Rouen Normandy Autonomous Lab

Une réponse à la problématique de la mobilité du premier ou dernier kilomètre

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

1 Réservation d'un véhicule

Question 1.1. ***Compléter*** *le tableau du document réponse DR1 en indiquant pour chaque échange le numéro correspondant sur le diagramme de séquence.*

Voir DR1

Voir DR1

Question 1.2. *Sur le document réponse DR2,* ***déterminer*** *la valeur des éléments du tableau « temps_attente_V » pour la situation donnée à la* ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.***

Voir DR2

Voir DR2

Question 1.3. *Sur le document réponse DR2,* ***analyser*** *et* ***compléter*** *l'algorithme partiel de la fonction « choisir_véhicule ».* ***Déterminer*** *quelle variable de l'algorithme de supervision permet, par son traitement, d'affecter un véhicule à l'utilisateur selon la disponibilité.*

Voir DR2

Voir DR2

Le test de la variable **temps_mini** permet de déterminer s'il y a un véhicule disponible, puis d'obtenir l'identifiant du véhicule qui est le proche temporellement de l'usager.

2 Communication avec l'infrastructure routière.

2.1 Dimensionnement de l'alimentation autonome d'une unité de bord de route

Question 1.4. ***Calculer****, en W·h, l'énergie E_{cons} consommée par l'ensemble des systèmes présents dans l'UBR durant 16 heures. En supposant qu'au bout des 16 heures, la batterie a perdu 50 % de sa charge,* ***déduire*** *l'énergie E_{batt} stockée dans la batterie de l'UBR lorsqu'elle est complètement chargée.*

$E_{Cons} = 300 \times 16 = 4.8\ \text{kW·h}$

$0.5 \times E_{Batt} = E_{Cons}$

$E_{Batt} = 2 \times E_{Cons} = 9.6\ \text{kW·h}$

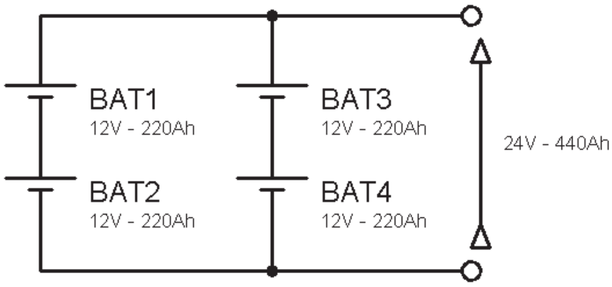
Question 1.5. *Sachant que les systèmes présents dans l'UBR sont alimentés avec une tension continue de 24 V,* ***calculer, en A·h,*** *la capacité C_{Batt} de la batterie de l'UBR.*

$C_{Batt} = \frac{E_{Batt}}{24} = \frac{9600}{24} = 400\ \text{A·h}$

Question 1.6. ***Rechercher** et **représenter** graphiquement en justifiant la démarche, une association de plusieurs batteries 12 V – 220 A·h pour réaliser la batterie de l'UBR.*

La tension d'alimentation des systèmes présents dans l'UBR est de 24 V. Il faut donc associer dans une branche 2 batteries en série. On obtient alors une batterie 24 V – 220 A·h.

La capacité étant inférieure à 400 A·h, il faut rajouter une seconde branche en dérivation pour obtenir une batterie 24 V – 440 A·h



Question 1.7. *Sachant que le rendement du chargeur de la batterie est de 80 %, **calculer** la puissance P_{Charg} absorbée sur le réseau d'éclairage public lors de la recharge de la batterie afin de satisfaire à l'exigence Id 1.2.2.*

Le rendement du chargeur est de 80 %

La durée maximale de la charge est de 8 h

$$P_{Charg} = \frac{5000}{0.8 \times 8} = 781{,}25\ \text{W}$$

2.2 Détermination de l'état d'un feu de carrefour

2.2.1 Analyse de la réponse du contrôleur de feux

Question 1.8. *À l'aide de l'extrait de la table ASCII donné ci-dessus, **compléter** le tableau du document réponse DR3.*

Voir DR3

Voir DR3

Question 1.9. *Sur le graphique du document réponse DR3, en prenant modèle sur celui donné ci-dessous, **indiquer** par des flèches les durées trouvées pour le délai de début d'ouverture (DDO) et le délai de fin d'ouverture (DFO) de la ligne. En **déduire** l'instant où le véhicule a émis sa question et l'état de la ligne de feux (ouvert ou fermé) à cet instant.*

Voir DR3

Voir DR3

Question 1.10. ***Expliquer**, à l'aide de la réponse à la question 1.9 et du graphique ci-dessus, comment le véhicule peut connaitre l'état de la ligne de feux à partir de la valeur des deux éléments « DELAI_DEBUT_OUVERTURE » et « DELAI_FIN_OUVERTURE », quelle que soit la durée du cycle du feu.*

Si « DELAI_FIN_OUVERTURE » < « DELAI_DEBUT_OUVERTURE », alors la ligne de feux est ouverte et le feu est vert.

