Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

JOUR 1

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**
Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **2 h 30**
Partie sciences physiques : durée indicative de **1 h**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 19 pages numérotées de 1/19 à 19/19.

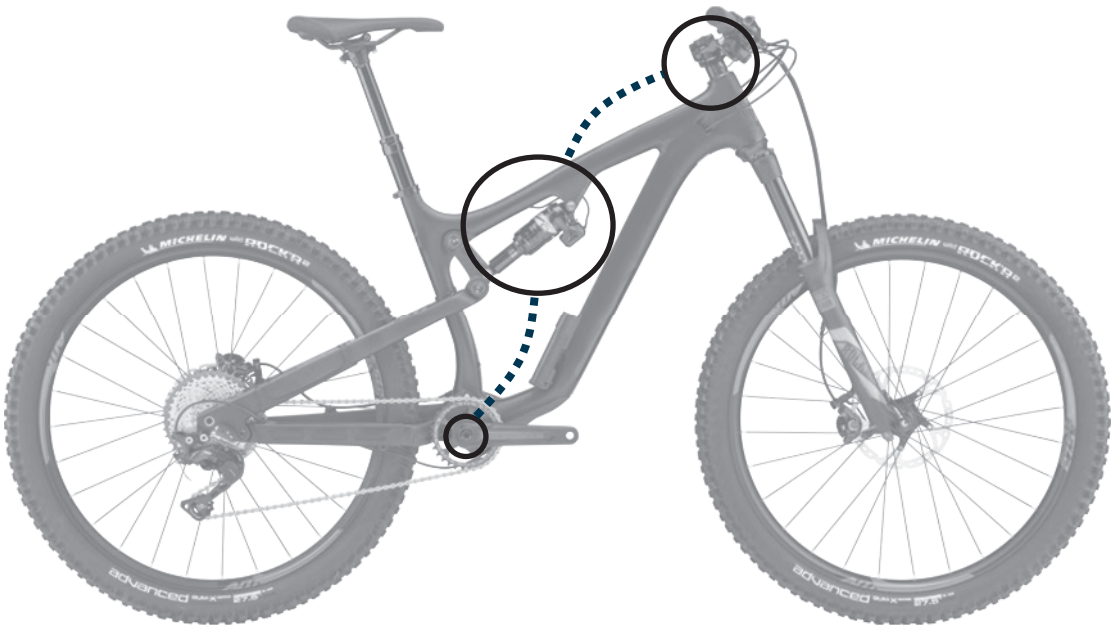
Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur	20 points
Partie 2 - Sciences physiques	20 points

Partie 1 : les documents réponses DR1 et DR2 (pages 14 et 15) sont à rendre avec la copie.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur

Contrôle automatique de suspension de VTT



Constitution du sujet

- Sujet ..... pages 3 à 15
- Documents réponses ..... pages 14 à 15

Les documents réponses DR1 à DR2 (pages 14 à 15) sont à rendre avec la copie.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur

Contrôle automatique de suspension de VTT

Les VTT destinés à la pratique sur chemin de montagne sont équipés de suspensions à l'avant et à l'arrière, permettant d'amortir les chocs des roues sur les obstacles du terrain. Le but de ce dispositif est de réduire les traumatismes pour le cycliste, mais également de conserver au maximum le contact entre les roues et le sol afin de garantir un meilleur contrôle sur la motricité et la trajectoire.

Cependant, lors de montées ou de sessions rapides sur terrain plat, ces suspensions (et plus particulièrement à l'arrière) deviennent un handicap, car la force exercée par le pédalage crée un effet de pompage et le rendement est alors dégradé.

C'est pourquoi les suspensions arrières sont équipées d'une commande permettant au cycliste de bloquer manuellement leur effet lors d'un parcours. Mais la plupart des utilisateurs effectuent peu cette action, préférant se concentrer sur le pilotage.

Le système étudié, présenté figure 1, propose une solution de gestion automatique du blocage de la suspension arrière selon le terrain rencontré, libérant le pilote de cette charge. Il permet de rendre le VTT plus polyvalent, et améliore le compromis entre rendement et confort.

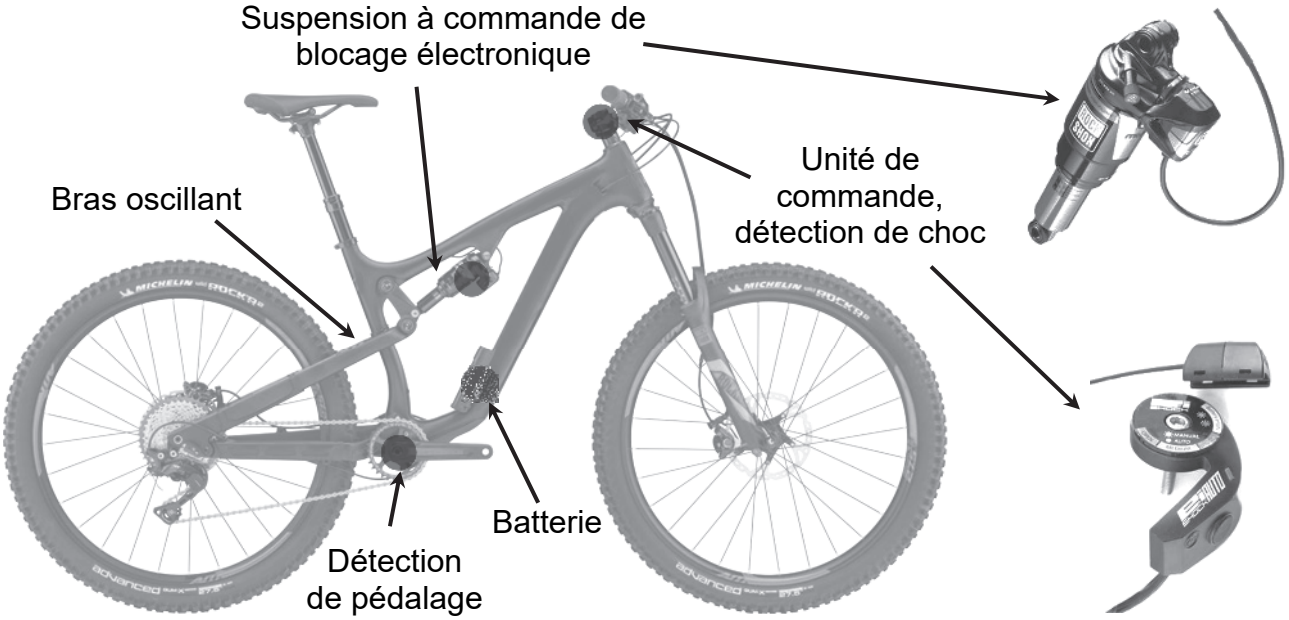


Figure 1 : le système dans son environnement et ses constituants

Le modèle de suspension utilisé est basé sur un ressort pneumatique, permettant un gain de masse notable ainsi qu'une facilité d'adaptation à une plus large gamme d'utilisateurs.
Le ressort permet d'absorber puis restituer l'énergie d'un choc. Il est associé à un amortisseur pour réduire les rebonds en exerçant un frottement fluide.
Sous l'effet de la force qui lui est appliquée (figure 2), la suspension voit sa longueur à vide réduite d'une valeur nommée affaissement. La valeur maximale de cet affaissement est appelée la course de la suspension.

