

Nom de famille :

Prénom :

Master Smart Innovation & Prototypage

Instructions

Durée : 4h. Calculatrice autorisée. Documents non autorisés. Téléphones non autorisés.

Les exercices sont tous indépendants.

Le sujet est composé de 4 parties :

- Partie 1. Culture générale & anglais.
- Partie 2. Culture technologique, mécanique et électrique.
- Partie 3. Mécanique et mécanismes.
- Partie 4. Électricité et capteurs.

Lorsque une réponse est vraie, il faut griser la case :

Faux

Vrai

Pour chaque question, il y a au moins une bonne réponse, parfois plusieurs bonnes réponses. Chaque réponse correcte rapporte 1 point, chaque erreur retranche 1 point. Si une question a un total de point négatif, le résultat est ramené à 0.

Partie 1 : Culture générale & anglais

Exercice 1 : Compréhension de texte générale et technique

De la création d'une oeuvre

*Travaillez à loisir, quelque ordre qui vous presse.
Et ne vous piquez point d'une folle vitesse :
Un style si rapide, et qui court en rimant,
Marque moins trop d'esprit, que peu de jugement.
J'aime mieux un ruisseau qui, sur la molle arène,
Dans un pré plein de fleurs lentement se promène,
Qu'un torrent débordé qui, d'un cours orageux,
Roule, plein de gravier, sur un terrain fangeux.
Hâtez-vous lentement ; et, sans perdre courage,
Vingt fois sur le métier remettez votre ouvrage :
Polissez-le sans cesse et le repolissez ;
Ajoutez quelquefois, et souvent effacez.*

N. Boileau, *L'art poétique*, chant 1, 1872

Question 1 : Quelles affirmations sont vraies :

- A. Ce texte est un extrait d'un cours de mécanique des fluides.
- B. Ce texte traite de l'aménagement des cours d'eau.
- C. Ce texte explique le processus de construction d'une oeuvre d'art.
- D. Le processus de fabrication d'une oeuvre ne peut pas être abouti du premier coup.
- E. Ce texte s'applique à la conception d'un système innovant.

Question 2 : Vocabulaire et compréhension

- A. Le mot « métier » fait référence à une machine servant à tisser.
- B. L'expression « travailler à loisir » indique que l'on doit travailler sur son temps libre.
- C. Le « torrent débordé » est la métaphore d'un travail réalisé rapidement, bâclé.
- D. L'expression « polissez » indique que l'auteur considère une oeuvre sculpturale.

Credo entreprise Zapata Racing

Depuis le début de son aventure entrepreneuriale, ZAPATA a toujours articulé ses innovations techniques à la réalisation d'une vision plus large. D'abord sportive, l'ambition de l'entreprise s'oriente avec AirScooter vers de nouveaux possibles en matière de mobilité aérienne. C'est ce qui conduit Team Global et TVS à s'associer à ZAPATA dans le but de réinventer la mobilité de demain.

Aujourd'hui, la feuille de route de ZAPATA se concentre sur la conception d'aéronefs simples et sûrs, dotés de caractéristiques et de performances adaptées à la mobilité aérienne. Notre rêve et notre vision ne sont rien de moins que le transport aérien individuel à grande échelle, à la fois sûr, écologique, plaisant et accessible à tous.

<https://www.zapata.com/>

Question 3 : Quelles affirmations sont vraies :

- A. Zapata est une entreprise du domaine aéronautique.
- B. Zapata est une entreprise du domaine de l'innovation mécanique et électromécanique.
- C. Ce texte est un texte informatif à destination du grand public.
- D. Ce texte est un texte issu d'une publicité dans une revue spécialisée.
- E. Zapata a changé de domaine d'activité, de la nutrition sportive vers les aéronefs.

Flapbot : une structure élémentaire pilotable à distance

Quelle est la structure la plus simple qui puisse être imaginée pour construire un robot capable d'explorer une surface horizontale? Une réponse à cette question vient d'être proposée sous la forme d'une structure flexible qui exploite les lois physiques de la friction solide.

Les robots flexibles sont une classe de robots qui misent sur des stratégies de déformation de leur structure afin d'éviter l'utilisation de pièces articulées plus complexes. L'intérêt de cette approche est que les mécanismes de déformation des robots flexibles reposent sur l'actionnement de structures à la géométrie relativement simple, ce qui permet d'établir des mécanismes robustes, miniaturisables et répliquables en grand nombre. Dans un contexte de locomotion robotique, on pourrait citer l'exemple de structures élastiques allongées avec des cavités qui sont successivement gonflées et dégonflées, ce qui donne lieu à un mouvement rampant similaire celui d'un asticot. Néanmoins, la nécessité de relier physiquement l'objet à déplacer à un mécanisme d'actionnement, que ce soit un cycle d'air comprimé comme pour l'exemple mentionné ou quelque chose d'autre, limite de façon importante l'autonomie de ces systèmes robotiques flexibles.

Pour dépasser ces limitations, une stratégie permettant de déplacer de manière contrôlée un robot flexible non raccordé vient d'être développée. La structure qui a été développée se compose d'un support rigide sur lequel sont collées deux plaques flexibles distinctes. Ce dispositif est placé sur un plaque horizontale rigide qui peut être mise en vibration verticale via un pot vibrant selon une amplitude et une fréquence de vibration qui sont contrôlées par l'opérateur. Le dispositif est en contact frictionnel avec le support et lorsque l'amplitude de la vibration du support est faible ou nulle, le dispositif est statique. Lorsque l'amplitude de la vibration est plus importante, une mise en mouvement horizontale du robot flexible est observée par une succession de courtes phases de glissement. Plus précisément, quatre plages de fréquence ont été identifiées : une plage de fréquence permettant d'obtenir un mouvement de glissement vers l'avant, une plage de fréquence pour un mouvement vers l'arrière et deux autres plages de fréquence permettant de faire pivoter vers la gauche ou vers la droite. Ces résultats ouvrent la voie à la conception d'éléments robotisés mobiles à la structure extrêmement simple, garantissant un mécanisme de locomotion robuste.

<https://www.inp.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/flapbot-une-structure-elementaire-pilotable-distance>

Question 4 : Nature du document

- A. Ce document est un article scientifique publié dans un journal.
- B. Ce document est un article de presse de vulgarisation scientifique.
- C. Ce document est issu d'un site web.
- D. Ce document est un résumé d'un tutoriel de science ouverte.
- E. Ce document a été publié par un acteur important de la recherche française.

Question 5 : Contenu du document

- A. Ce document traite de structures flexibles actionnées par un dispositif pneumatique.
- B. Ce document traite d'un robot complexe pouvant réaliser des déplacements contrôlés.
- C. Le robot peut réaliser des déplacements dans les trois directions de l'espace.
- D. La friction solide et les vibrations sont des ingrédients physiques clés du déplacement du robot.
- E. Le robot est contrôlé en faisant varier des plages de fréquence d'ondes électromagnétiques.
- F. Les robots flexibles sont intéressants car très robustes, miniaturisables, et leur fabrication peut facilement être mise à l'échelle.

Exercice 2 : Compréhension de l'anglais technique

Acrobatics at the insect scale : A durable, precise, and agile micro-aerial robot

Aerial insects are exceptionally agile and precise owing to their small size and fast neuromotor control. They perform impressive acrobatic maneuvers when evading predators, recovering from wind gust, or landing on moving objects. Flapping-wing propulsion is advantageous for flight agility because it can generate large changes in instantaneous forces and torques. During flapping-wing flight, wings, hinges, and tendons of pterygote insects endure large deformation and high stress hundreds of times each second, highlighting the outstanding flexibility and fatigue resistance of biological structures and materials. In comparison, engineered materials and microscale structures in subgram micro-aerial vehicles (MAVs) exhibit substantially shorter lifespans. Consequently, most subgram MAVs are limited to hovering for less than 10 seconds or following simple trajectories at slow speeds. Here, we developed a 750-milligram flapping-wing MAV that demonstrated substantially improved lifespan, speed, accuracy, and agility. With transmission and hinge designs that reduced off-axis torsional stress and deformation, the robot achieved a 1000-second hovering flight, two orders of magnitude longer than existing subgram MAVs. This robot also performed complex flight trajectories with under 1-centimeter root mean square error and more than 30 centimeters per second average speed. With a lift-to-weight ratio of 2.2 and a maximum ascending speed of 100 centimeters per second, this robot demonstrated double body flips at a rotational rate exceeding that of the fastest aerial insects and larger MAVs. These results highlight insect-like flight endurance, precision, and agility in an at-scale MAV, opening opportunities for future research on sensing and power autonomy.