Si « DELAI_FIN_OUVERTURE » > « DELAI_DEBUT_OUVERTURE » alors la ligne de feux est fermée et le feu n'est pas vert (soit orange ou rouge).

3 Insertion du véhicule sur une voie prioritaire

Question 1.11. ***Écrire** l'équation vectorielle de la résultante issue du Principe Fondamental de la Dynamique appliqué au véhicule autonome **1**. **En déduire** l'équation algébrique en projection sur l'axe $\vec{x}$.*

$\overrightarrow{P_{(Pes\to S)}} + \overrightarrow{A_{(0\to 1)}} + \overrightarrow{R_{(0\to 1)}} + \overrightarrow{C_{(air\to 1)}} = m \cdot \overrightarrow{\Gamma_{G(1/0)}}$

Question 1.12. ***Justifier** ces relations au regard de la modélisation des actions mécaniques entre la route **0** et les pneumatiques.*

Le contact avec adhérence entre les pneumatiques et la route engendre l'utilisation d'une modélisation avec un cône d'adhérence de demi-angle au sommet φ tel que $f = \tan\varphi = \frac{T}{N}$ avec T : composante tangentielle de la force de contact et N : composante normale de la force de contact. Dans ce cas, $\varphi = \mathrm{Arctan}\, f = 34{,}99°$

L'orientation de la force du sol sur les pneumatiques est orientée vers la gauche de façon à s'opposer au glissement éventuel des pneumatiques par rapport à la route si un blocage des roues devait se produire lors du freinage.

Question 1.13. ***Exprimer**, à partir des équations déterminées aux deux questions précédentes, l'accélération a_t en fonction du facteur d'adhérence f, des composantes normales R_n et A_n, de la force aérodynamique X_C et de la masse du véhicule autonome m. **Calculer** l'accélération a_t à partir des données suivantes :*

m = 1468 kg, Charge sur l'essieu avant : 871 kg, Charge sur l'essieu arrière : 597 kg, S·Cx = 0,75, ρ_{air} = 1,295 kg.m^3, g = 9,81 m·s^{-2}. Les composantes A_n et R_n seront calculées à partir de la répartition des charges sur les essieux avant et arrière.

Equations algébriques issues de l'équation vectorielle de la résultante dynamique :

/x: $A_t + R_t + X_C = m \cdot a_t$

/y: $- m \cdot g + A_n + R_n = 0$

Expression littérale de l'accélération a_t :

$$a_t = \frac{A_t + R_t + X_C}{m} = \frac{-0{,}7 \cdot A_n - 0{,}7 \cdot R_n + X_C}{m}$$

Application numérique :

$A_n = 871 \cdot 9{,}81 = 8545$ N

$R_n = 597 \cdot 9{,}81 = 5857$ N

$$X_C = -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot Cx \cdot v^2 = -\frac{1}{2} \cdot 1{,}295 \cdot 0.75 \cdot \left(30 \cdot \frac{1}{3{,}6}\right)^2 = -33{,}7 \text{ N}$$

$$a_t = -6{,}89 \text{ m.s}^{-2}$$

Question 1.14. *À partir des résultats précédents,* ***calculer*** *la distance de freinage d_f du véhicule.* ***Vérifier*** *que la valeur d_f = 5,1 mètres, qui sera retenue pour la suite de l'étude, est cohérente.*

Le mouvement est un MRUV avec une vitesse initiale v = 30 km·h^{-1} et un arrêt en fin de phase.

Equation de la vitesse instantanée algébrique :

$v(t) = a_t \cdot t + v_0$

$v(t) = -6{,}9 \cdot t + 8{,}33$

Equation des abscisses :

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_t \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0$$

$x(t) = -3{,}45 \cdot t^2 + 8{,}33 \cdot t$

Instant de fin de phase, pour lequel v = 0 km·h^{-1} :

$v(t) = -6{,}9 \cdot t + 8{,}33$

$$t = \frac{v(t) - 8{,}33}{-6{,}9}$$

$t = 1{,}207$ s

Détermination de la position du véhicule en fin de phase de freinage :

