



# Livre blanc

## Mesure des forces avec capteurs de contraintes

Les forces sont mesurées avec un capteur de force, bien sûr. Vraiment ? En fait, ce n'est pas aussi évident que cela peut paraître à première vue. Il semble que les capteurs de contrainte puissent constituer une alternative judicieuse dans de nombreux cas. Surtout quand il s'agit de mesurer des forces importantes, ils constituent souvent le choix le plus rentable et le plus facile à intégrer.

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Mesure des forces avec capteurs de contraintes</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Choisir le bon capteur de contraintes</b>	<b>3</b>
3.1	Composants de la chaîne de mesure avec un capteur de contraintes	4
3.2	Montage et placement optimal	4
3.3	Calibrage pendant la mesure des forces	5
<b>4</b>	<b>Résumé</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Auteur</b>	<b>6</b>

# 1 Introduction

Ce livre blanc fournit des conseils sur la façon dont les capteurs de contraintes peuvent être utilisés concrètement dans un projet et répond aux questions centrales suivantes :

- Comment fonctionne la mesure des forces avec des capteurs de contraintes ?
- Quel capteur de contraintes est le meilleur choix pour mon application ?
- De quels composants ai-je besoin pour ma chaîne de mesure ?
- Comment les monter et les placer correctement ?
- Comment puis-je calibrer ma mesure de contraintes ?

## 2 Mesure des forces avec des capteurs de contraintes

Contrairement aux capteurs de forces, qui sont installés directement dans le flux de force, les capteurs de contraintes sont utilisés dans la dérivation de la force : ils détectent les déformations qui se produisent lors de la sollicitation d'une structure de machine en mesurant la contrainte entre les surfaces vissées par l'intermédiaire de jauges de contraintes (DMS). La contrainte de surface mesurée est  $\epsilon(\Delta L/L)$  proportionnelle à la force appliquée et dépend de la section du matériau A et du module d'élasticité E.

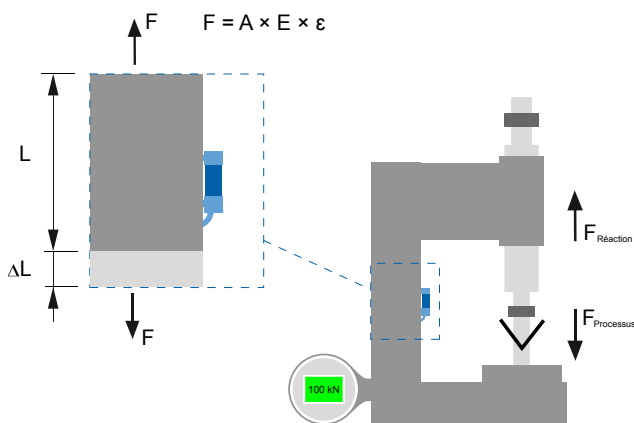


Figure 1 : mesure des forces dans la dérivation de force

Les jauges de contraintes convertissent ainsi la contrainte mécanique, qui survient lors de la déformation de la structure de la machine, en une modification de la résistance électrique et agissent comme des convertisseurs électro-mécaniques. Cette modification de la résistance entraîne une modification de la tension proportionnelle à la contrainte. Grâce à l'interconnexion intelligente des différentes jauges de contrainte pour former un pont de mesure de Wheatstone, même les plus petites contraintes peuvent être détectées. Le signal de mesure du pont est alors proportionnel à la tension d'alimentation (ratiométrique).

Le signal de mesure typique des capteurs à jauges de contrainte se situe entre 0,4...2,0 mV/V. Les capteurs de contraintes sont conçus pour être résistants à la fatigue et sont parfaitement adaptés aux applications cycliques. Les temps de cycle courts, de l'ordre des millisecondes, sont faciles à surveiller, mais les capteurs de contraintes dotés d'une mécanique de mesure appropriée peuvent également parfaitement être utilisés pour des applications statiques. Noter que les contraintes non tributaires de la sollicitation, mais d'influences externes, telles que des changements de température, pourraient fausser le signal de sortie. Néanmoins, il existe des mesures qui permettent de compenser ces effets.

