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 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **2 h 30**- Coefficient : **8**

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.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 23 pages numérotées de 1/23 à 23/23

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.

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

Partie 1 : les documents réponses DR1 à DR3 (pages 18 à 20) sont à rendre avec la copie

Partie 1 : Sciences de l'ingénieur

Simulateur dynamique de pilotage automobile



Constitution du sujet

- Sujet ..... pages 2 à 18
- Documents réponses..... pages 19 à 21

Mise en situation

La société Simersion développe, produit et commercialise des simulateurs de pilotage permettant à l'utilisateur de vivre une expérience de jeu avec des sensations ressenties proches de la réalité. Le modèle GUEPARD 2X (figures 1 et 2) est un simulateur dynamique compact et mobile, développé en collaboration avec des pilotes automobiles professionnels. Le produit peut être destiné à un usage soit professionnel (écurie de course, école de conduite), soit grand public (show-room événementiel, particulier). Il peut être connecté sur un réseau local pour réaliser des compétitions.



Figure 1 : simulateur GUEPARD 2X de la société Simersion

Une interface tactile, nommée HUB Simersion, intégrée au produit permet de choisir une expérience de simulation parmi une large gamme de jeux compatibles et d'adapter en temps réel les amplitudes de mouvement du siège.

Le simulateur GUEPARD 2X est doté d'un pilotage en fonction de l'évolution du jeu vidéo. Le siège de ce modèle peut être animé en mouvement autour de deux axes comme présenté sur la figure 2.

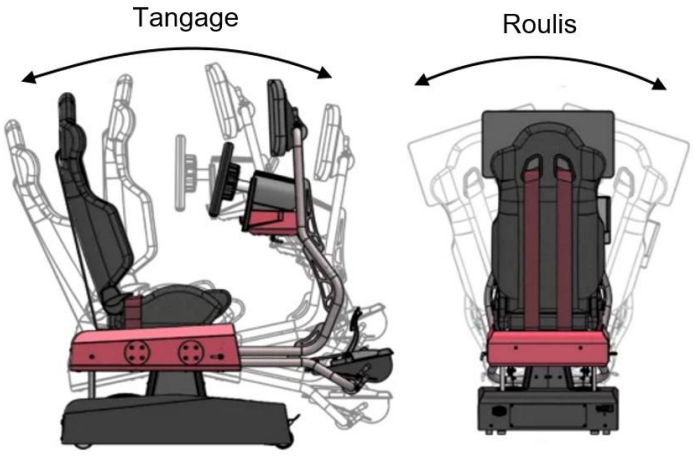


Figure 2 : amplitudes de mouvement du siège

Les performances fonctionnelles sont données dans le diagramme des exigences de la figure 3.

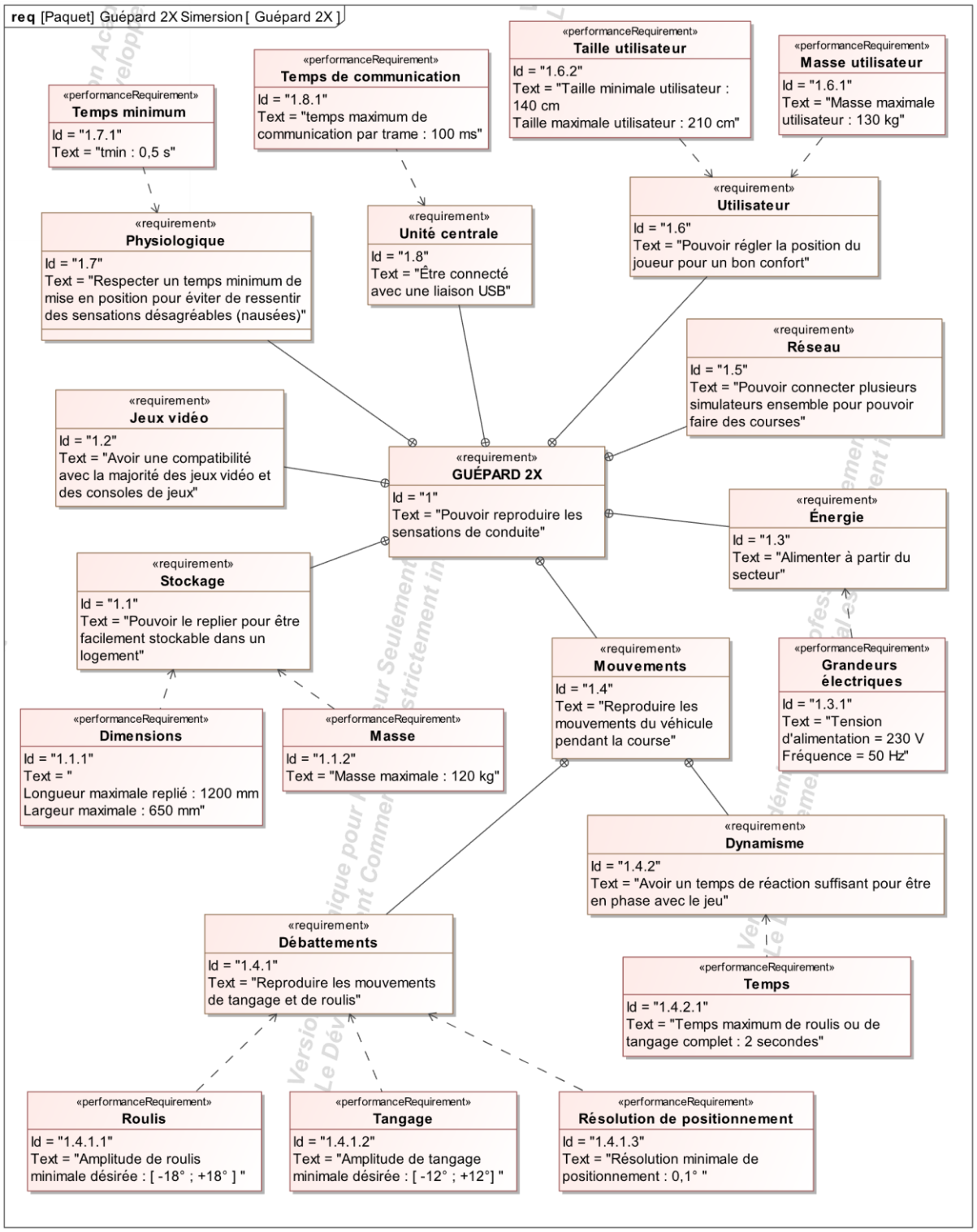


Figure 3 : diagramme des exigences

L'étude proposée permet de vérifier les performances attendues par le simulateur en répondant aux problèmes techniques suivants :

- l'architecture matérielle des chaines de puissance permet-elle de garantir les mouvements de roulis et de tangage du siège ?
- la réponse en mouvement est-elle cohérente avec le réalisme d'un jeu vidéo ?
- la gestion de la communication est-elle en adéquation avec le jeu vidéo ?

Sous-partie 1 : validation de l'architecture matérielle permettant les mouvements du simulateur

L'objectif de cette sous-partie est de valider les performances cinématiques de l'architecture matérielle du simulateur, notamment les exigences 1.4.1 et 1.7.

Le simulateur GUEPARD 2X possède deux chaines de puissance (droite et gauche) pour mettre en mouvement le siège, son schéma cinématique spatial est donné sur la figure 4, et comporte :

- 2 motoréducteurs : (MR_G) et (MR_D) ;
- 2 bras excentriques : (3_G) et (3_D) ;
- 2 bielles : (2_G) et (2_D) ;
- 1 croisillon : (4) ;
- 1 plateforme : (1) solidaire du siège.

Le châssis (0) du simulateur est supposé fixe par rapport au sol horizontal.

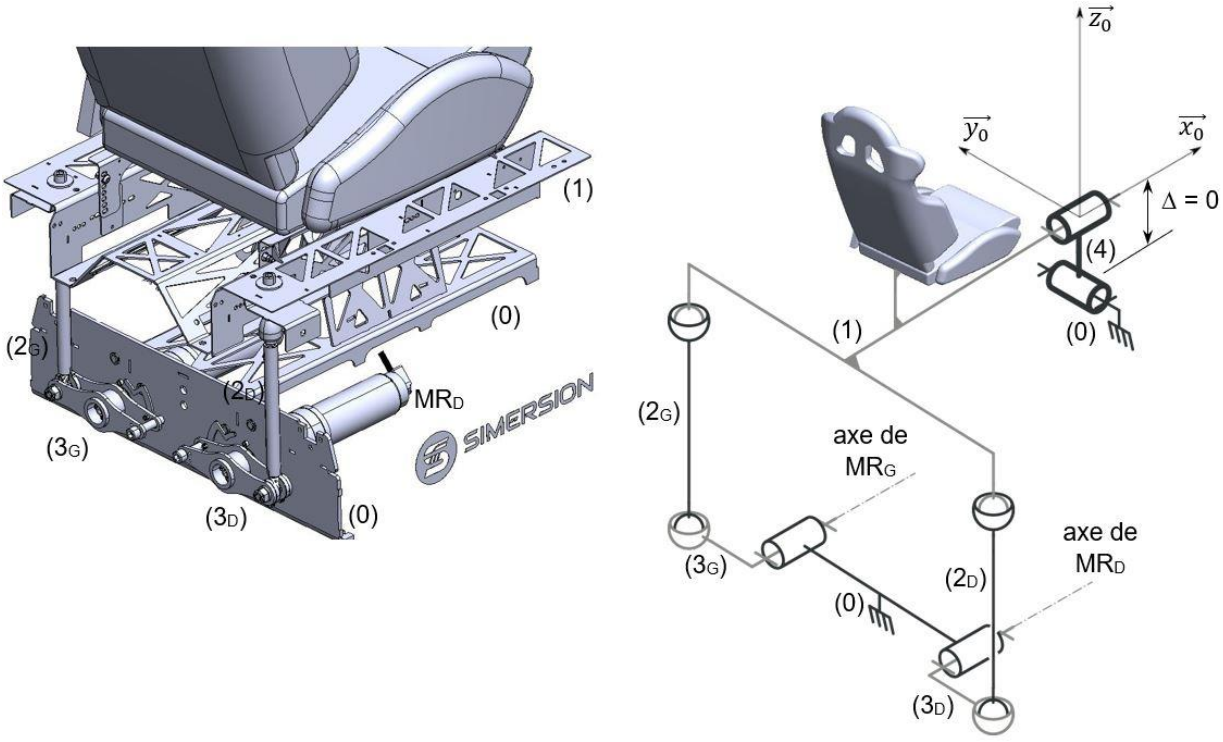


Figure 4 : représentation 3D et cinématique du mécanisme du simulateur

La définition géométrique des angles de mouvement du siège est donnée sur la figure 5.

