

# Formalité et contenu type de l'examen

Joseph Moerschell, Marc Nicollrat

13.01.2024

## 1 Déroulement

L'examen est donné sous forme papier. Il est possible d'écrire les réponses dans les endroits prévus à cet effet. Il est aussi possible d'y joindre des feuilles supplémentaire

L'examen est **open book**, tous les supports de cours sont permis, calculatrice et ordinateur portable.

Les étudiants sont responsables du bon fonctionnement de leur matériel durant l'examen.

### ! Matériel nécessaire

- Stylo ou crayon, gomme
- Calculatrice ou ordinateur
- Feuilles de brouillon

L'examen a une durée de 2 heures.

### ! Important

La date est fixée au lundi 29 janvier 2024, 1330-1530  
salle 21N307,21N407

## 2 Contenu et déroulement de l'examen

Le contenu de l'examen consiste en une série d'exercices similaires à ceux donnés durant le cours et en annexe. Il contient aussi des exercices comparables à ce qui a été demandé dans les TPs.

La résolution des exercices ne nécessite pas de recours à MATLAB ou Python, mais l'usage de ces logiciels est autorisé.

Il est conseillé de détailler la démarche utilisée pour répondre aux questions, ceci peut aider à interpréter les résultats lors de la correction.

### 3 Matière

- 1 Méthode de mesure
- 2 Caractéristique statique
- 3 Erreur de mesure
- 4 Régression linéaire et calibration
- 5 Capteurs de position et d'angle
- 6 Capteur incrémentaux
- 7 Capteur d'accélération
- 8 Capteur de force et de couple
- 9 Mesure de grandeurs électriques
- 10 Transformation de Fourier
- 11 Corrélation croisée

### 4 Exemple d'exercices

Voici quelques exemples d'exercices qui ne sont pas forcément très bien formatés.

#### 4.1 Erreur de mesure

Exercice 3.2 des exercices proposés pour le Cours 3.

#### 4.2 Accéléromètre

1. On construit un accéléromètre avec une barre flexible sur laquelle on a collé une jauge de contrainte. La barre est fixée d'un côté sur un support et une masse est fixée à l'autre extrémité.
  - Calculer la résistance mesurée sur jauge de contrainte pour une accélération donnée. Déterminer les informations nécessaires pour utiliser cet accéléromètre, comment le calibrer ?
2. Accéléromètre basé sur un composant piézoélectrique, calcul de sensibilité, fréquence propre.

#### 4.3 Caractéristique statique

- Identification. On mesure sur un capteur différentes valeurs de tension pour différentes mesurandes. Déterminer la caractéristique linéaire de ce capteur. Calculer l'erreur maximum de cette linéarisation.
- Trouver le régime permanent d'un système dynamique.
- Linéariser une caractéristique autour d'un point de fonctionnement.

#### 4.4 Mesure de couple avec magnétostriction

1. On a un couple-mètre magnétostrictif. Il fonctionne sur la base d'une barre dont les propriétés magnétiques changent avec le couple. Pour l'utiliser, on injecte un courant de la forme suivante :

$$i(t) = i_0 + i_1 \cdot \sin(\omega t)$$

Le courant  $i_1$  est faible, il sert à mesurer l'inductance. Au final, on obtient une relation  $L = f(|i|, T)$  non linéaire pour l'inductance mesurée.

- Linéariser selon le courant  $i$  pour déterminer la sensibilité.

#### 4.5 Force et pression, capteur piézorésistif

Choix de capteur selon les contraintes d'un problème, calcul d'erreur...

#### 4.6 Chaîne de gain

Selon le cours, calculer le gain d'une chaîne d'acquisition.

#### 4.7 Détecteur de présence

Calculer une distance de détection (sur la base de la donnée du TP). Choix du capteur pour une situation donnée.

#### 4.8 Mesure d'angle

Pour un potentiomètre, calculer la tension comme fonction de l'angle d'un objet dans un système, en considérant un effet de charge. Calculer l'erreur maximum induite par la charge.

#### 4.9 Mesure de distance/Position

1. Une page contient plein de QRcodes qui contiennent leur position sur la page. Une caméra peut lire un QRcode sur une page qui donne :
  - La position du QR-code dans la page (x,y) en mm depuis le coin supérieur gauche
  - La position du QR-code sur l'image par rapport au centre de l'image ( en mm)

Quelle est la position du centre de l'image par rapport au coin supérieur gauche ?

2. Exercice avec règle incrémentale, nombre de stries par mm, similaire au calcul avec les codeurs rotatifs.

#### 4.10 Grandeur électrique

- Calculer la valeur efficace d'un signal périodique donné. Par exemple une fonction définie par segments.
- Circuit électrique du genre du multimètre ou impédance complexe ?

#### 4.11 Codeur incrémental

- Système avec codeur incrémental et un rapport de réduction Calculer les incréments pour une longueur et la fréquence pour une vitesse
- A quelle vitesse maximum peut rouler un véhicule électrique si la fréquence de sortie du capteur est  $F_{\max}$
- Calculer la vitesse d'un moteur brushless à partir des signaux des sondes de Hall.

#### 4.12 Transformée de Fourier

- Calcul de la fréquence d'échantillonnage/nombre d'échantillons nécessaire pour avoir une résolution de fréquence donnée.
- Choix de la fenêtre à utiliser pour différentes situations, par exemple :
  - On doit décoder un message avec modulation d'amplitude...
  - On doit distinguer des fréquences proches dans un signal...
- Calcul de l'index où l'amplitude est maximum pour un signal sinusoïdal de fréquence  $f$ , échantillonné à  $T_e$  sur  $N$  échantillons.