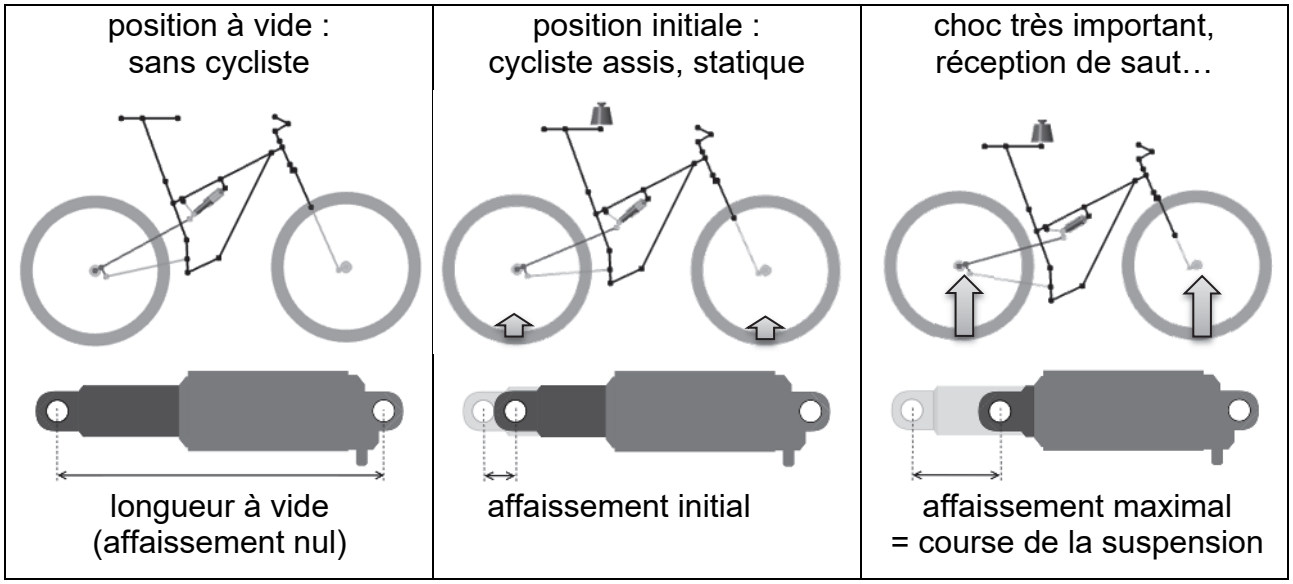
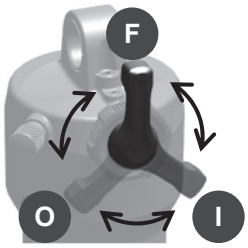


Figure 2 : affaissements aux positions remarquables de la suspension

La commande de blocage de la suspension possède trois positions.
Sur la version manuelle représentée figure 3, ce réglage s'obtient par la rotation d'un levier de ±120° selon la position désirée. Ce levier commande un système de blocage qui agit sur le circuit hydraulique de l'amortisseur.



F (0°)	position fermée, optimisée pour le pédalage sur terrains roulants : suspension bloquée, aucune absorption des chocs
O (120°)	position ouverte, pour la descente sur terrains accidentés : absorption maximale des chocs
I (240°)	position intermédiaire, pour terrains peu accidentés : bonne absorption des chocs tout en limitant l'effet de pompage

Figure 3 : trois positions de blocage de la suspension

Pour le modèle étudié, le levier est remplacé par une unité de commande électromécanique, visible figure 1.
Les performances attendues du contrôle automatique de suspension sont décrites figure 4.

fonctions	critères	niveaux
Adapter le système au cadre du VTT	débattement de la roue arrière	150 mm ± 2 mm
	longueur à vide de la suspension	190 mm
	affaissement initial	35 % de la course ± 2 %
Débloquer rapidement la suspension	temps de réaction maximal	120 ms
	durée maximale de la détection	10 ms
Bloquer la suspension	durée minimale de la prise en compte de la détection	5 s
Détecter des chocs par la mesure d'accélération linéaire sur l'axe de translation de la fourche	amplitude maximale du signal	3,5 g
	type de mesure	linéaire
	résolution de la mesure	0,01 g
	seuil1, pour un choc moyen	1,5 g
	seuil2, pour un choc important	2,5 g

Figure 4 : cahier des charges partiel du contrôle automatique de suspension

Sous-partie 1

Réglage de la suspension

L'objectif de cette sous-partie est de valider le critère d'affaissement initial préconisé par le constructeur.

La modélisation du cadre et sa cinématique ont permis d'obtenir les résultats figure 5. Le déplacement de la roue arrière d est maximal lorsque la longueur de la suspension L est minimale.

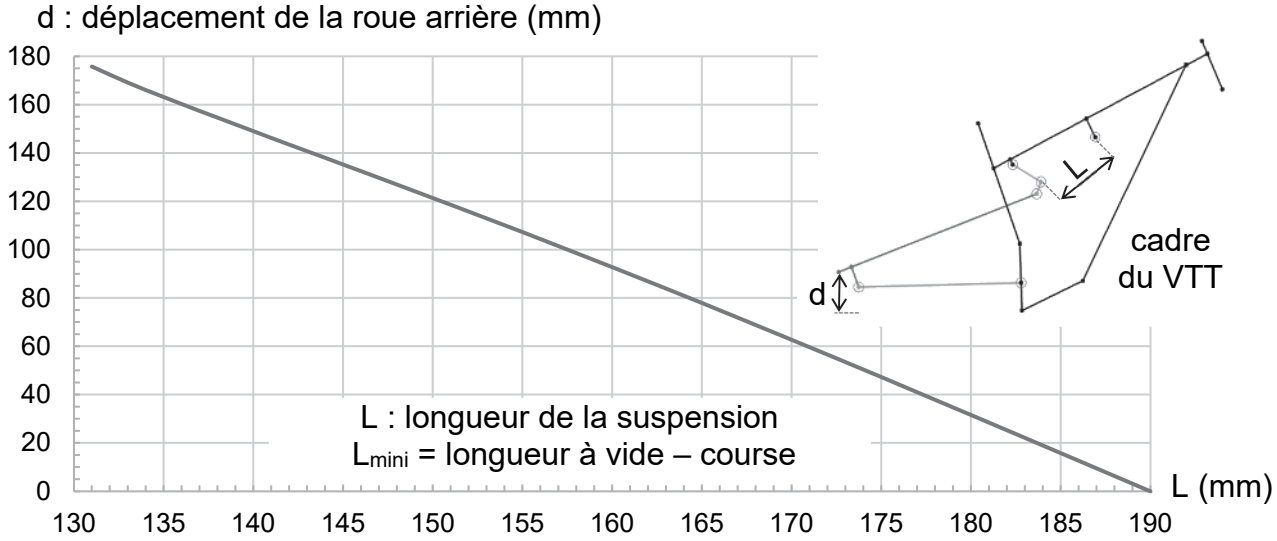


Figure 5 : modélisation du cadre et simulation cinématique

Question 1.1 **Relever**, sur le cahier des charges de la figure 4, la longueur à vide de la suspension et le débattement de la roue arrière. Puis, à l'aide de la figure 5, **montrer** qu'une course de 51 mm de la suspension permet de satisfaire l'exigence du débattement de la roue arrière.

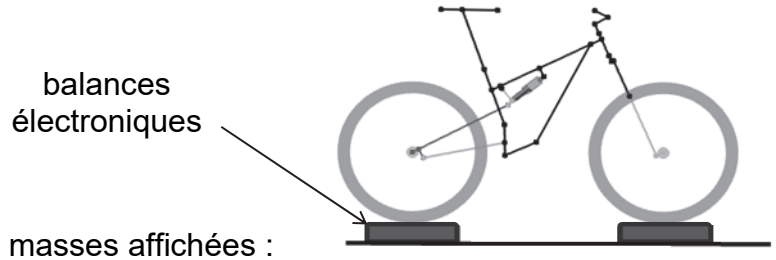
Le constructeur du VTT préconise un affaissement initial, lorsque le cycliste est assis en position statique sur le VTT, de 35 % ± 2 % de la course quelle que soit la masse de l'utilisateur (figure 2).