Les notations suivantes sont utilisées :

- la base $(\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ est liée au châssis (0) considéré comme fixe ;
- l'angle du tangage θ est défini par le mouvement de rotation du siège autour de l'axe $\overrightarrow{y_0}$: $\theta = (\overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{x_t}) = (\overrightarrow{z_0}, \overrightarrow{z_t})$;

- l'angle du roulis φ est défini par le mouvement de rotation du siège autour de l'axe $\overrightarrow{x_0}$: $\varphi = (\overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{y_r}) = (\overrightarrow{z_0}, \overrightarrow{z_r})$;
- l'angle α définit la position angulaire des excentriques par rapport à l'horizontale.

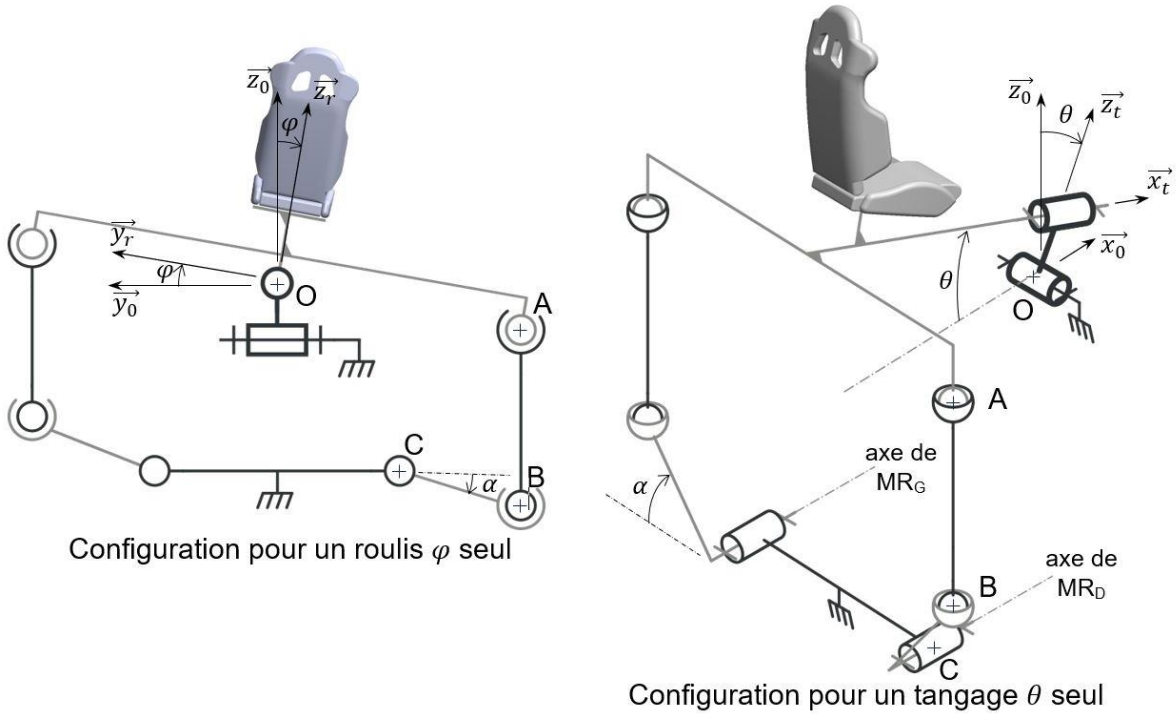


Figure 5 : schémas cinématiques pour deux configurations particulières

Le constructeur a choisi de commander la rotation de chaque excentrique (3) sur une plage maximale $\alpha_{excentrique}$ [−60° ; +60°] par rapport à l'horizontale.

L'étude suivante concerne le roulis φ seul.

Les trajectoires des points A et B, notées respectivement $T_{A \in 1/0}$ et $T_{B \in 3/0}$, sont définies sur la représentation du document réponse DR1.

Les solides sont supposés indéformables.

Question 1. DR1 Figures 4 et 5 Figure 3	Pour une commande en rotation de l'excentrique droit (3_D) de +60° et de −60°, **déterminer** par construction graphique sur le document réponse DR1, les valeurs extrêmes de roulis du siège et l'amplitude totale du roulis. **Conclure** sur votre copie quant à la capacité de ce mécanisme à respecter l'exigence 1.4.1.1.

L'étude suivante concerne le tangage θ seul.

Une série de mesures a été effectuée sur le simulateur afin d'évaluer l'amplitude totale du tangage seul du siège, noté $\theta_{tangage}$ en fonction de l'angle imposé sur les excentriques (3), noté $\alpha_{excentrique}$.

Cette loi entrée-sortie est présentée sous une forme graphique sur la figure 6.

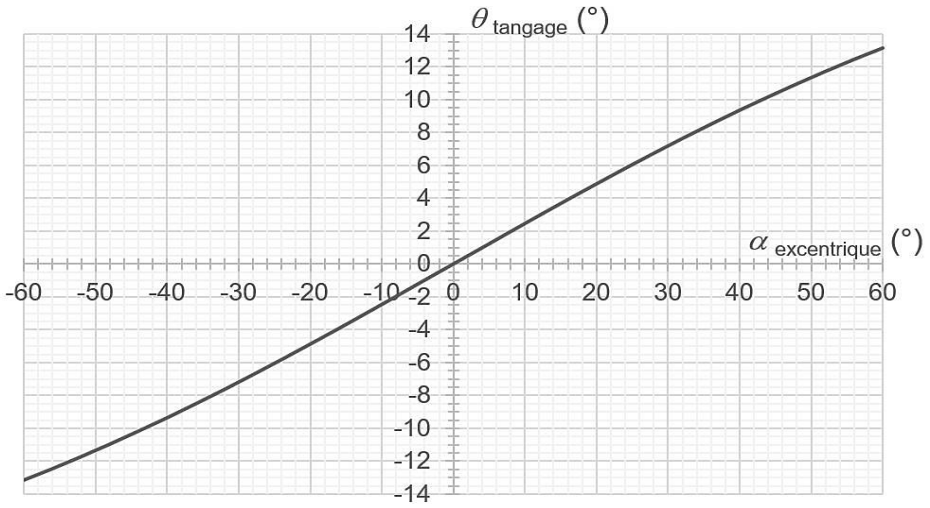


Figure 6 : résultats des mesures du tangage seul du siège

Question 2. Figures 3 et 6	**Conclure** d'après la courbe figure 6 si l'amplitude du tangage est conforme à l'exigence attendue 1.4.1.2.

Le sens positif de commande en position angulaire des excentriques (3) pour chaque motoréducteur est défini sur la figure 7.

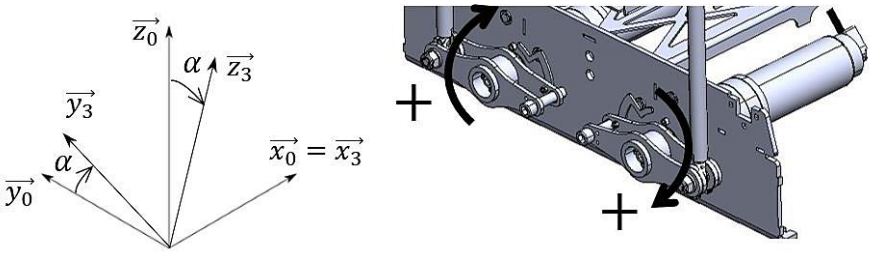


Figure 7 : définition du sens positif de commande des excentriques (3)

Question 3. DR1 Figures 5 et 7	**Compléter** le tableau du document réponse DR1 en définissant le sens de commande (positif + ou négatif –) de chaque motoréducteur pour animer en mouvement de rotation le siège du simulateur (roulis et tangage indépendamment).

Le dynamisme du siège offre des sensations réalistes pour son utilisateur. Lors d'un jeu de course de voiture célèbre, le constructeur a remarqué que le roulis maximal n'excède pas une amplitude de 8° du siège du simulateur.

Pour éviter les risques de nausées subis par l'utilisateur, la limite minimale de temps d'un mouvement du siège (pour un angle de roulis de 8°), notée t_{min}, est fixée à 0,5 seconde conformément à l'exigence 1.7.1.

Le constructeur définit la loi de commande de vitesse pour chaque excentrique représentée sur la figure 8.