#### 4.13 Corrélation

- Calculer la corrélation de 2 signaux de faible longueur. (calcul à la calculatrice)
- Apparenter des signaux avec leurs corrélations.

### 5 Exemple d'examen

Un examen comporte 4 parties. La première partie est composée de quelques questions simples dans l'esprit des questions des quiz. Les 3 autres parties sont des problèmes de calculs du même genre que les exercices.

## 5.1 Q1

Répondez aux questions suivantes :

1. Quel effet indésirable est associé avec le passage d'un courant électrique dans un thermomètre à résistance?
2. Par quelles mesures peut-on réduire l'influence de la lumière ambiante (soleil, lampes) sur un détecteur optique?
  - a) La source de lumière du détecteur est pulsée à une fréquence élevée.
  - b) On emploie un laser comme source de lumière du détecteur, et un filtre passe-bande centré sur la longueur d'onde de la source est mis devant le récepteur.
  - c) On mesure l'intensité de la lumière ambiante, et celle de la source du détecteur est réglée pour y être supérieure. - Man misst die Intensität des Umgebungslichts, und die der Lichtquelle des Detektors wird so geregelt, dass sie stärker ist.
3. Admettons que l'erreur maximale sur la position d'un flanc des signaux A et B d'un capteur incrémental linéaire =  $1/8$  de la période. Pour un capteur avec une période de  $40\mu\text{m}$ , quelle est l'erreur maximale de mesure de la position avec un compteur qui compte sur les 4 flancs des signaux A et B?
4. Quel est le rapport entre la valeur efficace et la valeur de crête d'un signal sinusoïdal redressé par un redresseur à simple alternance ?
  - a)  $1/\sqrt{2}$
  - b)  $1/2$
  - c)  $2/\pi$
5. Afin d'obtenir l'amplitude correcte d'un signal sinusoïdal dans un spectre calculé en employant la fenêtre de Hanning, quel est le facteur de correction qu'il faut appliquer au spectre?
6. On mesure la distance d'un mur en émettant un son et en l'enregistrant au même endroit que le haut-parleur. Le système fonctionne avec une fréquence d'échantillonnage de  $F_e[\text{Hz}]$ . La vitesse du son est  $c[\text{m/s}]$ . Quelle est la résolution  $\Delta d$  de la mesure en mm ?

## 5.2 Q2

Soit un voltmètre dont la fiche technique donne :

- Précision: 1%
- Précision proportionnelle à la mesure: 1.5 %
- Résolution: 100 [mV]
- Etendue de mesure: 200 [V]

- 1) Quel est l'écart maximal entre la tension appliquée et la tension lue, si cette dernière est 150 [V]?
- 2) Pour quelle valeur du mesurande la précision passe-t-elle de la forme proportionnelle à la forme constante?

- 3) Tracer le graphique : erreur maximale (positive et négative) en fonction de la valeur du mesurande, pour un appareil dont la valeur d'offset n'a pas été réglée correctement (l'appareil indique 1 [V] lorsque aucune tension ne lui est appliquée).

### 5.3 Q3

Ein optischer Inkrementalgeber mit einer Scheibe mit 512 Strichen ist an der Welle eines Antriebs befestigt. Der Zähler der Winkelposition zählt alle Flanken der beiden Ausgangssignale in Quadratur. Sein Wert wird periodisch mit einer Periode von  $T_s = 1ms$  ausgelesen.

Un codeur optique incrémental avec un disque gravé de 512 stries est monté sur l'arbre d'un entraînement. Le compteur de la position angulaire compte tous les flancs des deux signaux de sortie en quadrature. Sa valeur est lue périodiquement avec une période  $T_s = 1ms$ .

1. Welches ist die einfachste Art die Drehgeschwindigkeit  $\dot{x}(k \cdot T_s)$  anhand der Messungen der Winkelpositionen  $x(k \cdot T_s)$  und  $x((k-1) \cdot T_s)$  zu bestimmen?

Quelle est la manière la plus simple de déterminer la vitesse de rotation  $\dot{x}(k \cdot T_s)$  à partir des mesures de position angulaire  $x(k \cdot T_s)$  et  $x((k-1) \cdot T_s)$

2. Welches ist der Absolutfehler der so gemessenen Drehgeschwindigkeit? Wie muss die Anzahl Striche der Scheibe des Aufnehmers verändert werden um den gleichen absoluten Fehler bei einer Ausleseperiode von  $T_s=0.5$  ms zu erhalten?

Quelle est l'erreur absolue sur la vitesse lorsqu'elle est mesurée de cette façon ? Combien de stries devrait-on graver sur le disque du capteur si l'on voulait obtenir la même erreur absolue avec une période de lecture de  $T_s=0.5$  ms ?

3. Die obere Grenze der Frequenz der Ausgangssignale des Aufnehmers ist 100 kHz. Welches sind daher der Messbereich der Drehgeschwindigkeit und ihr kleinster und grösster relativer Fehler?

On suppose que la fréquence des signaux de sortie du capteur est limitée à 100 kHz. Quelle est la plage de mesure de la vitesse angulaire ? Quelle erreur relative obtient-on à la vitesse maximale ? Idem pour la vitesse minimale ?

### 5.4 Q4

Autre exercice similaire...