Kim, S., Hsiao, Y. H., Ren, Z., Huang, J., & Chen, Y. (2025). Acrobatics at the insect scale : A durable, precise, and agile micro-aerial robot. Science Robotics, 10(98), eadp4256.

Question 1 : Cocher la ou les bonnes affirmations

- A. La fréquence de battement des ailes de certains insectes peut aller jusqu'à 0.1 kHz.
- B. Les matériaux techniques créés par les ingénieurs surpassent les performances des matériaux biologiques en terme de résistance à la fatigue.
- C. Les insectes font des manœuvres acrobatiques pour échapper aux prédateurs.
- D. Cette article annonce la création d'un micro-drone volant pouvant faire du surplace pendant 10 secondes.
- E. Le microdrone peut créer une poussée verticale de 16,5 mN.

The Copernicus CO2M mission will meet the European Union's high-priority requirements to measure atmospheric carbon dioxide produced by human activity

Thales Alenia Space will develop the third satellite in the CO2M Copernicus mission, in addition to the first two satellites currently under integration. Copernicus is the Earth observation component of the European Union's Space Programme. It provides accurate, timely and easily accessible information to improve the management of the environment, understand and mitigate the effects of climate change and ensure civil security for the benefit of all European citizens. The CO2M mission as part of the Copernicus Programme is developed by the European Space Agency with a co-funding made by the European Union and the European Space Agency.

With this additional satellite, the CO2M constellation will further consolidate its operations, while enhancing the accuracy of CO2 measurements thanks to greater repeatability of acquisitions (more than 3 times a week at European latitudes).

The goal of the CO2M mission is to measure human-induced atmospheric carbon dioxide (and methane). These measurements will reduce current uncertainties in estimates of emissions of carbon dioxide from the combustion of fossil fuels at sub-continental scales. This will provide the European Union with a unique and independent source of information to assess the effectiveness of public policies, and to track their impact on decarbonizing Europe and meeting national emissions reduction targets.

Brussels, January 28, 2025 – Thales group

Question 2 : Cocher la ou les bonnes affirmations

- A. Thales Alenia Space est une entreprise du domaine de l'espace.
- B. La constellation de satellite est constituée de 3 satellites identiques.
- C. Les satellites mesurent les taux atmosphériques de dioxyde de carbone et de méthane, deux gaz à effet de serre.
- D. Ces satellites sont capables de capter du dioxyde de carbone depuis l'espace.
- E. Le but de ces satellites est de mesurer les effets globaux des politiques publiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Medical Internet-Of-Things device discovery

Devices and methods for internet of things (IOT) discovery / auto discovery are described. A discovery packet is received from a device. The discovery packet includes a first stream identifier and a request to establish a second stream. A stream acceptance packet is sent to the device. The stream acceptance packet includes the first stream identifier and an input for generating a second stream identifier. A first association is added to the registration based on the request to establish the second stream. The first association is between the second stream identifier and a determined destination. A first data packet is received from the device, where the first data packet includes/ utilizes the second stream identifier. The first data packet is sent to the destination based on the first association in the registration.

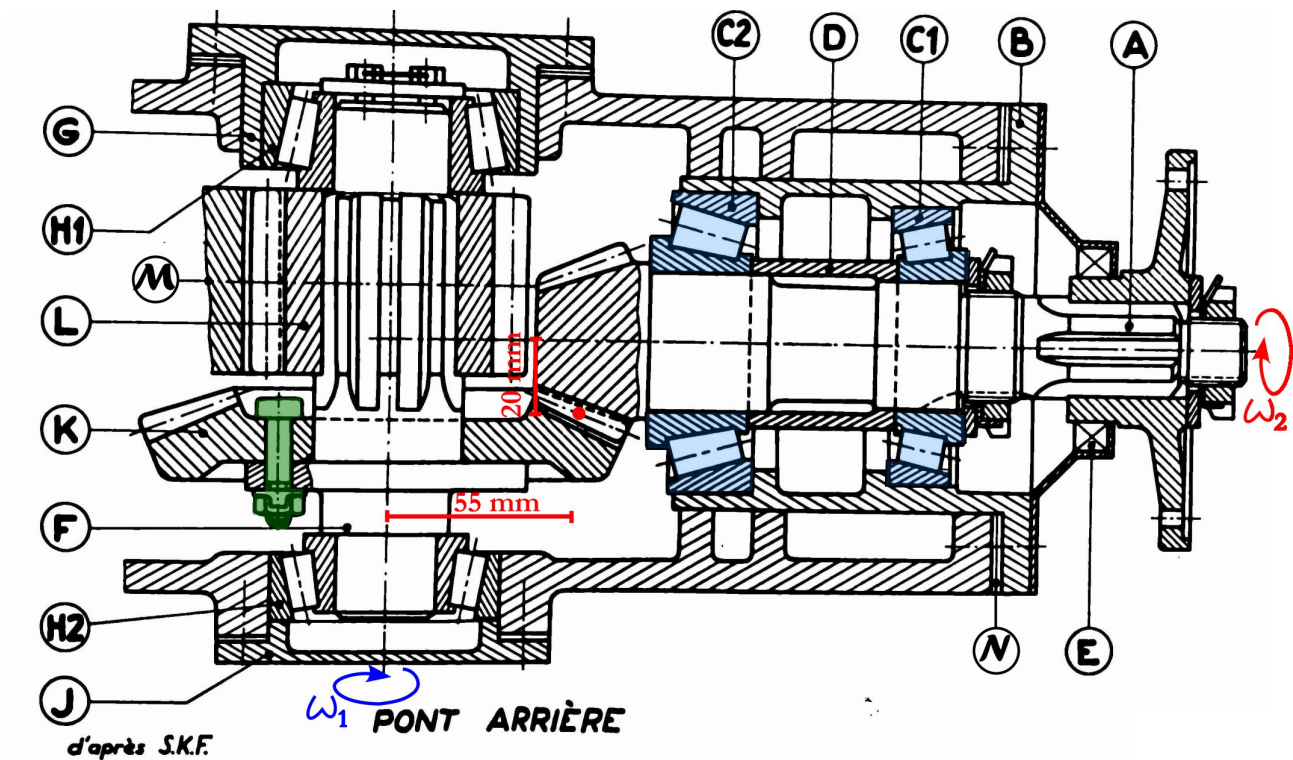
Hall, D. R., Johnson, M., Campbell, K. J., Crismon, D., & Dutton, J. (2022). U.S. Patent No. 11,356,826. Washington, DC : U.S. Patent and Trademark Office.

Question 3 : Cocher la ou les bonnes affirmations

- A. Ce résumé est issu d'un article scientifique publié dans un journal.
- B. Ce document explique une technique de communication par internet.
- C. Les paquets de données sont cryptés lors de la communication.
- D. Après le jumelage des appareils, l'échange de données est identifié par le premier identifiant.

Partie 2 : Culture technologique, mécanique et électrique.

Exercice 1 : Reconnaître des éléments mécaniques



Question 1 : Cocher la ou les bonne(s) réponse(s)

- A. Le plan ci-dessus fait intervenir au moins une liaison rotule.
- B. Le plan ci-dessus fait intervenir au moins une liaison pivot.
- C. Le plan ci-dessus fait intervenir au moins un encastrement.
- D. Le plan ci-dessus fait intervenir au moins une liaison appui-plan.
- E. Le plan ci-dessus fait intervenir au moins une liaison linéaire-annulaire.

Question 2 : Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) concernant les pièces C1 et C2 (bleu) :

- A. C1 et C2 sont des roulements à billes.
- B. C1 et C2 sont des roulements à aiguilles.
- C. C1 et C2 sont des roulements à rouleaux coniques.
- D. Elles supportent des efforts dans les directions axiales et radiales.
- E. La pièce D est une entretoise.
- F. Elles permettent un guidage en rotation peu onéreux mais avec des frottements importants.

Question 3 : Pourquoi C2 est-il plus grand que C1 ?

- A. Les efforts axiaux et radiaux sont plus importants dans un sens que dans l'autre.
- B. C'est pour faciliter la montabilité du mécanisme.
- C. C'est pour diminuer les frottement de roulage.
- D. Pour des raisons de coûts.