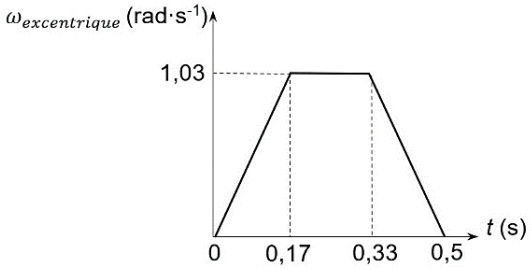


Figure 8 : loi de commande de vitesse de chaque excentrique (3)

Les paramètres choisis par le constructeur pour chaque excentrique sont :

- vitesse angulaire $\omega_{excentrique}$ maximale 1,03 rad·s^{-1} ;
- accélération angulaire $\dot{\omega}_{excentrique}$ maximale 6,06 rad·s^{-2} ;
- durées d'accélération et de décélération identiques.

Hypothèses :

- pour la plage d'étude, il y a proportionnalité entre la valeur du roulis et l'angle des excentriques : un roulis du siège de 8° correspond à un angle de chaque excentrique (3) de 20° ;
- l'aire sous la courbe de la figure 8 représente le déplacement angulaire total de l'excentrique.

Question 4.	**Montrer que** la valeur de l'angle de l'excentrique en degré pour la loi de commande de la figure 8 est proche de 19,5°. **En déduire** la valeur de l'angle de roulis. **Vérifier** si les paramètres choisis par le constructeur répondent à l'exigence 1.7.1 de t_{min} pour un roulis maximal du siège de 8°.
Figure 8 Figure 3	

Question 5.	**Conclure** quant à la capacité des chaines de puissance du simulateur à transmettre les mouvements de roulis et de tangage dans des conditions physiologiques satisfaisantes pour son utilisateur.

Sous-partie 2 : garantie de la dynamique du simulateur par rapport aux exigences des jeux vidéo

Les objectifs de cette sous-partie sont de vérifier que les actionneurs retenus peuvent garantir le maintien du simulateur dans une position extrême (exigences 1.4.1.1 et 1.6.1), et permettent, en conditions extrêmes, de garantir le temps maximum de déplacement attendu (exigence 1.4.2.1).

Pour certaines situations de jeu, l'utilisateur peut être maintenu dans une position inclinée durant quelques instants. La vérification de la capacité des actionneurs (motoréducteurs) à fournir un couple de maintien suffisant pour une position extrême du siège permet de valider cette performance.

Hypothèses et données retenues pour l'étude :

- le modèle d'étude est donné sur la figure 9 et correspond à une position extrême de sollicitation pour le motoréducteur droit ;
- l'ensemble isolé est (S) = {utilisateur + siège + plateforme (1) + bielle (2_D) + bielle (2_G)} dont G est le centre de gravité ;
- les dimensions utiles sont : $a = 346$ mm ; $b = 183$ mm ;
- le modèle d'action mécanique de pesanteur appliqué à (S) exprimé au point O est :

$$\{\mathcal{T}_{(pes \to S)}\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{R_{(pes \to S)}} \\ \overrightarrow{M_{O\,(pes \to S)}} \end{Bmatrix}_O = \begin{Bmatrix} 0 & m \times g \times h \times \sin\varphi \\ 0 & 0 \\ -m \times g & 0 \end{Bmatrix}_{O\,(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})}$$

avec φ : valeur du roulis égale à 18° pour une position extrême

h : distance OG égale à 300 mm

m : masse totale (utilisateur et structure) égale à 170 kg

g : accélération de la pesanteur égale à 9,81 m·s^{-2}

- l'étude préliminaire de l'équilibre statique des bielles (2_D) et (2_G) a permis d'établir les modèles d'action mécanique aux points B et E dans le repère (O, $\overrightarrow{x_0}$, $\overrightarrow{y_0}$, $\overrightarrow{z_0}$) comme des glisseurs de direction $\overrightarrow{z_2}$ parallèle à l'axe $\overrightarrow{z_0}$ (hypothèse simplificatrice pour la position extrême étudiée) :

$$\{\mathcal{T}_{(3_D \to 2_D)}\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{R_{(3_D \to 2_D)}} \\ \overrightarrow{M_{B\,(3_D \to 2_D)}} \end{Bmatrix}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ Z_B & 0 \end{Bmatrix}_{B\,(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})} \quad \text{avec} \quad Z_B > 0$$

$$\{\mathcal{T}_{(3_G \to 2_G)}\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{R_{(3_G \to 2_G)}} \\ \overrightarrow{M_{E\,(3_G \to 2_G)}} \end{Bmatrix}_E = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -Z_E & 0 \end{Bmatrix}_{E\,(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})} \quad \text{avec} \quad Z_E = \frac{Z_B}{2}$$

– le modèle simplifié de l'action mécanique transmissible par la liaison pivot de centre O, d'axe $\overrightarrow{x_0}$ entre la plateforme (1) et le châssis (0) est :

$$\{\mathcal{T}_{(0\to1)}\} = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{R_{(0\to1)}} \\ \overrightarrow{M_{O\,(0\to1)}} \end{Bmatrix}_O = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_O & 0 \\ Z_O & 0 \end{Bmatrix}_{O\,(\overrightarrow{x_0},\overrightarrow{y_0},\overrightarrow{z_0})}$$

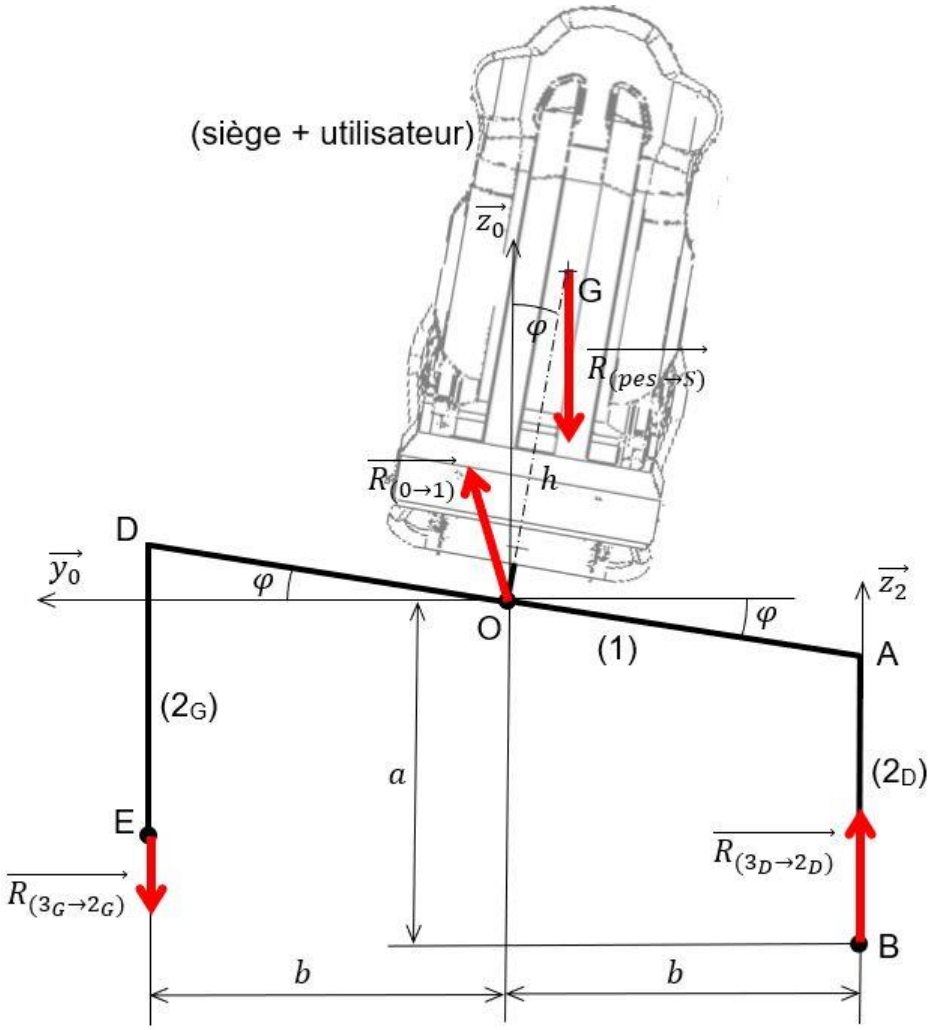


Figure 9 : modèle d'étude pour une position extrême (échelle non respectée)

Question 6. Figure 9	En appliquant le principe fondamental de la statique à l'ensemble isolé (S), **montrer**, à partir du théorème du moment statique au point O en projection sur l'axe $\overrightarrow{x_0}$, que : $$Z_B = \frac{2}{3} \times \frac{m \times g \times h \times \sin\varphi}{b}$$ **Calculer** la valeur de Z_B.

La suite de l'étude porte sur l'isolement de l'excentrique droit (3_D) représenté sur le document réponse DR2. Les valeurs suivantes sont données :

$\overrightarrow{R_{(2_D\to3_D)}} = -570 \cdot \overrightarrow{z_2}$ (en Newton N) CB = $L_{excentrique}$ = 85 mm

Question 7. DR2	**Tracer** (sans échelle) sur le document réponse DR2 les composantes, notées Y_{3B} et Z_{3B}, projections de la force $\overrightarrow{R_{(2_D \to 3_D)}}$ appliquée au point B dans la base $(\overrightarrow{y_3}, \overrightarrow{z_3})$ et **montrer** que : $$\left\|\overrightarrow{C_{excentrique}}\right\| = L_{excentrique} \times \left\|\overrightarrow{R_{(2_D \to 3_D)}}\right\| \times \cos 60°$$ **Vérifier** que la valeur $C_{excentrique}$ est très inférieure au couple maximal du motoréducteur de 1 170 N·m.

