

Erreur considération capteurs à fil tendu

1. Généralités

Les exemples suivants doivent permettre de montrer de manière pratique quelles sont les influences existant et devant donc être prises en compte, au niveau des erreurs lorsque l'on utilise des capteurs à fil tendu du commerce.

Les influences concernant les erreurs qui existent certes au niveau arithmétique mais qui sont si minimes que leur ampleur est énormément plus réduite que celle de l' « erreur principale » restent dans la plupart des cas non retenues. Il faut tout particulièrement savoir que beaucoup des termes de base utilisés dans la métrologie ne sont pas normés et seront quelquefois interprétés de manière très différente.

2. Erreur

2.1 Ecart de sensibilité

On comprend sous le terme de sensibilité le rapport existant entre la course et le signal c'est-à-dire quel signal ou quelle modification de signal apparaît respectivement pour une course ou une modification de course.

Lorsque l'on utilise un encodeur, la sensibilité normée se calcule à partir du nombre de bits (par rotation de l'encodeur)/ longueur de câble enroulée. Lorsque l'on utilise des éléments de capteur analogiques (potentiomètre), elle sera indiquée en mV/mm, mA/mm ou mV/Vmm, selon le type de sortie de signal.

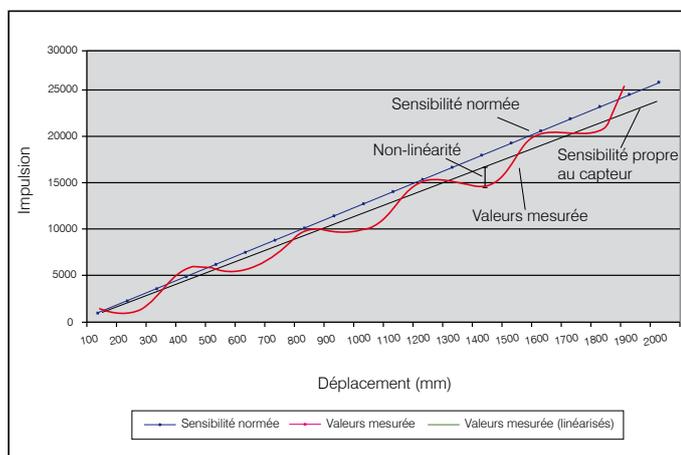


Figure 1 : Ecart de sensibilité

Exemple:

A) Câble sous gaine WDS-15000-P115 (315,07mm/U) avec encodeur 12 bit/ rotation.

On a ici une sensibilité de 4096 impulsions/ 315,07 mm = 13 impulsions/mm.

(La valeur réciproque est alors la résolution :
315,07 mm / 4096 = 0,077 mm)

On calcule donc la longueur de câble déroulée / rotation à partir de (diamètre du tambour + diamètre du câble)* π . Les tolérances

de fabrication du tambour et du câble ont donc une influence sur la sensibilité des capteurs. Ces tolérances sont d'env. $\pm 0,03\%$ pour le diamètre du tambour et de $+8\%$ pour le diamètre du câble. On a donc, outre la « sensibilité normée » de 13 impulsions / mm, une valeur propre au capteur (droite verte sur l'illustration) qui est uniquement applicable à un capteur et doit être calculée pour chacun d'eux. (cf. 3). Cette valeur est notée sur le compte-rendu de mesures et fournie avec le (module mécanique du) capteur. Lorsqu'un module mécanique de câble sous gaine est livré sans encodeur, cette valeur se base alors sur l'encodeur de référence utilisé chez Micro-Epsilon. Si l'on utilise ensuite un encodeur possédant un autre taux d'impulsions, il faut alors modifier cette valeur en conséquence.

B) Câble sous gaine WDS-15000-P115 avec potentiomètre hybride et signal de sortie potentiométrique.

De même qu'à l'exemple A), on a, pour les raisons citées plus haut, une sensibilité normée et une sensibilité réelle. Celle-ci est indiquée en mV/Vmm et est typiquement pour ce capteur d'environ 0,067 mV/Vmm. Pour les sorties analogiques, la résolution est réduite du fait du souffle des systèmes électroniques utilisés.

Dans la pratique, cet écart de sensibilité (= « exactitude de transfert » respectivement « défaut de gradient ») peut être relativement facilement compensé, par exemple, par un calibrage en 2 points ou l'utilisation d'une sensibilité propre au capteur. Il est évidemment possible d'utiliser aussi le capteur avec la sensibilité normée, on a alors une erreur correspondant à l'intervalle entre les deux droites représentées sur l'illustration. L'erreur absolue augmente dans ce cas en fonction de la longueur déroulée. Si elle est exprimée en pourcentage, elle s'applique en règle générale à la valeur mesurée actuelle.