## 3 Choisir le bon capteur de contraintes

Baumer propose une gamme complète de capteurs de contraintes à visser qui couvre la majorité des scénarios d'application possibles. Il s'agit notamment d'options pour les espaces limités, les applications industrielles normales et l'utilisation dans des conditions extérieures difficiles. Le grand avantage des capteurs de contraintes vissés avec des jauges de contrainte collées à chaud est qu'ils représentent une solution stable à long terme, de haute qualité et reproductible pour la production en série, alors que les jauges de contrainte collées à froid sont plutôt utilisées dans les essais de développement.

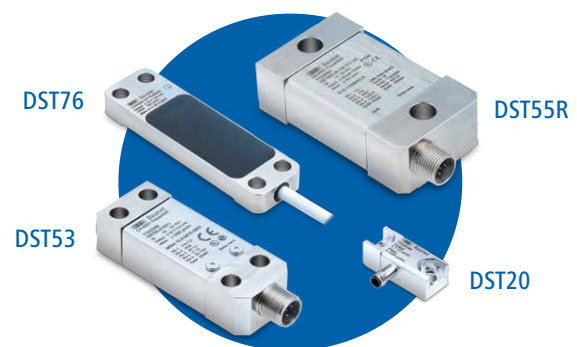


Figure 2 : gamme pour applications polyvalentes

Le capteur de contraintes DST76 est l'option standard pour la mesure indirecte des forces dans les applications industrielles intérieures telles que l'utilisation dans l'automatisation des usines et la construction de machines et d'installations.

Le modèle DST53 est le capteur de contraintes performant pour les applications industrielles intérieures, en particulier pour les petites et grandes plages de mesure. En raison de la faible rigidité, la structure à surveiller est peu affectée.

Le capteur de contraintes miniaturisé DST20 est particulièrement adapté aux applications où l'espace d'installation est limité, par exemple dans la construction de machines et d'équipements ou dans l'automatisation des processus. En outre, il procure une solution stable à long terme pour remplacer en série les jauges de contraintes collées à froid des essais initiaux en laboratoire lorsque l'espace d'installation est limité.

Grâce à sa construction solide, à l'utilisation de matériaux résistants et au concept d'étanchéité complet, le capteur de contraintes DST55R particulièrement robuste convient aux applications industrielles extérieures dans des conditions difficiles, comme l'automatisation mobile.

Outre les capteurs de contraintes à visser, il existe également des versions qui mesurent la contrainte à l'intérieur d'un perçage. Des lances de mesure et des chevilles de mesure sont disponibles. Elles sont utilisées, par exemple, dans les tirants des machines de moulage par injection et de moulage sous pression, pour surveiller la force de fermeture du moule. C'est sur la base de ces critères que l'on peut décider quel est le bon capteur de contraintes pour une application spécifique :

- Tout d'abord, l'environnement de l'application est crucial : s'agit-il d'une application extérieure difficile ou d'un espace industriel intérieur ?
- Les réalités structurelles de la structure à surveiller déterminent ensuite si l'utilisation d'un capteur de contraintes à visser est appropriée ou s'il est plus approprié de mesurer la contrainte dans un perçage.
- Les conditions d'espace doivent également être prises en compte ; si l'espace d'installation est limité, une version miniaturisée est proposée.
- La plage de mesure du capteur de contraintes doit être choisie en fonction de la contrainte escomptée à l'endroit prévu. Si la contrainte escomptée est encore incertaine, il est recommandé de choisir un capteur de contraintes à large plage de mesure lors d'un premier test.

### 3.1 Composants de la chaîne de mesure avec un capteur de contraintes

La sélection des composants requis pour une chaîne de mesure avec des capteurs de contraintes est souvent prédéterminée par la commande existante. La plupart des capteurs de contraintes de Baumer disposent d'une électronique d'amplification intégrée qui fournit des signaux standards tels que +/- 10 V, 4..20 mA, CANopen, IO-Link. Ces capteurs de contraintes peuvent être raccordés directement à la commande. Les capteurs DST53 et DST76 peuvent également être facilement optimisés pour l'application spécifique via l'interface IO-Link.