La chaine partielle de puissance de l'excentrique gauche (3_G) est représentée sur la figure 10.

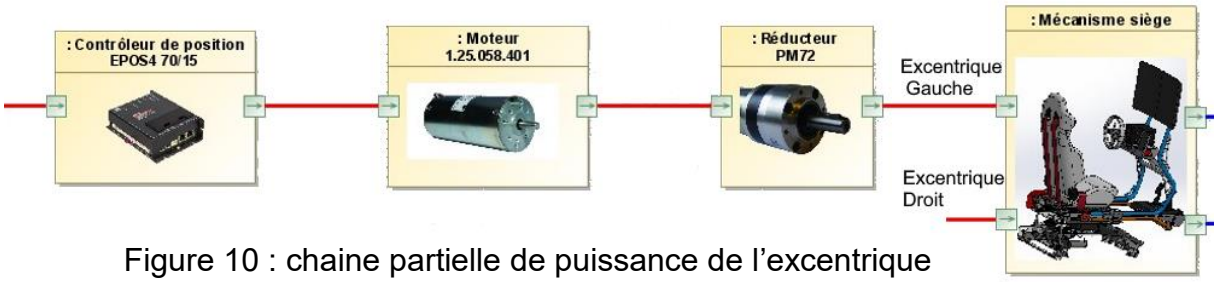


Figure 10 : chaine partielle de puissance de l'excentrique

Question 8. DR2 Figure 10	Sur le document réponse DR2, **compléter** le diagramme de blocs internes en indiquant les grandeurs de flux et d'efforts (nature de la puissance, grandeurs et unités des flux et efforts) sur les liens demandés.

Pour vérifier les performances dynamiques du système, il convient de déterminer le temps pour effectuer un roulis complet (temps nécessaire pour passer de +60° à -60° pour l'excentrique). Une simulation, pour une masse maximale, a été effectuée avec le modèle multiphysique donné sur la figure 11.

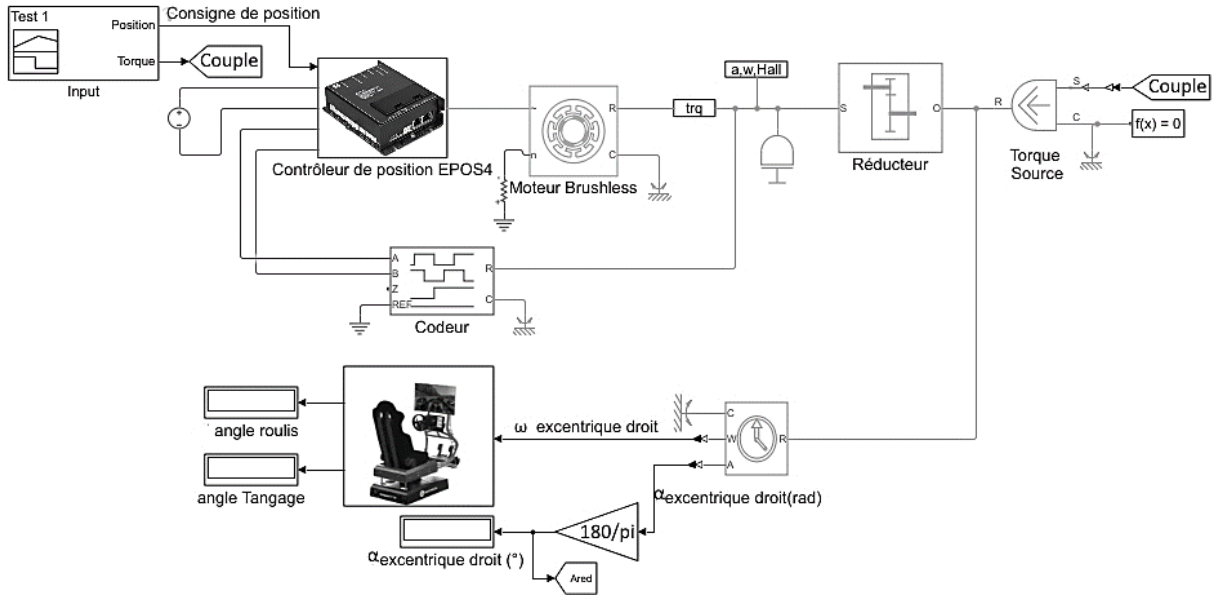


Figure 11 : modèle multiphysique

Les résultats sont donnés sur la figure 12.

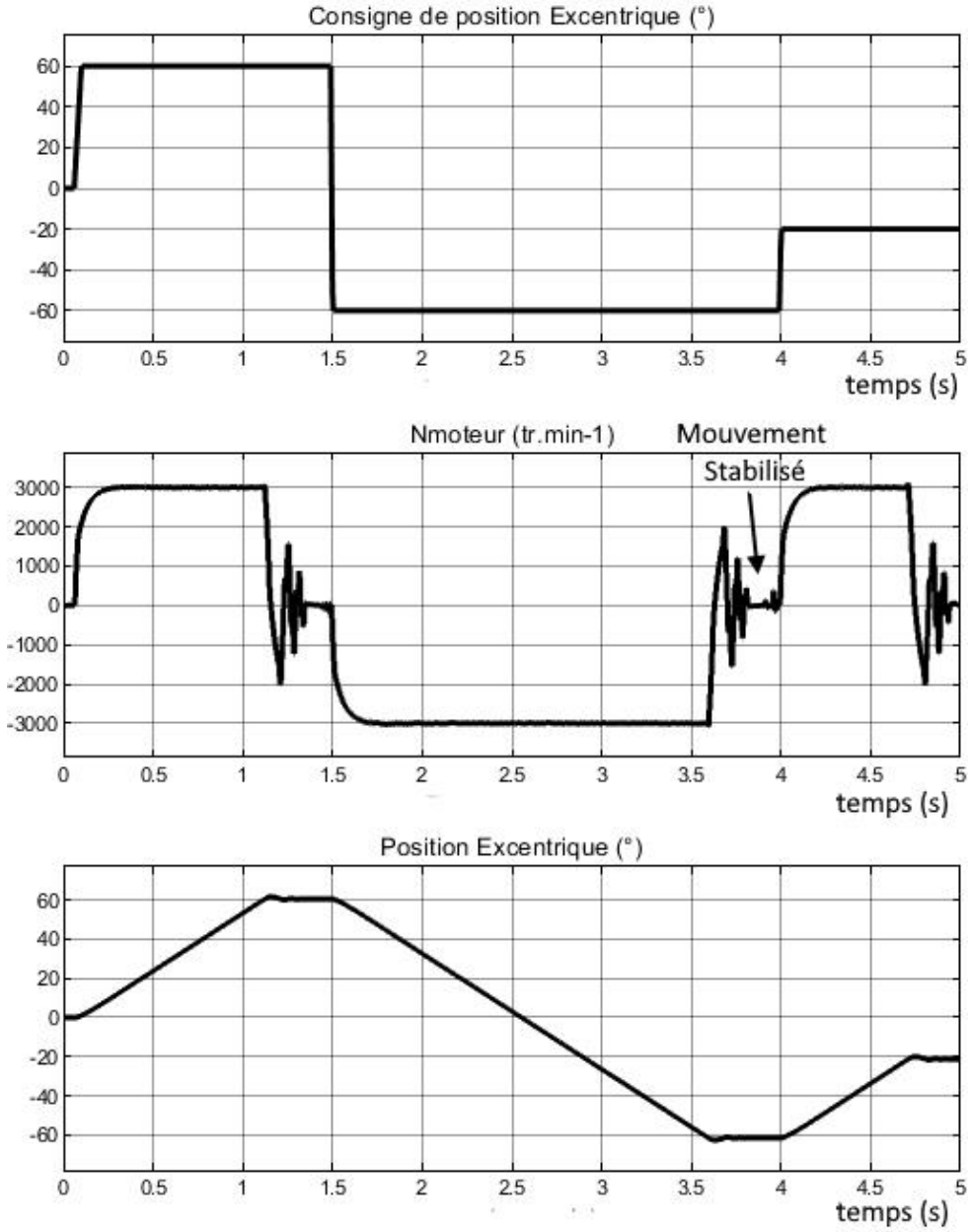


Figure 12 : résultats de la simulation du modèle multiphysique

Pour effectuer un roulis complet, les excentriques doivent effectuer une rotation de +60° à -60°, soit une amplitude de 120°.

Question 9. Figure 12 Figure 3	À partir des résultats de simulation de la figure 12, **déterminer** t_{roulis_simu} le temps minimal mis pour réaliser un roulis complet. **Comparer ce** temps simulé à celui attendu pour respecter l'exigence 1.4.2.1 (figure 3). **Conclure** quant à la vérification de la performance dynamique du simulateur sachant que la simulation a été effectuée pour une charge maximale.

Sous-partie 3 : gestion de l'initialisation du simulateur et vérification de la qualité de la communication

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier la résolution du positionnement du siège, son initialisation ainsi que le respect de son temps de réaction.

Le positionnement du siège est contrôlé via un codeur incrémental (capteur angulaire) entrainé par l'arbre moteur.

L'objectif est de déterminer la relation entre le déplacement angulaire de l'excentrique et le nombre d'impulsions N_{imp} délivré par le codeur incrémental (figure 13) puis de calculer le nombre d'incréments N_{inc} comptabilisés par le contrôleur de position.