Question 4 : Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) concernant la pièce verte :

- A. Elle fait partie d'une liaison boulonnée.
- B. C'est un dispositif d'encastrement.
- C. C'est un dispositif permettant une translation selon l'axe de la vis.
- D. Peu d'efforts transitent par cette pièce.
- E. La vis subit un cisaillement important.

Question 5 : Cocher la ou les bonne(s) réponse(s) concernant les affirmations suivantes :

- A. La transmission de puissance s'effectue par un système poulie/courroie.
- B. La transmission de puissance s'effectue par engrenages.
- C. La transmission de puissance s'effectue par friction.
- D. La transmission de puissance s'effectue par un fluide.
- E. La transmission a un faible rendement.

Question 6 : Si l'arbre tourne à une vitesse de 30 tours par minute (flèche rouge, ω_2) à quelle vitesse tourne le second arbre (F) (flèche bleue, ω_1)? (choisir la valeur la plus proche)

- A. 30 tours par minute
- B. 55 tours par minute
- C. 22 tours par minute
- D. 11 tours par minute
- E. 82 tours par minute

Question 7 : L'engrenage conique à denture droite possède un module $m = 2.5$ mm. Combien de dents possède chaque engrenage?

- A. 12 dents et 22 dents
- B. 75 dents et 137 dents
- C. 20 dents et 55 dents
- D. 16 dents et 44 dents
- E. 40 dents et 150 dents

Question 8 : Si l'entrée du mécanisme est la flèche rouge. Quelle pièce est la sortie du mécanisme?

- A. La pièce F
- B. La pièce J
- C. La pièce M
- D. La pièce G

Question 9 : Quelle est la nature de la pièce E?

- A. C'est une cale pelable pour ajustement des engrenages coniques.
- B. C'est un joint pour l'étanchéité.
- C. C'est un roulement à bille pour limiter les frottements.
- D. C'est un jeu déterminé pour laisser transiter le lubrifiant.
- E. La croix indique un passage de câble dans le mécanisme.

Question 10 : Quelle est le procédé de fabrication des cannelures de la pièce F?

- A. Les cannelures sont imprimées en 3D métal.
- B. Les cannelures sont usinées sur des machines 5 axes à commande numérique.
- C. Les cannelures sont taillées avec une fraise mère sur une machine spéciale.
- D. Les cannelures sont soudées à l'arbre.

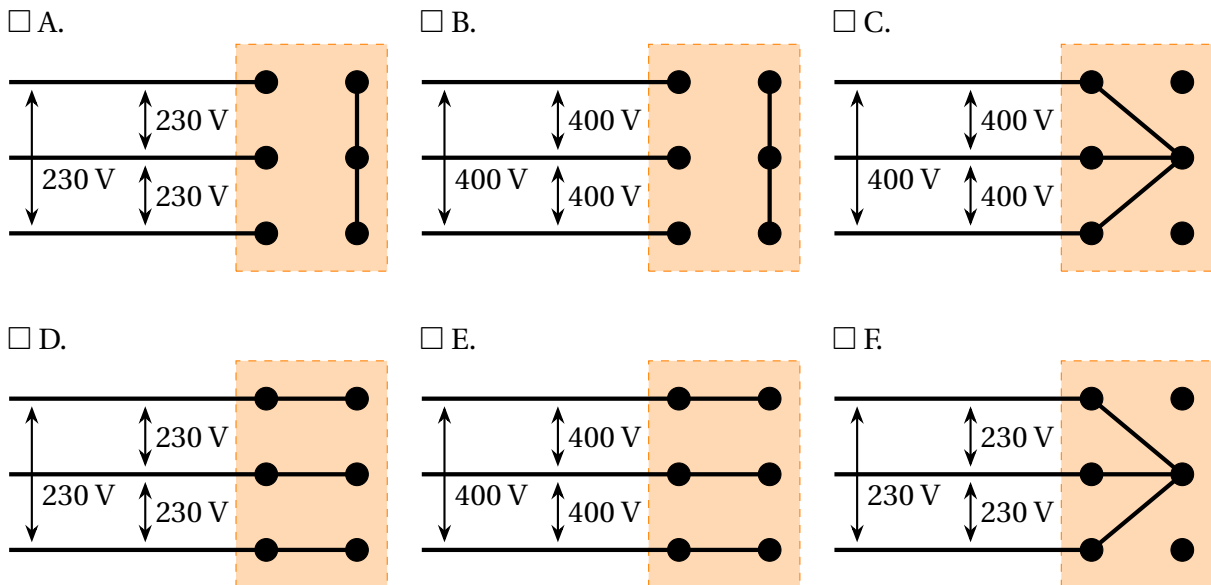
Question 11 : Quelle est la nature de la pièce N?

- A. C'est une cale pelable pour ajustement des engrenages coniques.
- B. C'est un joint à lèvres pour l'étanchéité.
- C. C'est un roulement à bille pour limiter les frottements.
- D. C'est un jeu déterminé pour laisser transiter le lubrifiant.

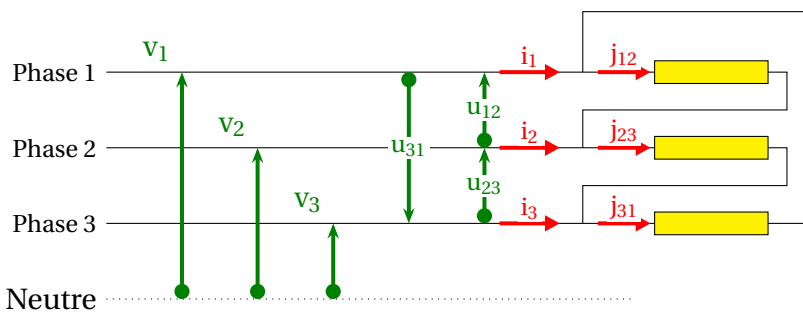
Exercice 2 : Culture en électricité et électricité de puissance

Soit une machine triphasée (équilibrée) dont la plaque signalétique indique une tension efficace d'alimentation de 230 V/400 V. La machine est alimentée sous tension nominale en régime alternatif sinusoïdal (Les valeurs indiquées sont les tensions efficaces de la ligne.)

Question 1 : Choisir le graphique proposant les bonnes liaisons électriques :



Question 2 : Analyse du montage triphasé monté en triangle



Tensions et courants :

$$v_1(t) = 230\sqrt{2} \cos(100\pi t)$$

$$u_{12}(t) = 400\sqrt{2} \cos(100\pi t + \pi/6)$$

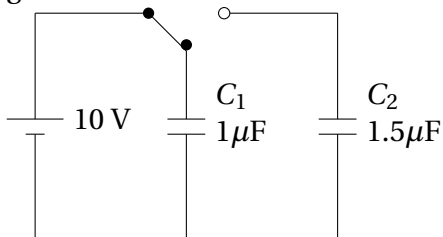
$$j_{12} = 10\sqrt{2} \cos(100\pi t)$$

Choisir la bonne expression de $i_1(t)$,

- A. $i_1(t) = 10\sqrt{2} \cos(100\pi t - \pi/6)$
- B. $i_1(t) = 10\sqrt{3} \cos(100\pi t + \pi/6)$
- C. $i_1(t) = 10\sqrt{6} \cos(100\pi t - \pi/6)$
- D. $i_1(t) = 10\sqrt{3} \cos(100\pi t + \pi/6)$

Exercice 3 : Bases de l'électricité.

On réalise le montage représenté sur la figure ci-dessous. On bascule l'interrupteur.



Question 1 : A l'équilibre, déterminer la charge Q_1 du condensateur C_1 ($1\mu\text{F}$).

- A. $2,5\mu\text{C}$;
- B. $1,5\mu\text{C}$;
- C. $10\mu\text{C}$;
- D. $1\mu\text{C}$.

Question 2 : Toujours selon le schéma précédent, après la bascule de l'interrupteur, déterminer l'énergie totale des deux condensateurs.

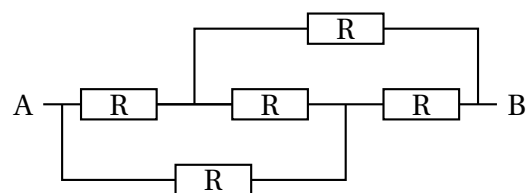
- A. $14,3\mu\text{J}$;
- B. $10\mu\text{J}$;
- C. $50\mu\text{J}$;
- D. $54,3\mu\text{J}$.

