

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

1 Réserveation 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

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

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 $W \cdot h$, 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.

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

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

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

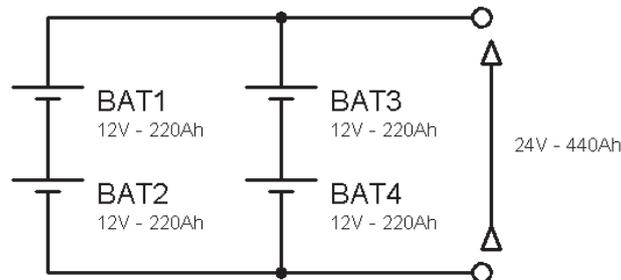
Question 1.5. Sachant que les systèmes présents dans l'UBR sont alimentés avec une tension continue de 24 V, **calculer**, en $A \cdot h$, la capacité C_{Batt} de la batterie de l'UBR.

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

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

Question 1.10. **Expliquer**, à l'aide de la réponse à la question 1.9 et du graphique ci-dessus, comment le véhicule peut connaître 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} .

$$\vec{P}_{(Pes \rightarrow S)} + \vec{A}_{(0 \rightarrow 1)} + \vec{R}_{(0 \rightarrow 1)} + \vec{C}_{(air \rightarrow 1)} = m \cdot \vec{\Gamma}_{G(1/0)}$$

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, $\varphi = \text{Arctan } f = 34,99^\circ$

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, $S \cdot C_x = 0,75$, $\rho_{air} = 1,295$ kg.m³, $g = 9,81$ 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 :

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

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

$$X_C = -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v^2 = -\frac{1}{2} \cdot 1,295 \cdot 0,75 \cdot \left(30 \cdot \frac{1}{3,6}\right)^2 = -33,7 \text{ N}$$

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

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 $v = 30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 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 $v = 0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$:

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

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

$$t = 1,207 \text{ s}$$

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

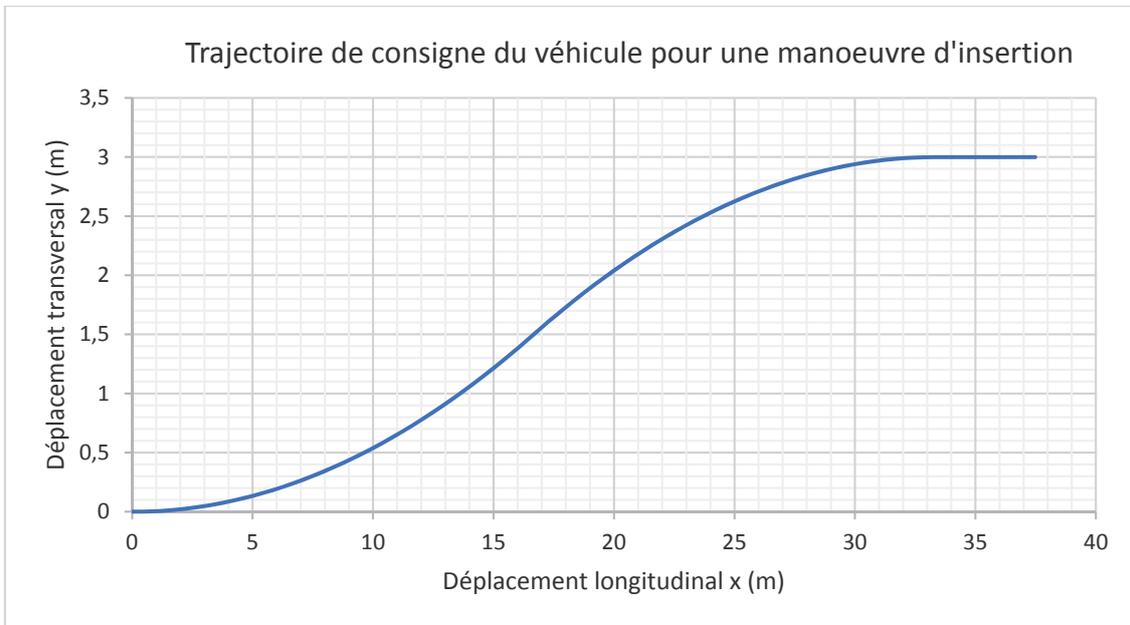
$$x(t) = -3,45 \cdot t^2 + 8,33 \cdot t$$

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

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.