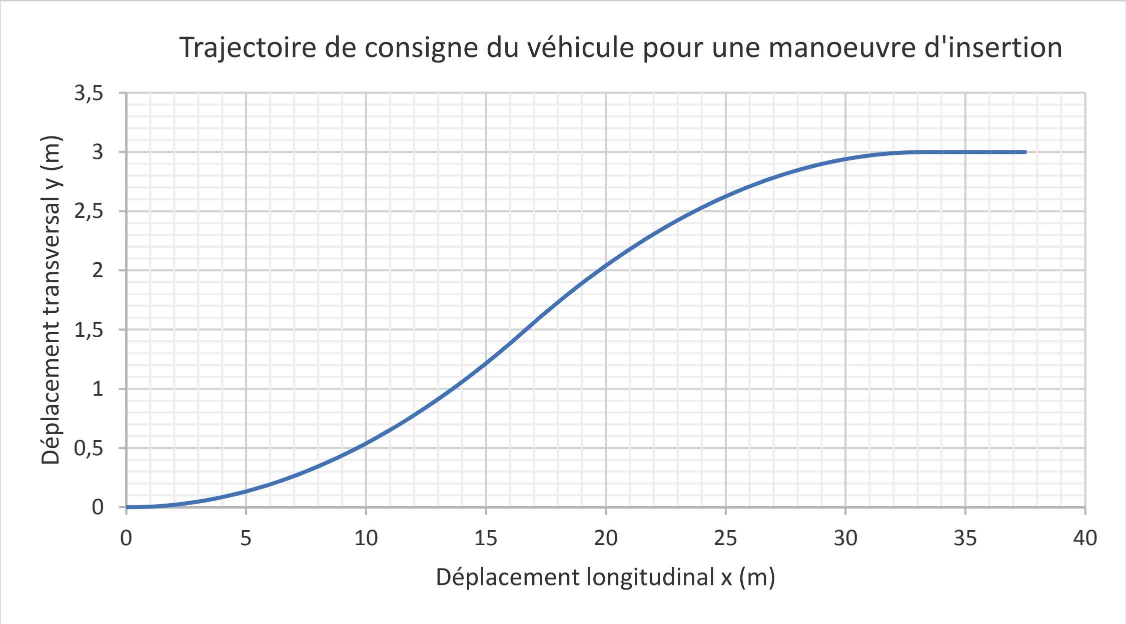
$x(t) = -3{,}45 \cdot t^2 + 8{,}33 \cdot t$

$d_f = x(1{,}207) = 5{,}028$ m

Le véhicule devra donc déclencher la phase de freinage d'urgence au minimum à 5,028 m du point A en cas d'impossibilité de s'insérer sur l'avenue de la Mare aux Daims en toute sécurité.

Question 1.15. *À partir de la valeur retenue pour la distance de freinage d_f et des informations ci-dessus,* ***déduire*** *la valeur de la distance d_1, suivant la direction $\vec{x}$, entre le point Plfu (Position_limite_freinage_d'urgence) et le point A.*

D'après le cahier des charges, le véhicule ne doit pas dépasser le point A à la fin du freinage de façon à éviter un chevauchement de ligne continue sur la zone zébrée donc la distance entre le point A et le point Plfu est $d_1 = d_f = 5{,}1$ mètres.



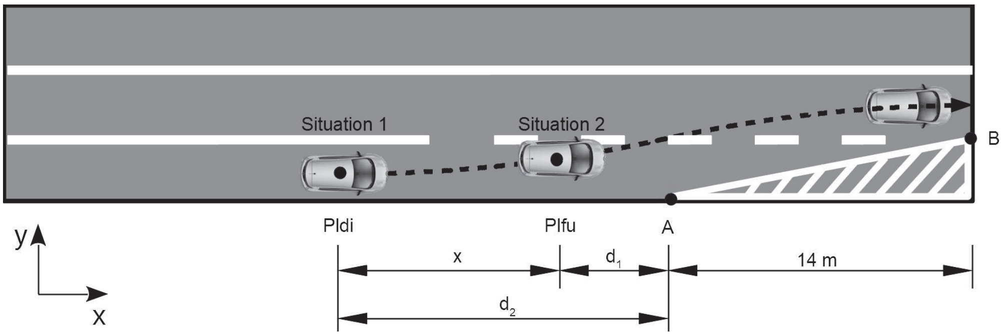
Question 1.16. *À partir de la consigne de trajectoire fournie* ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.****, du schéma* ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.*** *et des informations ci-dessus,* ***déterminer*** *la distance longitudinale « x » parcourue pour que le côté gauche du véhicule autonome vienne tangenter avec la ligne de séparation des voies (Situation 2). En* ***déduire*** *la distance d_2, suivant la direction $\vec{x}$, entre le point Pldi (Position_limite_début_d'insertion) et le point A.*

Le véhicule doit se déporter de 0,5 mètre pour venir tangenter avec la ligne de séparation des voies (situation 2).

