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 2022**

# SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

## JOUR 2

Durée de l'épreuve : **4 heures**
**Partie sciences de l'ingénieur** : durée indicative de **3 h** - Coefficient :
**12 Partie sciences physiques** : durée indicative de **1 h** - Coefficient : **4**

*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 27 pages numérotées de 1/27 à 27/27.

**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 à DR4 (pages 16 à 19)**
**sont à rendre avec la copie.**

# Partie 1 : Sciences de l'ingénieur

## Robot Barman



## Constitution du sujet


- Sujet ..... pages 3 à 15
- Documents réponses..... pages 16 à 19


**Les documents réponses DR1 à DR4 (pages 16 à 19) sont à rendre avec la copie**

**Le candidat devra traiter obligatoirement la sous-partie 1.**

**Puis, il devra choisir et traiter l'une des deux sous-parties suivantes :**

- la sous-partie 2 (choix A), questions Q1.9 à Q1.15
- la sous-partie 2 (choix B), questions Q1.16 à Q1.22

## Mise en situation

Certains bars ont décidé d'embaucher un serveur d'un nouveau genre. Il s'agit d'un bras articulé capable de se saisir d'un verre et de le remplir de façon autonome, avant qu'un client ne le récupère. Le but de cette initiative est de limiter les contacts entre personnes et donc les risques de contamination.

Il est possible de passer la commande auprès du robot de trois façons différentes :

- via l'application sur un smartphone,
- via une tablette mise à disposition,
- en s'adressant au barman.

Le client peut soit choisir parmi des recettes de cocktails prédéfinies, soit composer lui-même une création suivant ses goûts avec les ingrédients qu'il a sélectionnés. La figure 1 représente le diagramme SysML de contexte du Robot Barman.

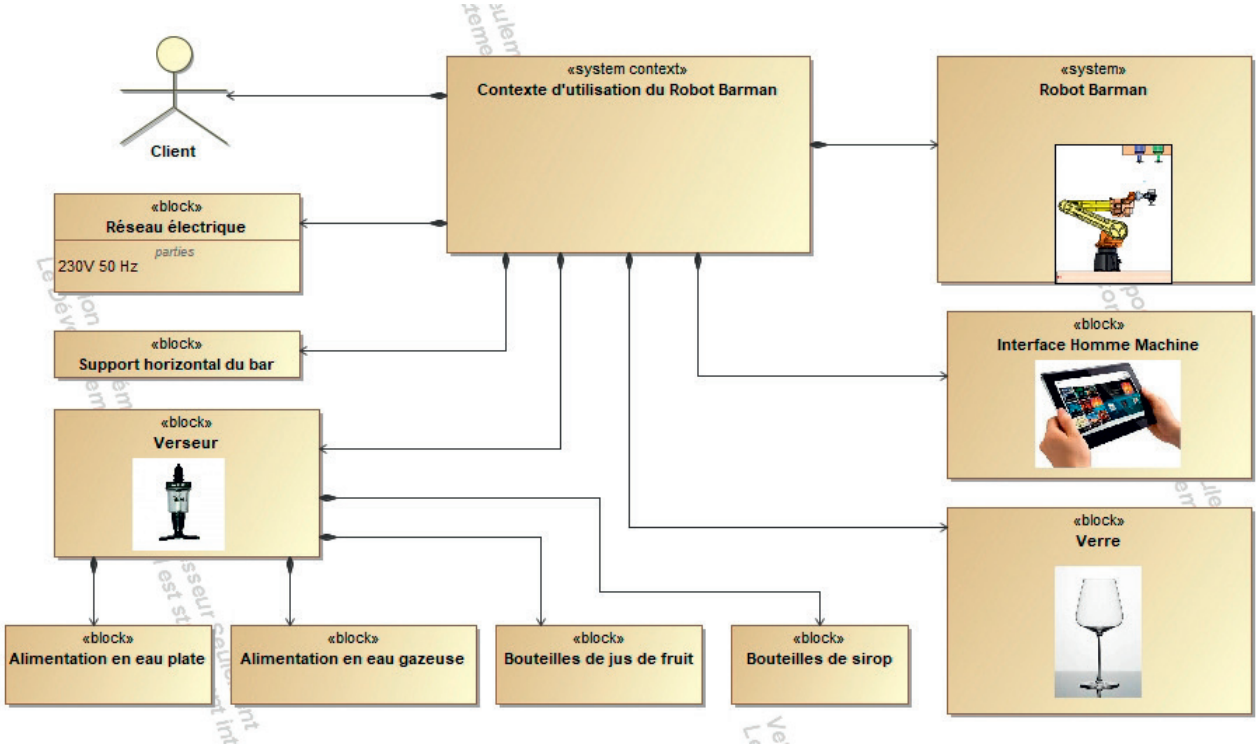



Figure 1 : diagramme de contexte du Robot Barman.

La figure 2 représente une partie du diagramme SysML des exigences du robot. Ce diagramme détaille le cahier des charges que le robot doit respecter.

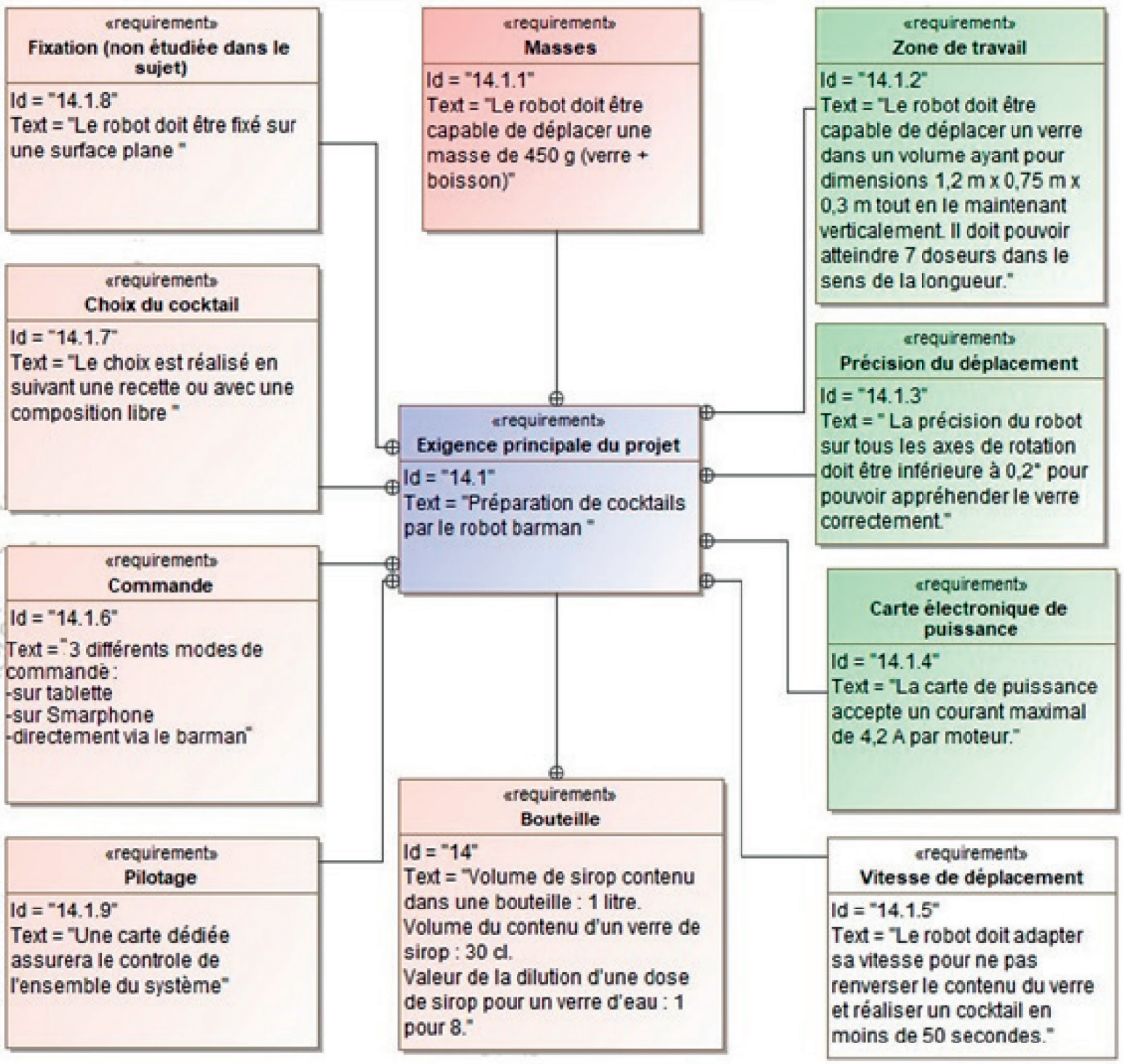
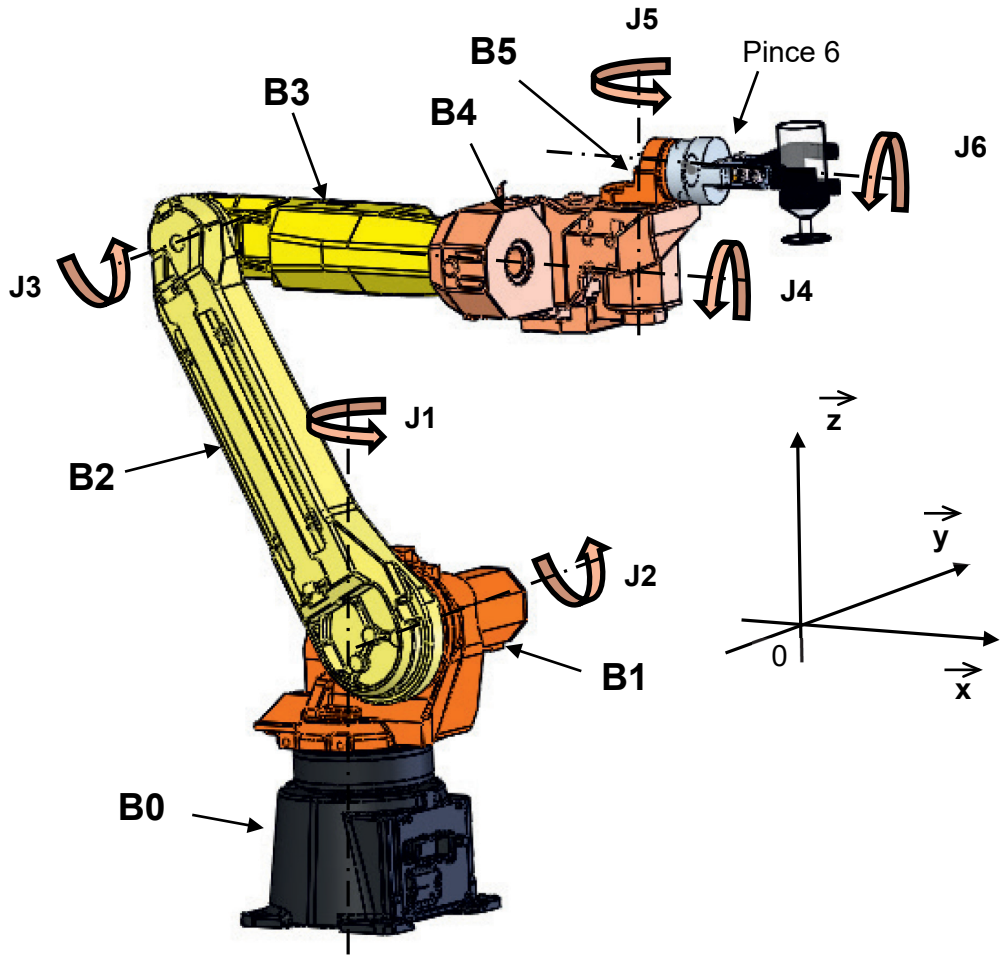



Figure 2 : diagramme partiel des exigences.