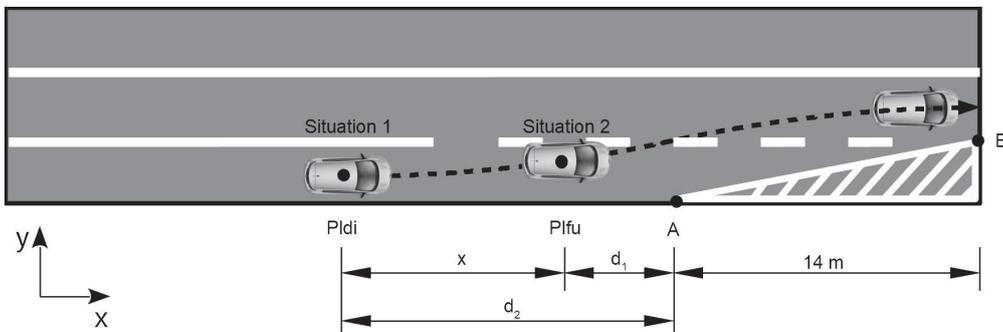
Question 1.16. À partir de la consigne de trajectoire fournie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, du schéma **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et des informations ci-dessus, **déterminer** la distance longitudinale « x » parcourue pour que le côté gauche du véhicule autonome vienne tangenter 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.

$$x = 9,5 \text{ m}$$

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



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 : $x = 14,6 \text{ m}$, d'après le graphe de trajectoire de consigne, $y = 1,15 \text{ m}$

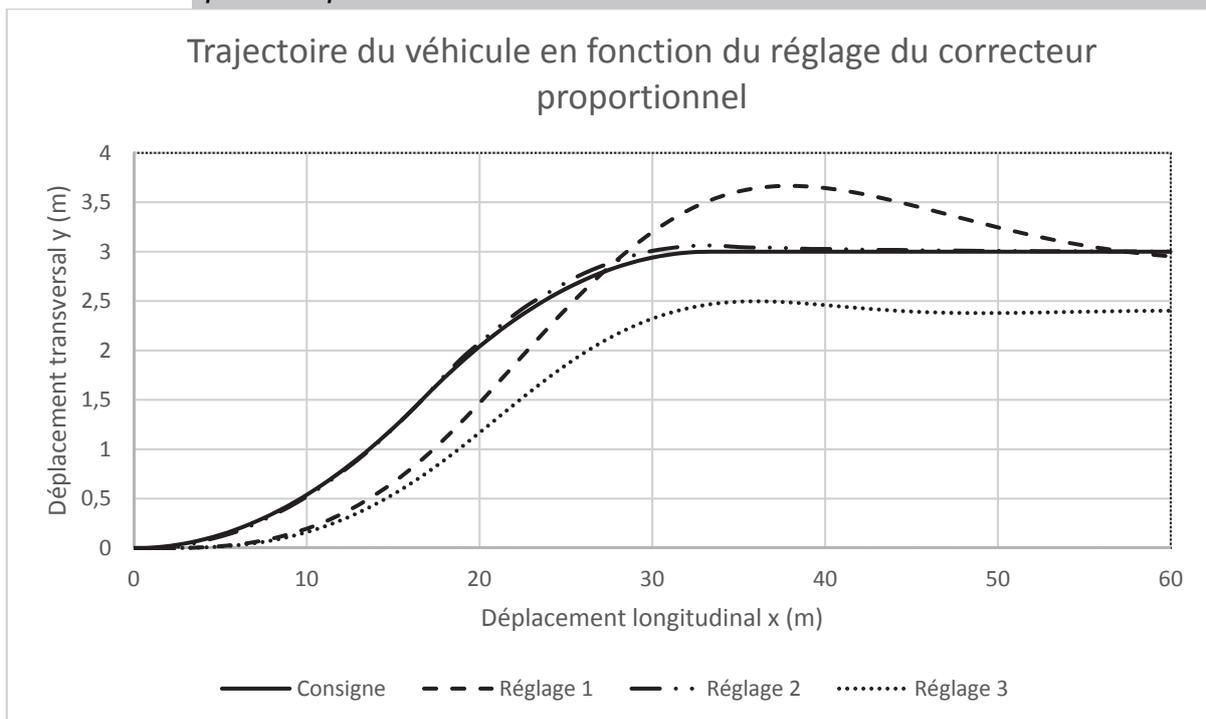
Point B : $x = 28,6 \text{ m}$, d'après le graphe de trajectoire de consigne, $y = 2,90 \text{ m}$