Sur le graphe de la trajectoire de consigne, pour un déplacement transversal y = 0,5 mètre, le déplacement longitudinal x est égal à 9,5 mètres.

x = 9,5 m

Distance $d_2 = x + d_1 = x + d_f = 9{,}5 + 5{,}1 = 14{,}6$ m



Question 1.17. *À l'aide de la courbe de consigne de trajectoire* ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.***, ***déterminer*** *le déplacement transversal du véhicule aux points A et B.* ***Vérifier*** *alors que le véhicule peut correctement s'insérer sur l'avenue de la Mare aux Daims.*

Point A : x = 14,6 m, d'après le graphe de trajectoire de consigne, y = 1,15 m

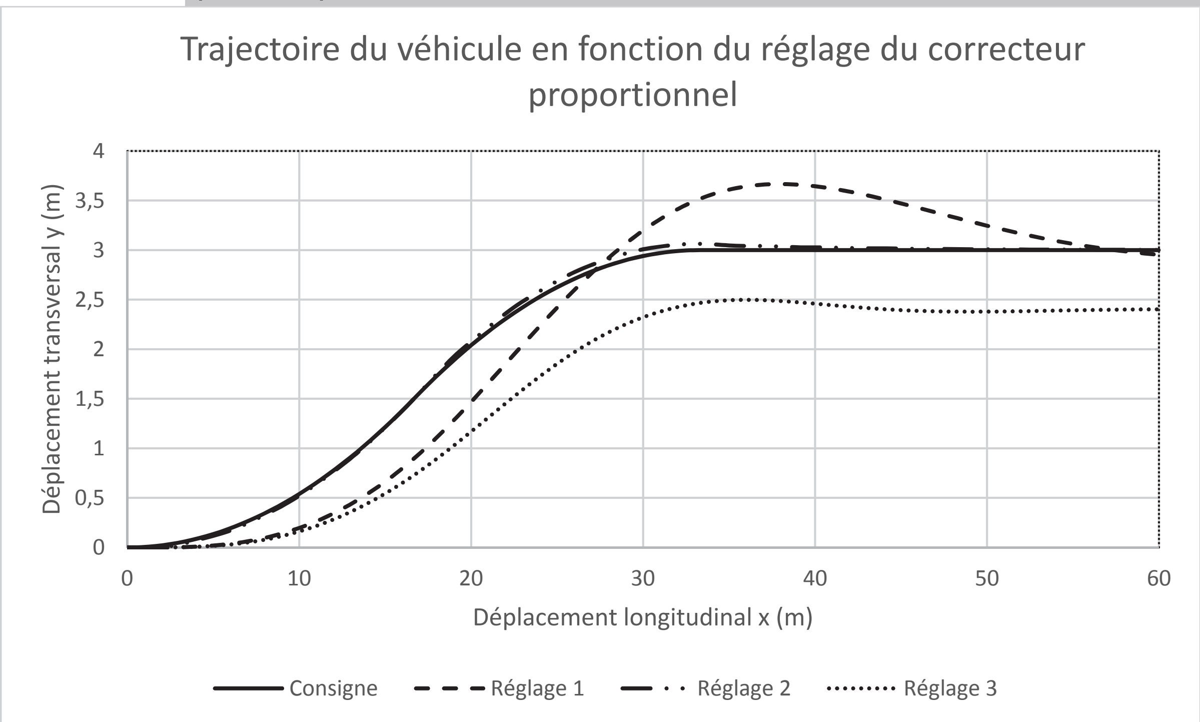
Point B : x = 28,6 m, d'après le graphe de tractoire de consigne, y = 2,90 m

Le véhicule est donc :

- Au niveau du point A, écarté de 0,65 du bord de la route donc il n'y a pas de chevauchement de ligne continue.
- Au niveau du point B, quasiment sur l'axe médian de l'avenue de la Mare aux Daims.

En conséquence, le véhicule autonome peut s'insérer correctement sur l'avenue de la Mare aux Daims en suivant la trajectoire de consigne.

Question 1.18. *Pour les trois réglages proposés,* ***analyser*** *les performances obtenues au regard des critères du cahier des charges.* ***En déduire*** *le réglage le plus adapté.*



	Réglage 1	Réglage 2	Réglage 3	
Erreur de position	< à 5 cm	0 cm	60 cm	
Dépassement	0,7 m	6 cm	Aucun	
Déplacement transversal y pour x = 28 mètres	3 m	2,9 m	2.2 m	

Réglage 1 : non adapté

- Dépassement trop important (> 40 cm), le véhicule se déporte trop vers la voie de circulation opposée.