À l'image du bras de l'homme, un robot industriel est la plupart du temps composé de six degrés de liberté (un degré de liberté est un axe motorisé). Le robot étudié est représenté sur la figure 3, équipé d'une pince. Les carters de protection ne sont pas représentés pour mieux visualiser les éléments qui le composent.




| Axes de rotation | Notation | Emplacement | Type de mouvement |
|---|---|---|---|
| Axe 1 (J1) | B0/B1 | Base0/Bras1 | Rotation (+/- 185°) |
| Axe 2 (J2) | B1/B2 | Bras1/Bras2 | Rotation (+ 80° ; - 70°) |
| Axe 3 (J3) | B2/B3 | Bras2/Bras3 | Rotation (+/- 140°) |
| Axe 4 (J4) | B3/B4 | Bras3/Bras4 | Rotation (+/- 150°) |
| Axe 5 (J5) | B4/B5 | Bras4/Bras5 (Poignet) | Rotation (+/- 140°) |
| Axe 6 (J6) | B5/P6 | Bras5/Pince6 | Rotation (+/- 120°) |

Figure 3 : illustration du robot et définition des différents axes.

Afin de savoir si ce robot possède toutes les qualités requises pour effectuer la mission pour laquelle il est prévu, il est nécessaire de s'interroger sur :

- la validation des performances de déplacement dans un espace défini ;
- la capacité à transporter une charge ;
- la validation du temps de préparation et de service d'un cocktail ;
- la communication du robot avec son environnement.

# Sous-partie 1 – obligatoire
# Besoin et performances de déplacement

L'objectif de cette sous-partie est de valider les capacités de déplacement tout en gardant un verre dans une position verticale.

Le robot a pour fonction principale de déplacer un verre d'un endroit à un autre du bar.

| | |
|---|---|
| Question 1.1 | À l'aide de la figure 3, **indiquer** quelle est la liaison sur l'axe J2, en précisant son nom, son axe et sa représentation normalisée. |

La rotation des bras les uns par rapport aux autres est limitée par des butées mécaniques. Les angles maximaux de rotation des ensembles cinématiques les uns par rapport aux autres sont indiqués sur la figure 3.

Sur le document réponse DR1 le robot est entièrement dessiné dans la position de préhension du verre vide (position V1) et partiellement dessiné dans la position V2 qui correspond à la phase de remplissage. Pour un point K quelconque, la position de ce point lorsque le robot est en position de préhension du verre vide est appelée $K_0$. La notation $K_1$ représente la position du point K lors de la phase de remplissage.

Sur le document réponse DR1, deux situations sont envisagées. La situation 1 consiste à remplir le verre à l'aide du doseur 6 ; pour la situation 2, le verre est à remplir à l'aide du doseur 7.

| | |
|---|---|
| Question 1.2<br>DR1 | **Indiquer** la trajectoire du point $D_0$ appartenant au bras B2 par rapport au bras B1 et **tracer** la trajectoire de ce point dans les deux situations proposées sur le document réponse DR1. |

| | |
|---|---|
| Question 1.3<br>DR1 | **Tracer** la trajectoire du point $D_1$ appartenant au bras B3 à partir de la position $C_1$ pour les deux situations proposées sur le document réponse DR1. **Conclure** quant à la capacité du robot à atteindre le doseur 7. **Proposer** une solution permettant de respecter l'exigence Id 14.1.2 (figure 2). |

La figure 4 illustre la position du robot lorsqu'il prend un verre vide posé sur le bar. L'angle α est l'angle entre le bras B2 et l'axe vertical $(0, \vec{z})$, l'angle β est l'angle entre le bras B2 et le bras B3. Ces angles permettent de programmer avec précision la position du robot.

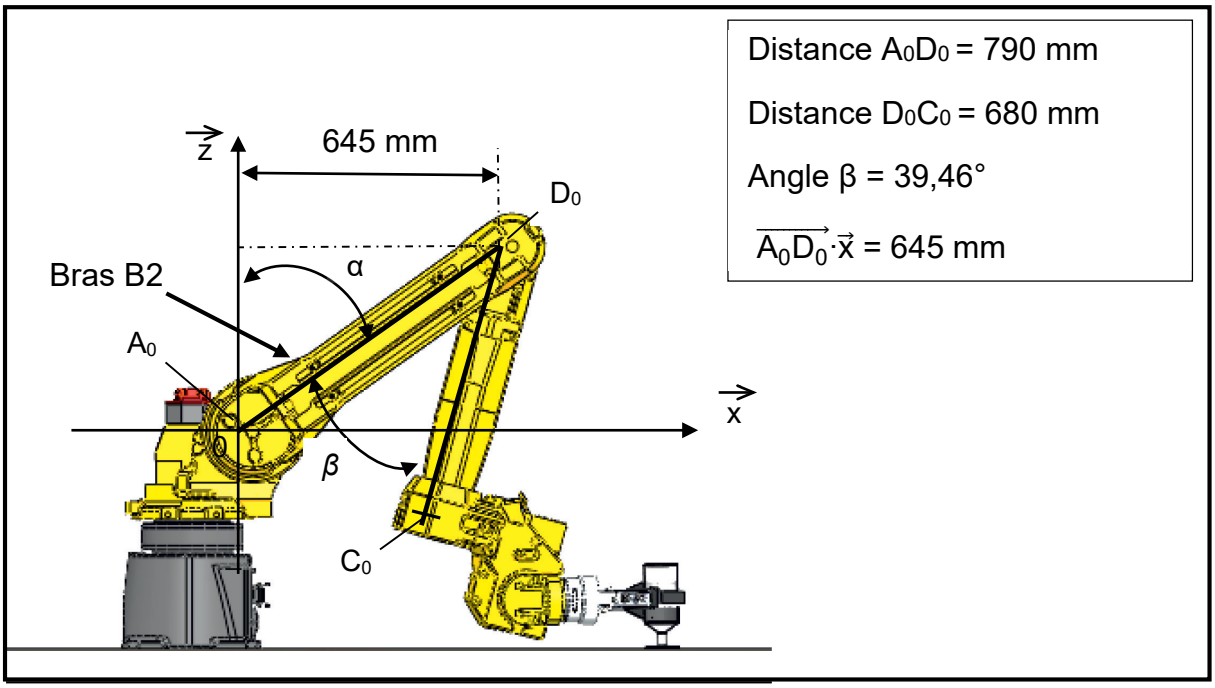



Figure 4 : paramétrage géométrique du Robot Barman.

Question 1.4 **Calculer** la valeur de l'angle α en degrés dans la position illustrée figure 4.

L'angle α permet d'enregistrer la position de référence du bras B2. La mesure de cet angle est assurée par un codeur incrémental positionné sur l'arbre de rotation du bras B2. Ce capteur permet de fournir une mesure de la vitesse angulaire et de la position angulaire du bras B2 à la partie commande du robot. Le mouvement du bras B2 est assuré par un moteur brushless contrôlé par des impulsions de commande. La figure 5 illustre, de manière partielle, la chaîne de puissance et d'information permettant le contrôle du bras B2.

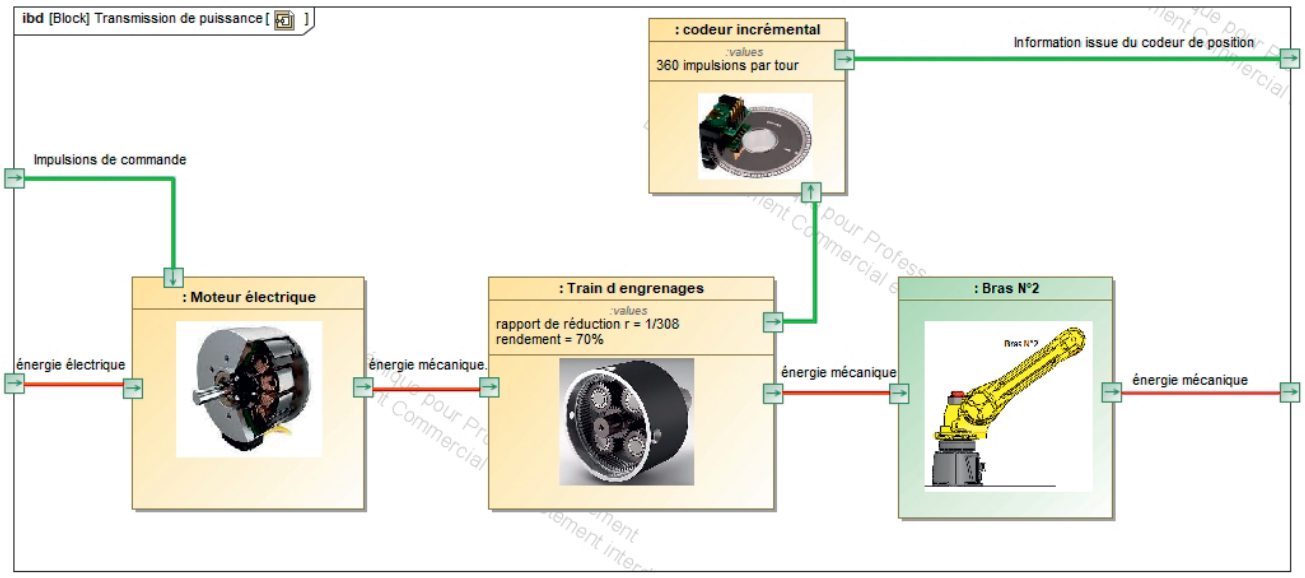



Figure 5 : extrait de la chaîne de puissance et d'information permettant le déplacement du bras B2.