Question 3 : Un voltmètre se comporte comme :

- A. Un fil (résistance 0Ω)
- B. Un interrupteur ouvert (résistance infinie)
- C. une résistance de faible valeur
- D. une résistance de forte valeur ($> 1\text{M}\Omega$)

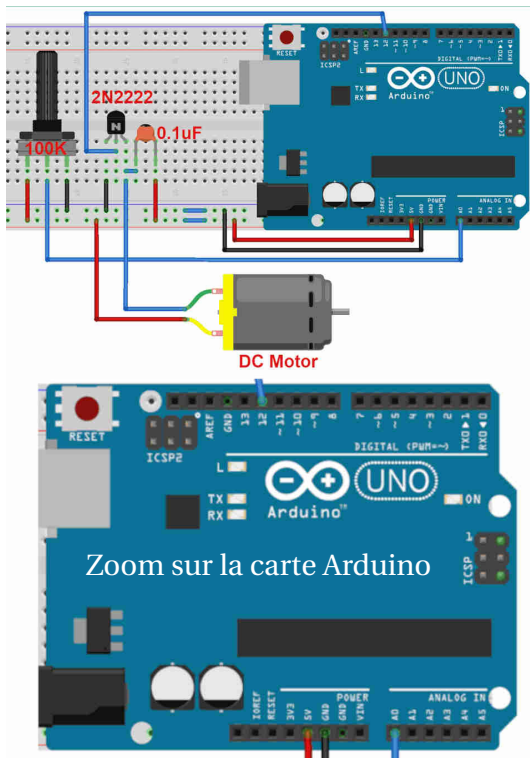
Question 4 : Quelle est la résistance équivalente du dipôle AB du montage suivant :

- A. R
- B. $3R$
- C. $7R$
- D. $12R$



Exercice 4 : Analyser un code Arduino

Voici un diagramme de branchement pour contrôler un moteur à courant continu avec un Arduino Uno. Le code faisant tourner le moteur est aussi donné.



```
int pwmPin = 13;
int pot = A0;
int c1 = 0;
int c2 = 0;

void setup()
{
    pinMode(pwmPin, OUTPUT);
    pinMode(pot, INPUT);
}

void loop()
{
    c2= analogRead(pot);
    c1= 1024-c2;
    digitalWrite(pwmPin, HIGH);
    delayMicroseconds(c1);
    digitalWrite(pwmPin, LOW);
    delayMicroseconds(c2);
}
```

Question 1 : Quelles affirmations sont vraies ?

- A. Ce code Arduino permet d'établir une liaison Serial à 9600 bauds par défaut.
- B. Ce code Arduino utilise la modulation de la largeur de pulse (Pulse Width modulation, PWM) à 50 Hz par défaut.
- C. Ce code Arduino possède une boucle d'initialisation.
- D. Ce code Arduino se termine lorsque la valeur du potentiomètre atteint 0.

Question 2 : Connaissance du code Arduino.

- A. les variables c1 et c2 sont des flottants
- B. les variables c1 et c2 sont des entiers
- C. les variables c1 et c2 sont des chaînes de caractères
- D. pwmPin est une commande interne à l'Arduino.
- E. digitalWrite est une commande interne à l'Arduino.
- F. La fonction analogRead renvoie des entiers entre 0 et 2048.
- G. Dans ce code, la variable c1 peut être négative.
- H. La fonction digitalWrite n'accepte que deux états, HIGH et LOW.

Question 3 : Une erreur s'est glissée dans le câblage. Quelle est-elle ?

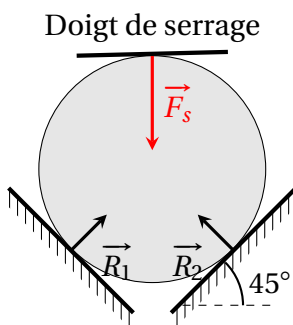
- A. Le potentiomètre devrait être placé en direct sur le moteur DC (branche centrale).
- B. Il y a une erreur sur le branchement de la pin 12 au lieu de la pin 13.
- C. Il y a une erreur sur le branchement de la pin A0 au lieu de la pin A1.
- D. Le condensateur n'est pas utile et peut être enlevé.
- E. Le transistor n'est pas alimenté.

Partie 3 : Mécanique et mécanismes

Exercice 1 : Principe fondamental de la statique

On place une pièce circulaire (diamètre d) dans un montage d'usinage 3 points. Un effort de serrage \vec{F}_s est appliqué au point A et les résultantes \vec{R}_1 et \vec{R}_2 sont dessinées sur le schéma. On notera $\|\vec{R}_2\| = R_2$, $\|\vec{R}_1\| = R_1$, $\|\vec{F}_e\| = F_e$ et $\|\vec{F}_s\| = F_s$. L'angle ϕ est pris en valeur algébrique.

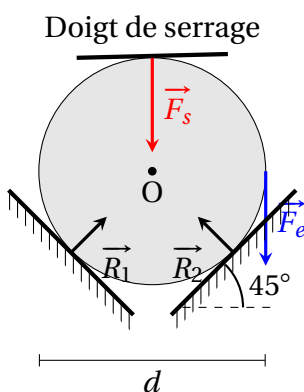
Question 1 : Équilibre statique : cocher la ou les bonne(s) réponse(s).



- A $\vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{F}_s = \vec{0}$
- B $\vec{R}_1 + \vec{R}_2 - \vec{F}_s = \vec{0}$
- C $R_1 \cos(45^\circ) + R_2 \cos(45^\circ) = 0$
- D $R_1 \cos(45^\circ) - R_2 \cos(45^\circ) = 0$
- E $R_1 \sin(45^\circ) + R_2 \sin(45^\circ) + F_s = 0$
- F $R_1 \sin(45^\circ) + R_2 \sin(45^\circ) - F_s = 0$
- G Par symétrie, $F_s = R_1 = R_2$

Question 2 : Choisir la ou les bonne(s) réponse(s) parmi :

On modélise le couple d'entraînement avec la force F_e appliquée en $d/2$ comme sur le schéma ci-joint (en bleu).

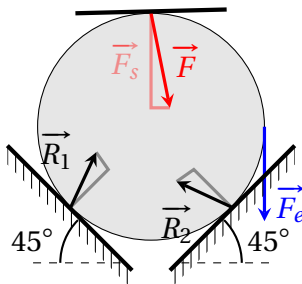


- A En O, le couple de la force F_e est $\vec{F}_e \wedge d/2 \vec{e}_x$.
- B En O, le couple de la force F_e est $d/2 \vec{e}_x \wedge \vec{F}_e$.
- C Le couple de la force d'entraînement tend à faire tourner le foret dans le sens horaire.
- D Le couple de la force d'entraînement tend à faire tourner le foret dans le sens anti-horaire.
- E Le couple de la force d'entraînement tend à faire tourner le foret dans le sens trigonométrique.
- F La norme du couple créé par la force de serrage au centre du foret est $F_s d/2$;
- G La norme du couple créé par la force de serrage au centre du foret est nulle.

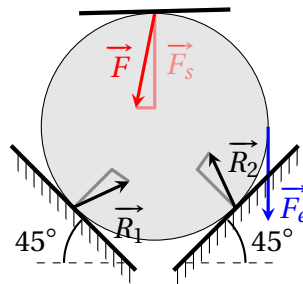
Question 3 : Choisir le bon schéma.

La mèche et les doigts de serrage sont en acier. Le serrage crée une force de frottement. Choisir le schéma où les forces de contact (résultante et frottement) sont correctement orientées :

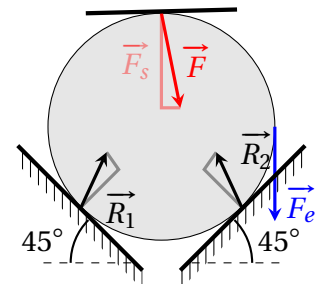
A.



B.



C.



Question 4 : Principe fondamental de la statique : projections. Choisir la bonne réponse.

En se basant sur le schéma correct de la question précédente. L'angle de coulomb (frottement) est noté ϕ . R_1 et R_2 sont les résultantes totales incluant le frottement. On cherche à déterminer la force F_e critique déclenchant le mouvement. Quel système d'équation est correct pour l'écriture de l'équilibre statique ?