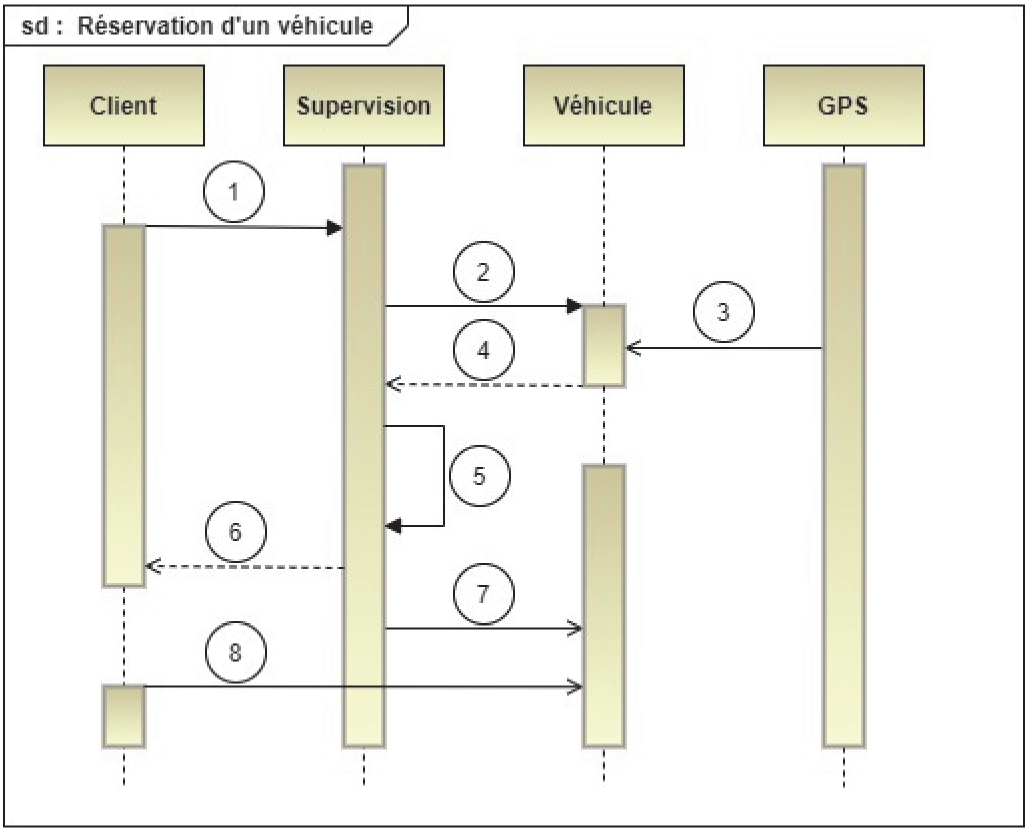
Réglage 3 : non adapté

- Erreur de position trop importante car > à 5 cm
- Déplacement transversal insuffisant (risque de collision avec le terre-plein en fin de voie d'insertion)

Réglage 2 : adapté

Document Réponse DR1

Q1



Numéro sur le diagramme	Nature de l'échange
6	La supervision répond au client en indiquant l'identifiant et le temps estimé d'arrivée du véhicule sélectionné.
5	La supervision détermine et affecte le meilleur véhicule.
8	Le client « embarque » dans le véhicule.
4	Les véhicules transmettent leur position et leur disponibilité à la supervision.
1	Le client émet une requête via son smartphone vers la supervision.
2	La supervision émet des requêtes de position et de disponibilité vers tous les véhicules de la flotte.
3	Les véhicules récupèrent leur position grâce à leur capteur GPS.
7	La supervision envoie la commande au véhicule sélectionné de se diriger vers la station du client.

Document Réponse DR2

Q2

temps_attente_V ← [7, 3, 60, 1]