Cet affaissement s'obtient en ajustant la pression du ressort pneumatique, lorsque la suspension est à vide, à l'aide d'une pompe manuelle haute pression munie d'un manomètre.
Le constructeur donne les indications de la figure 6 pour un réglage de base en fonction de la masse du cycliste.

masse (kg)	pression (bar)
54 – 63	10,3
64 – 72	11,4
73 – 81	12,1
82 – 90	13,1

Figure 6 : pression de réglage

Des relevés expérimentaux de masses ont été réalisés à l'aide de balances électroniques placées sous les roues. Les résultats sont présentés figure 7.



masses affichées :

VTT seul	6,5 kg	6,3 kg
VTT avec cycliste	52,7 kg	29,8 kg

Figure 7 : relevés de masses

Question 1.2	D'après les données de la figure 7, **déterminer** les masses du VTT et du cycliste. À l'aide de la figure 7, **montrer** que la pression de base recommandée par le constructeur correspondante est alors de 11,4 bar. **Calculer** l'intensité de la force exercée par le sol sur la roue arrière, F_R en N, à l'affaissement initial, en considérant g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$.

La force exercée par le sol sur la roue arrière F_R est transmise à la suspension par l'articulation arrière du cadre du VTT. Cette force est amplifiée par le système de bielles et les résultats d'une simulation mécanique montrent que l'intensité F_S de cette force transmise à la suspension est de 1550 N.

La suspension, assimilée à un ressort pneumatique représenté figure 8, peut être modélisé par un vérin dont les chambres sont fermées. Les pressions p_N et p_P dans ces chambres varient en fonction de la position du piston et exercent une force sur ce dernier qui augmente en fonction de l'affaissement de la suspension.
Les surfaces du piston S_N et S_P soumises aux pressions dans les chambres négative et positive, représentées figure 9, sont assimilables à des couronnes.

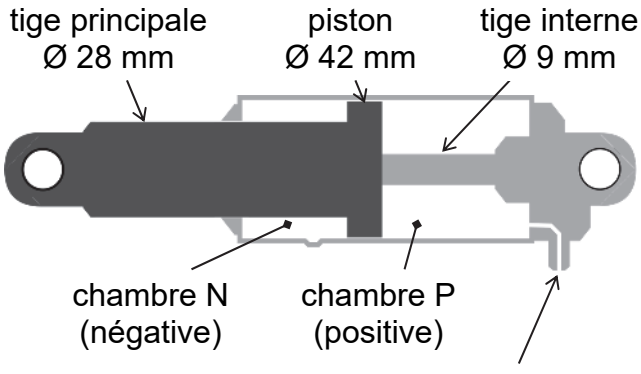


Figure 8 : ressort pneumatique

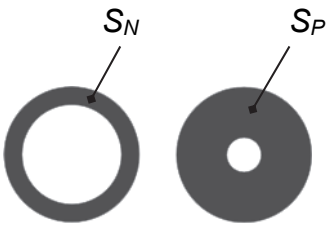


Figure 9 : surfaces soumises aux pressions

En position initiale, en isolant la tige principale de la suspension et en tenant compte des hypothèses ci-dessous, le bilan des actions mécaniques est illustré figure 10 :

- poids de la tige principale $\vec{P}$ négligé ;
- force transmise par le bras oscillant à la suspension $\overrightarrow{F_S} = F_S \cdot \vec{x}$;
- force exercée par la pression dans la chambre positive $\overrightarrow{F_P} = - F_P \cdot \vec{x}$;
- force exercée par la pression dans la chambre négative $\overrightarrow{F_N} = F_N \cdot \vec{x}$;
- les actions liées aux frottements sont négligées.

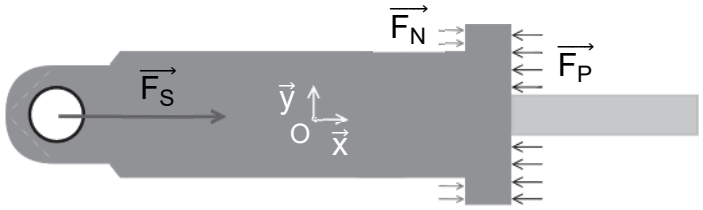


Figure 10 : représentation des actions mécaniques exercées sur la tige principale

Question 1.3	En appliquant le théorème de la résultante statique à la tige principale en projection sur $\vec{x}$, **montrer** que $F_P - F_N = F_S$. **Exprimer** F_P et F_N en fonction des pressions dans les chambres positive et négative, p_P et p_N, et des surfaces soumises à ces pressions, S_P et S_N (figures 8 et 9).

Question 1.4 DR1	Compte tenu des diamètres du piston et de chacune des tiges du ressort pneumatique (figures 8 et 9), **calculer** les surfaces S_P et S_N, en mm^2, soumises aux pressions dans les chambres positive et négative. Sur le document réponse DR1, **renseigner** les paramètres manquants du vérin pneumatique qui modélise le ressort, en utilisant les questions 1.1 et 1.2.

Le résultat de la simulation du modèle multiphysique, fourni sur le document réponse DR1, représente l'évolution de la force exercée lorsque la position de la tige principale, donc l'affaissement de la suspension, augmente.

Question 1.5 DR1	Sur le résultat de la simulation du document réponse DR1, **représenter** l'affaissement correspondant à la force F_S de 1550 N appliquée à la suspension en position initiale. **Conclure** vis-à-vis du cahier des charges imposé figure 4.

Sous-partie 2

Déblocage rapide de la suspension

L'objectif de cette sous-partie est de valider le temps de réaction spécifié par le constructeur pour débloquer la suspension.

Lorsque le cycliste se déplace rapidement sur terrain roulant et qu'aucun choc important n'est détecté, la suspension est bloquée afin d'optimiser le pédalage. Lorsqu'un choc important est subitement détecté sur la roue avant, le système doit débloquer rapidement la suspension arrière.

Question 1.6 **Relever** la valeur du temps de réaction spécifié dans le cahier des charges lors d'un déblocage de la suspension.
Sachant que la distance entre les roues avant et arrière du VTT étudié est de 1162 mm, **montrer** que ce temps de réaction permet d'amortir un choc détecté sur la roue avant lorsqu'il arrive sur la roue arrière jusqu'à une vitesse de déplacement du VTT de 35 $km \cdot h^{-1}$.

La commande électromécanique qui permet d'agir sur le système de blocage de la suspension (présenté figure 3) est détaillée figures 11 et 12.