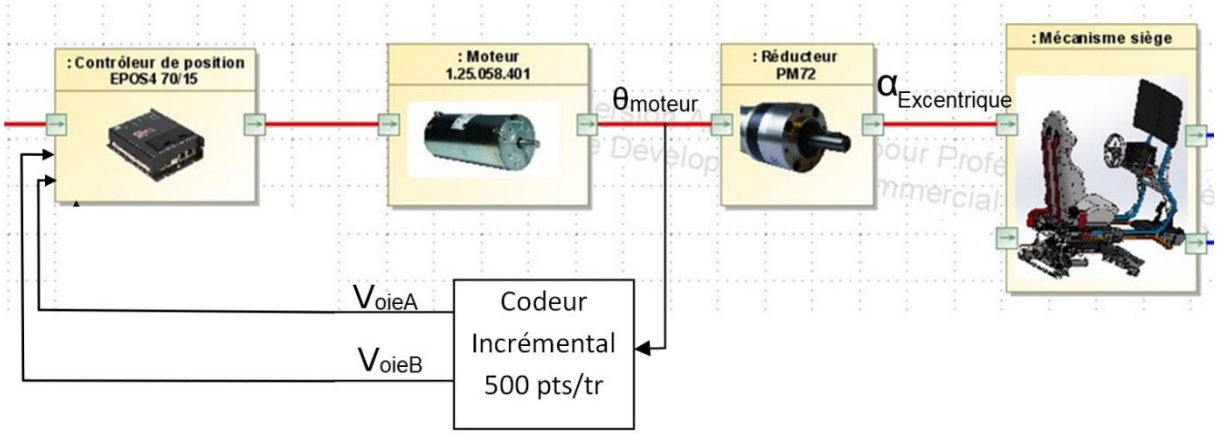


Figure 13 : principe de mesure de l'information θ_{moteur}

Le codeur délivre deux signaux V_{oieA} et V_{oieB}, de 500 périodes par tour moteur, décalés d'un quart de période.

Le contrôleur de position, permet de multiplier par 4 la résolution en combinant ces deux signaux et en comptant tous les fronts du signal produit Inc soit 2 000 incréments/tour. Ce principe est détaillé sur la figure 14.

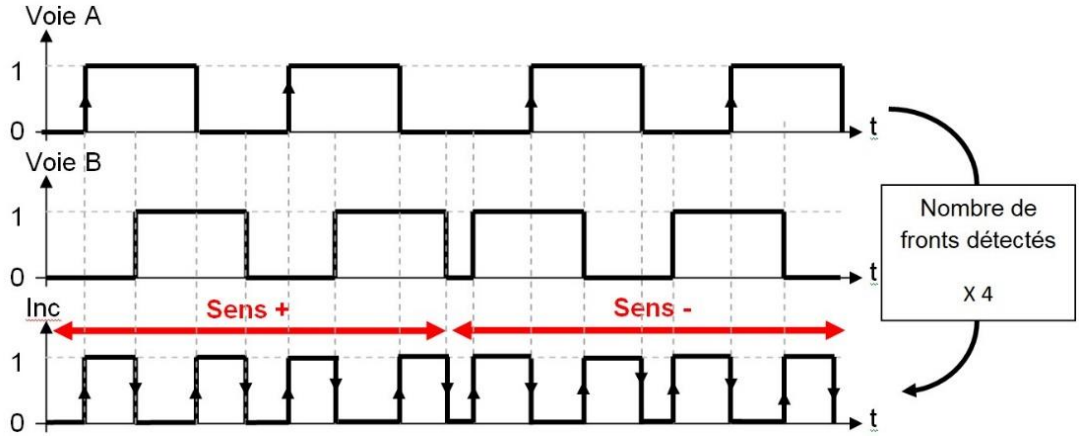


Figure 14 : principe de fonctionnement du contrôleur de position

La réduction entre le déplacement angulaire de l'excentrique $\alpha_{\text{excentrique}}$ et le déplacement angulaire du moteur θ_{moteur} se traduit par la relation suivante :

$$\alpha_{\text{excentrique}} = \frac{\theta_{\text{moteur}}}{305}$$

Question 10.	**Montrer que** la relation du nombre de fronts N_{inc} du signal Inc en fonction du déplacement angulaire de l'excentrique $\alpha_{\text{excentrique}}$ en degré est : $N_{inc} = 1694{,}5 \times \alpha_{excentrique}$

Question 11.	**En déduire** la résolution $R_{\text{résolution}}$ en ° (plus petit déplacement angulaire mesurable) du positionnement de l'excentrique. **Calculer** le nombre de fronts N_{inc} pour un déplacement angulaire de l'excentrique de 3,6°.

La figure 15 montre que, pour un déplacement angulaire limité de l'excentrique entre $-30°$ et $+30°$, la position angulaire de roulis est proportionnelle.

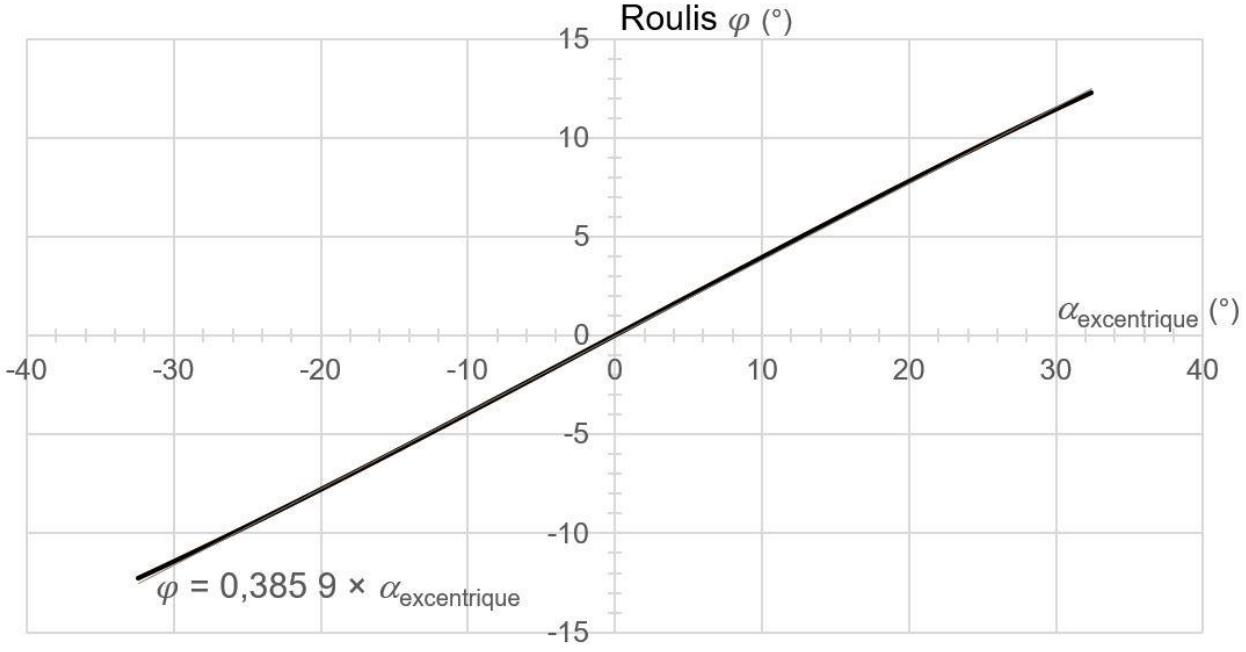


Figure 15 : position angulaire du roulis en fonction de la position angulaire de l'excentrique

Question 12. Figure 15 Figure 3	À partir de la réponse à la question 11 et de la figure 15, **calculer** la résolution R_{roulis} de la mesure du roulis φ et **vérifier** que sa valeur est très inférieure à l'exigence 1.4.1.3.

À la mise en marche du simulateur de course, le système doit initialiser sa position. Pour cela, trois capteurs sont placés à l'arrière du système. La détection de la position de l'excentrique est rendue possible par la présence du palpeur. Un programme génère une séquence pour placer le siège à l'horizontale.

La figure 16 montre la séquence réalisée par le contrôleur pour réaliser cette prise d'origine appelée *Homing*.

Quelle que soit la position dans laquelle s'est arrêté le simulateur précédemment, le contrôleur, après avoir reçu la commande *homing*, actionne les moteurs dans le sens anti-horaire (sens 1) jusqu'à détecter le palpeur soit le capteur 0° soit le capteur $-60°$.

Si le capteur $-60°$ a été activé, le moteur est commandé dans l'autre sens (sens 2) jusqu'au capteur 0°.

Pour affiner la position, le moteur tourne en sens horaire (sens 3) jusqu'à ce que le capteur 0° soit désactivé et jusqu'à la première impulsion du signal Inc, puis change de sens (sens 4) jusqu'à un nombre de fronts Inc permettant de centrer le palpeur sur le capteur 0° soit un déplacement de 3,6°.