- A.
$$\begin{pmatrix} -\tan(\phi) & \cos(45^\circ) & -\cos(45^\circ) \\ -1 & \sin(45^\circ) & \sin(45^\circ) \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_s \\ R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_e \\ F_e / \tan(\phi) \end{pmatrix}$$
- B.
$$\begin{pmatrix} -\tan(\phi) & \cos(45^\circ - \phi) & -\cos(45^\circ + \phi) \\ -1 & \sin(45^\circ - \phi) & \sin(45^\circ + \phi) \\ \tan(\phi) & \sin(\phi) & \sin(\phi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_s \\ R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_e \\ F_e \end{pmatrix}$$
- C.
$$\begin{pmatrix} \tan(\phi) & \cos(45^\circ - \phi) & -\cos(45^\circ + \phi) \\ -1 & \sin(45^\circ - \phi) & \sin(45^\circ + \phi) \\ -\tan(\phi) & \sin(\phi) & \sin(\phi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_s \\ R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_e \\ F_e \end{pmatrix}$$

On suppose que $\phi = 45^\circ$. Cette valeur n'est pas très réaliste mais elle permet de simplifier les calculs. Pour simplifier les notations, $\cos(45^\circ) = \sin(45^\circ) = a$.

Question 5 : Déterminer la matrice inverse du système matriciel. Choisir la bonne réponse.

Sous ces conditions, le système matriciel se réécrit :
$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_s \\ R_1 \\ R_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_e \\ F_e \end{pmatrix}$$

Quelle est la matrice inverse?

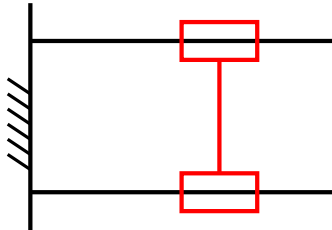
- A. $\frac{1}{2a+1} \begin{pmatrix} -a & -a & 1 \\ a+1 & -a & 1 \\ -a & a+1 & 1 \end{pmatrix}$
- B. $\frac{1}{2a+1} \begin{pmatrix} -a & a & 1 \\ -a-1 & -a & -1 \\ a & -a-1 & 1 \end{pmatrix}$
- C. $\frac{1}{2a-1} \begin{pmatrix} -a & a & 1 \\ -a-1 & -a & -1 \\ a & -a-1 & 1 \end{pmatrix}$
- D. $\frac{1}{2a-1} \begin{pmatrix} -a & -a & 1 \\ a+1 & -a & 1 \\ -a & a+1 & 1 \end{pmatrix}$

Question 6 : Déterminer l'expression de F_s . Choisir la bonne réponse.

- A. $F_s = \frac{1 + \sqrt{2}/2}{1 - \sqrt{2}} F_e$
- B. $F_s = \frac{1 - \sqrt{2}/2}{1 + \sqrt{2}} F_e$
- C. $F_s = \frac{1 + \sqrt{2}/2}{1 + \sqrt{2}} F_e$
- D. $F_s = \frac{1 - \sqrt{2}/2}{1 - \sqrt{2}} F_e$

Exercice 2 : Hyperstatisme d'un mécanisme

Deux solides sont en liaison par l'intermédiaire de deux liaisons pivot-glissant.



Question 1 : Quel est le nombre cyclomatique de l'assemblage?

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

Question 2 : Quelle est la mobilité de l'assemblage?

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

Question 3 : Quel est le degré d'hyperstatisme de l'assemblage?

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

Question 4 : Quelle est la liaison équivalente?

- A. Encastrement
- B. Pivot
- C. Pivot glissant
- D. Glissière

Exercice 3 : Statistique de production de pièces mécaniques

La population de la masse des pièces produites suit une variable aléatoire de fonction de densité de probabilité $f(x)$ où x appartient à l'intervalle 10 et 13 kg.

$$f(x) \begin{cases} x < 10 \text{ alors } f(x) = 0 \\ 10 \leq x < 11 \text{ alors } f(x) = C \\ 11 \leq x < 12 \text{ alors } f(x) = C/2 \\ 12 \leq x \leq 13 \text{ alors } f(x) = C \\ x > 13 \text{ alors } f(x) = 0 \end{cases}$$

Question 1 : La densité de probabilité est normalisée : $\int_{10}^{13} f(x)dx = 1$. Quelle est la valeur de la constante C arrondie à 1 chiffre après la virgule?

- A. $C = 0,2$
- B. $C = 0,4$
- C. $C = 0,5$
- D. $C = 0,6$
- E. $C = 1$
- F. $C = 2,5$

Question 2 : Quelle est la probabilité d'avoir une masse inférieure à 11 kg?

- A. $P(x < 11) = 0,2$
- B. $P(x < 11) = 0,4$
- C. $P(x < 11) = 0,5$
- D. $P(x < 11) = 0,6$
- E. $P(x < 11) = 1$
- F. $P(x < 11) = 2,5$

Question 3 : Quelle est la probabilité d'avoir une masse entre 11 kg et 12 kg?

- A. $P(11 < x < 12) = 0,2$
- B. $P(11 < x < 12) = 0,4$
- C. $P(11 < x < 12) = 0,5$
- D. $P(11 < x < 12) = 0,6$
- E. $P(11 < x < 12) = 1$
- F. $P(11 < x < 12) = 2,5$

Question 4 : Quelle est la probabilité d'avoir une masse entre 10 kg et 13 kg?

- A. $P(10 < x < 13) = 0,2$
- B. $P(10 < x < 13) = 0,4$
- C. $P(10 < x < 13) = 0,5$
- D. $P(10 < x < 13) = 0,6$
- E. $P(10 < x < 13) = 1$
- F. $P(10 < x < 13) = 2,5$

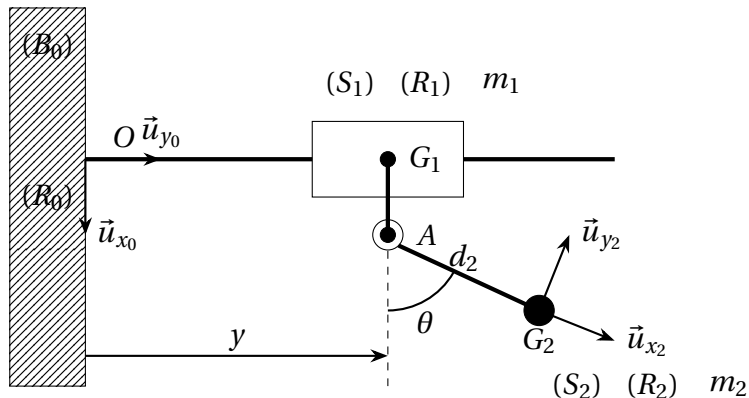
Question 5 : Calculer la moyenne de cette variable aléatoire?

- A. $\langle x \rangle = 10,7$
- B. $\langle x \rangle = 11$
- C. $\langle x \rangle = 11,2$
- D. $\langle x \rangle = 11,5$
- E. $\langle x \rangle = 12$
- F. $\langle x \rangle = 12,2$

Question 6 : Calculer la variance de cette variable aléatoire?

- A. $\sigma^2(x) = 0,95$
- B. $\sigma^2(x) = 0,93$
- C. $\sigma^2(x) = 0,88$
- D. $\sigma^2(x) = 0,77$
- E. $\sigma^2(x) = 0,47$
- F. $\sigma^2(x) = 0,44$

Exercice 4 : Principe fondamental de la dynamique



- On considère un problème plan (2D).
- Le solide 1 (masse m_1 en G_1) est en liaison glissière avec le solide 0.
- Le solide 2 (masse m_2 en G_2) est en liaison pivot avec le solide 1.
- Les solides sont plongés dans le champ de gravité terrestre \vec{g} .

Question 1 : Cinématique. Cocher les affirmations vraies :

- A. Le seul degré de liberté du solide 2 par rapport au solide 1 est l'angle de rotation θ
- B. Le point G_2 décrit un cercle dans le référentiel 1.
- C. Le point G_2 peut se déplacer en translation horizontale pure dans le référentiel 0.
- D. Le point G_2 peut se déplacer en translation verticale pure dans le référentiel 0.
- E. La norme du vecteur $\overrightarrow{G_1 G_2}$ est constante.