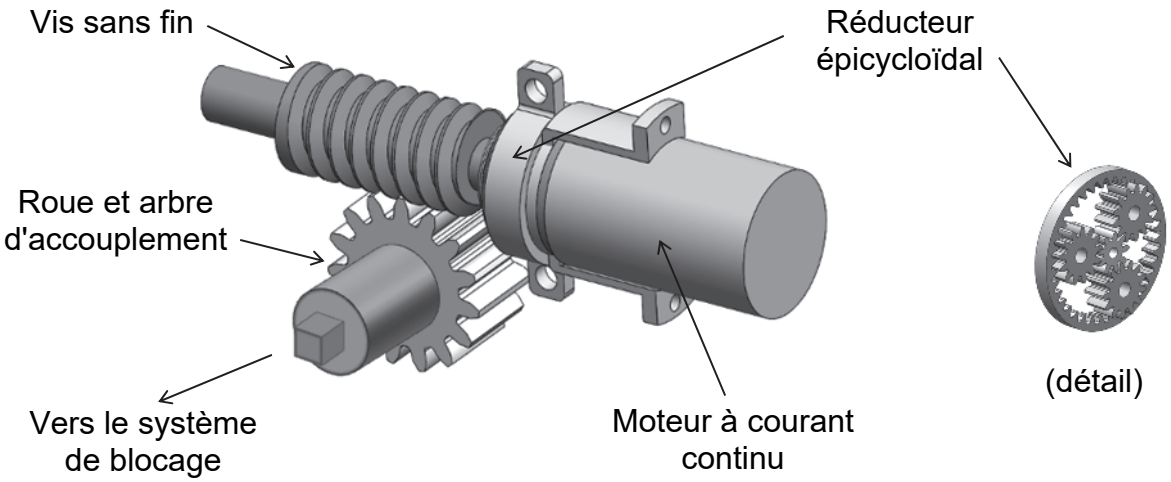


Figure 11 : mécanisme de la commande

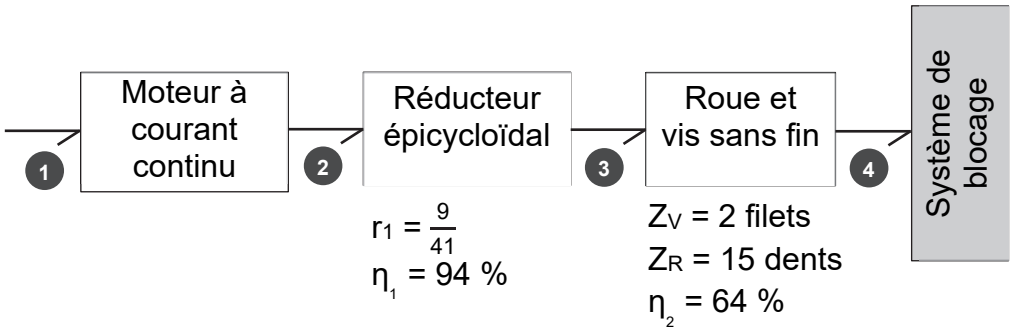


Figure 12 : chaîne de puissance partielle de la commande

Les grandeurs qui caractérisent la puissance au point (4) de la figure 12 sont le couple C_R exercé par la roue dentée et la vitesse angulaire ω_R de cette dernière.

Question 1.7 **Déterminer**, compte tenu des spécifications, le rapport de transmission r_2 du système roue et vis sans fin, puis le rapport de transmission global r_g ainsi que le rendement global η_g entre les points (2) et (4).

Le couple C_R de la roue qui entraîne le système de blocage est considéré comme constant et est évalué à 1,7 mN·m.

Question 1.8 **Donner** l'expression du couple C_M que le moteur doit délivrer au point (2) de la chaîne de puissance en fonction de C_R, r_g et η_g et **montrer** que sa valeur est de 0,083 mN·m.

Le circuit de pilotage du moteur délivre au point (1) une tension continue de 7 V. La modélisation du moteur à partir des données du constructeur a permis d'obtenir pour une tension d'alimentation U_M = 7 V la caractéristique représentée figure 13.

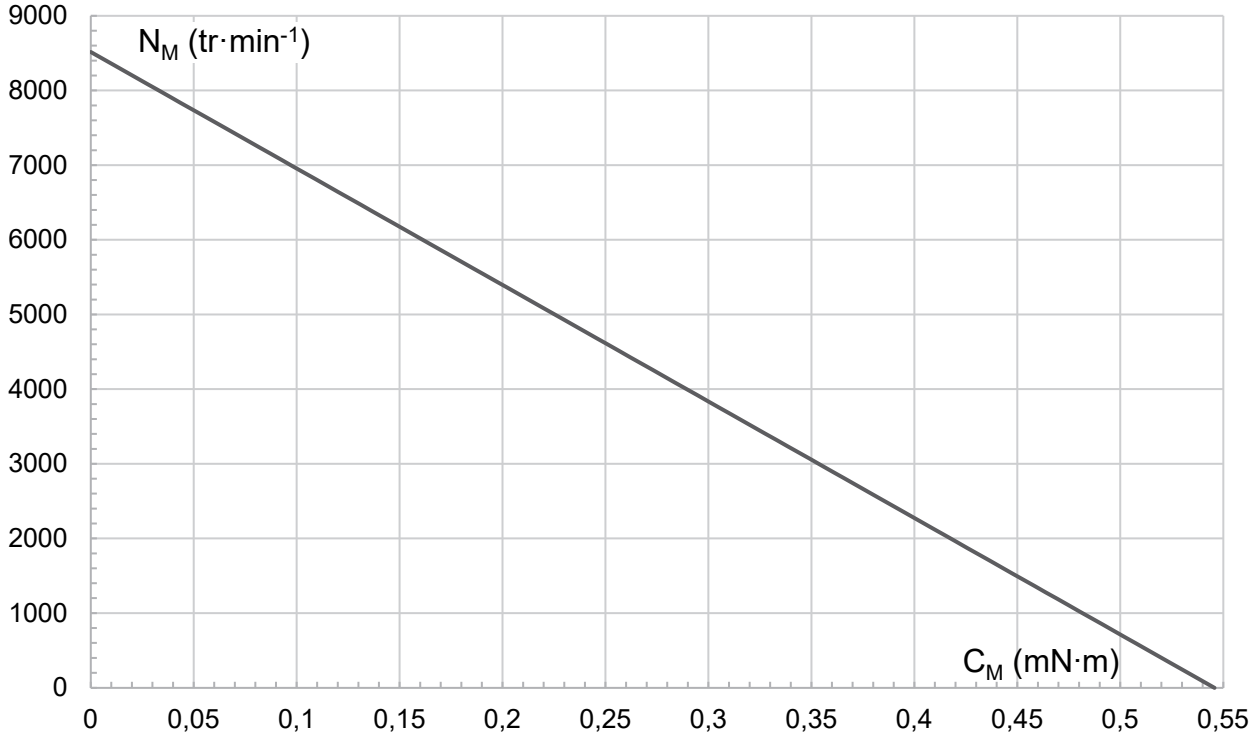


Figure 13 : caractéristique du moteur pour une tension d'alimentation U_M = 7 V

Question 1.9 **Donner**, à l'aide du graphique de la figure 13, la vitesse de rotation du moteur N_M en tr·min^{-1} correspondant au couple C_M précédent.
Déterminer l'expression de la vitesse de rotation de la roue N_R en fonction de N_M et du rapport de transmission global r_g puis la valeur de la vitesse angulaire de la roue ω_R correspondante, exprimée en °·s^{-1}.

Durant la phase de déblocage de la suspension, le mouvement de rotation de la roue est uniforme avec une vitesse angulaire $\omega_R = 1270\ °\cdot s^{-1}$.
L'équation horaire de la position angulaire de la roue est donc :

$\theta_R(t) = \omega_R \cdot t + \theta_{Rinitiale}$ avec $\theta_{Rinitiale} = 0°$ (correspondant à la position fermée F).

Question 1.10 **Déterminer** l'instant à partir duquel la roue a atteint la position angulaire permettant de débloquer la suspension, en passant de la position fermée F à la position ouverte O (description figure 3).

Le relevé expérimental représenté figure 14 a été observé grâce à un capteur de position angulaire lié à la roue qui entraîne le système de blocage durant une phase de déblocage de la suspension, passant de la position fermée F à la position ouverte O.

