

Capteurs moteur : comment la machine sait ce qu'elle fait

Version PDF de travail - contenu du cours HTML canonique

Boussole du cours

Question directrice : Comment une pression, une température ou une vitesse de rotation devient-elle un nombre utilisable par le calculateur ?

Réponse essentielle

Capteurs moteur : comment la machine sait ce qu'elle fait. La question à résoudre est la suivante : Comment une pression, une température ou une vitesse de rotation devient-elle un nombre utilisable par le calculateur ? Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles. La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d'interprétation. Le résultat n'est utile que si l'on peut expliquer ce qu'il mesure, d'où viennent les nombres et quelle décision d'ingénierie il éclaire.

Synthèse de départ : les démonstrations, exemples, limites et sources sont développés dans le corps du cours.

Mots clés avant de commencer

unité · ordre de grandeur · hypothèse · variable · vitesse

1 — La question physique

Comment une pression, une température ou une vitesse de rotation devient-elle un nombre utilisable par le calculateur ?

Nous partons du problème concret avant la notation. Le but est de comprendre ce que l'on cherche, puis seulement pourquoi les mathématiques deviennent utiles.

2 — Comment lire les symboles et les unités

$y = a \times x + b$. Lecture : « y égale a fois x plus b ».

x — signal brut mesuré ; a — gain de calibration ; b — offset ou zéro ; y — valeur physique estimée

3 — D'où vient la relation ?

Un capteur convertit une grandeur physique en signal. Dans une calibration linéaire simple, x est le signal brut, a le gain, b l'offset et y la grandeur reconstruite. Les vrais capteurs ajoutent bruit, dérive, saturation et incertitude.

Chaque nombre utilisé plus bas est explicitement classé comme donnée, convention, hypothèse pédagogique ou résultat calculé.

4 — A — Pression

D'où viennent les nombres ? $a=2 \text{ bar/V}$, $b=0$, $x=1,5 \text{ V}$.

Calcul pas à pas : $y=2 \times 1,5=3 \text{ bar}$.

Le signal électrique devient une pression par calibration.

5 — B — Offset

D'où viennent les nombres ? $a=100 \text{ °C/V}$, $b=50 \text{ °C}$, $x=1,2 \text{ V}$.

Calcul pas à pas : $y=100 \times 1,250=70$ °C.

L'offset explique pourquoi zéro volt ne signifie pas toujours zéro unité physique.

6 — C — Dérive

D'où viennent les nombres ? Même $x=1,5$ V, mais b dérive de 0 à +0,2 bar.

Calcul pas à pas : Lecture passe de 3,0 à 3,2 bar sans changement réel de x .

D'où le besoin de redondance, calibration et plausibilité.

7 — Sensibilité, calcul inverse et contrôle du résultat

Changez une seule entrée, prévoyez le sens du résultat, calculez, puis contrôlez unités, signe, ordre de grandeur et limites.

Limite essentielle pour Capteurs moteur : comment la machine sait ce qu'elle fait : la relation affichée est un modèle d'apprentissage. Un système réel ajoute géométrie détaillée, propriétés variables, capteurs, incertitudes, transitoires et essais.

8 — Pourquoi cela compte en mission

Dans une mission spatiale, comment une pression, une température ou une vitesse de rotation devient-elle un nombre utilisable par le calculateur ? La compétence utile n'est pas de réciter la formule, mais de savoir quelles données sont nécessaires, lesquelles sont mesurées et à quel moment le modèle devient insuffisant.

10 — Approfondir : du calcul à la compréhension physique

Un capteur transforme une grandeur physique en information exploitable

Une pression, une température ou une vibration ne sont pas directement des nombres numériques. Le capteur produit un signal électrique ou numérique lié à la grandeur. Une calibration établit la relation entre ce signal et la valeur physique. Dans le modèle linéaire $y=ax+b$, a représente la sensibilité et b l'offset ; un vrai capteur peut nécessiter une relation plus complexe.

Pourquoi deux capteurs peuvent être d'accord et avoir tort

Deux capteurs identiques partageant le même défaut de fabrication, la même alimentation, le même environnement thermique ou la même erreur de calibration peuvent produire des valeurs similaires et néanmoins fausses. La redondance ne doit donc pas être confondue avec l'indépendance. Cette idée relie le cours capteurs aux dossiers de panne de cause commune de la Bible Mars.

Mesure, précision, exactitude et résolution sont différentes

La résolution dit la plus petite variation détectable par la chaîne de mesure. L'exactitude décrit la proximité avec la valeur réelle. La précision peut désigner la dispersion de mesures répétées. Un affichage donnant six chiffres après la virgule ne garantit donc pas que la grandeur physique est connue avec six chiffres fiables.

Le capteur doit survivre au système qu'il surveille

Une mesure utile doit rester disponible dans les vibrations, températures, rayonnements, accélérations et transitoires prévus. Il faut également savoir comment détecter sa propre défaillance. Un capteur moteur est donc à la fois un instrument métrologique et un élément de sûreté dont les limites doivent être caractérisées.

9 — Exercices et corrigés

Défi 1

$a=2$ bar/V, $b=0$, $x=1,5$ V.

Défi 2

$a=100$ °C/V, $b=50$ °C, $x=1,2$ V.

Défi 3

Même $x=1,5$ V, mais b dérive de 0 à +0,2 bar.

Sources primaires et techniques

- NASA NTRS — GRCop-42 Regeneratively Cooled Thrust Chamber
- NASA Basics of Space Flight — Navigation