Question 2 : Déterminer la vitesse du solide 1 dans le référentiel 0.

- A. $\vec{V}(G_1 \in S1/R0) = \dot{y} \vec{u}_{y_0}$
- B. $\vec{V}(G_1 \in S1/R0) = \dot{y} \vec{u}_{x_0}$

Question 3 : Déterminer la vitesse du solide 2 dans le référentiel 0.

- A. $\vec{V}(G_2 \in S2/R0) = \dot{y} \vec{u}_{y_0} + d_2 \dot{\theta} \vec{u}_{y_2}$
- B. $\vec{V}(G_2 \in S2/R0) = \dot{y} \vec{u}_{x_0} + d_2 \dot{\theta} \vec{u}_{x_2}$
- C. $\vec{V}(G_2 \in S2/R0) = \dot{y} \vec{u}_{y_0} + d_2 \dot{\theta} \vec{u}_{x_2}$
- D. $\vec{V}(G_2 \in S2/R0) = \dot{y} \vec{u}_{x_0} + d_2 \dot{\theta} \vec{u}_{y_2}$

Question 4 : Déterminer l'accélération du solide 1 dans le référentiel 0.

- A. $\vec{a}(G_1 \in S1/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{y_0}$
 B. $\vec{a}(G_1 \in S1/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{x_0}$

Question 5 : Déterminer l'accélération du solide 2 dans le référentiel 0.

- A. $\vec{a}(G_2 \in S2/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{y_0} + d_2 \ddot{\theta} \vec{u}_{y_2} + d_2 \dot{\theta}^2 \vec{u}_{x_2}$
 B. $\vec{a}(G_2 \in S2/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{x_0} + d_2 \ddot{\theta} \vec{u}_{x_2} + d_2 \dot{\theta}^2 \vec{u}_{y_2}$
 C. $\vec{a}(G_2 \in S2/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{y_0} + d_2 \ddot{\theta} \vec{u}_{y_2} - d_2 \dot{\theta}^2 \vec{u}_{x_2}$
 D. $\vec{a}(G_2 \in S2/R0) = \ddot{y} \vec{u}_{x_0} + d_2 \ddot{\theta} \vec{u}_{y_2} + d_2 \dot{\theta}^2 \vec{u}_{x_2}$

On isole les mobiles (S1) et (S2). Aucune force n'est appliquée sur la direction \vec{u}_{y_0} et les efforts sont compensés par une résultante inconnue selon \vec{u}_{x_0} .

Question 6 : Quelle(s) équation(s) est (sont) valide(s) ?

- A. $(m_1 + m_2) \ddot{y} + m_2 d_2 \ddot{\theta} \cos(\theta) - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \sin(\theta) = 0$
 B. $(m_1 + m_2) \ddot{y} - m_2 d_2 \ddot{\theta} \sin(\theta) + m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \cos(\theta) = 0$
 C. $(m_1 + m_2) \ddot{x} + m_2 d_2 \ddot{\theta} \cos(\theta) - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \sin(\theta) = 0$
 D. $(m_1 + m_2) \ddot{x} - m_2 d_2 \ddot{\theta} \sin(\theta) - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \cos(\theta) = 0$

Dans le champ de gravité g , en considérant la masse du solide 2 concentrée au point G_2 et I le moment d'inertie du solide 2 au point A, le théorème du moment dynamique appliqué au solide 2 au point A donne :

$$m_2 d_2 \ddot{y} \cos(\theta) + I \ddot{\theta} = -m_2 d_2 g \sin(\theta)$$

On linéarise les équations autour de l'angle $\theta = 0$. On donne : $\sin(\theta) \simeq \theta$ et $\cos \theta \simeq 1$

Question 7 : Quelle est l'expression du système d'équations linéarisées ?

- A. $\begin{cases} (m_1 + m_2) \ddot{y} + m_2 d_2 \ddot{\theta} - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \theta = 0 \\ m_2 d_2 \ddot{y} + I \ddot{\theta} + m_2 d_2 g \theta = 0 \end{cases}$
 B. $\begin{cases} (m_1 + m_2) \ddot{y} - m_2 d_2 \ddot{\theta} \theta + m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \theta = 0 \\ m_2 d_2 \ddot{y} \theta + I \ddot{\theta} - m_2 d_2 g \theta = 0 \end{cases}$
 C. $\begin{cases} (m_1 + m_2) \ddot{y} + m_2 d_2 \ddot{\theta} \theta - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \theta = 0 \\ m_2 d_2 \ddot{y} + I \ddot{\theta} \theta - m_2 d_2 g = 0 \end{cases}$
 D. $\begin{cases} (m_1 + m_2) \ddot{y} - m_2 d_2 \ddot{\theta} \theta - m_2 d_2 \dot{\theta}^2 \theta = 0 \\ m_2 d_2 \ddot{y} + I \ddot{\theta} \theta + m_2 d_2 g \theta = 0 \end{cases}$

Question 8 : Déterminer une équation différentielle pour θ uniquement. Résoudre avec $\dot{\theta}(0) = 0$ et $\theta(0) = 1$.

- A. $\theta(t) = \cos(\Omega t + \pi/2)$ avec $\Omega = \sqrt{\frac{g}{I/(m_2 d_2) - m_2 d_2/(m_1 + m_2)}}$
- B. $\theta(t) = \cos(\Omega t)$ avec $\Omega = \sqrt{\frac{g}{I/(m_2 d_2) + m_2 d_2/(m_1 + m_2)}}$
- C. $\theta(t) = \sin(\Omega t + \pi/2)$ avec $\Omega = \sqrt{\frac{g}{I/(m_2 d_2) + m_2 d_2/(m_1 + m_2)}}$
- D. $\theta(t) = \sin(\Omega t)$ avec $\Omega = \sqrt{\frac{g}{I/(m_2 d_2) - m_2 d_2/(m_1 + m_2)}}$

Exercice 5 : Énergie mécanique

Les dispositifs solaires ou éoliens sont dits intermittents : ils produisent une puissance électrique qui dépend de conditions extérieures incontrôlables (vent, éclairage solaire). Stocker l'énergie produite lorsque les conditions sont favorables est ainsi un enjeu majeur. Ceci peut se faire à l'aide de batteries, de stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), etc...

Un autre moyen de stockage, récemment envisagé et étudié dans cette partie, consiste à stocker des blocs de béton en hauteur. On distingue deux phases de fonctionnement :

- Lorsqu'un surplus de production électrique est disponible, on s'en sert pour alimenter les moteurs électriques de la grue et faire monter des blocs de béton.
- Lorsque l'on souhaite produire de la puissance électrique, on fait descendre des blocs de béton.

En effet, lors d'une descente, le bloc entraîne une génératrice électrique qui injecte de l'électricité sur le réseau.



Prototype d'Energy Vault (<https://www.connaissancedesenergies.org/une-tour-de-blocs-de-beton-pour-stocker-lelectricite-220218> et ©Energy Vault.)

C'est la société Energy Vault qui propose ce concept. Elle envisage le dimensionnement suivant pour un dispositif utilisé en conditions réelles :

- Chaque bloc a une masse de 30 tonnes et il y a 5000 blocs.
- La vitesse de descente d'un bloc est de 3 m/s.
- La grue possède six bras.
- La hauteur de la grue est de 120 m.

On rappelle la valeur de l'accélération de la pesanteur : $g \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Question 1 : Quelle est l'expression de l'énergie mécanique?

- A. $E = mgh$
- B. $E = \frac{1}{2}mgh$
- C. $E = \frac{1}{2}mv^2$
- D. $E = mv^2$
- E. $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mgh$
- F. $E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$

Question 2 : Quelle est l'énergie maximale que peut stocker ce dispositif?

- A. $E = 1.8 \cdot 10^{11}$ kWh
- B. $E = 1.8 \cdot 10^{11}$ J
- C. $E = 1.8 \cdot 10^{11}$ kg.m/s²
- D. $E = 9 \cdot 10^{10}$ kg.m²/s²
- E. $E = 9 \cdot 10^{11}$ kJ
- F. $E = 5 \cdot 10^4$ kWh

Question 3 : Quelle est la puissance maximale que peut délivrer ce dispositif?