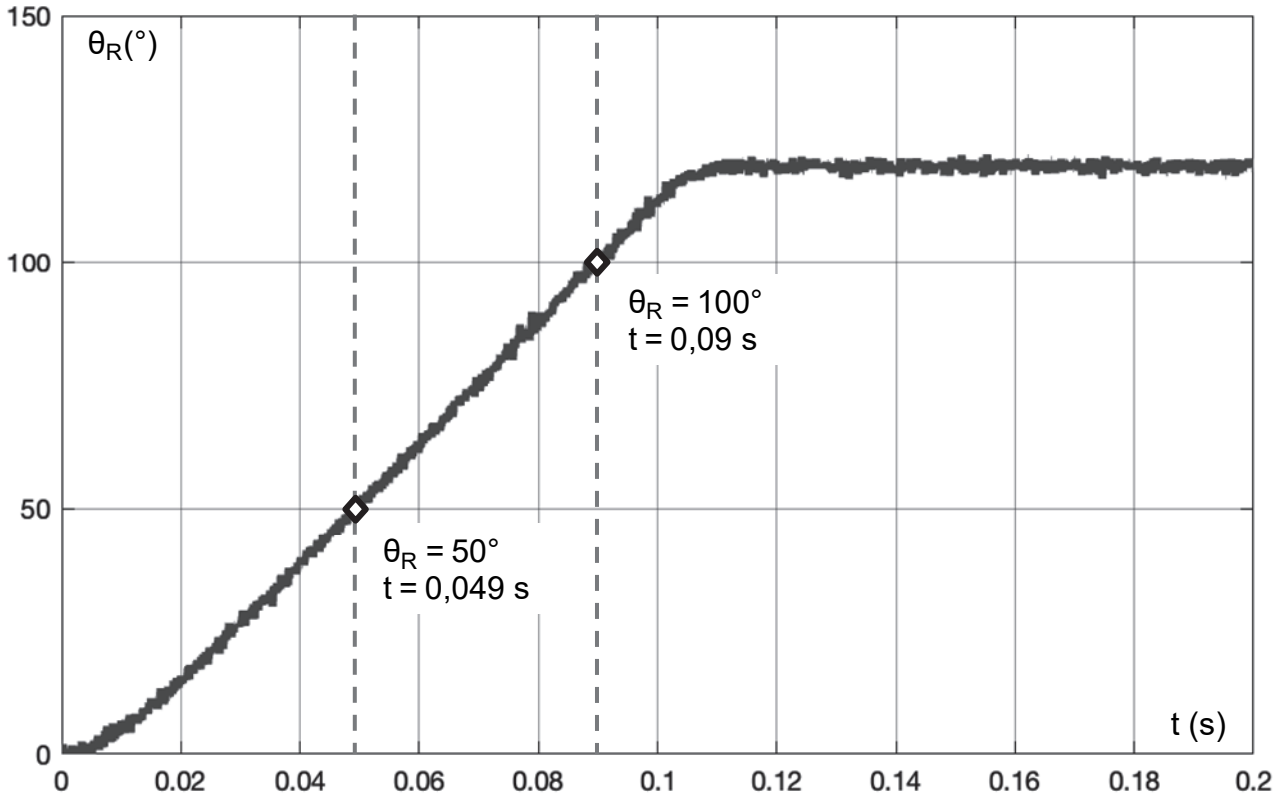


Figure 14 : relevé expérimental de position angulaire

Question 1.11 **Relever** sur la figure 14 le temps nécessaire pour débloquer la suspension.

Expliquer l'origine des écarts avec la valeur calculée à la question 1.10.

Conclure quant à la capacité du système à débloquer la suspension dans le temps imparti.

Sous-partie 3

Détection de choc et algorithme de commande

L'objectif de cette sous-partie est de valider les critères de la détection des chocs et de commande de blocage.

La détection de choc est assurée par un capteur intelligent d'orientation absolue, implanté dans le pivot de la fourche en liaison encastrement avec le guidon du VTT, comme le montre la figure 15.
Ce capteur est constitué d'un accéléromètre, d'un gyroscope et d'un magnétomètre dont la fusion des données permet d'estimer l'accélération linéaire du capteur sur chacun des trois axes $\vec{x}$, $\vec{y}$ et $\vec{z}$ en s'affranchissant de la gravité $\vec{g}$.
L'accélération linéaire sur l'axe de translation de la fourche permet d'évaluer les chocs reçus sur la roue.

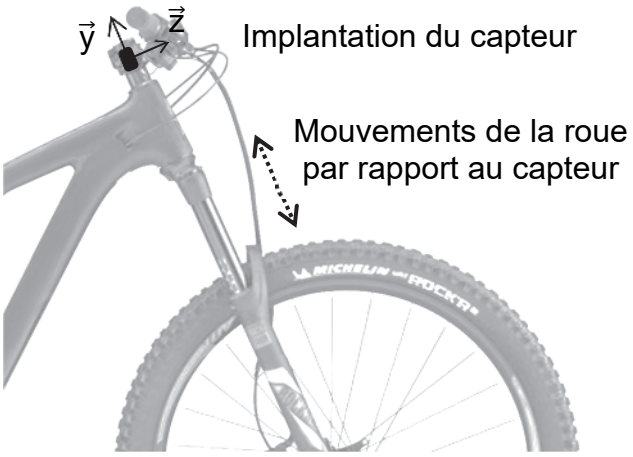


Figure 15 : implantation du capteur

Question 1.12 **Indiquer** sur quel axe du capteur devront être récoltées les informations permettant de détecter les chocs.

Ce capteur communique avec le microcontrôleur du système au moyen d'une liaison série I^2C et son identifiant sur le bus lors d'une opération d'écriture est le 0x50.
À la mise sous tension du système, l'opération d'initialisation du capteur consiste entre autres à écrire dans son registre de configuration d'adresse 0x3d un octet qui permet de spécifier son mode de fonctionnement.

Les différents modes de fonctionnement du capteur sont décrits dans le tableau figure 16.

Valeur du registre	Mode	accélérations mesurées			fréquence d'échantillonnage	plage de mesure
		gravité	linéaire	totale		
1	ACC			x	configurable de 8 Hz à 1000 Hz	configurable de ± 2 g à ± 16 g
9	CMPS	x		x	20 Hz	± 4 g
10	M4G	x	x	x	50 Hz	± 4 g
12	NDOF	x	x	x	100 Hz	± 4 g

Figure 16 : registre de configuration et modes de fonctionnement du capteur

Le modèle d'une trame émise par le microcontrôleur qui permet l'écriture d'un octet à une adresse spécifique est donné figure 17.

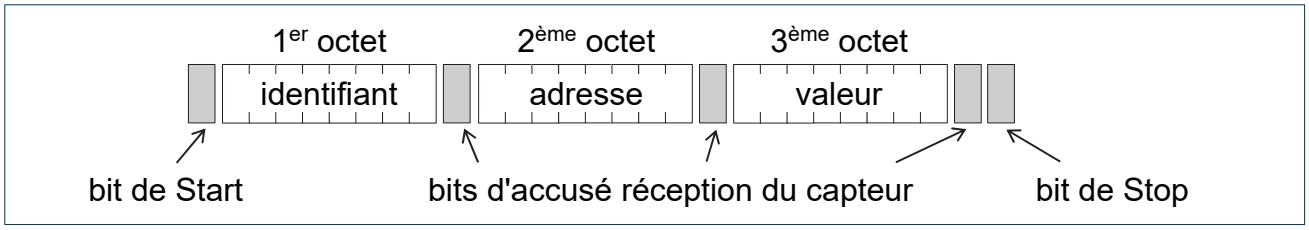


Figure 17 : modèle d'une trame d'écriture

La figure 18 présente les résultats d'une capture de trames I²C lors de la phase d'initialisation du système.
Les bits de Start sont représentés par le symbole « [», les bits de Stop par «] », les bits d'accusé réception ne sont pas représentés, les octets sont exprimés en base hexadécimale.

```
       0   1   2   3   4   5   6   7   9   a   b   c   d   e   f
0000 [50  07  00][50  3f  80][50  3f  80][50  3b  00][50  41  24]
0001 [50  42  00][50  3d  0c][50  3e  00]
```

Figure 18 : trames capturées lors de la phase d'initialisation du système

Question 1.13 Parmi les trames capturées figure 18 et à l'aide du modèle figure 17, **identifier** dans le registre de configuration d'adresse 0x3d la valeur écrite en hexadécimal puis l'**exprimer** en décimal.

D'après le tableau figure 16, **montrer** que le mode de fonctionnement NDOF sélectionné permet de satisfaire les exigences du cahier des charges quant aux caractéristiques du signal à numériser.

L'accélération linéaire mesurée par le capteur est disponible sous forme numérique : les valeurs comprises entre - 4 g et 4 g sont représentées par des nombres entiers codés en binaire sur 10 bits.

Question 1.14 Compte tenu du format précisé ci-dessus, **déterminer** la résolution de l'accélération linéaire mesurée en g, puis **valider** le critère correspondant du cahier des charges figure 4.

Le fonctionnement du système est décrit par le diagramme d'état de la figure 19.