La carte de commande permet de traduire l'ordre de commande en une position angulaire en sortie du moteur. Chaque impulsion de l'ordre de commande se traduit par la rotation de l'arbre de sortie du moteur d'une valeur de 60 ° comme illustré sur la figure 6.

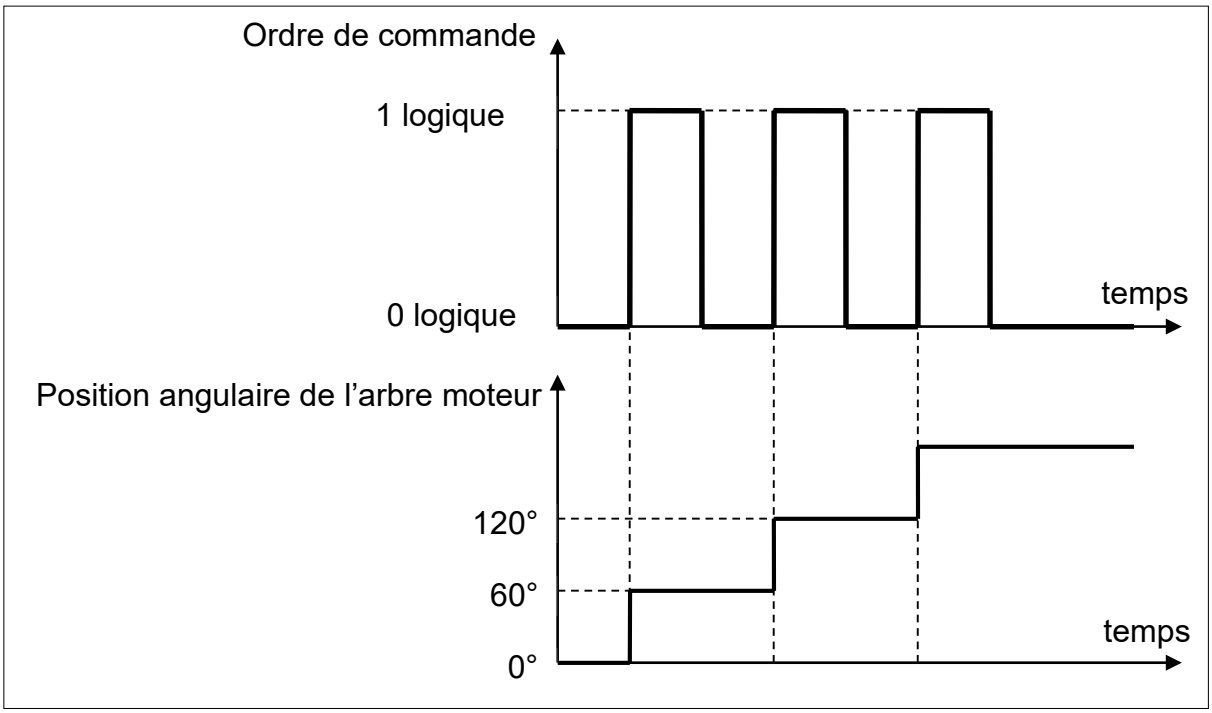



Figure 6 : évolution de la position de l'arbre moteur (résolution angulaire 60°).

Question 1.5 **Calculer** le nombre d'impulsions, noté $N_{impul}$, correspondant à la commande pour un tour du moteur.

Afin d'améliorer la précision de positionnement du bras B2, un réducteur de rapport $r = \frac{1}{308}$ est inséré entre le moteur brushless et le bras B2 conformément à la figure 5. Dans la suite de l'étude, la position angulaire α du bras B2 vaut α = 54° (figure 4).

Question 1.6 **Calculer** l'angle de rotation $\theta_{moteur}$ de l'arbre moteur ainsi que la valeur entière du nombre d'impulsions que doit générer la carte de commande $N_{impul}$ correspondant à la rotation du bras B2 pour atteindre l'angle α souhaité.

Question 1.7 **Calculer** l'angle de rotation réel du bras B2 à partir de la valeur entière du nombre d'impulsions $N_{impul}$ de l'arbre moteur trouvé à la question 1.6.

Question 1.8 **Calculer** l'écart relatif entre l'angle souhaité de α = 54° du bras B2 et son angle de rotation réel. **Conclure** sur la précision du positionnement du robot au regard de l'exigence Id 14.1.3 (figure 2).

# Sous-partie 2 – choix A
# Validation de la capacité à déplacer une charge

L'objectif de cette sous-partie est la vérification de la capacité du robot à déplacer un verre plein en « bout de bras ».

Les déplacements du verre sont réalisés à vitesse réduite et avec des accélérations très faibles pour ne pas renverser le liquide qu'il contient. Dans cette étude, toutes les vitesses sont considérées constantes.

Il est décidé de mettre en œuvre une stratégie pour valider le choix du moteur entrainant l'axe J2 (figure 3). Le document réponse DR2 montre le paramétrage géométrique retenu pour cette étude. L'étude est menée avec les hypothèses suivantes :

- l'action mécanique du verseur sur le verre pour déclencher la phase de remplissage est négligée ;
- l'action mécanique de la pesanteur sur le verre rempli est un effort appliqué au point F (centre d'inertie de l'ensemble {verre+liquide+pince}), elle est représentée par le torseur

$$\{T(\overrightarrow{P_1})\} = \left\{\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -P_1 & 0 \end{array}\right\}_{F,\vec{x},\vec{y},\vec{z}} \quad \text{avec } P_1 = 7 \text{ N ;}$$

- l'action mécanique de la pesanteur sur les bras {B2+B3+B4+B5} est un effort appliqué au point E (centre d'inertie de l'ensemble {B2+B3+B4+B5}), elle est représentée par le torseur

$$\{T(\overrightarrow{P_2})\} = \left\{\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -P_2 & 0 \end{array}\right\}_{E,\vec{x},\vec{y},\vec{z}} \quad \text{avec } P_2 = 40 \text{ N ;}$$

- le couple exercé par le bras B1 sur le bras B2 pour maintenir et déplacer l'ensemble des pièces {B2, B3, B4, B5, pince, verre plein} est appliqué au point O (centre de rotation du bras 2), il est représenté par le torseur

$$\{T(\overrightarrow{C_{bras}})\} = \left\{\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & C_{bras} \\ 0 & 0 \end{array}\right\}_{O,\vec{x},\vec{y},\vec{z}} .$$

| | |
|---|---|
| Question 1.9<br>DR2 | **Compléter** le document réponse DR2 en indiquant aux différents points, la direction et le sens des différentes actions mécaniques extérieures qui s'appliquent à l'ensemble {B2, B3, B4, B5, pince, verre plein}. Les deux actions mécaniques $\overrightarrow{P_1}$ et $\overrightarrow{P_2}$ sont à dessiner à l'échelle, le couple est à représenter sans échelle. |

Question 1.10 En appliquant le principe fondamental de la statique, **écrire** l'équation des moments au point O projeté sur $\vec{y}$ à l'ensemble {B2, B3, B4, B5, pince, verre plein}. **Calculer** la valeur du couple $C_{bras}$ au point O permettant de maintenir le robot dans la position étudiée.

La mise en mouvement du robot autour de l'axe J2 (figure 3) est réalisée par un motoréducteur composé d'un moteur brushless associé à un réducteur. Un extrait de la fiche technique du motoréducteur est donné sur la figure 7.

| Puissance électrique absorbée | Codeur | Couple nominal du moteur | Vitesse nominale moteur | Tension d'alimentation | Intensité maximale absorbée | Rapport de réduction | Rendement du réducteur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 140 W | Avec | 0,36 N·m | 3000 $tr \cdot min^{-1}$ | 24 V | 5,8 A | 1/308 | 70 % |

Figure 7 : caractéristiques du motoréducteur.

Dans la suite de l'étude, il est considéré que $C_{bras}$ = 45 N·m.

Question 1.11 **Calculer** la valeur du couple, noté $C_{moteur}$, à délivrer par le moteur brushless pour garantir le maintien du robot dans la position étudiée.

Question 1.12 À l'aide de la figure 7, **conclure** sur la capacité du robot à maintenir la position étudiée. **Justifier** la réponse.

Pour compléter l'étude et avoir une vue plus générale de la capacité du moteur d'axe J2 à déplacer une charge, un modèle multiphysique a été établi. Il est représenté sur la figure 8. Ce modèle permet de visualiser l'effet d'un couple résistant variable sur le bras B2 quelle que soit sa position.