2.2 Linéarité

On entend par le terme linéarité (= « non-linéarité », « écart de linéarité » ou « (non-) linéarité indépendante ») l'écart maximum d'avec le comportement linéaire du capteur. En règle générale, cet écart se rapporte à la sensibilité effective du capteur (telle que représentée sur l'illustration) et est donnée en pourcentage de la plage de mesure (= f.s.o.: full scale output = de la plage de mesure). Dans certains rares cas, elle se rapporte à la sensibilité normée et caractérisée comme (non-) linéarité « absolue ».

2.2.1 Capteurs à encodeur

Exemple pour WDS-15000-P115 : Linéarité = $\pm 0,015$ de la plage de mesure.

Plage de mesure = 1500 mm, ce qui nous donne donc un écart de linéarité toléré de $\pm 0,015\%$ de 15000 mm = $\pm 2,25$ mm.

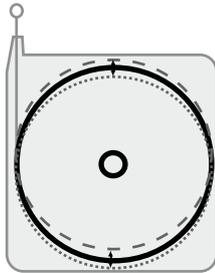


Figure 2 : Défaut dû à des tolérances sur l'arbre, le tambour et les paliers

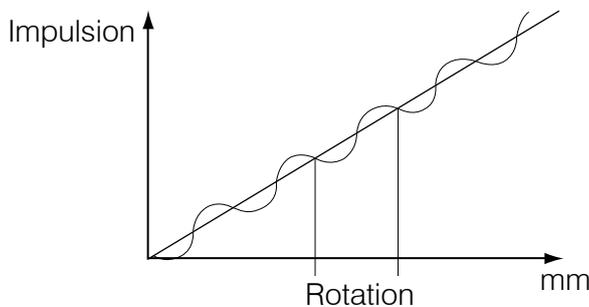


Figure 3 : Erreur lors de chaque rotation du tambour

La cause de ce défaut réside dans des ovalisations du tambour, des excentricités au niveau du palier et de l'arbre ainsi que des modifications dans celui du diamètre du câble. Les effets des ovalisations du tambour et des excentricités sont les mêmes à chaque rotation. Ce défaut interfère ainsi avec la courbe de sensibilité de manière sinusoïdale avec une amplitude égale à une rotation de tambour. Le défaut plein et absolu peut donc apparaître dès la première rotation ; il n'augmentera pas lorsque le câble sera déroulé. Ceci a pour conséquence que des capteurs de même type mais destinés à des plages de mesure différentes seront spécifiés de manière différente quant à la linéarité du fait que le défaut absolu est de même amplitude.

Exemple pour WDS-15000-P115 : Linéarité $\pm 0,015\%$ de la plage de mesure.

WDS-7500-P115 : Linéarité $\pm 0,03\%$ de la plage de mesure.

Néanmoins, ce défaut ne peut, en règle générale, pas être compensé ou l'être de manière très complexe.

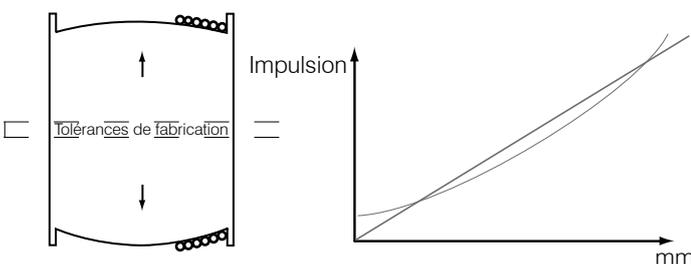


Figure 4 : Défaut à tolérances de fabrication

Outre ces effets qui sont les mêmes à chaque rotation de tambour, il en existe d'autres interférant sur la courbe avec d'autres amplitudes. Lorsque par exemple le diamètre du câble varie, cette modification peut se répercuter sur plusieurs rotations du tambour. Les effets cités apparaissent toujours en combinaison, de telle sorte qu'il est en pratique impossible d'isoler un défaut particulier.