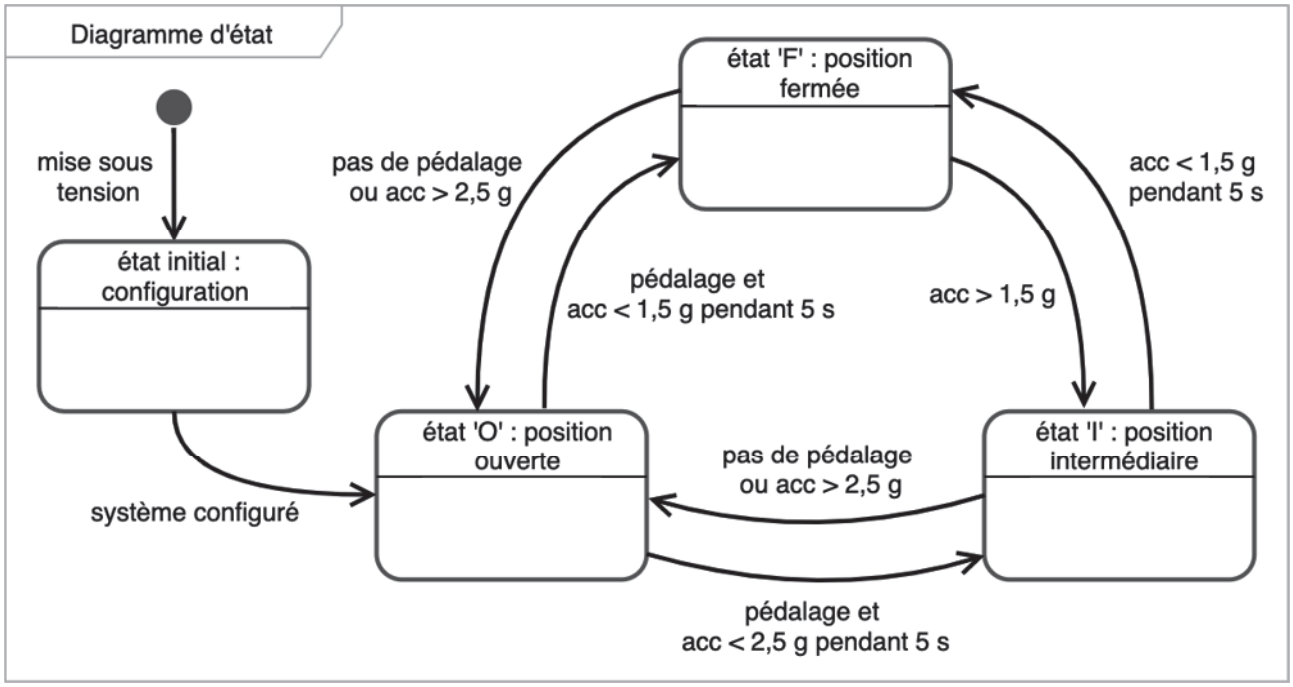


Figure 19 : diagramme d'état du système de gestion du blocage de la suspension

La traduction du diagramme d'état en programme Python est partiellement donnée sur le document réponse DR2. Le programme décrit est exécuté en boucle toutes les 10 ms afin de s'adapter à la fréquence d'échantillonnage du capteur.

L'algorithme qui permet la détection d'une accélération inférieure aux seuils spécifiés pendant une durée de 5 s est décrit entre les lignes 110 et 119.
Il consiste à compter le nombre de lectures consécutives de l'accélération qui renvoient une valeur inférieure à chacun des deux seuils, dont les valeurs correspondantes sont mémorisées dans les variables `acc_seuil1` et `acc_seuil2`. Lorsque ce n'est pas le cas, le compteur associé est remis à 0, la durée est donc réinitialisée.

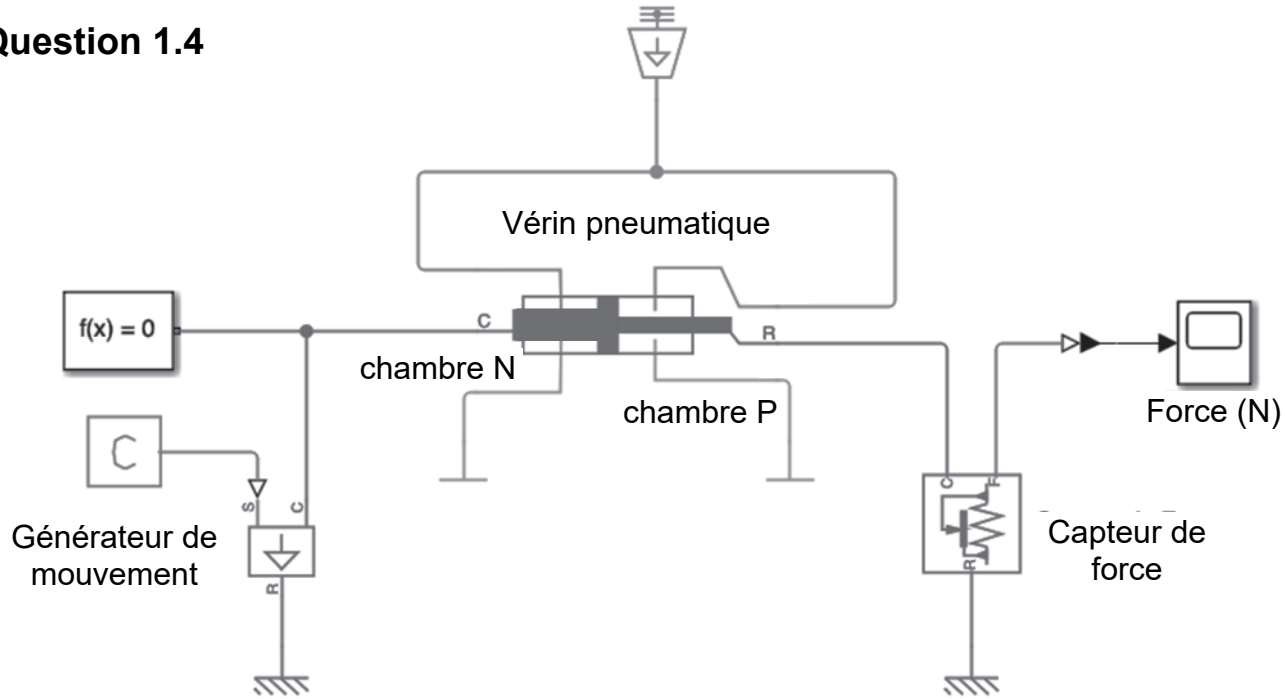
Question 1.15 DR2	Sur le programme du document DR2, **compléter** les lignes 113 à 119 qui permettent la gestion des compteurs `acc_cpt1` et `acc_cpt2`.

Question 1.16 DR2	Compte tenu de la durée de 10 ms entre deux exécutions de boucle, **déterminer** la valeur des compteurs qui permet de respecter la durée de 5 s spécifiée par le cahier des charges. **Reporter** cette valeur sur le document DR2, aux lignes 124, 127 et 135.

Question 1.17 DR2	Sur le programme du document DR2, **compléter** les lignes 143 à 145 qui permettent de valider le fonctionnement décrit par le diagramme d'état.