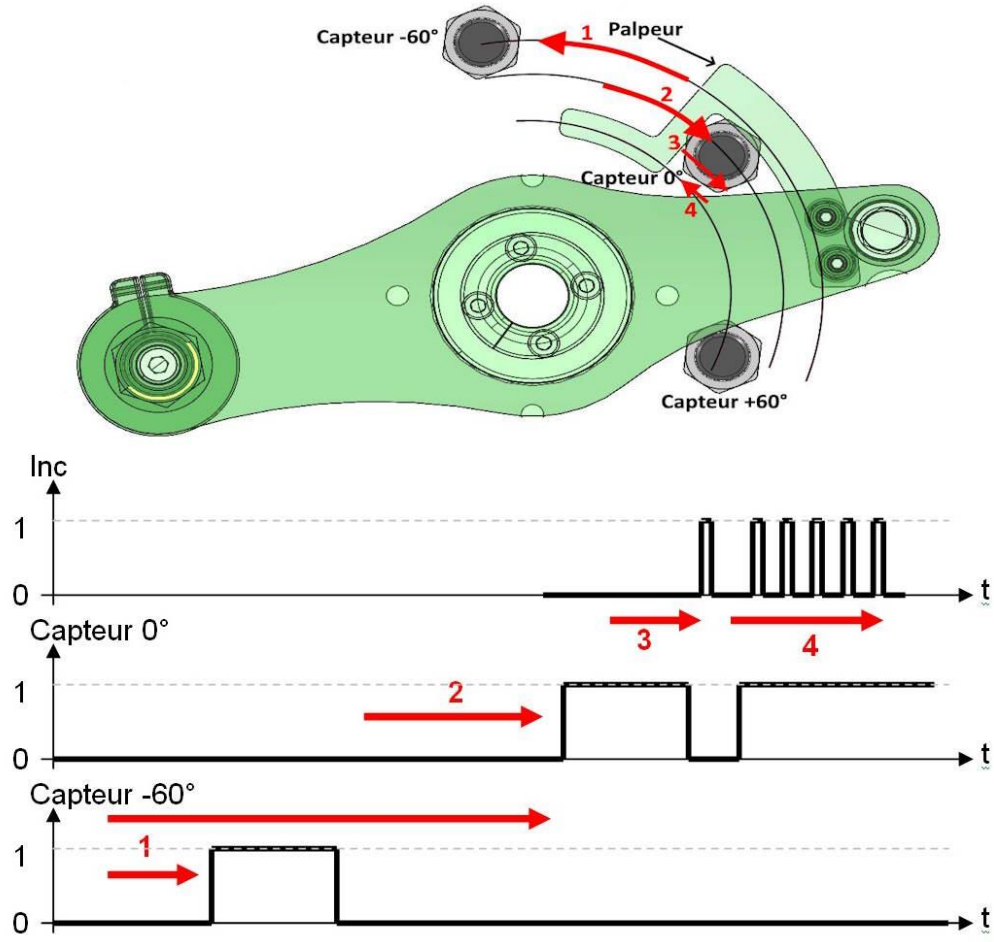


Figure 16 : séquence de prise d'origine *Homing*

L'algorigramme *Homing* de gestion de mise en position horizontale est donné sur la figure 17.

`Capt0` et `Capt1` sont les variables associées à l'état logique des capteurs 0° et −60°.

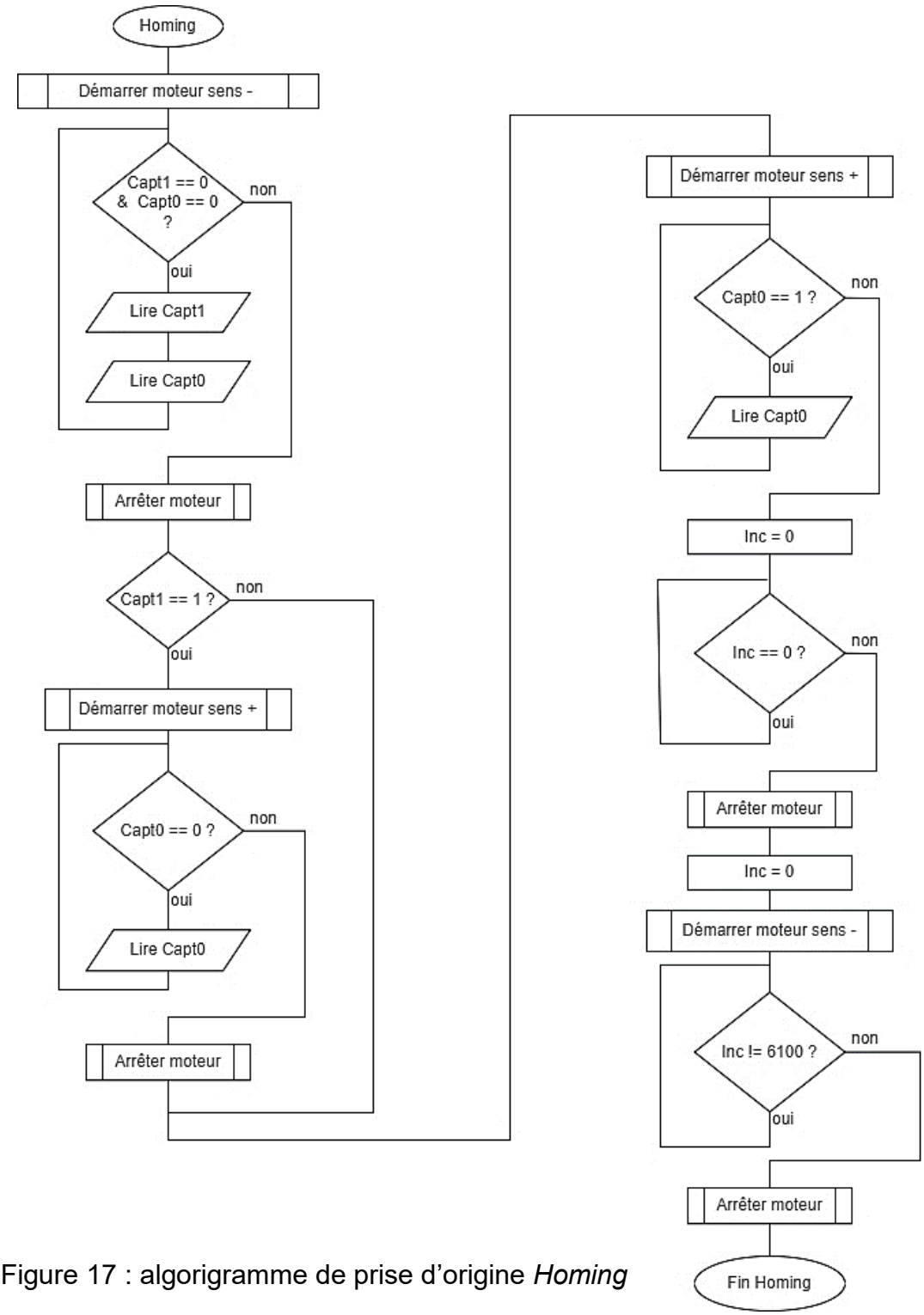


Figure 17 : algorigramme de prise d'origine *Homing*

Question 13. DR3 Figures 16 et 17	À partir de la description précédente du fonctionnement et de l'algorigramme (figure 17), **compléter** les parties repérées par des pointillés « … » sur le document réponse DR3 du programme python *Homing* permettant la mise en position horizontale du siège du simulateur.

Les réactions du siège doivent être en phase avec le jeu vidéo. Il faut donc que la communication entre l'unité centrale et le contrôleur de position qui gère l'inclinaison soit suffisamment rapide.

La communication entre l'unité centrale et le contrôleur de position est réalisée grâce à une liaison USB full speed avec un débit de 12 Mbit·s^{-1}.

Un relevé du signal de communication lors d'un envoi d'une nouvelle position de roulis est donné sur la figure 18.

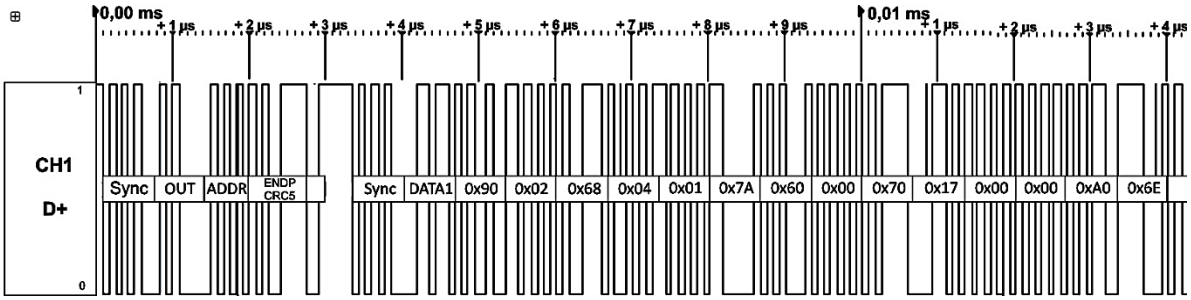


Figure 18 : relevé du signal de communication

La composition de la trame est présentée sur la figure 19.