Q3

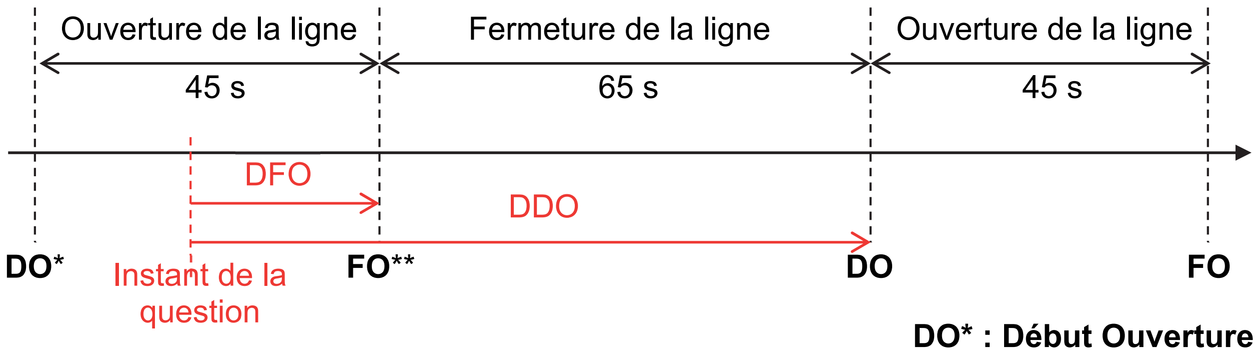
```
Fonction choisir_un_véhicule ()
   identifiant = -1            // On initialise la variable « identifiant » avec une valeur
                               // différente d'un numéro de véhicule
   temps_mini = 60             // On initialise la variable « temps_mini » avec une valeur
                               // supérieure au temps de parcours complet de la boucle

   Pour num_véhicule variant de 0 à 3 par pas de 1
      Si (temps_attente_V[num_véhicule] < temps_mini)
         Alors
            temps_mini ← temps_attente_V[num_véhicule]
            identifiant ← num_véhicule
      Fin de Si
   Fin de Pour
   Si (temps_mini < 60)
      Alors
         Afficher le texte « Le véhicule N° »
         Afficher la valeur de la variable identifiant
         Afficher le texte « va rejoindre le client dans° »
         Afficher la valeur de la variable temps_mini
         Afficher le texte « minutes »
      Sinon
         Afficher le texte « Pas de véhicule disponible »
   Fin de Si
Fin Fonction
```

Document Réponse DR3

Q8

	DELAI_DEBUT_OUVERTURE		DELAI_FIN_OUVERTURE	
Code ASCII	$(35)_{16}$	$(41)_{16}$	$(31)_{16}$	$(39)_{16}$
Caractère	5	A	1	9
Valeur hexadécimale du délai	$(5A)_{16}$		$(19)_{16}$	
Durée correspondante en secondes	90		25	

Q9



DO* : Début Ouverture
FO : Fin Ouverture**

Le candidat qui conserve les unités dans les applications numériques ne peut en être pénalisé.

Exercice A – Le déploiement des satellites Starlink			**10 points**
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1.	Exploiter une chronophotographie pour déterminer les coordonnées approchées d'un vecteur vitesse.	La trajectoire est assimilée à un mouvement rectiligne. L'estimation de la vitesse est calculée par l'expression : $v = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{durée du parcours}}$ L'exploitation du document donne $D = \frac{100\ \text{km}}{2{,}4\ \text{cm}} \times 1{,}9\ \text{cm} = 79\ \text{km}$ Pour une durée $\Delta t\ =\ 21\ \text{s} - 11\ \text{s} = 10\ \text{s}.$ Soit $v = \frac{79\ \text{km}}{10\ \text{s}} = 7{,}9 \times \text{km.s}^{-1}$	0,5 0,5 0,5 0,5
2.	Citer les expressions des coordonnées du vecteur accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.	Pour un mouvement circulaire : $\vec{a} = \frac{dv}{dt}.\overrightarrow{u_t} + \frac{v^2}{R}.\overrightarrow{u_n}$	0,5 schéma 0,5 relation
3.	Utiliser la deuxième loi de Newton. Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien	Deuxième loi de Newton : $m.\vec{a} = \sum \overrightarrow{F_{ext}}$. Le système étudié est le satellite dans le référentiel géocentrique. La seule force extérieure est l'attraction gravitationnelle de la Terre : soit $m.\vec{a} = \frac{G.m.M_T}{R^2}.\overrightarrow{u_n}$ Donc $\vec{a} = \frac{G.M_T}{R^2}.\overrightarrow{u_n}$. Cette relation impose que $\frac{dv}{dt}.\overrightarrow{u_t} = \vec{0}$, c'est-à-dire que v(t) est une constante. Le mouvement circulaire du satellite est donc uniforme.	0,5 0,5 0,5 0,5