- A. $P = 1,8 \cdot 10^6$ W.s
- B. $P = 5,4 \cdot 10^9$ W
- C. $P = 5400$ kJ/s
- D. $P = 5,4$ MW
- E. $P = 3,6 \cdot 10^6$ kJ
- F. $P = 36 \cdot 10^4$ kW

Partie 4 : Électricité et capteurs

Exercice 1 : Pont de Wheatstone

Pour contrôler son autonomie et le déroulement de sa plongée, le plongeur dispose d'un ordinateur de bord. Cet ordinateur permet de contrôler un grand nombre de paramètres comme la profondeur, la température, la durée de la plongée et la pression de la bouteille... Ces paramètres sont relevés grâce à différents capteurs qui transmettent sans fil les données disponibles sur l'afficheur à disposition du plongeur.

La quantité de gaz restant dans la bouteille du plongeur est directement reliée à la pression régnant dans sa bouteille. Différents procédés permettent d'avoir accès à cette grandeur. Les capteurs les plus simples sont des manomètres : dispositifs mécaniques qui permettent de mesurer la pression relative, c'est-à-dire la pression de la bouteille par rapport à la pression ambiante. Des mesures de pression électroniques sont aujourd'hui couramment utilisées. Elles nécessitent en général une alimentation (pile), mais se révèlent être plus précises et permettent un relevé des caractéristiques de la plongée par un ordinateur de bord.

Dans cette partie, nous allons étudier un capteur de pression réalisé à partir d'une jauge d'extensométrie plongée dans le compartiment haute pression. Une jauge d'extensométrie est un capteur résistif dont la résistance dépend des caractéristiques extérieures, ici de la pression. Cette jauge de longueur ℓ et de section S est immergée dans le compartiment haute pression. Ces caractéristiques géométriques (longueur et section) dépendent de la pression extérieure.

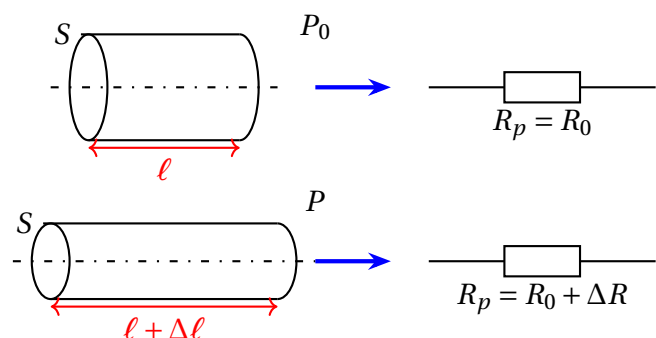
La résistance électrique d'un barreau cylindrique s'écrit :

$$R_p = \gamma \frac{\ell}{S}$$

où γ est la conductivité du matériau utilisé. Ainsi, lorsque la pression varie, ℓ et S varient aussi entraînant une modification de la résistance R_p .

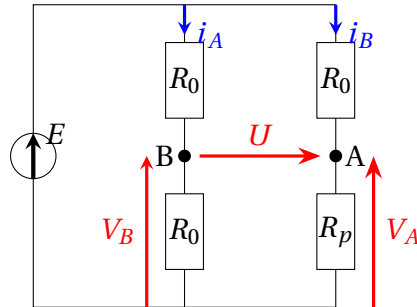
La mesure de cette résistance R_p donne donc une image de la pression. Le matériau utilisé est tel que, lorsque la pression augmente, le cylindre s'allonge de la quantité $\Delta\ell$, alors que son rayon se contracte. La résistance augmente alors linéairement, de la quantité :

$$\Delta R = \alpha R_0 \Delta P$$



Le pont de Wheatstone est le circuit le mieux adapté pour la mesure de petites variations de résistances électriques telles que celles rencontrées lors de l'utilisation de jauges de déformation.

Cette résistance R_p est alors insérée dans un pont de Wheatstone alimenté par une tension continue E . La tension U est l'image de la résistance R_p et donc de la pression.



Question 1 : Calculer la valeur de la tension U lorsque toutes les résistances sont égales, en particulier lorsque $R_p = R_0$.

- A. $U = E/2$
- B. $U = E/4$
- C. $U = 0$
- D. $U = 2E$

Question 2 : Exprimer la tension V_B ($\Delta R = R_p - R_0$).

- A. $V_B = E/2$
- B. $V_B = E/4$
- C. $V_B = 0$
- D. $V_B = 2E$
- E. $V_B = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{2(2R_0 + \Delta R)}$
- F. $V_B = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{(2R_0 + \Delta R)}$
- G. $V_B = \frac{\Delta RE}{2(2R_0 + \Delta R)}$

Question 3 : Exprimer la tension V_A .

- A. $V_A = E/2$
- B. $V_A = E/4$
- C. $V_A = 0$
- D. $V_A = 2E$
- E. $V_A = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{2(2R_0 + \Delta R)}$
- F. $V_A = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{(2R_0 + \Delta R)}$
- G. $V_A = \frac{\Delta RE}{2(2R_0 + \Delta R)}$

Question 4 : En déduire la tension U .

- A. $U = \frac{-R_0 E}{2(2R_0 + \Delta R)}$
- B. $U = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{(2R_0 + \Delta R)}$
- C. $U = \frac{E \Delta R}{2(2R_0 + \Delta R)}$
- D. $U = \frac{(R_0 + \Delta R)E}{2(2R_0 + \Delta R)}$
- E. $U = \frac{E \Delta R}{4(R_0 + \Delta R)}$
- F. $U = \frac{E \Delta R}{4(2R_0 + \Delta R)}$

Question 5 : On pose $\varepsilon = \Delta R/R_0$. Dans le cas des jauges d'extensométrie, la variation ΔR de la résistance R_p est très petite devant sa valeur moyenne R_0 , c'est-à-dire $\varepsilon \ll 1$. En utilisant les développements limités, la tension U en fonction de ε et de E à l'ordre 1.

A. $U = \frac{E}{2}(1 + \varepsilon)$

B. $U = \frac{E}{4}(1 + \varepsilon)$

C. $U = \frac{E}{2}(1 - \varepsilon)$

D. $U = \frac{E}{4}(1 + \varepsilon)$

E. $U = E\varepsilon/4$

F. $U = E\varepsilon/2$

Question 6 : Donner la relation entre la tension U et la variation de pression $P - P_0$

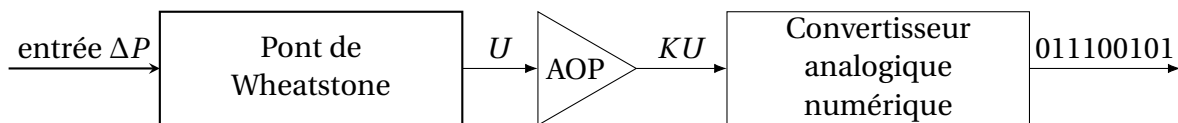
A. $P - P_0 = \frac{4U}{\alpha E}$

B. $P - P_0 = \frac{2U}{\alpha E}$

C. $P - P_0 = \frac{U}{2\alpha E}$

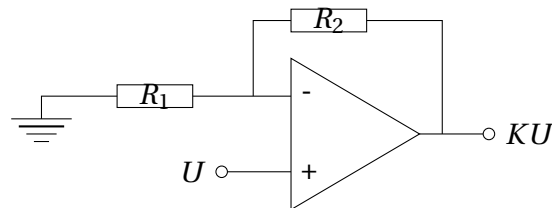
Exercice 2 : Amplification et encodage de la mesure de tension d'un pont de Wheatstone

Pour pouvoir être exploitée, la tension de sortie du pont doit être mesurée, amplifiée puis numérisée. Le schéma ci-dessous résume le processus de mesure, de l'effet physique à la donnée numérique.



Amplificateur non inverseur

Le signal de tension U en sortie du pont de Wheatstone est amplifié selon le montage suivant.



Question 1 : Quel est le gain d'amplification K ?

- A. $K = 1 + \frac{R_2}{R_1}$
- B. $K = 1 - \frac{R_2}{R_1}$
- C. $K = 1 - \frac{R_1}{R_2}$
- D. $K = 1 + \frac{R_1}{R_2}$
- E. $K = \frac{R_2}{R_1}$
- F. $K = -\frac{R_1}{R_2}$

Question 2 : A partir de la question précédente, on souhaite un gain de 100. Quels couples de résistance choisir?