Synchronisation USB	Synchronisation	DATA1	Données	Contrôle CRC16
4 octets	1 octet	1 octet	12 octets	2 octets

Figure 19 : composition de la trame de communication

Question 14.	**Relever** sur le signal de la figure 18 la durée de la trame de commande de roulis et préciser le nombre d'octets puis de bits correspondants. **Vérifier** que le débit réel de transmission correspond approximativement au débit théorique d'une liaison full speed USB.
Figure 18 Figure 19	

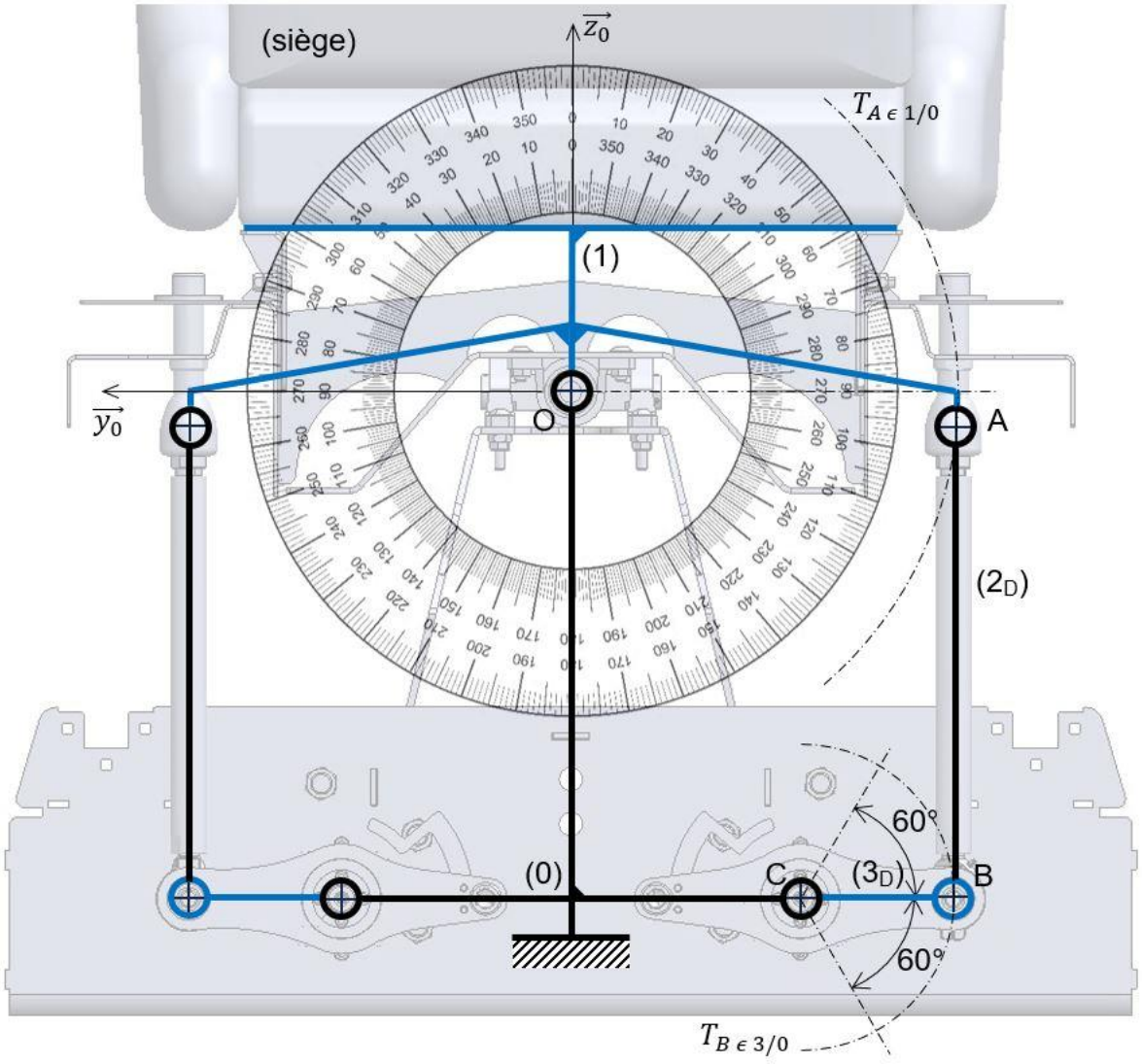
Le temps de communication entre l'unité centrale et le contrôleur de position doit être inférieur à 100 ms.

Question 15.	**Comparer** ce résultat à celui du temps maximum de communication de l'exigence 1.8.1 et **conclure** sur la capacité du système à gérer le fonctionnement du siège.
Figures 18 et 19 Figure 3	

Document réponse DR1

Question 1.

Remarque : les liaisons sphériques en A et B ont été remplacées par des liaisons pivots pour rendre la modélisation plane.



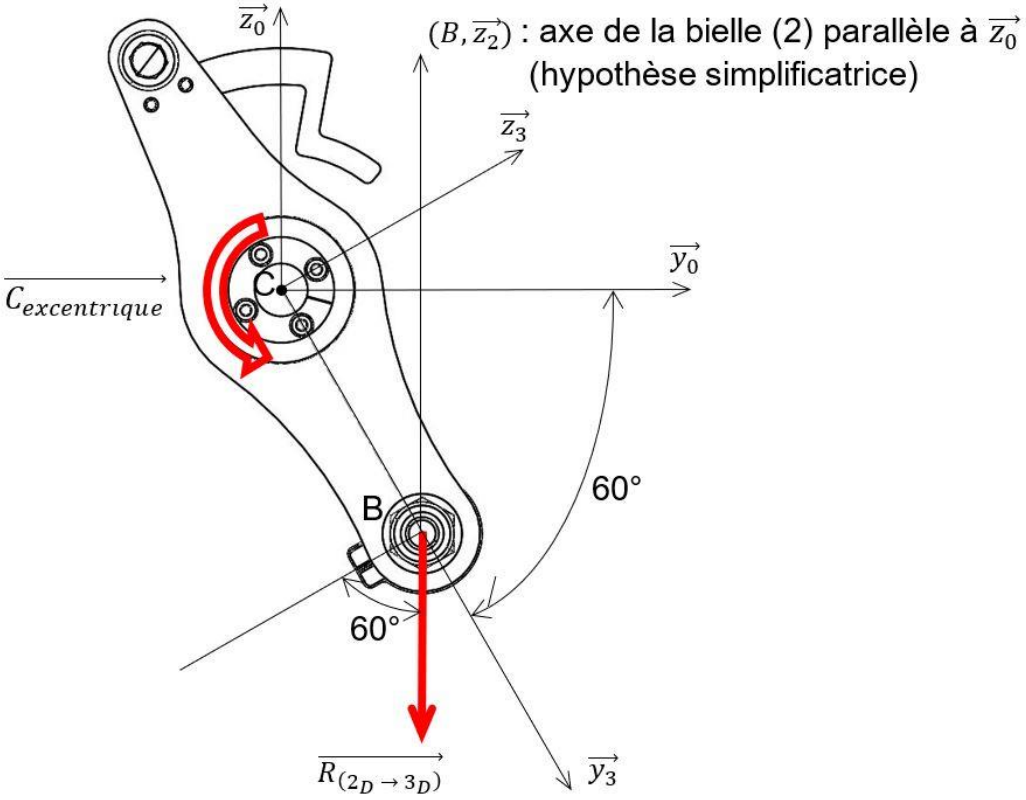
Question 3.

Remarque : la commande en angle sur chaque motoréducteur doit être égale en valeur absolue afin d'obtenir un tangage seul.

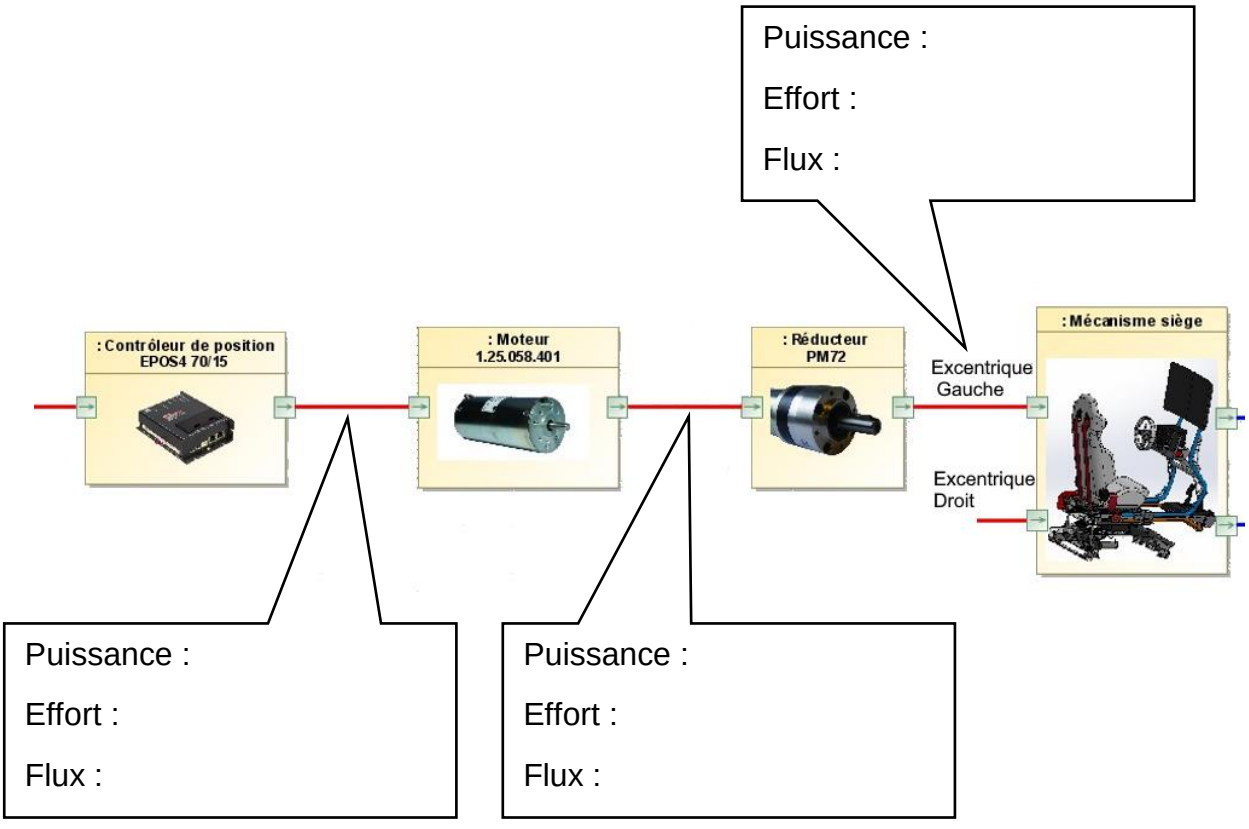
Positions angulaires du siège	Tangage $\theta = 0$		Roulis $\varphi = 0$	
	Roulis sens positif	Roulis sens négatif	Tangage sens positif	Tangage sens négatif
Commande MR_G	+			
Commande MR_D	+			

Document réponse DR2

Question 7.