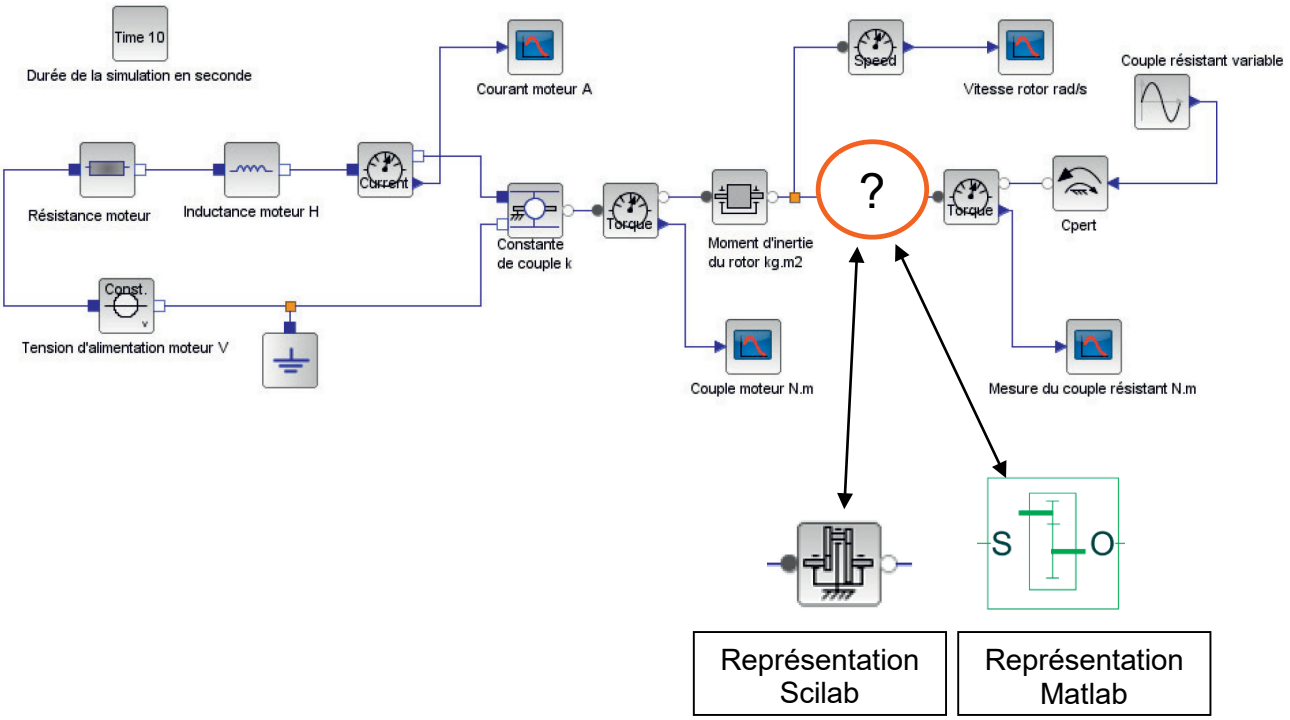



Figure 8 : modèle multiphysique du bras B2.

| | |
|---|---|
| Question 1.13 | **Donner** la fonction de l'élément entouré sur la figure 8.<br><br>**Donner** la caractéristique principale de cet élément pour paramétrer le modèle multiphysique. |

La figure 9 représente quatre positions intermédiaires du robot. Lorsque le robot est dans la position 2, le verre n'est pas en contact avec le support horizontal. Les courbes de la figure 10 représentent les résultats de simulation obtenus avec le modèle multiphysique illustré figure 8.

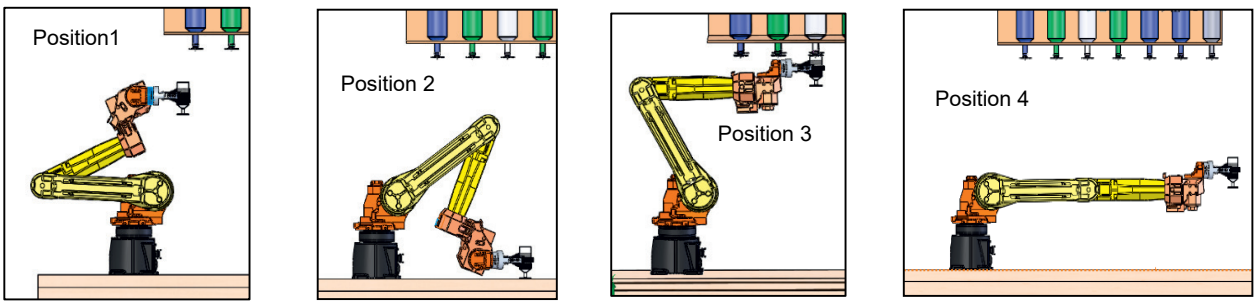
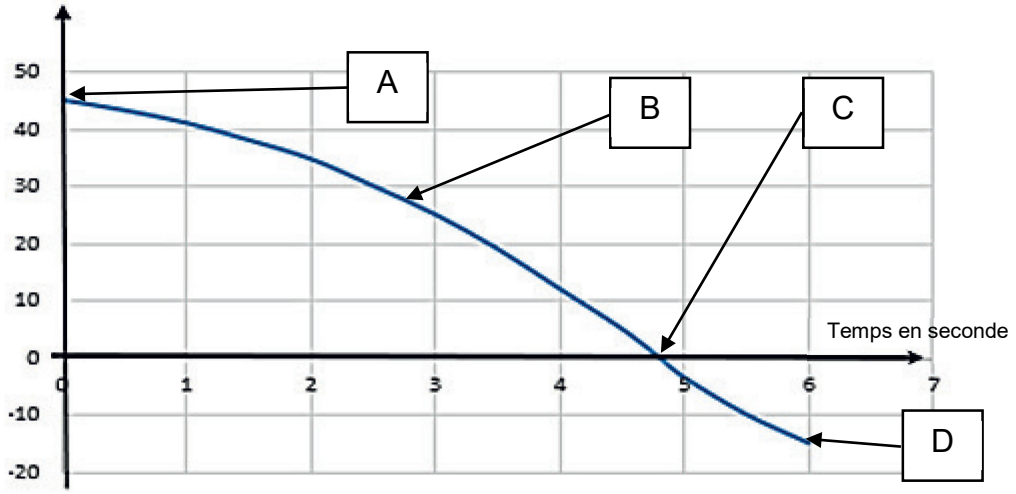



Figure 9 : positions intermédiaires du robot.

Couple résistant en N·m




Intensité moteur en A

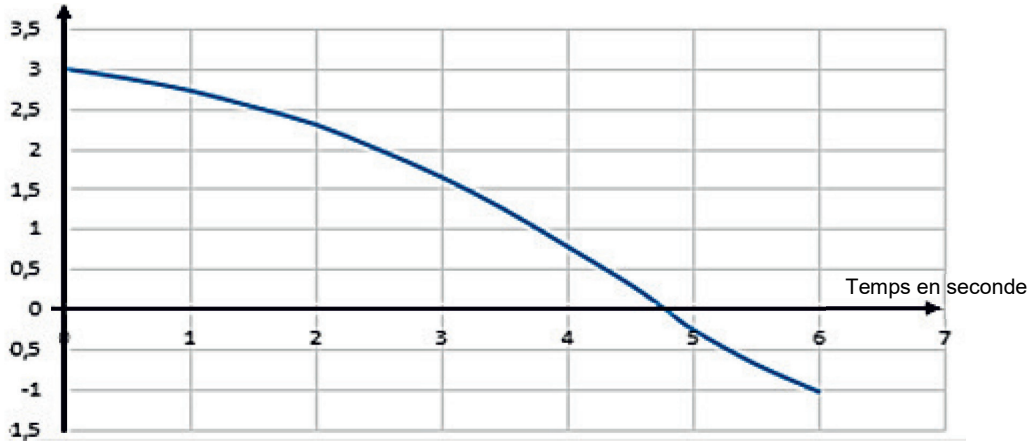



Figure 10 : résultats de simulation obtenus avec le modèle multiphysique.

| | |
|---|---|
| Question 1.14 | En analysant la courbe du couple et les positions du robot numérotées de 1 à 4 (figure 9), **associer à** chaque position un des points (de A à D) de la courbe illustrée figure 10.<br><br>**Justifier** que le courant moteur devienne négatif après 4,7 secondes. |

| | |
|---|---|
| Question 1.15 | À l'aide de la figure 2 et de la figure 10, **conclure** sur le respect de l'exigence Id 14.1.4. |

# Sous-partie 2 – choix B
# Programmes de contrôle du robot

L'objectif de cette sous-partie est d'élaborer les programmes de contrôle du fonctionnement du robot pour le service d'un cocktail et le suivi des doses restantes dans les bouteilles.

Cette partie s'intéresse au cas d'une commande passée par l'intermédiaire d'un smartphone. Cette commande concerne un cocktail composé d'un sirop, d'un jus de fruit et d'une boisson gazeuse. Le robot n'assure pas le mélange des ingrédients dans cette préparation. La figure 11 illustre, sous forme d'enchainement des tâches, le déroulé de la préparation de ce cocktail avec le temps imparti pour chaque tâche.

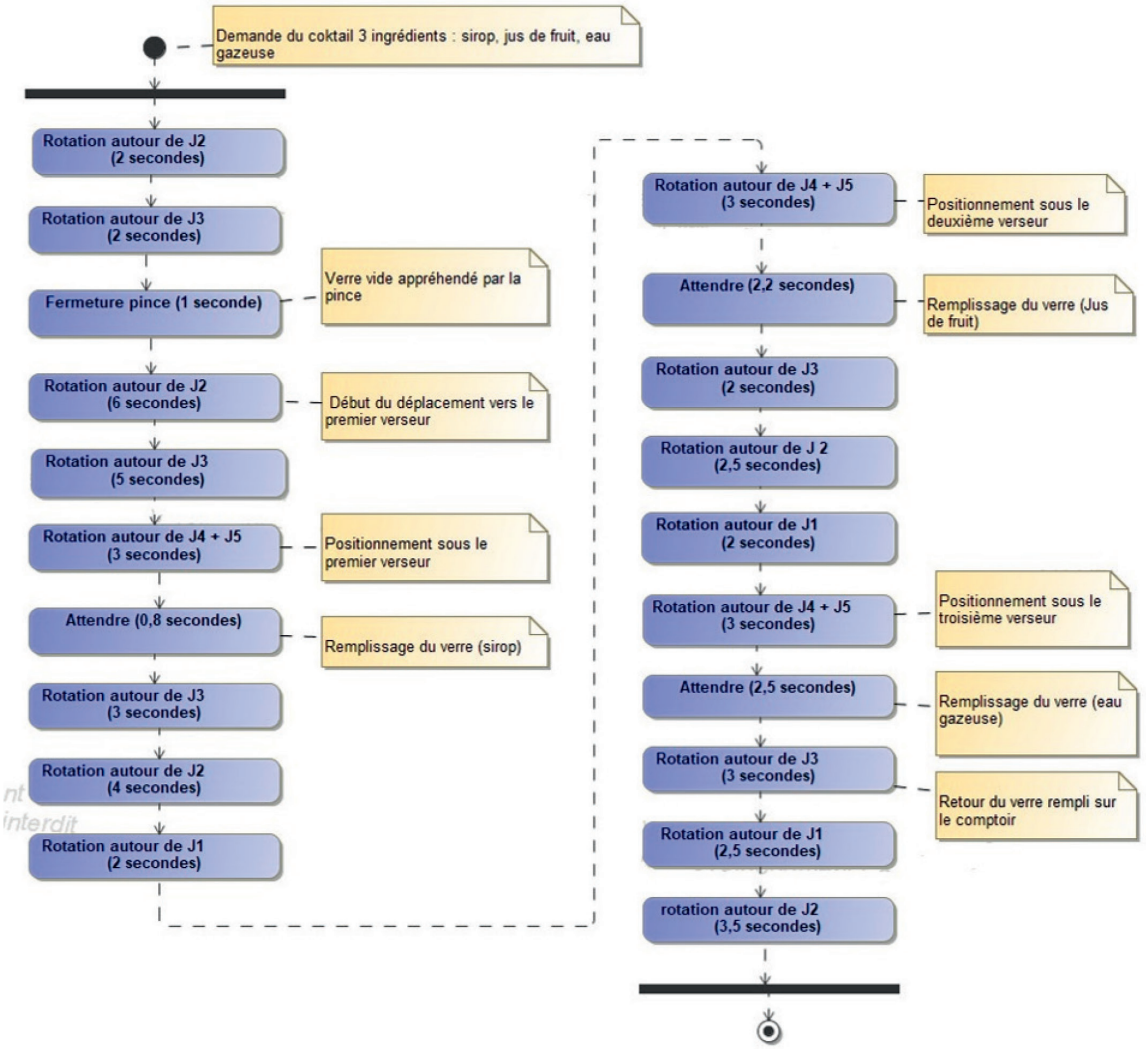



Figure 11 : enchainement des tâches pour servir un coktail.