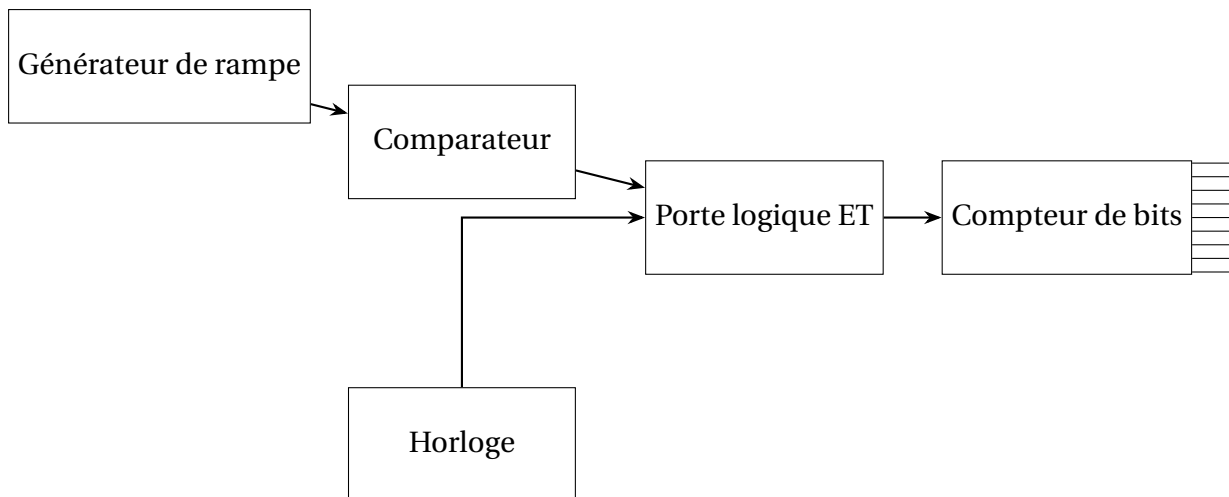
- A. $R_1 = 1\text{k}\Omega$ et $R_2 = 10\Omega$
- B. $R_1 = 99\text{k}\Omega$ et $R_2 = 100\Omega$
- C. $R_1 = 10\text{k}\Omega$ et $R_2 = 990\text{k}\Omega$
- D. $R_1 = 1\text{k}\Omega$ et $R_2 = 99\Omega$
- E. $R_1 = 1\Omega$ et $R_2 = 100\Omega$
- F. $R_1 = 100\Omega$ et $R_2 = 1\Omega$

Convertisseur analogique-numérique

La numérisation se fait par un convertisseur analogique-numérique (CAN) sur $n = 8$ bits. On réalise une conversion analogique numérique de la tension KU image de la pression. Cette tension a été mise en forme et varie de 0 à 10 V. On obtient un nombre N proportionnel à la pression P . On suppose que lors de la conversion, la tension KU est constante. Le générateur de rampe fournit un signal V_r représenté ci-dessous et appelé "dent de scie". On note T sa période. Le comparateur compare la tension KU à celle délivrée par le générateur de rampe. Ainsi

Si $KU \geq V_r$, alors $V_c = 5$ V.

Si $KU < V_r$, alors $V_c = 0$ V.



La comparaison est effectuée à une période fixée par une horloge T_h pendant tout le temps de mesure T .

Question 3 : Le compteur travaille sur 8 bits et compte le nombre d'états hauts durant une période T . Quel est le nombre maximum N_{\max} en sortie du compteur ?

- A. $N_{\max} = 2^8 - 1 = 255$.
- B. $N_{\max} = 2 \times 8 = 16$.
- C. $N_{\max} = 8$.
- D. $N_{\max} = 11111111$.

Question 4 : On souhaite que ce nombre N_{\max} corresponde à la fin de la rampe. Exprimer la période d'horloge T_h en fonction de n le nombre de bits, et de T .

- A. $T_h = nT$.
- B. $T_h = T/n$.
- C. $T_h = T/2^n$.
- D. $T_h = (2n - 1)T$.
- E. $T_h = T/(2n - 1)$.

Question 5 : Exprimer la résolution numérique de ce convertisseur, c'est-à-dire le variation de tension KU provoquant un incrément du compteur.

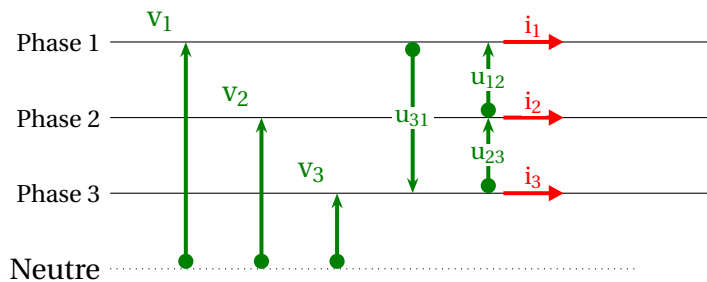
- A. $10/255 = 0,039 \text{ V} = 39 \text{ mV}$.
- B. $10/16 = 0,625 \text{ V}$.
- C. $10/8 = 1,25 \text{ V}$.
- D. $10/111111111 = 0,9 \mu\text{V}$

Question 6 : On souhaite faire un relevé de pression par seconde lors d'une plongée de 60 min. Quelle mémoire faut-il prévoir ?

- A. 3,6 ko
- B. 3,6 Mo
- C. 3,6 Go
- D. 3,6 To

Exercice 3 : Montage triphasé en alternatif sinusoïdal équilibré

La ligne triphasée suivante alimente une machine tournante triphasée équilibrée dont la plaque signalétique porte l'indication 230V / 400V.



On donne les tensions suivantes :

$$u_{12}(t) = 400\sqrt{2} \cos(2\pi\omega t)$$

$$u_{23}(t) = 400\sqrt{2} \cos(2\pi\omega t - 2\pi/3)$$

$$u_{31} = 400\sqrt{2} \cos(2\pi\omega t + 2\pi/3)$$

Question 1 : Préciser le mode de branchement de cette machine pour qu'elle soit alimentée sous tension nominale.

- A. un réseau alternatif sinusoïdal triphasé équilibré dont la tension efficace entre deux phases est de 230V (avec les trois dipôles de la machine couplés en triangle).
- B. un réseau alternatif sinusoïdal triphasé équilibré dont la tension efficace entre deux phases est de 230V (avec les trois dipôles de la machine couplés en étoile).
- C. un réseau alternatif sinusoïdal triphasé équilibré dont la tension efficace entre deux phases est de 400V (avec les trois dipôles de la machine couplés en triangle)
- D. un réseau alternatif sinusoïdal triphasé équilibré dont la tension efficace entre deux phases est de 400V (avec les trois dipôles de la machine couplés en étoile)

Question 2 : Chacun des trois dipôles de cette machine peut être modélisé par une résistance $R = 20 \cdot \sqrt{3} \Omega$ en série avec une inductance d'impédance $L\omega = 20 \Omega$. Calculer l'impédance complexe d'un dipôle.

- A. $Z = 40e^{i\pi/6} \Omega$
- B. $Z = 20\sqrt{3} + 20j \Omega$
- C. $Z = 40e^{-i\pi/6} \Omega$
- D. $Z = 20\sqrt{3} - 20j \Omega$

Question 3 : Calculer $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$. (on ne donnera que i_1 , i_2 et i_3 étant déphasés de $2\pi/3$)

- A. $i_1(t) = \frac{10\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$.
- B. $i_1(t) = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$.
- C. $i_1(t) = \frac{10\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$.
- D. $i_1(t) = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$.
- E. $i_1(t) = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$.

Question 4 : Calculer la puissance active P_M .

- A. $P_M = 2000\sqrt{3}$ W
- B. $P_M = 2000$ kW
- C. $P_M = 2000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ W
- D. $P_M = 2000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ VA
- E. $P_M = 2000$ VAR

Question 5 : Calculer la puissance réactive Q_M .

- A. $P_M = 2000\sqrt{3}$ W
- B. $P_M = 2000$ kW
- C. $P_M = 2000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ VAR
- D. $P_M = 2000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ VA
- E. $P_M = 2000$ VAR

Question 6 : Calculer la puissance apparente S_M .

- A. $P_M = 4000\sqrt{3}$ W
- B. $P_M = 4000$ kW
- C. $P_M = 4000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ VA
- D. $P_M = 4000 \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$ VAR
- E. $P_M = 4000$ VA