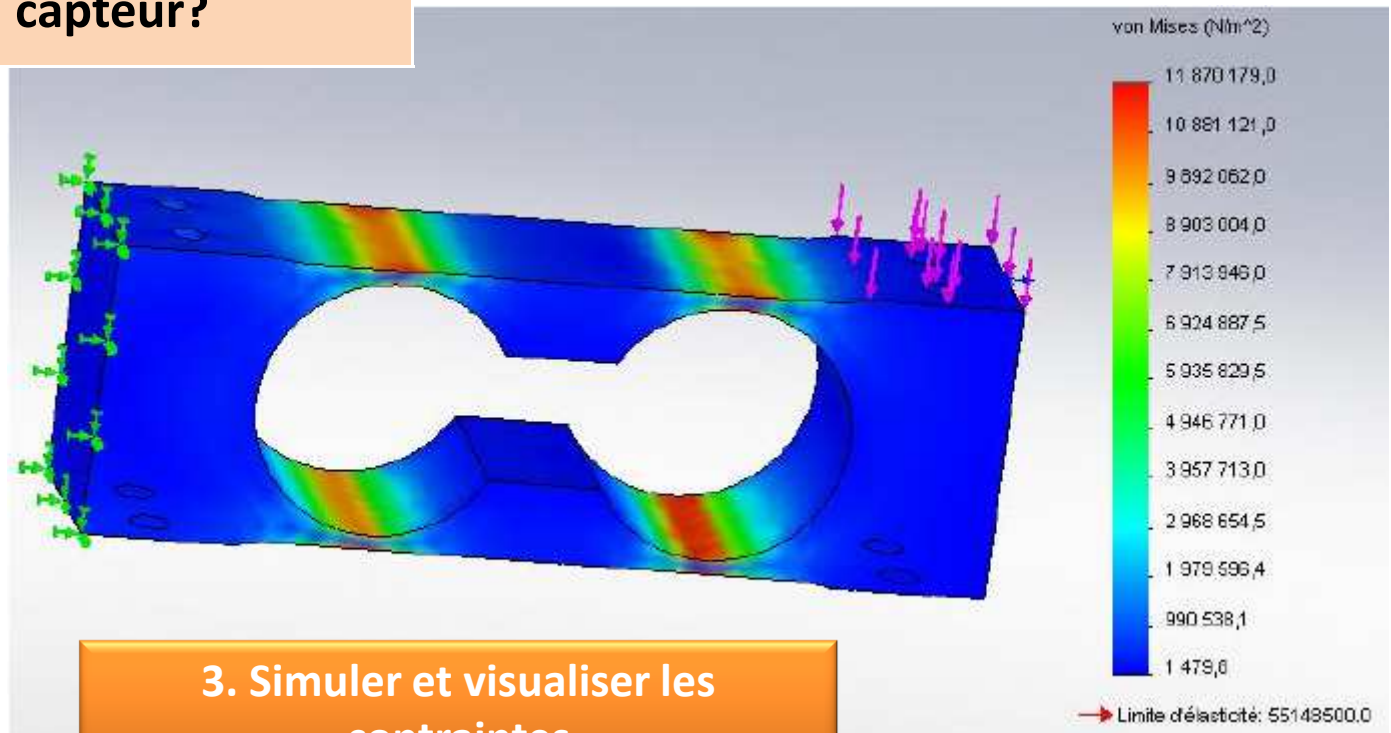
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?

Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes



3. Simuler et visualiser les  
contraintes



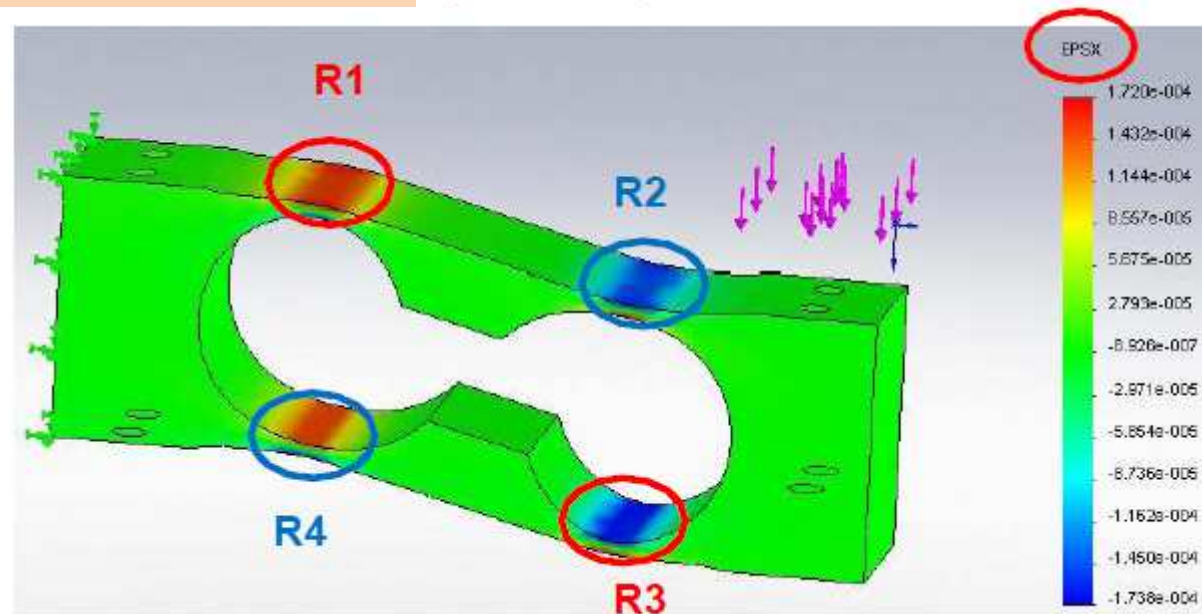
## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?

Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes



#### 4. Visualiser les déformations

(On peut vérifier la relation  
 $\epsilon = \sigma/E$ )



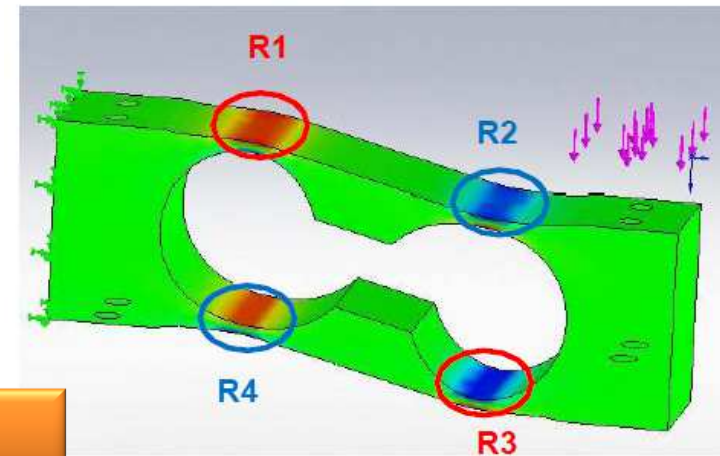


## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?



Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes

### 5. Exploiter les résultats

Masse sur capteur	$\frac{\Delta L}{L}$ en R1	$\frac{\Delta L}{L}$ en R2
Capacité nominale 4 kg	$1.11 \cdot 10^{-3}$	$-1.122 \cdot 10^{-3}$

$$S = 1000 \cdot K \cdot \frac{\Delta L}{L} = 2.232 \text{ mV/V}$$



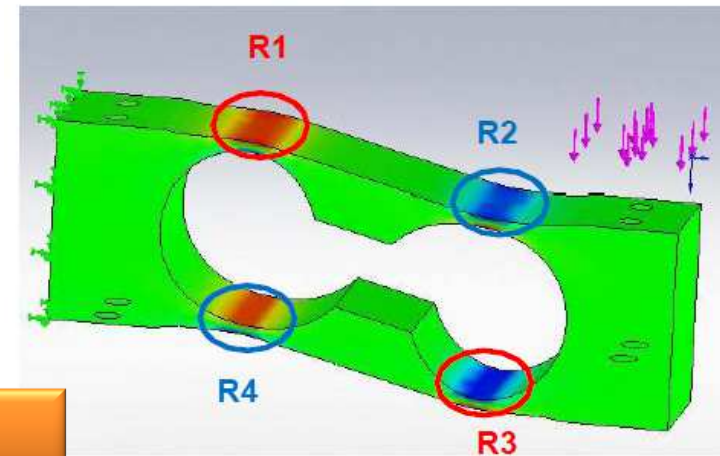


## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Prolongement - Scenario ITEC

Les déformations du corps d'épreuve  
sont elles compatibles avec la  
sensibilité du capteur?



Déterminons par  
simulation la valeur de  
l'allongement relatif du  
corps d'épreuve dans les  
zones où se trouvent les  
jauges de contraintes

#### 5. Exploiter les résultats

Masse sur capteur	$\frac{\Delta L}{L}$ en R1	$\frac{\Delta L}{L}$ en R2
Capacité nominale	$1.11 \cdot 10^{-3}$	$-1.122 \cdot 10^{-3}$

$$S = 1000 \cdot K \cdot \frac{\Delta L}{L} = 2.232 \text{ mV/V}$$

La sensibilité correspond à celle annoncée par le constructeur : les déformations du corps d'épreuve sont compatibles avec la sensibilité du capteur



## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Autres prolongements possibles:

- Remplacer l'aluminium par de l'acier dans la simulation et vérifier l'impact sur la sensibilité.

Le capteur nécessite alors un chargement plus important pour avoir de déformations significatives.

- Trouver/exploiter les critères de choix de matériaux pour un capteur :
  - La tendance naturelle consiste à choisir des matériaux se prêtant à des déformations importantes, afin d'obtenir des signaux de grande amplitude.
  - Il faut alors éviter d'aller aux limites d'élasticité des matériaux afin de s'affranchir des risques de déformations permanentes voire de ruptures.
  - Les aciers alliés (E4340 par exemple) présentent une excellente résistance à la fatigue, mais ils doivent être protégés contre la corrosion.
  - Les aciers inoxydables n'ont pas ce problème mais ils sont peu homogènes et donnent des capteurs peu précis.
  - Les alliages d'aluminium conviennent bien pour la réalisation de capteurs de faible capacité...



## Articulation entre enseignements technologiques transversaux et de spécialité (ITEC)



### Autres prolongements possibles:

- Sur le même principe on peut étudier le capteur de force du portail SET
- Sur le même principe on peut étudier le capteur de pesée de l'automate d'affranchissement de colis postale (ac-Rouen)

Etc ....





**Articulation entre  
enseignements technologiques transversaux  
et de spécialité (ITEC)**



**Merci de votre attention**