| | |
|---|---|
| Question 1.16 | À l'aide de la figure 11**, calculer** le temps mis par le robot pour réaliser le cocktail. À l'aide de la figure 2, **conclure** quant à la capacité du robot à respecter l'exigence Id 14.1.5. |

Afin de rendre la confection du cocktail plus rapide, il est décidé de commander simultanément les rotations autour de l'axe J2 et de l'axe J3 (figure 3).

| | |
|---|---|
| Question 1.17<br><br>DR3 | **Compléter** le document réponse DR3 en y indiquant l'enchaînement des tâches nécessaires pour assurer le remplissage du premier ingrédient.<br><br>À l'aide des informations fournies sur le document réponse DR3, **calculer** le temps mis par le robot pour réaliser un cocktail avec une commande simultanée des rotations autour des axes J2 et J3.<br><br>À l'aide de la figure 2, **conclure** quant au respect de l'exigence Id 14.1.5 avec cette nouvelle modalité de commande. |

Le robot est associé à un système assurant le suivi des doses restantes dans les bouteilles afin de prévenir le gérant de l'établissement lorsqu'une des bouteilles doit être remplacée. Deux niveaux d'alerte sont prévus :

- « pré-alerte » lorsque la bouteille est au trois-quarts vide (la bouteille est considérée comme presque vide) ;
- « alerte » lorsqu'il ne reste plus que trois doses disponibles dans la bouteille (la bouteille est alors considérée comme vide et doit être changée).

Un compteur distinct pour chaque bouteille est incrémenté à chaque dosage et sa valeur est remise à zéro à chaque changement de bouteille.

| | |
|---|---|
| Question 1.18 | **Extraire** de la figure 2 les données nécessaires au calcul du nombre de doses de sirop contenues dans une bouteille. |

Parmi les différents doseurs disponibles sur le marché, les plus utilisés sont des contenances de 1 cl, 2 cl, 2,5 cl, 3 cl, 3,5 cl ou 4 cl.

| | |
|---|---|
| Question 1.19 | **Calculer** le volume théorique de sirop par verre puis **choisir** le doseur le plus adapté. **Calculer** ensuite le nombre de doses (arrondi à l'entier inférieur) contenues dans une bouteille. |

| | |
|---|---|
| Question 1.20 | En fonction du nombre de doses trouvé à la question 1.19, **calculer** les valeurs décimales de consignes de pré-alerte et d'alerte du compteur (nombre de doses utilisées). |

Le contrôle de l'état de remplissage des bouteilles de sirop est assuré par rangée de sept bouteilles. L'organisation spatiale de la rangée de bouteille est illustrée par la figure 12.

| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rangée i** |  |  |  |  |  |  |  |

Figure 12 : organisation spatiale d'une rangée de bouteilles.

Chaque bouteille $X_n$ est associée à un capteur qui est à l'état logique 1 lorsqu'un verre appuie sur le doseur et à l'état logique 0 lorsque le doseur est au repos. Le programme de suivi des doses restantes scrute l'état des sept capteurs de la rangée pour compter le nombre de doses utilisées pour chaque bouteille. Ces valeurs sont ensuite comparées aux valeurs de pré-alerte et d'alerte pour informer le responsable et lui permettre de remplacer les bouteilles vides ou presque vides. Dans la suite de l'étude, l'information fournie au responsable consiste en l'affichage de messages d'alerte par le programme. La remise à zéro des compteurs de doses suite au changement d'une bouteille n'est pas prise en compte.

Au niveau du traitement des informations, le suivi d'une rangée de bouteille est assuré par une carte Arduino dans laquelle est implanté un programme Python. Le code Python incomplet associé est donné sur le document réponse DR4.

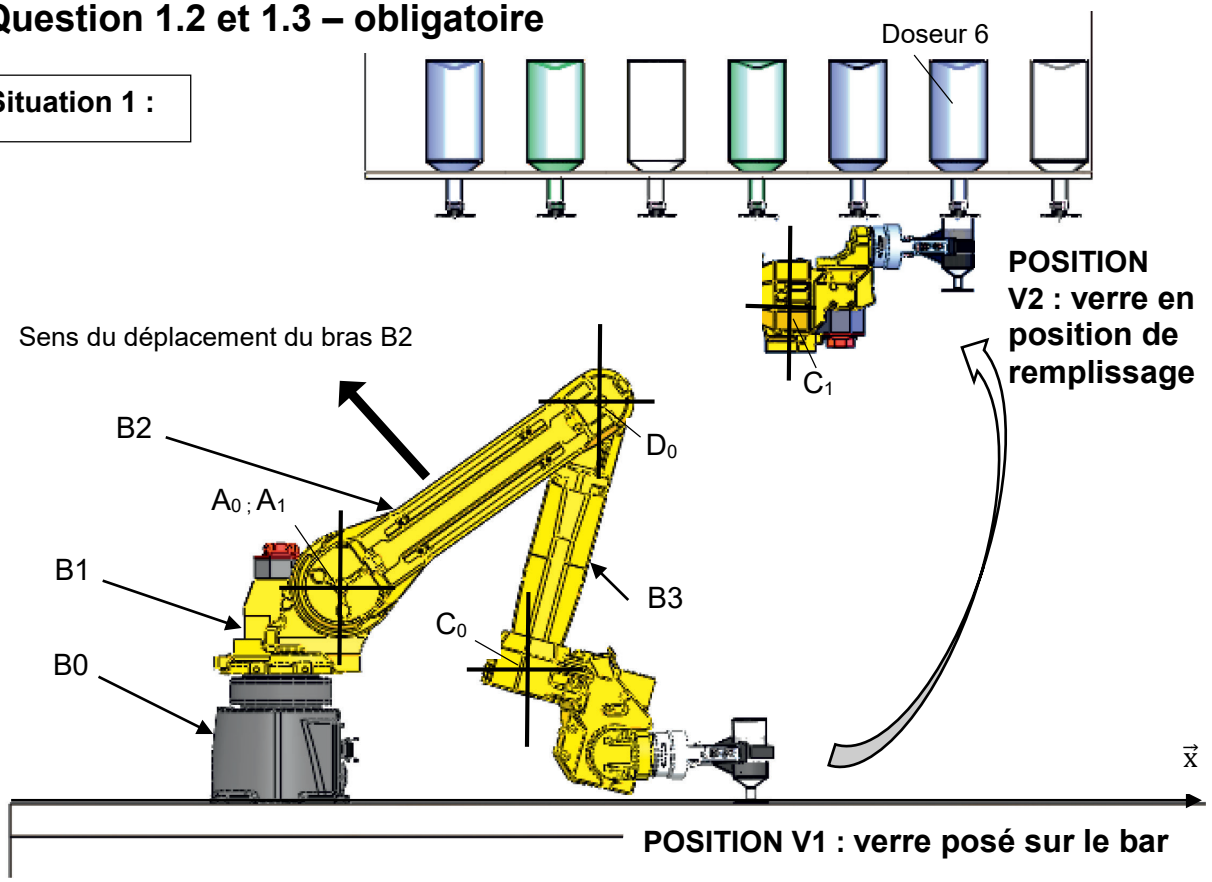
| | |
|---|---|
| Question 1.21<br>DR4 | **Compléter** le programme du document réponse DR4 afin d'obtenir le contrôle souhaité du remplissage des bouteilles.<br>Sur le programme du document réponse DR4, **justifier** la présence des deux lignes de programme encadrées. |

Le programme utilisé dans le cadre du suivi des doses restantes ne permet pas de prendre en compte le passage au niveau logique 1 de deux capteurs d'une même rangée simultanément.