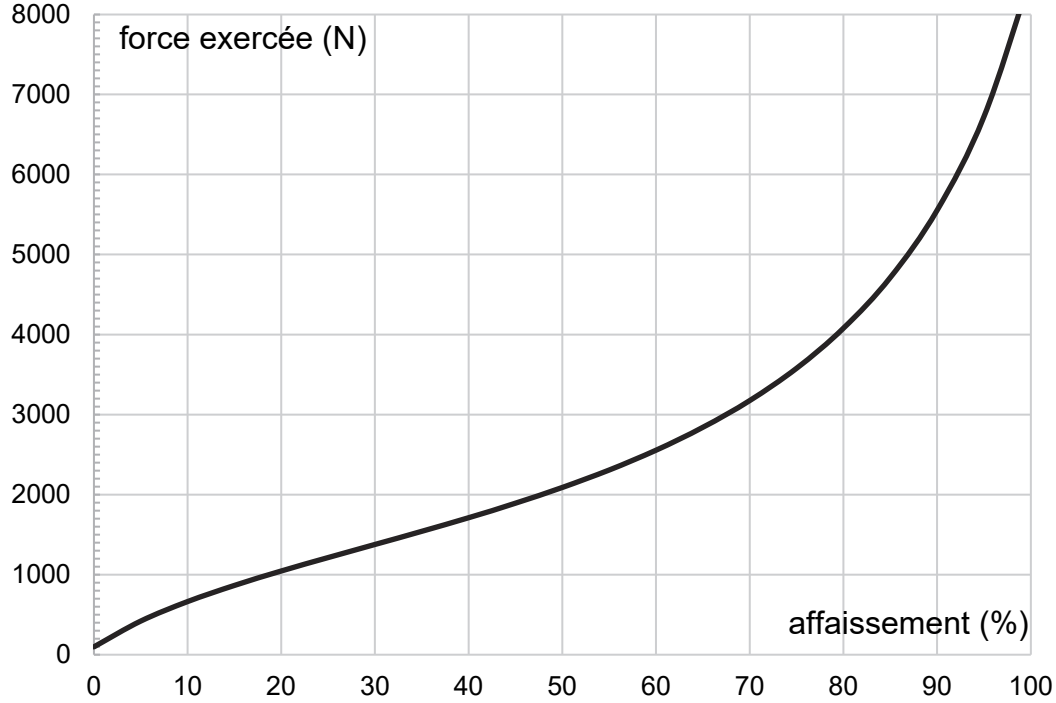
Document réponse DR1

Question 1.4



Actionneur			Condition initiale		
surface piston chambre N	……	mm^2	pression chambre P	……	bar
surface piston chambre P	……	mm^2			
course de la suspension	……	mm			

Question 1.5



Document réponse DR2

Questions 1.15 à 1.17

```
110  # Gestion de la détection de chocs
111  acc = abs(lecture_acc_lineaireY()) # lecture accélération
112  if acc < acc_seuil1:               # seuil1 : choc moyen
113       acc_cpt1 = ............       # incrémentation compteur 1
114  else:
115       acc_cpt1 = ........           # mise à 0 compteur 1
116       if acc < acc_seuil2:          # seuil2 : choc important
117            acc_cpt2 = ............  # incrémentation compteur 2
118       else:
119            acc_cpt2 = ........      # mise à 0 compteur 2
120
121  # Gestion des différents états du système
122  if etat =='O':                    # position ouverte
123       if pedalage == True:
124            if acc_cpt1 > .....:     # pendant plus de 5 s
125                 rotation_moteur(-120)
126                 etat = 'F'          # changement d'état
127            elif acc_cpt2 > .....:
128                 rotation_moteur(120)
129                 etat = 'I'
130
131  elif etat =='I':                  # position intermédiaire
132       if pedalage == False or acc > acc_seuil2:
133            rotation_moteur(-120)
134            etat = 'O'
135       elif acc_cpt1 > .....:
136            rotation_moteur(120)
137            etat = 'F'
138
139  elif etat =='F':                  # position fermée
140       if pedalage == False or acc > acc_seuil2:
141            rotation_moteur(120)
142            etat = 'O'
143       elif ..................:    # choc moyen détecté
144            rotation_moteur(.....)
145            etat = ....             # changement d'état
```

Partie 2 : Sciences physiques

EXERCICE A – Étude de l'effet Doppler à l'aide de deux téléphones

Dans une expérience représentée figure 1, un premier téléphone mobile T_1 effectue un mouvement circulaire uniforme autour d'un axe vertical. Lors de son mouvement, il émet un signal sonore de fréquence f_E = 1 000 Hz.

Un second téléphone T_2, fixe, enregistre le signal sonore qu'il reçoit. Une application permet de relever la fréquence f_R du son reçu et d'en déduire la vitesse de la source T_1 dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.

La figure 2 illustre le dispositif expérimental en présentant, vu de dessus, le téléphone émetteur en deux positions particulières : T_{1A} et T_{1B}. En ces positions, le vecteur vitesse est dirigé selon la direction émetteur – récepteur.

On note c = 340 m·s^{-1} la vitesse du son dans l'air dans les conditions de l'expérience.

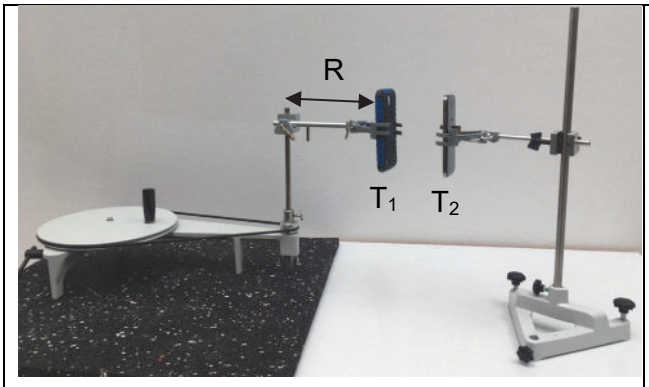


Figure 1. Représentation du dispositif
(https://www.christian-doppler.net)

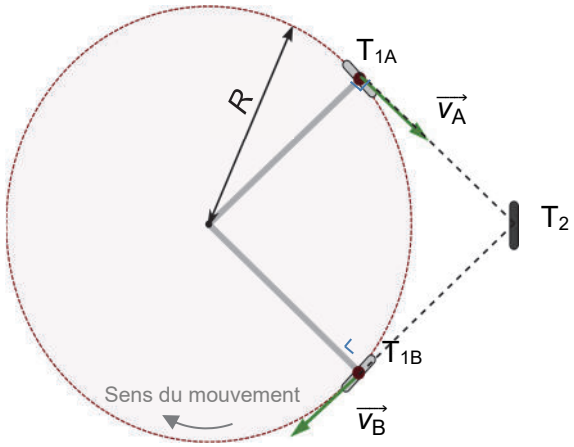


Figure 2. Schématisation du dispositif

On considère le téléphone à la position T_{1A}.

Q1. Pour cette position, indiquer si le téléphone émetteur se rapproche ou s'éloigne du récepteur T_2. Sans faire de calcul, préciser d'après l'effet Doppler si le son perçu au niveau du récepteur T_2 est plus aigu ou plus grave que le son émis.

Q2. À l'aide de la réponse à la question précédente, choisir parmi les propositions 1, 2, 3 et 4 ci-dessous, celle exprimant correctement la fréquence f_{RA} reçue en T_2 lorsque le téléphone émetteur est à la position T_{1A}.

1.	2.	3.	4.
$f_{RA} = \frac{c}{c - v_A}$	$f_{RA} = \frac{c}{c - v_A} f_E$	$f_{RA} = \frac{c}{c + v_A} f_E$	$f_{RA} = \frac{c}{c + 2v_A} f_E$

Le téléphone mobile T_1 est à chaque instant situé à une distance R = 21 cm de l'axe de rotation vertical autour duquel il effectue une rotation de période de révolution T = 0,77 s.

Q3. Vérifier que la norme de la vitesse du téléphone vaut environ v_B = 1,7 m·s^{-1}.

Q4. Lorsque le téléphone est au point T_{1B}, le second téléphone mesure la fréquence reçue f_{RB} = 995 Hz. On admet que cette fréquence vérifie la relation $f_{RB} = \frac{c}{c + v_B} f_E$. Donner l'expression de v_B, puis sa valeur numérique. Vérifier la conformité du résultat avec l'analyse faite à la question Q1.

EXERCICE B – Banc de test d'un moteur ionique à iode

Un moteur ionique est un moteur utilisé sur certains satellites. Sa force de propulsion vient de l'éjection des ions à très haute vitesse. Les ions libérés passent par deux grilles fortement chargées électriquement et subissent ainsi une accélération.

Cet exercice propose d'analyser le système d'accélération sur un moteur utilisant trois cations de l'élément iode : I^+, I^{2+} et I_2^+.