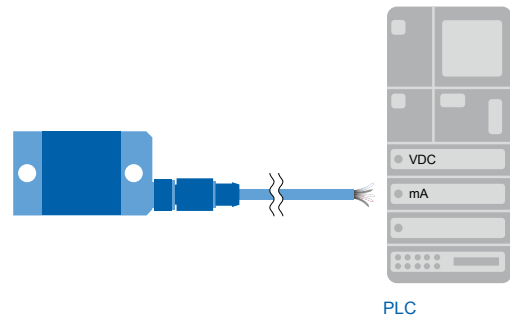


Figure 3 : capteurs de contraintes avec électronique d'amplification intégrée

Pour les capteurs de contraintes passifs qui fournissent un signal de sortie mV/V, Baumer propose les câbles de raccordement et les amplificateurs appropriés afin que le capteur de contraintes émette un signal standard et puisse être facilement branché sur la commande. L'amplificateur doit être placé à proximité du capteur afin d'atteindre la commande avec des signaux amplifiés sur de plus longues distances. Certaines commandes disposent déjà de cartes internes avec entrée mV/V. Là, les capteurs passifs peuvent simplement être branchés directement sur la commande par le biais d'un câble de raccordement.

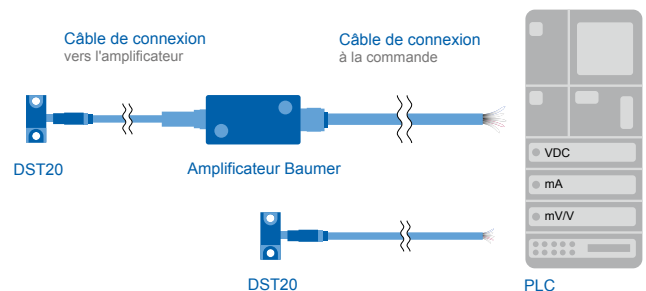


Figure 4 : chaîne de mesure avec et sans amplificateur

Vous trouverez de plus amples informations dans le mode d'emploi.

### 3.2 Montage et placement optimal

Les capteurs de contraintes à visser s'installent aisément et peuvent mesurer d'infimes contraintes de l'ordre du micromètre sur une structure grâce à l'application des forces. Ils sont donc solidement vissés sur le composant pour obtenir de bons résultats de mesure. Pour les structures plus fines, ils sont fixés avec des trous traversants et un écrou, sinon dans des trous borgnes à l'aide des vis de fixation fournies.

Pour déterminer l'emplacement optimal d'un capteur de contraintes et pour obtenir les meilleurs résultats possibles, quelques points doivent être observés :

- Le capteur de contraintes doit être placé dans des endroits où des contraintes mesurables au niveau de la structure sont escomptées grâce à l'application des forces dans la direction appropriée. Il s'agit principalement de contraintes ou de tensions mécaniques résultant de la flexion, ainsi que de contraintes de traction et de compression. La méthode des éléments finis permet de déterminer la contrainte de surface et la direction attendues dans des conditions de tension multiaxiales, et donc la plage de mesure nécessaire à l'endroit prévu.

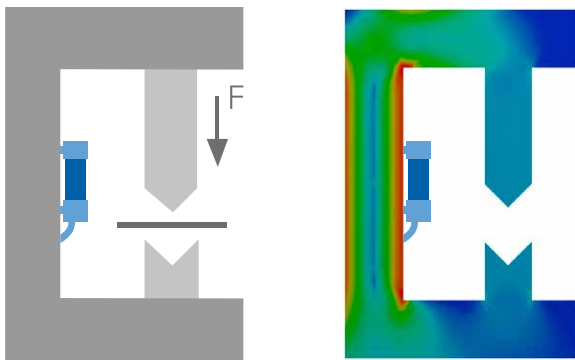


Figure 5 : placement optimal des capteurs de contraintes

- Si cette option n'est pas viable, le plus simple est d'effectuer un test avec un capteur de contraintes doté d'une plus grande plage de mesure, par exemple 750 ou 1000  $\mu\text{m/m}$ , et de déterminer ainsi la contrainte réellement exercée au niveau du point sélectionné.
- En outre, des facteurs tels que les conditions structurelles, l'accessibilité ou la protection du capteur de contraintes jouent également un rôle important dans le positionnement des capteurs de contraintes.
- Pour obtenir des résultats de mesure précis, il est important de noter que le capteur est correctement monté sur une surface de mesure plane, propre et usinée. Les instructions de traitement, les vis de montage, l'espacement des trous et les diamètres respectifs figurent dans le mode d'emploi correspondant.
- S'il est difficile de préparer des surfaces de montage de qualité suffisante, des rondelles à billes peuvent être utilisées pour compenser certaines erreurs d'angle de surface ou des écarts d'angle des trous. Il existe également sur le marché des rondelles diamantées (friction shims) qui compensent des inégalités légères et augmentent la friction.
- En général, une légère distorsion du capteur de contraintes se produit en raison du montage, et donc déjà un signal de contrainte. Le tarage sur la structure non chargée de la machine permet d'éliminer l'influence du montage comme sur une balance.