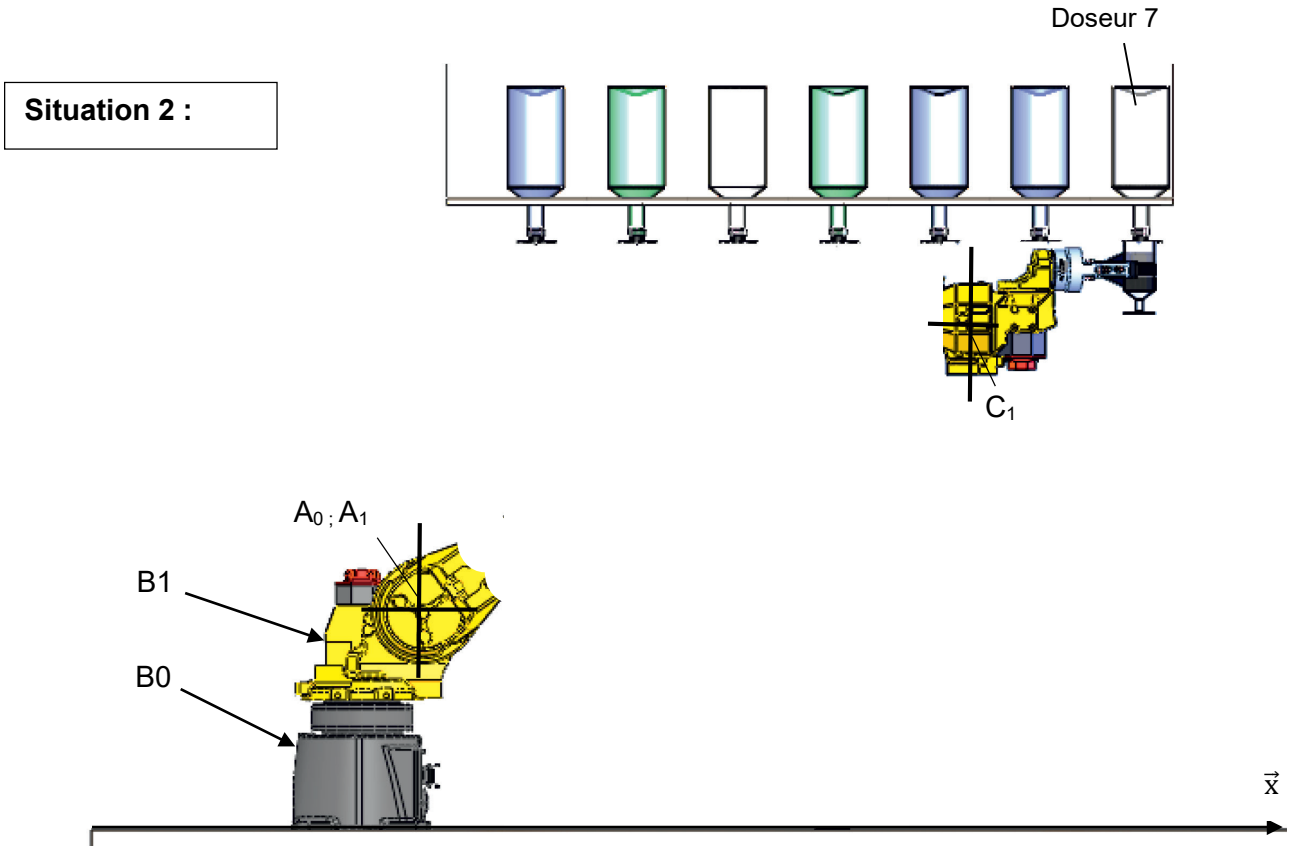
| | |
|---|---|
| Question 1.22 | **Expliquer** en quoi ce choix ne perturbe pas le fonctionnement attendu du système. |

## Question 1.2 et 1.3 – obligatoire

**Situation 1 :**




**Situation 2 :**



Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) **:**
*(en majuscules)*

**PRENOM :**
*(en majuscules)*

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

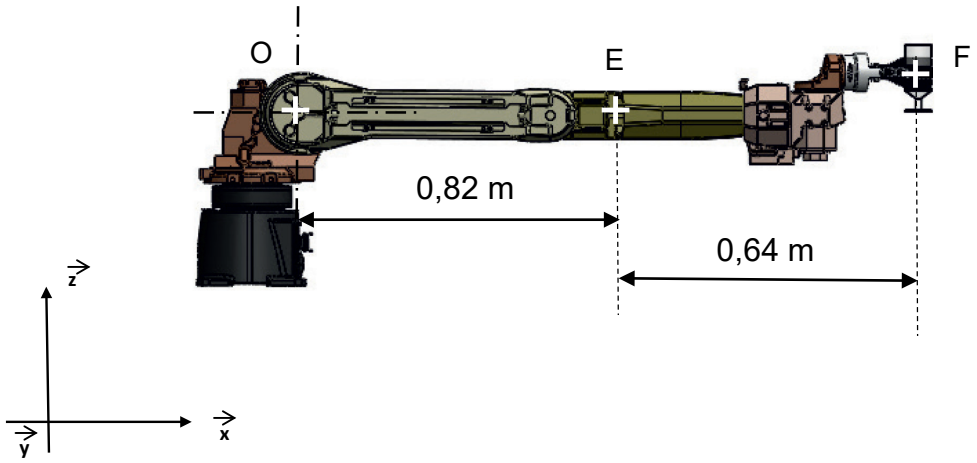
*Liberté • Égalité • Fraternité*
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :** / /

1.2

## Question 1.9 – choix A

**Echelle du tracé : 1 cm correspond à 10 N**



Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) **:**
*(en majuscules)*

**PRENOM :**
*(en majuscules)*

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

*Liberté • Égalité • Fraternité*
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :** / /

1.2

## Question 1.17- choix B



Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) **:**
*(en majuscules)*

**PRENOM :**
*(en majuscules)*

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

*Liberté • Égalité • Fraternité*
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :** / /

1.2

## Question 1.21 – choix B

```
## Initialisation de la carte Arduino
from pyfirmata import Arduino, util
import time
carte = Arduino('COM3')
it = util.Iterator(carte)
it.start()
time.sleep(1.0)


## Déclaration des entrées
C1= carte.get_pin('d:12:i') ## capteur bouteille 1
C2= carte.get_pin('d:11:i')   ## capteur bouteille 2
C3= carte.get_pin('d:10:i')   ## capteur bouteille 3
C4= carte.get_pin('d:9:i')    ## capteur bouteille 4
C5= carte.get_pin('d:8:i')    ## capteur bouteille 5
C6= carte.get_pin('d:7:i')    ## capteur bouteille 6
C7= carte.get_pin('d:6:i')    ## capteur bouteille 7

## initialisation de la liste contenant les doses utilisées
Doses=[0,0,0,0,0,0,0]


while True :
     listb = [C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7] ## Liste des capteurs
     for i in range(0,7) :
          if listb[i].read() is True :
               ..............................  ##à compléter
               while listb[i].read() not True :
                    pass # ne fait rien
               if ............................ : ##à compléter
                    print("Bouteille",i+1,"presque vide")
               elif ........................... : ##à compléter
                    print("Bouteille",i+1,"vide")
```

**à justifier**

Modèle CCYC : ©DNE

**NOM DE FAMILLE** (naissance) **:**
*(en majuscules)*

**PRENOM :**
*(en majuscules)*

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

*Liberté • Égalité • Fraternité*
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :** / /

1.2

# Partie 2 : Sciences physiques

## EXERCICE A – Mesure de la taille des mailles d'un masque respiratoire (10 points)

**Mots-clés :** diffraction ; interférences ; ondes lumineuses

La conception des masques respiratoires dépend de leur finalité, médicale, industrielle ou autre. Une des caractéristiques importantes est la dimension des particules qu'ils peuvent filtrer. Les virus peuvent être transportés par les microgoutellettes expulsées lors de la respiration ou de l'éternuement. Une toux génère des microgouttelettes de diamètre de plusieurs dizaines de micromètres à une centaine de micromètres.

*D'après https://www.esanum.fr*

La filtration obtenue grâce aux masques repose-t-elle uniquement sur un effet de « passoire » ?

**Donnée :**

– expression de l'interfrange $i$ d'une figure d'interférences pour une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda$ traversant un système de fils parallèles séparés d'une distance $b$ , l'écran étant éloigné d'une distance $D$ du système de fils :

$$i = \frac{\lambda \times D}{b}.$$

Lors de l'expérience n°1, une fente de largeur $a$ = 0,15 mm est éclairée par un rayonnement issu d'un laser. L'expérimentateur mesure la longueur $L$ de part et d'autre de la tâche centrale obtenue sur un écran pour une distance fente-écran, notée D, variable. Il déduit de ces mesures la valeur de la longueur d'onde $\lambda$ de la lumière émise par le laser.

*Schéma de l'expérience n°1 :*

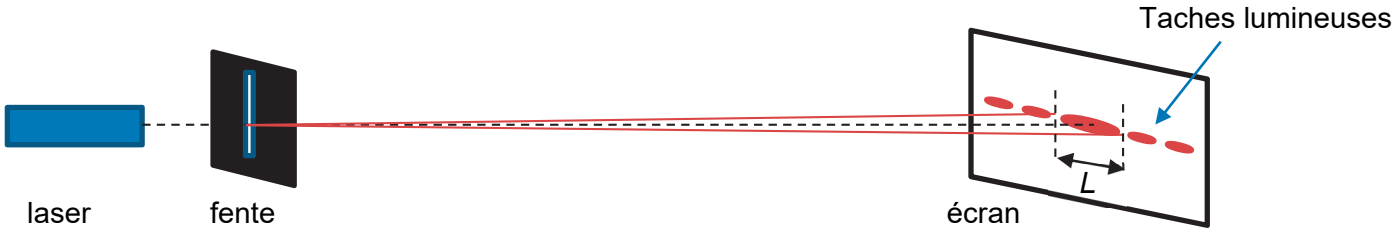
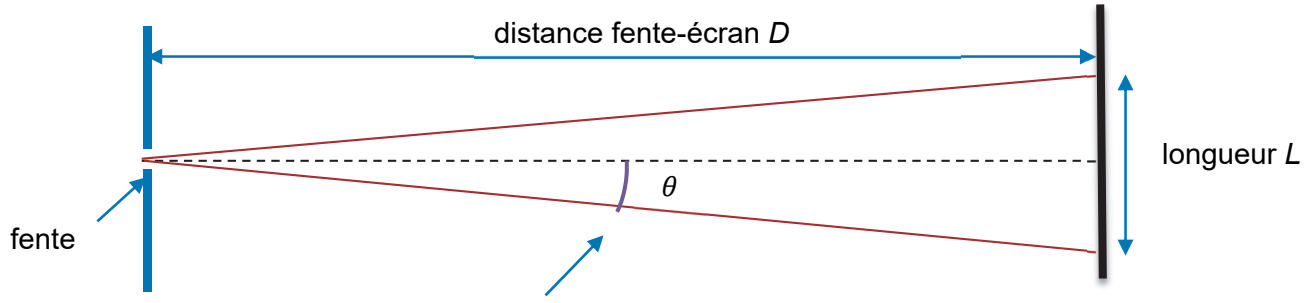



*Schéma en coupe :*




angle caractéristique de la première extinction : $\theta$

*Valeurs expérimentales :*

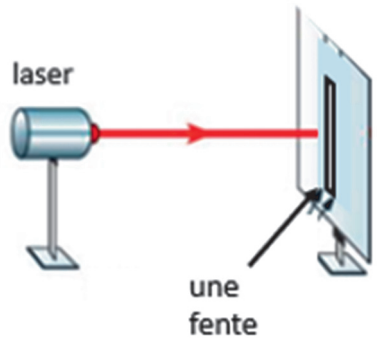
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Distance fente-écran mesurée $D$ (en m) | 1,000 | 1,500 | 1,800 | 2,300 | 2,800 |
| Longueur tâche centrale mesurée $L$ (en cm) | 0,82 | 1,37 | 1,49 | 2,09 | 2,48 |
| Longueur d'onde calculée $\lambda_{exp}$ (en nm) | 615 | 685 | 621 | 682 | 664 |

**Q1.** Nommer le phénomène ondulatoire exploité par cette expérience.

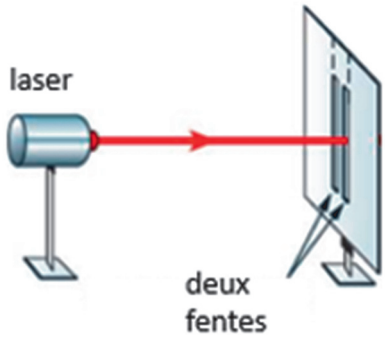
**Q2.** Déterminer la valeur de la moyenne de la longueur d'onde $\overline{\lambda}$. On admet que l'incertitude-type, $u(\overline{\lambda})$, associée à la détermination de la longueur d'onde par cette expérience vaut 13 nm.