Question 8.



Document réponse DR3

Question 13. Informations complémentaires.

Capt1	Variable état du capteur −60°	Capt1.value() *#lecture capt1*
Capt2	Variable état du capteur +60°	Capt2.value() *#lecture capt2*
Capt0	Variable état du capteur 0°	Capt0.value() *#lecture capt0*
Ninc	Variable comptant nombre de fronts du signal Inc	Mise à jour par un sous-programme annexe (non étudié)
moteur(M/A,sens,Accélération,vitesse)		Sous-programme de gestion du moteur

Programme Homing :

```
from machine import Pin     # import de la bibliothèque Pin
Capt1 = Pin(0, Pin.IN)      # capteur −60° connecté sur entrée 0
Capt2 = Pin(1, Pin.IN)      # capteur +60° connecté sur entrée 1
Capt0 = Pin(2, Pin.IN)      # capteur 0° connecté sur entrée 2
global Ninc
moteur (1,0,5000,600)       # moteur marche sens − accélération
                            # 5000 tr/min/s et vitesse 600 tr/min
while ((Capt1.value() == 0) and (Capt0.value() == 0)):
                        # Tant que capteur −60° ou 0° non détecté
   pass                             # attendre
moteur(0,0,0,0)                     # arrêt moteur
if Capt1.value() == 1 :             # si capteur −60° trouvé
   moteur(1,1,5000 ;600)
   while (……):                      # Tant que capteur 0° = 0
      pass                          # attendre
   moteur(0,0,0,0)
moteur(1,1,5000,50)
   ……                               # Tant que capteur 0° = 1
      ……                            # attendre
Ninc = 0                            # mettre la variable Ninc à 0
   while (Ninc == 0) :              # Tant que Ninc = 0
      pass                          # attendre
moteur(0,0,0,0)
……                                  # mettre la variable Ninc à 0
moteur(1,1,5000,50)
   while (……):                      # Tant que Ninc différent de
                                    # la valeur d'un déplacement
                                    # angulaire de l'excentrique de 3,6°
      pass                          # attendre
moteur(0,0,0,0)
```

Partie 2 : Sciences physiques

Exercice A – Un camping confortable

Le gérant d'un camping s'interroge sur la gêne occasionnée par une route proche des premiers mobil-homes de son exploitation. L'atténuation sonore due aux haies végétales est négligeable.

Données :

- Intensité sonore de référence dans l'air : $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W·m^{-2}.
- L'intensité sonore est supposée inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare l'émetteur du récepteur : $I = k \frac{1}{d^2}$, avec k un coefficient positif, constant pour une même source de bruit.
- Échelle de niveaux d'intensité sonore avec quelques situations correspondantes :

Niveau d'intensité sonore L (dB)	30	40	50	60	70	80
Situation	Nuit en milieu rural	Campagne	Secteur résidentiel	Centre-ville	Rue animée	Autoroute

Le niveau d'intensité sonore moyen L_E d'une voiture en mouvement est de 75 dB. Cette mesure a été réalisée par un sonomètre lors du passage de la voiture à une distance d_E égale à 1,0 m de celui-ci. On note I_E l'intensité sonore associée au niveau d'intensité sonore L_E.

L'étude qui suit est réalisée au niveau des premiers mobil-homes proches de la route : il sont situés à une distance d_M de la route égale à 40 m.

1. Déterminer l'unité du coefficient k.

2. Montrer que l'expression de l'intensité sonore I_M reçue à une distance d_M de la route lors du passage d'un véhicule s'écrit : $I_M = I_E \left(\frac{d_E}{d_M}\right)^2$.

3. Écrire la relation générale entre le niveau d'intensité sonore L, l'intensité sonore I et l'intensité sonore de référence I_0.

4. Établir que le niveau d'intensité sonore à une distance d_M s'écrit, en décibels : $L_M \approx L_E - 32$.

5. Calculer L_M et conclure quant à la nécessité de protéger acoustiquement les premiers mobil-homes des nuisances sonores dues à la circulation des véhicules sur la route.

Exercice B – Centrale solaire

La plus grande centrale solaire d'Amérique du Sud se situe dans le désert d'Atacama au Chili. Elle combine deux infrastructures : une centrale solaire photovoltaïque et une centrale solaire thermodynamique (**figure 1**).



Figure 1 – Centrale solaire « Cerro Dominador » dans le désert d'Atacama.
Source : https://www.ingesco.com/fr/case-studies/cerro-dominador

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'intérêt d'associer une centrale solaire photovoltaïque à une centrale solaire thermodynamique.

Données

- Le désert d'Atacama, est l'endroit le plus ensoleillé de la planète. Pour une surface de 1 m², il reçoit une énergie lumineuse journalière moyenne E_{lum} = 8,2 kW·h·m^{-2}.
- Masse des sels fondus m = 4,6 ×10^{7} kg.
- Capacité thermique massique des sels fondus c_{sels} = 1,4 × 10^{3} J·kg^{-1}·K^{-1}.

Centrale solaire photovoltaïque

1. Expliquer la notion de rendement d'une cellule photovoltaïque.

On estime le rendement énergétique de la centrale solaire photovoltaïque de « Cerro Dominador » à 20 %.

2. Calculer l'énergie produite par m² et par jour par cette centrale solaire photovoltaïque.

Centrale solaire thermodynamique

La centrale solaire thermodynamique fonctionne grâce à la concentration des rayons du Soleil à l'aide de miroirs dans le but de chauffer un fluide caloporteur qui, à son tour, permet de faire fondre des sels et ainsi de produire de la vapeur d'eau à l'origine de la production de l'électricité. Cette installation permet, en stockant le fluide caloporteur dans un réservoir, de prolonger le fonctionnement de la centrale plusieurs heures au-delà du coucher du Soleil.

Source : d'après Wikipédia

En première approximation, on considère que l'énergie solaire est stockée dans les sels fondus chauds pendant la journée, pour être ensuite utilisée afin de générer de l'électricité pendant la nuit.

Le schéma de la **figure 2** présente le principe de fonctionnement de la centrale thermodynamique.

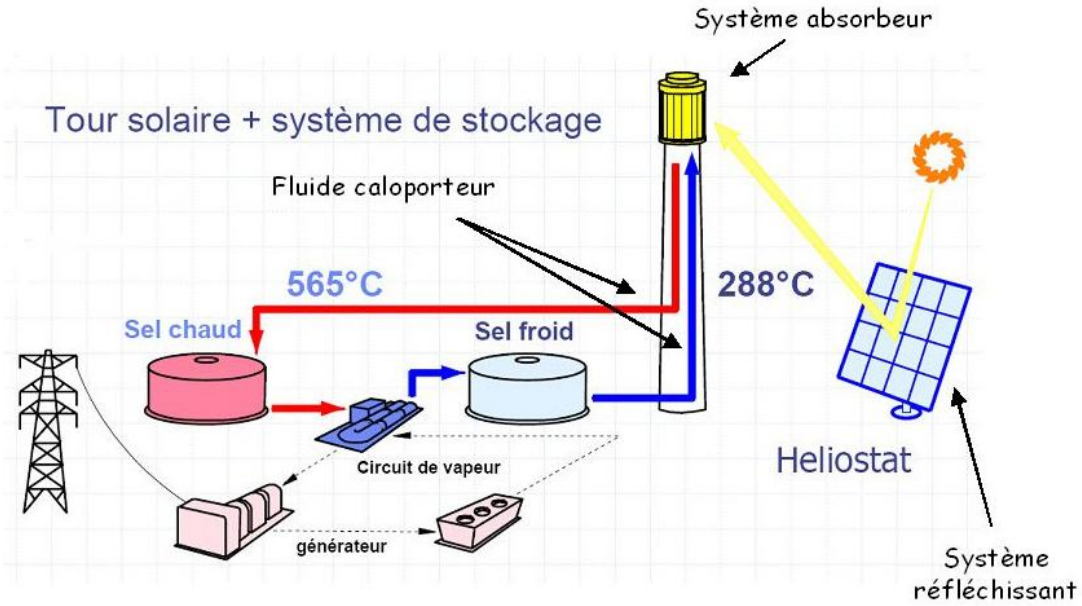


Figure 2 – Schématisation du principe de fonctionnement de la centrale thermodynamique.
Source : https://chroniques-du-temps.over-blog.fr/pages/Le_solaire_thermique-2226650.html

Pour produire la vapeur d'eau pendant une journée, les sels fondus voient leur température diminuer de 565 °C à 288 °C.

3. Montrer que l'énergie Q libérée par les sels fondus pour produire la vapeur d'eau est environ égale à $1{,}8 \times 10^{13}$ J.

Grâce à l'énergie libérée par les sels fondus, la centrale thermodynamique peut produire de l'énergie électrique pendant 17,5 heures par jour.

4. Sachant que la puissance de la centrale thermodynamique est de 110 MW, calculer l'énergie électrique correspondante. Commenter l'écart de la valeur obtenue avec celle de l'énergie libérée Q donnée à la question **3**.

5. Commenter l'intérêt d'ajouter une centrale solaire thermodynamique à une centrale solaire photovoltaïque.

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.