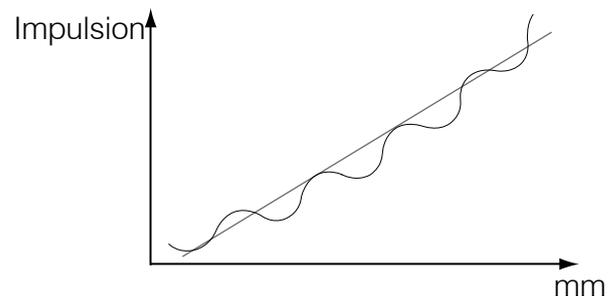


Figure 5 : Les deux courbes de défaut se superposent

2.2.2 Capteurs possédant un élément analogique (potentiomètres)

Lorsque l'on utilise des potentiomètres, la non-linéarité totale du capteur est définie en majeure partie par la non-linéarité du potentiomètre. Celle-ci se situe typiquement entre $\pm 0,1$ et $0,5\%$ de la plage de mesure. Ainsi, les autres effets décrits sous 2.2.1 ne jouent aucun effet dans la pratique pour des capteurs possédant un élément analogique.

2.3 Défauts thermiques

Lorsque l'on utilise des câbles sous gaine, on observe deux types de défauts thermiques. D'un côté le défaut thermique de l'élément du capteur (encodeur ou potentiomètre à évaluation électronique). En électronique, ce défaut est habituellement spécifié par % FSO/ $^{\circ}\text{C}$. D'un autre côté apparaissent des défauts « mécaniques » dus à la dilatation du matériau. Sont en majeure partie concernés le tambour et le câble de mesure.

En théorie, il serait possible de le calculer pour une température constante. Dans la pratique néanmoins, les gradients thermiques, c'est-à-dire le changement de température ou les différentes températures à des endroits différents du câble ou du capteur sont le problème. Ceci rend un calcul pratiquement impossible. Ce qui a pour conséquence que, en règle générale, seul est spécifié le défaut thermique du système électronique ou de l'élément du capteur.

2.4 Défaut récurrent

Le défaut récurrent est fonction du système, pour des capteurs à fil tendu, très petit et pratiquement équivalent à la résolution ; donc pour des éléments de capteurs de ± 1 bit et pour des sorties analogiques, il est défini par le souffle de l'électronique.

Lorsque la distance est modifiée, l'encodeur passe à la valeur suivante à des points définis. Si la distance est mesurée exactement au moment du changement d'impulsion, la valeur peut être dans un cas -1 impulsion et dans l'autre +1 impulsion.

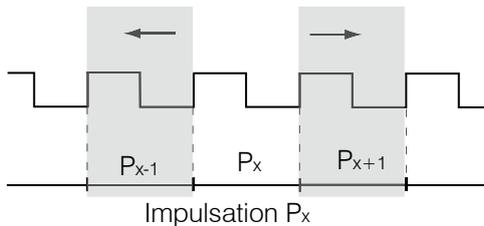


Figure 6 : Exemple de défaut récurrent

2.5 Flèche de câble

Pour un montage horizontal du câble sous gaine, on a un défaut de mesure dû à la flèche du câble. L'ampleur de la flèche est fonction de la longueur de câble déroulé, de son poids spécifique et des forces de ressort du capteur.

Pour un WDS-40000-P200, le câble peut, par exemple, montrer une flèche de jusqu'à 160 mm lorsqu'il est complètement déroulé. Néanmoins, le défaut en résultant est particulièrement minime en comparaison de l'écart de linéarité par exemple (0,002% p/r 0,01%) et peut donc en règle générale être négligé. Il faut pourtant prévoir la place nécessaire à cela lors du montage.

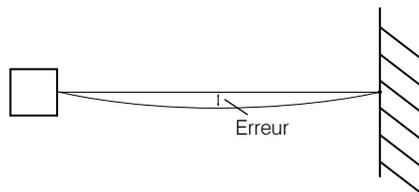


Figure 7 : Exemple de flèche de câble

3. Procédé de mesure afin de déterminer la linéarité

Avant d'être livré, chaque câble sous gaine / système mécanique de câble sous gaine sera mesuré sur un dispositif de calibrage. On y mesure et atteste la sensibilité du capteur, sa linéarité ainsi que les forces du câble. On utilise comme système de référence une échelle en verre pour des plages de mesure jusqu'à 6 m et pour des plages de mesure supérieures un système de bobinage spécial avec encodeur. Le capteur est entièrement sorti, puis de nouveau rentré en étant mesuré à un nombre discret de points. Sur la base des résultats de ces mesures et des valeurs du système de référence, on calcule alors une droite de régression selon la méthode des plus petits carrés. Le gradient de la droite de régression correspond alors à la sensibilité réelle du capteur. L'écart maximum des valeurs mesurées p/r à la droite de régression correspond à la linéarité spécifique du capteur ; l'évaluation est ici de type bon / mauvais c'est-à-dire dans la spécification ou non.