- Nous recommandons également un tarage régulier du capteur après le montage pour compenser les changements de point zéro, par exemple en raison des influences de la température.

### 3.2 Calibrage pendant la mesure des forces

En général, lors de la phase de développement, il est proposé de calibrer une fois la machine à contrôler avec une force connue. Il en résulte une corrélation simple avec la contrainte correspondante de la structure à surveiller.

Pour ce faire, la contrainte mesurée sous charge est comparée à un capteur de force. Cela signifie que les calculs par la méthode des éléments finis peuvent également être vérifiés en même temps.

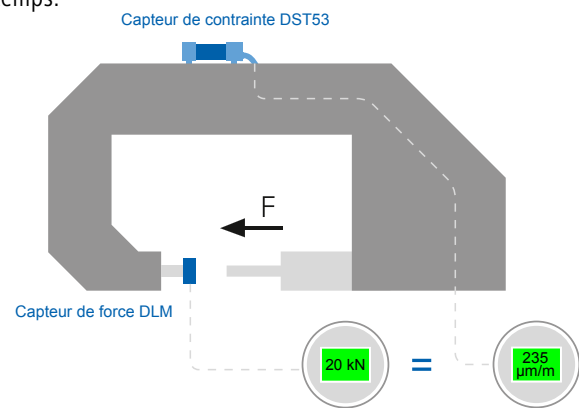


Figure 6 : étalonage des capteurs de contraintes

Pour des exigences de précision plus élevées, chaque machine de la série peut également être calibrée si nécessaire. Puisque le capteur de contraintes mesure dans la dérivation de la force, cela signifie également que la machine fait partie du système de mesure. Cela signifie que les tolérances de fabrication ont également une influence sur la précision de mesure. Les capteurs de contraintes de Baumer sont déjà étalonnés pour la contrainte pendant la production. Cela signifie qu'ils peuvent être facilement remplacés sur la structure à mesurer si nécessaire et fournir à nouveau la même valeur mesurée après le montage.

## 4 Résumé

- Les capteurs de contraintes sont une alternative rentable aux capteurs de force pour les forces importantes.
- Les capteurs de contraintes à visser de Baumer peuvent être facilement intégrés dans la machine et offrent une solution adaptée à tous les domaines d'application.
- En respectant les points énumérés dans ce livre blanc, les premiers tests de fonctionnement peuvent facilement être effectués sur des machines existantes ou sur de nouveaux projets en vue d'une intégration ultérieure en série.

## 5 Auteur



**Thomas Hertig**  
Product Management  
Baumer Electric AG

### Baumer Electric AG

Hummelstrasse 17  
CH-8501 Frauenfeld  
Phone +41 (0)52 728 1122  
Fax +41 (0)52 728 1144

### Groupe Baumer

Le Groupe Baumer est un des leaders mondiaux dans la production de capteurs, codeurs, instruments de mesure et composants pour les appareils de traitement d'image automatisé. Baumer associe une technologie innovante et un service orienté clients à des solutions intelligentes pour l'automatisation des procédés et des lignes de fabrication et propose, à cette fin, une palette exceptionnelle de produits et de technologies. L'entreprise familiale, qui emploie quelque 2700 collaborateurs et dispose de sites de production, de sociétés de distribution et de représentations dans 38 succursales et 19 pays, est toujours proche de ses clients. Grâce à des normes de qualité élevées partout dans le monde et une grande force d'innovation, Baumer propose à ses clients de nombreux secteurs des avantages décisifs et une plus-value considérable. Pour plus d'informations, consultez notre site Internet [www.baumer.com](http://www.baumer.com).



**Baumer Group**  
International Sales  
Hummelstrasse 17  
CH-8501 Frauenfeld  
Phone +41 (0)52 728 1122  
Fax +41 (0)52 728 1144  
[sales@baumer.com](mailto:sales@baumer.com)