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.

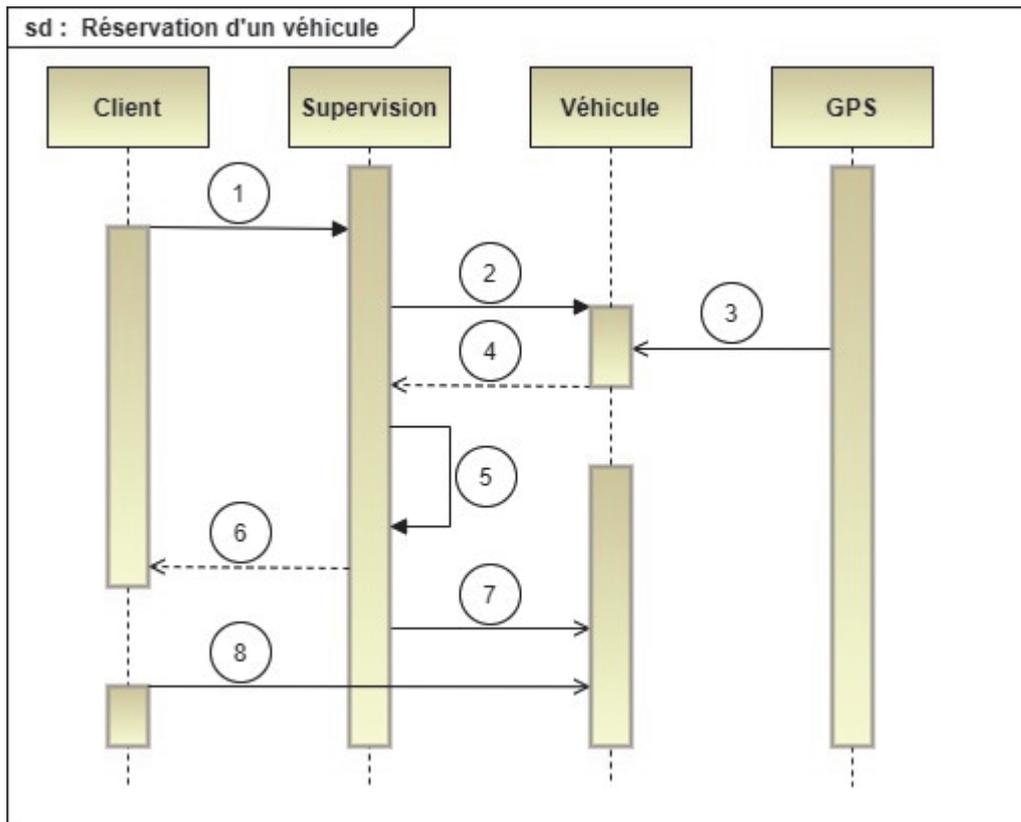
Réglage 3 : non adapté

- 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

$\text{temps_attente_V} \leftarrow [7, 3, 60, 1]$

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 \leftarrow temps_attente_V[num_véhicule]

identifiant \leftarrow 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