Une tension électrique *U* positive est appliquée entre les grilles situées à une distance *d* l'une de l'autre. Cette tension génère un champ électrique $\vec{E}$ uniforme et permet d'accélérer les ions qui sont ainsi éjectés du moteur avec une vitesse de l'ordre de plusieurs dizaines de kilomètres par seconde.

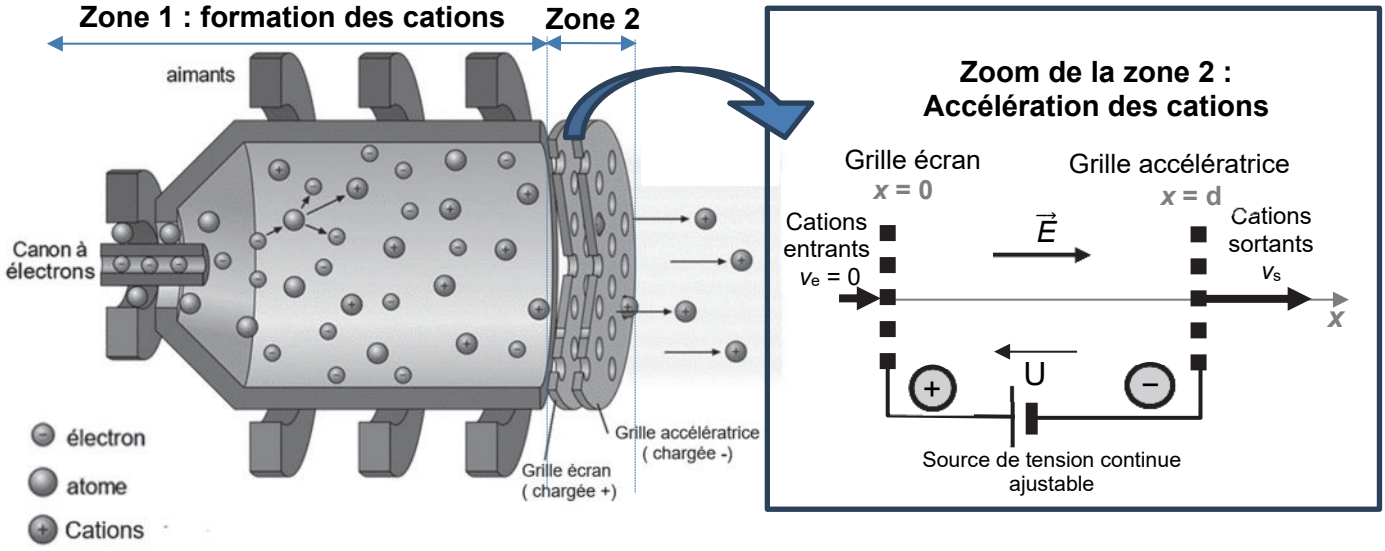


Figure 1. Schéma du moteur ionique à iode et modélisation de l'accélérateur d'ions.

Données

- masse des cations I^+ et I^{2+} assimilée à celle d'un atome d'iode : $m_I = 2{,}11\times10^{-25}$ kg ;
- masse d'un ion I_2^+ : $m_{I_2^+} = 2\,m_I$;
- charges des cations : $q(I^+) = q(I_2^+) = e$ et $q(I^{2+}) = 2\,e$

  avec *e* : charge électrique élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ;
- relation électron-volt et joule : 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J ;
- relation joule, coulomb et volt : 1 J = 1 C × 1 V.

Q1. Rappeler la relation donnant la force électrique $\vec{F}$ subie par une particule de charge q soumise à un champ électrique $\vec{E}$. Reproduire sur la copie le schéma ci-dessous et représenter la force électrique subie par un cation, sans souci d'échelle. Justifier votre réponse.

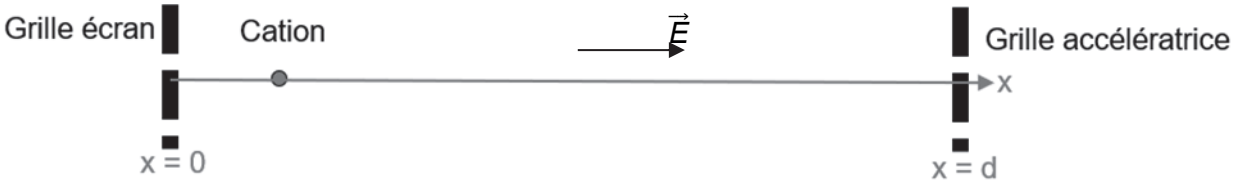


Figure 2. Schéma à reproduire sur la copie.

L'étude du moteur, lors d'un test, est menée dans le référentiel terrestre associé au laboratoire. On suppose que ce référentiel est galiléen au regard des durées et des distances mises en jeu. On néglige le poids de chacun des cations ainsi que toute interaction entre eux.

Le système est le cation.

On montre que le travail $W(\vec{F})$ de la force électrique $\vec{F}$ subie par un cation de charge q soumis à une différence de potentiel U dans l'accélérateur vérifie la relation $W(\vec{F}) = q\,U$.

On considère que la vitesse d'entrée, v_e des ions est négligeable devant la vitesse v_s atteinte en sortie de l'accélérateur, ce qui permet d'écrire que $v_e = 0$.

Q2. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que l'expression de l'énergie cinétique E_{CS} d'une particule de charge q en sortie de l'accélérateur est $E_{CS} = q\,U$.

Q3. Expliquer pourquoi les ions I^+ et I_2^+ en sortie d'accélérateur ont une énergie cinétique identique.

L'expérience est d'abord réalisée avec une tension U = 900 V aux bornes des grilles. Lors du test, un analyseur d'énergie des ions placé en sortie d'accélérateur, permet de mesurer la répartition des ions en fonction de leur énergie cinétique. Les résultats de mesures sont synthétisés sur la figure 3 ci-dessous.

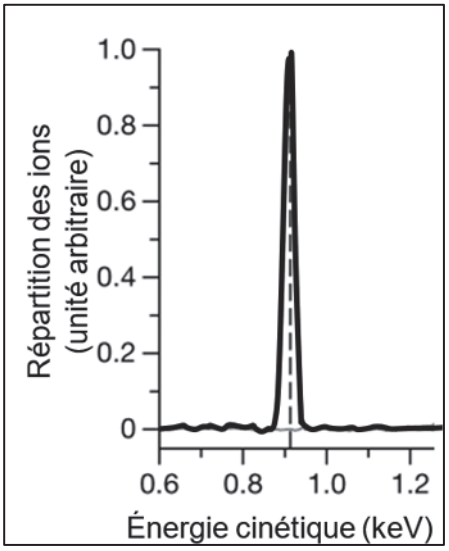


Figure 3. Répartition des ions en fonction de leur énergie cinétique.

Q4. Calculer, en keV, la valeur de l'énergie cinétique théorique, notée E_{CS}(*théo*), des ions I^+ et I_2^+ en sortie de l'accélérateur dans les conditions de l'expérience. Indiquer si cette valeur est cohérente en la comparant à une valeur expérimentale à estimer grâce à la figure 3.

On cherche maintenant à étudier l'influence de la masse et de la charge électrique sur la vitesse de sortie v_s pour les trois cations I^+, I^{2+} et I_2^+ .

Q5. Rappeler l'expression de l'énergie cinétique en fonction de la masse *m* de l'ion ainsi que sa vitesse de sortie v_s et montrer que de la vitesse de sortie s'exprimer : $v_S = \sqrt{\frac{2\,q\,U}{m}}$.

Lorsque la poussée du moteur est maximale, la tension *U* a pour valeur *U* = 1,3 kV.

Q6. Calculer la valeur de la vitesse de sortie $v_s(I^+)$ des ions I^+. Comparer avec l'ordre de grandeur de la vitesse d'éjection des ions données en début d'énoncé.

Q7. Les trois cations ont des vitesses de sortie différentes. Classer, sans faire de calcul, les vitesses de sortie des trois cations par ordre croissant à l'aide de l'expression de v_s donnée à Q5.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.