4.	Exploiter les expressions des coordonnées du vecteur vitesse dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.	D'après la question précédente, on établit par identification que $$\frac{v^2}{R}.\overrightarrow{u_n} = \frac{G.M_T}{R^2}.\overrightarrow{u_n}$$ Soit $v^2 = \frac{G.M_T}{R}$ Et donc $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R}}$ avec R le rayon de l'orbite $R = R_T + h$. Application numérique : $$v = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}{(6371 + 380) \times 10^3}} = 7{,}68 \times \mathrm{km} \cdot \mathrm{s}^{-1}$$	0,5 0,5 0,5
5	Discuter de l'influence de l'instrument de mesure.	Les deux valeurs de vitesse sont très proches. L'écart peut être expliqué d'une part, par les modélisations du mouvement qui sont différentes (approximation de la trajectoire elliptique par une trajectoire circulaire), et d'autre part l'incertitude de la mesure liée à) l'échelle n'a pas été étudiée à la question 1.	0,5
6	Exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.	Un satellite est géostationnaire s'il reste constamment à la verticale d'un même point de la surface de la Terre. Sa période de révolution autour de la Terre est donc de 24 heures et l'orbite doit être dans le plan équatorial de la Terre. (réponse avec uniquement l'argument de la période acceptée) Sur la vidéo, les satellites sont en mouvement par rapport au sol, donc, ils ne sont pas géostationnaires. De plus, concernant la période : D'après la 3ème loi de Kepler, la période de révolution du satellite autour de la Terre vaut $$T = \sqrt{\frac{4.\pi^2}{G.M_T}.R^3}$$	0,5 1 0,5

		$T = \sqrt{\frac{4.\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 5{,}97 \times 10^{24}}.\left((6371+380)\times 10^3\right)^3}$ $T = 5{,}52 \times 10^3\ s = 1{,}5\ \text{heures}$ Ce satellite n'est donc pas géostationnaire car sa période de révolution n'est pas de 24 heures.	
7	Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.	La force qui s'exerce sur un ion krypton est la force électrostatique de norme $F = q \times E$. La charge de l'ion krypton est q=+e. La charge électrique de l'ion xénon est aussi égale à +e, donc ces deux ions subissent une force de même valeur, pour des grilles identiques.	0,5
8	Utiliser la deuxième loi de Newton.	En raisonnant sur les masses des carburants : L'effet d'une force est d'autant plus important que la masse du système est petite. Les ions Xénon étant plus lourds que les ions Krypton, l'effet de la force de propulsion sera plus important dans le cas du carburant au Krypton. MAIS, En raisonnant sur les masses des ions : La force électrostatique est la même pour les deux types d'ion, mais les ions xénon sont plus lourds que les ions krypton et donc permettent une meilleure propulsion. D'après l'énoncé, ce deuxième effet l'emporterait sur le premier.	0,5

Exercice B – Influence d'un écoulement d'air sur le refroidissement d'un bloc de métal			**10 points**
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1	Procéder à l'étude énergétique d'un système thermodynamique	Les échanges thermiques favorisant le refroidissement sont plus importants lorsque la circulation est grande.	0,5 1

		La courbe 3 qui présente un refroidissement lent correspond donc à l'absence de ventilation. La courbe 1 qui présente un refroidissement le plus rapide, correspond donc à la ventilation maximale.	
2	Exploiter l'expression de la variation de l'énergie interne d'un système compressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique.	Dans la loi de Newton donnée, on observe que plus h est élevé et plus la variation d'énergie interne U du système est favorisée. Cette variation d'énergie interne se manifeste par une variation de température. A un instant donné, sur le graphe, la courbe 1 correspond à la variation de température (et donc d'énergie interne) la plus forte : elle correspond donc à la valeur de h la plus élevée.	0,5 0,5
3	Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Etablir l'expression de la température en fonction du temps	Le premier principe de la thermodynamique appliqué au système {bloc de cuivre} s'écrit : $\Delta U = somme\ des\ transferts = Q$ La variation d'énergie interne est donnée par : $\Delta U = C \times \Delta T \Leftrightarrow U(t+\Delta t) - U(t) = C(T(t+\Delta t) - T(t))$ On déduit par identification : $C\big(T(t+\Delta t) - T(t)\big) = h.S\big(T_{ext} - T(t)\big).\Delta t$ $\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{h \times S}{C} \times (T_{ext} - T)$ Quand $\Delta T \to 0$, on obtient : $\frac{dT}{dt} = \frac{h \times S}{C} \times (T_{ext} - T)$	1 1 0,5
4	ANALYSER : Faire des prévisions à l'aide d'un modèle	D'après l'expression l'équation différentielle, on constate qu'à un instant donné, la variation de température donnée par $\frac{dT(t)}{dt}$ est proportionnelle à l'écart de température entre l'extérieur et le bloc. L'affirmation est donc incorrecte.	1