**Q3.** Comparer le résultat obtenu avec la valeur de référence donnée par le fabricant du laser qui indique une longueur d'onde de valeur $\lambda$ = 650 nm.

Une nouvelle expérience est réalisée à partir de la première expérience : la fente simple est remplacée par une double fente ; le reste du dispositif étant inchangé, et l'écran est placé à la distance $D$ = 2,23 m. C'est l'expérience n°2**.**



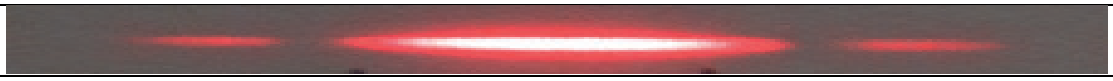

Expérience n°1

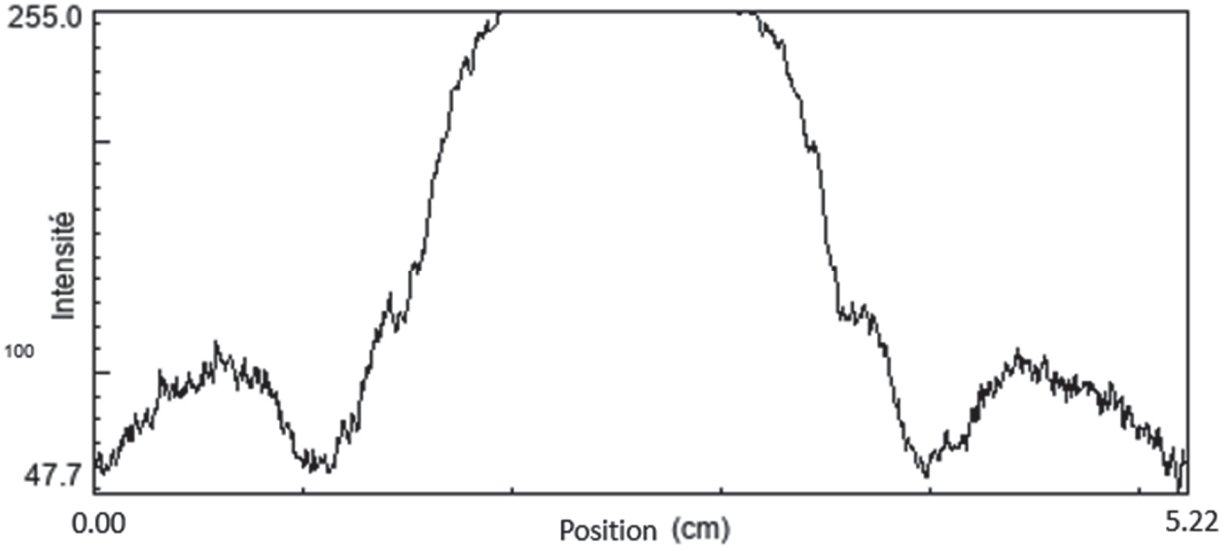



Expérience n°2

Un logiciel de traitement d'image permet d'obtenir la distribution de l'intensité lumineuse le long de la tâche obtenue sur l'écran. Les résultats obtenus pour les deux expériences sont présentés ci-après.

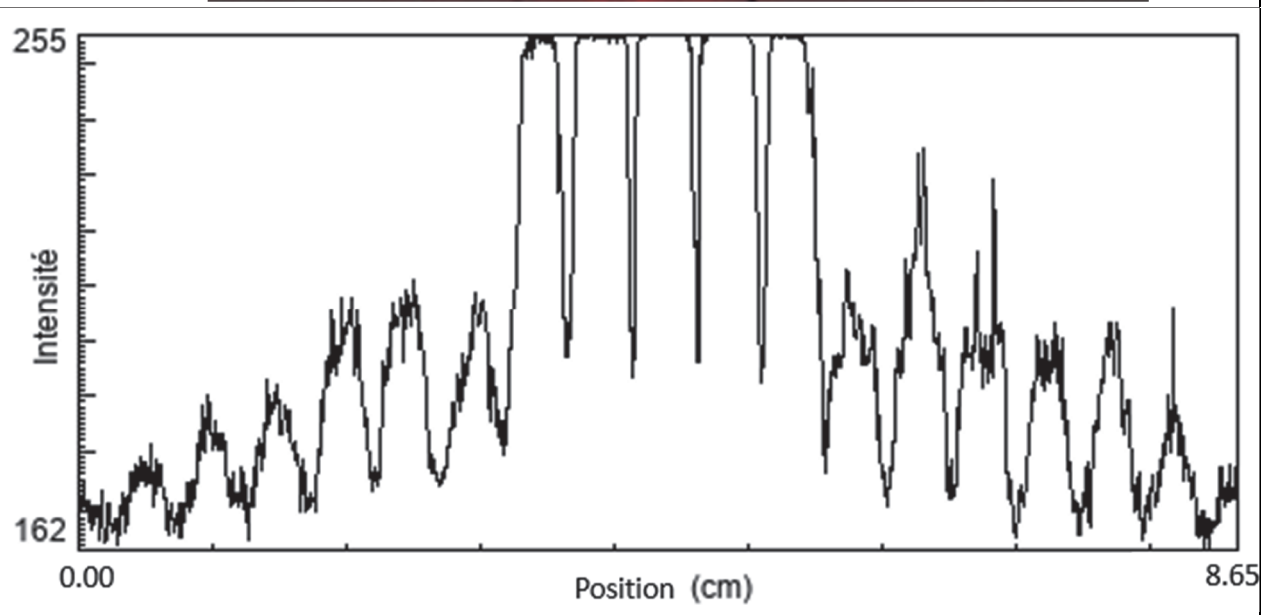
**Expérience n°1**






**Expérience n°2**

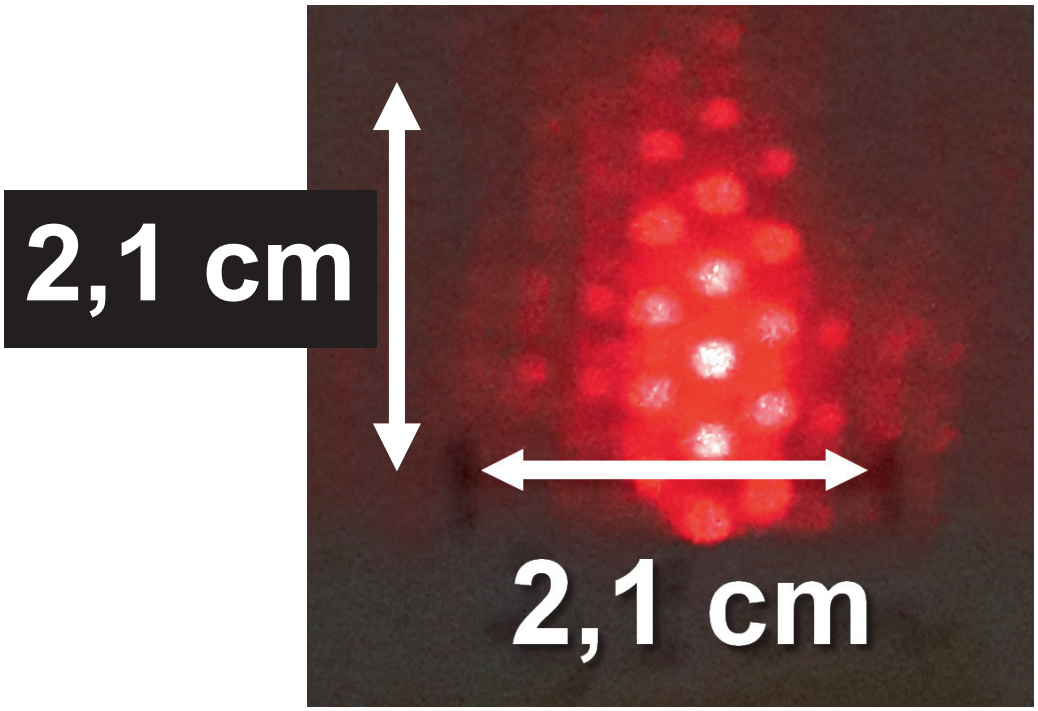





**Q4.** Nommer les phénomènes physiques sous-jacents à l'expérience n°2.

Un masque respiratoire en tissu est réalisé en superposant deux couches de tissu. Chaque couche de tissu est constituée d'une trame de fils horizontaux et de fils verticaux. La double fente de l'expérience n°2 est remplacée par une couche de tissu modérément tendu, les autres conditions de l'expérience (nature du laser, distance fente-écran $D$ = 2,23 m) restant inchangées.

*Photographie de l'écran :*




**Q5.** En utilisant les données, estimer la valeur de la distance séparant deux fils horizontaux.

**Q6.** Comparer la taille d'une maille (maille = trou) d'un masque, avec les dimensions des microgouttelettes expulsées lors de la respiration ou de l'éternuement. On néglige ici l'épaisseur des fils.

Les masques homologués ont une efficacité de filtration des microgouttelettes très proche de 100 %.

**Q7.** Commenter ce résultat au regard de votre réponse à la question précédente.

**EXERCICE B – La trajectoire du satellite SOHO (10 points)**

**Mots-clés :** lois de Kepler ; période de révolution ; repère de Frénet

D'après la troisième loi de Kepler, la période de révolution d'une planète autour du Soleil dépend uniquement de la valeur du demi-grand axe de sa trajectoire elliptique. Dans le cas des planètes du Système solaire, on constate ainsi que, plus elles sont proches du Soleil, plus la période de révolution est faible. Pourtant, certains objets semblent ne pas vérifier la troisième loi de Kepler.
Le satellite SOHO est chargé d'observer en continu le Soleil afin d'en étudier la structure interne, les processus produisant le vent solaire ainsi que la couronne solaire. Le satellite est placé sur une orbite circulaire centrée sur le Soleil ; le Soleil, le satellite et la Terre sont alignés à tout instant. La position du satellite sur l'axe Terre-Soleil est constante au cours du temps et se situe à une distance de la Terre d'environ $1{,}496 \times 10^6$ km. L'orbite de la Terre autour du Soleil est considérée comme circulaire.

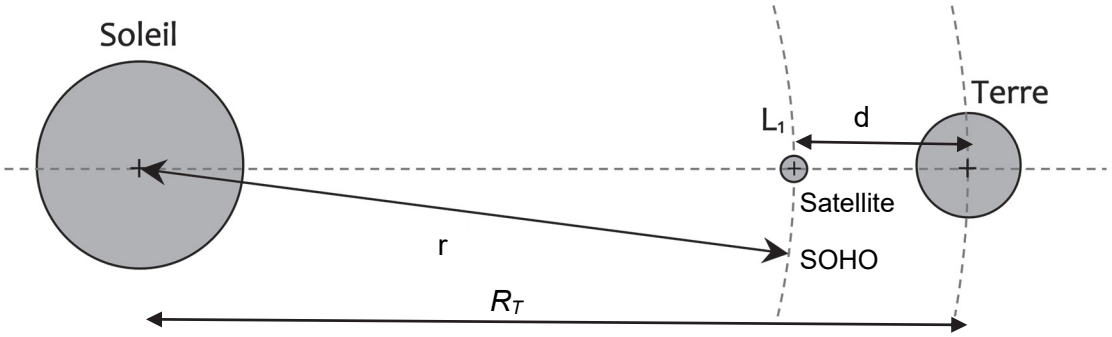



Figure 1. Position du satellite SOHO ($L_1$) entre le Soleil et laTerre. L'échelle n'est pas respectée

**Données :**

- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}674 \times 10^{-11}$ $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$ ;
- masse du Soleil : $M_S = 1{,}989 \times 10^{30}$ kg ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}974 \times 10^{24}$ kg ;
- distance moyenne Soleil-Terre : $R_T = 1{,}496 \times 10^8$ km ;
- distance entre le Terre et le satellite SOHO : $d = 0{,}015 \times 10^8$ km ;
- rayon de l'orbite de SOHO autour du Soleil : $r = 1{,}481 \times 10^8$ km ;
- période de révolution terrestre : $T_T = 365{,}2$ jours.

L'étude est conduite dans le référentiel héliocentrique dont l'origine est confondue avec le centre du Soleil et dont les axes pointent vers des étoiles lointaines. Il est supposé galiléen.

**Q1.** Justifier, à l'aide d'une analyse conduite dans le repère de Frenet, que le mouvement du satellite SOHO est uniforme.

**Q2.** À l'aide d'un argument géométrique, montrer que la période de révolution du satellite SOHO autour du Soleil est la même que celle de la Terre autour du Soleil.

**Q3.** Énoncer la troisième loi de Kepler, l'exprimer dans le cas de la Terre. Montrer alors, à l'aide de la question 2, que la troisième loi de Kepler n'est pas vérifiée dans le cas de l'étude du mouvement du satellite SOHO autour du Soleil.

On cherche désormais à comprendre pourquoi, dans le cas de l'étude du mouvement du satellite SOHO, la troisième loi de Kepler n'est pas vérifiée.

**Q4.** Reproduire sur la copie le schéma de la figure 1 ci-dessus et y représenter qualitativement les forces gravitationnelles $\vec{F}_{S/SOHO}$ et $\vec{F}_{T/SOHO}$ exercées respectivement par le Soleil sur le satellite et la Terre sur le satellite. Ce tracé se fera sans souci d'échelle.

**Q5.** Compte tenu de la trajectoire du satellite, déterminer laquelle des deux forces $\vec{F}_{S/SOHO}$ et $\vec{F}_{T/SOHO}$ est la plus intense. Justifier précisément la réponse.

**Q6.** Déterminer la valeur du rapport $\frac{\left\|\vec{F}_{S/SOHO}\right\|}{\left\|\vec{F}_{T/SOHO}\right\|}$. Commenter.

**Q7.** Proposer une explication qualitative au fait que la troisième loi de Kepler soit valable dans le cas de l'étude du mouvement des planètes du Système solaire, mais pas dans le cas de l'étude du mouvement du satellite SOHO autour du Soleil.

**Q8.** Justifier de l'interêt de placer le satellite SOHO à cet endroit particulier du système Terre-Soleil.

## EXERCICE C : Protection des pompiers par leur manteau (10 points)

**Mots-clés :** transfert thermique – premier principe de la thermodynamique – flux thermique

Afin de se protéger des brûlures lors de leurs interventions, les pompiers disposent d'équipements de protection individuels de protection (EPI), dont leurs manteaux.

Ces manteaux sont constitués de plusieurs couches de tissus spécifiques, qui varient d'un fournisseur à l'autre, et qui ont vocation à limiter le transfert thermique entre le milieu extérieur et la peau du pompier.

Cet exercice s'intéresse à la durée dont dispose un pompier dans un incendie avant de risquer une brûlure.

**Document : Veste de pompier et couches constitutives**



Figure 1. Veste de pompier

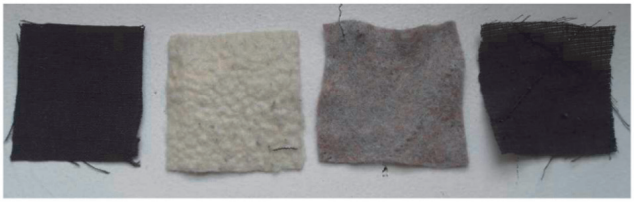


Figure 2. Couches constitutives du manteau

| Matériau | Conductivité thermique | Épaisseur | Résistance thermique |
|---|---|---|---|
| Devant du manteau avec les 4 couches | 0,0380 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ | / | 0,399 $K \cdot W^{-1}$ |
| Couche 1 | 0,0810 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ | 2,00 mm | / |
| Couche 2 | 0,0410 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ | 2,50 mm | 0,102 $K \cdot W^{-1}$ |
| Couche 3 | 0,0455 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ | 2,20 mm | 0,081 $K \cdot W^{-1}$ |
| Couche 4 | 0,0736 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ | 2,40 mm | 0,054 $K \cdot W^{-1}$ |

Figure 3. Propriétés thermiques du manteau et des différentes couches

**Données** :
On s'intéresse au devant du manteau de surface $S = 0{,}60\ m^2$ :

- les 4 couches de matériaux présentent la même surface $S = 0{,}60\ m^2$ ;
- la résistance thermique $R_{th}$ d'une paroi en fonction de sa conductivité $\lambda$, de sa surface $S$, et de son épaisseur $e$ est donnée par l'expression : $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ ;
- la température de surface de la peau est en moyenne de 30 °C ;
- les incendies dans les habitations atteignent des températures de 1000 °C environ ;
- les résistances thermiques de matériaux accolés s'additionnent.

On se place ici dans le cas d'un feu pour lequel la température décroit linéairement avec la distance par rapport à la source à raison de 100 °C par 25 cm.

**Q1.** Citer les trois modes de transfert thermique d'énergie.

**Q2.** Calculer la valeur de la résistance thermique de la couche 1 du devant du manteau.

**Q3.** En déduire la valeur de la résistance thermique de l'ensemble des quatre couches en les considérant accolées.

**Q4.** Commenter au regard de la résistance thermique du manteau complet.

On modélise ci-dessous le flux thermique au travers du manteau :

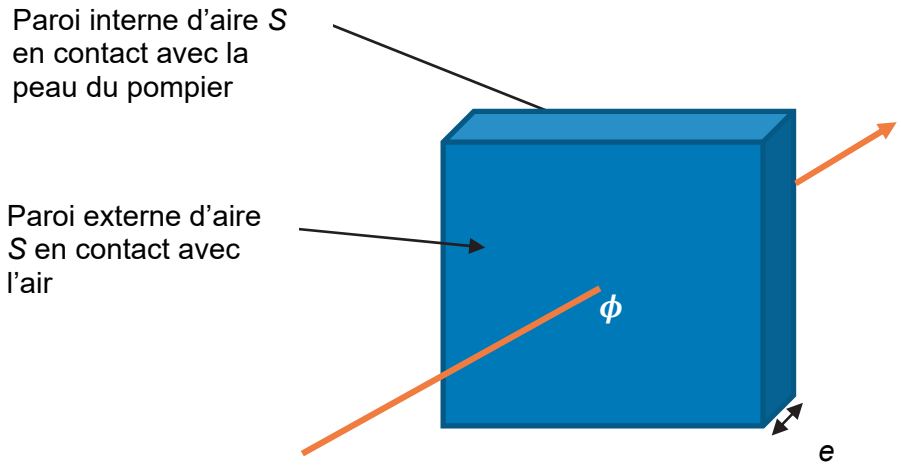



Figure 4. Flux thermique au travers du manteau

**Q5.** Rappeler la formule reliant le flux thermique $\phi$ au travers d'une paroi de résistance thermique $R_{th}$ dont les parois intérieure et extérieure sont respectivement à des températures $T_1$ et $T_2$.

| Flux surfacique reçu ($kW \cdot m^{-2}$) | Effets |
|---|---|
| 0,7 | Coup de soleil pour une exposition de très longue durée sans protection ni préparation. |
| 1,5 | Seuil maximum en continu pour des personnes non protégées. |
| 2 | Douleur en 1 minute. Exposition de 40 à 140 secondes avec un temps moyen de 100 secondes, rougissement de la peau. |
| 2,5 | Les personnes normalement habillées, sans fragilités particulières, peuvent s'exposer plusieurs minutes en bougeant. |
| 3 | Exposition de 1 minute, début d'apparition de cloques sur les peaux très sensibles. |
| 5 | Cloques possibles pour des expositions de 20 à 90 secondes. |

Figure 5. Effets du rayonnement thermique sur les individus. D'après CNPP (Centre National de Prévention et de Protection).

**Q6.** Calculer le flux thermique au travers du devant du manteau lorsque le pompier se trouve à 1,0 m d'un feu. En déduire la valeur du flux thermique surfacique associé.

**Q7.** Commenter le résultat, en utilisant la figure 5.

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.