5		D'après l'équation différentielle, $\frac{h \times S}{C}$ est de même dimensions que 1/dt. C'est donc l'inverse d'une durée. On en déduit que τ est une durée. OU En raisonnant sur les unités, on peut établir l'unité de la constante de temps comme suit : $$[\tau] = \frac{[C]}{[h] \times [S]} = \frac{[J.K^{-1}]}{[J.m^{-2}.K^{-1}.s^{-1}] \times [m^2]} = [s]$$ On vérifie bien l'unité de mesure d'une durée	1
6	ANALYSER : Faire des prévisions à l'aide d'un modèle	La constante de temps τ permet de caractériser la durée du régime transitoire, c'est-à-dire la durée du refroidissement du bloc de cuivre.	1
7	REALISER : Mettre en œuvre les étapes d'une démarche	Graphiquement, on peut estimer la constante en cherchant l'intersection de la pente de la courbe (exponentielle décroissante) à l'origine avec la valeur finale de la température atteinte en régime permanent. Ici, on obtient : $\tau_1 \cong 120$ s. Remarque : On admettra une tolérance de 40s sur cette valeur. On déduit : $$h_1 = \frac{C}{\tau_1 \times S} = \frac{m \times c}{\tau_1 \times S} = \frac{68}{120 \times (4{,}2 \times 10^{-3})} = 1{,}3 \times 10^2\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}}$$	1 1

Exercice C – Nuisances sonores d’un drone			10 points
Question	Capacité exigible du programme	Éléments de réponse	Barème
1.	***Exploiter*** l’expression donnant le niveau d’intensité sonore d’un signal Capacité mathématique : **Utiliser** la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.	On sait que $L = 10\log\frac{I}{I_0} = 10\log\frac{\frac{P}{S}}{I_0} = 10\log\frac{\frac{P}{4\pi x^2}}{I_0}$ $L = 10\log\frac{P}{4\pi I_0} - 10\log x^2$ $L = 10\log\frac{P}{4\pi I_0} - 20\log x$	0,5 (formule) 1 (raisonnement)
2.	**ANALYSER : Exploiter** une courbe illustrant l’atténuation géométrique. Capacité mathématique : **Utiliser** la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.	Bonne réponse : Graphique C de pente -20dB/décade et d’ordonnée à l’origine 85dB. La pente du graphique A n’est pas compatible avec l’expression donnée. La courbe du graphique D n’est pas compatible avec l’expression donnée. L’ordonnée à l’origine du graphique B n’est pas de 85dB.	0,5 0,5 0,5
3.	Illustrer l'atténuation géométrique	Lorsque la distance à la source est multipliée par 2, le niveau d’intensité sonore est atténué de 6 dB. (Démonstration grâce à la formule donnée ou à l’aide du graphique acceptée) Lorsque la distance à la source est divisée par 10, le niveau d’intensité sonore est augmenté de 20 dB. (Démonstration grâce à la formule donnée ou à l’aide du graphique acceptée)	1 1
4.	**REALISER :** Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque	L'ordonné à l'origine vaut 85 dB. C’est le niveau d’intensité sonore mesuré à 1 m du drone et donné par le constructeur. La puissance sonore est donnée par la relation : $P = I \times 4\pi x^2$ $= I_0 \times 4\pi x^2 \times 10^{\frac{L}{10}}$	0,5 1,5

		$= 1{,}0 \times 10^{-12}\mathrm{W.m^{-2}} \times 4\pi \times (1\ \mathrm{m})^2 \times 10^{\frac{85}{10}}$ $= 4{,}0\ \mathrm{mW}$	
5.	**RAISONNER** : Exploiter des informations en lien avec un graphique.	Pour avoir un niveau sonore de 30 dB, la distance doit être de plus de $10^{2,7} = 501\ m$. Or 501 m > 120 m. Le drone n’est pas autorisé à voler à cette hauteur	1
6.	**ANALYSER/VALIDER** : Comparer un résultat avec une valeur de référence pour aboutir à la résolution d’un problème. ***Exploiter*** l’expression donnant le niveau d’intensité sonore d’un signal	Pour 500 drones, on a $P_{500} = 500 \times P$ $L_{500} = 10 \log \frac{500 \times 4{,}0 \times 10^{-3}}{4\pi \times 1{,}0 \times 10^{-12}} - 20 \log 30 = 82\ dB$ Le son n’est pas dangereux car $L_{500} < 85$ dB, le spectateur n’a pas besoin de mettre de protections auditives.	0,5 0,5 0,5
7.	***Exploiter*** l’expression donnant le niveau d’intensité sonore d’un signal	Le seuil de risque est situé à 85 dB et les spectateurs sont situés à 30 m : $L_{risque} = 10 \log \frac{P_{risque}}{4\pi I_0} - 20 \log x$ Donc : $P_{risque} = 4\pi I_0 \times 10^{\frac{L_{risque}+20\log(x)}{10}} = 4\pi \times 10^{-12} \times 10^{\frac{85+20\log(30)}{10}}$ $P_{risque} = 3{,}6W$ Le nombre de drones est donc $N = \frac{P_{risque}}{P_{drone}} = \frac{3{,}6}{0{,}004} = 900\ drones$.	0,5