Les ondes au service de la voiture du futur

Bac S 2015 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Compléter le tableau de l'annexe en précisant, pour chaque capteur, le type d'onde utilisée (mécanique ou électromagnétique).

- Radar : ondes radio, donc onde **électromagnétique**.
- Capteurs à ultrasons : onde sonore, qui a besoin d'un milieu matériel, donc onde **mécanique**.
- Capteur laser (LIDAR) : rayonnement allant de l'ultraviolet à l'infrarouge, donc onde **électromagnétique**.

Radar : électromagnétique ; ultrasons : mécanique ; LIDAR : électromagnétique.

COMPRENDRE
Ancien programme : le laser y était étudié pour lui-même, ce n'est plus le cas en spécialité. Ici, il suffit de savoir qu'il émet de la lumière, donc une onde électromagnétique.

Capteur	Type d'onde	Justification (texte du sujet)
Radar	électromagnétique	ondes radio
Capteurs à ultrasons	mécanique	ultrasons : onde sonore
Capteur laser (LIDAR)	électromagnétique	de l'ultraviolet à l'infrarouge

1.1 · Annexe complétée : deuxième colonne du tableau (les colonnes « points forts » et « points faibles » ne changent pas)

1.2 À l'aide du tableau des bandes d'ondes radio, déterminer le nom de la bande utilisée par le capteur radar de l'ACC. Justifier par un calcul.

Données utiles fréquence d'émission : 76 à 77 GHz ; $c = 3{,}0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; bande W : 2,7 mm à 4,0 mm

Dans l'air, la longueur d'onde vaut $\lambda = \dfrac{c}{f}$, avec $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$.

Pour $f = 76$ GHz : $\lambda = \dfrac{3{,}0 \times 10^8}{76 \times 10^9} = 3{,}9 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Pour $f = 77$ GHz, on trouve aussi $\lambda = 3{,}9 \times 10^{-3} \text{ m}$.

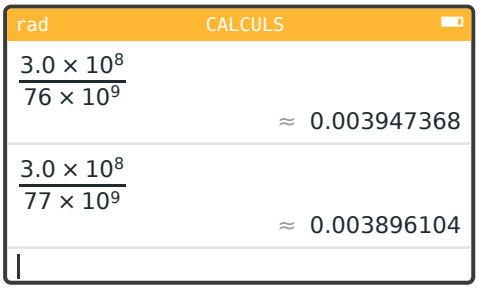
Or $2{,}7 \text{ mm} < 3{,}9 \text{ mm} < 4{,}0 \text{ mm}$.

$\lambda = 3{,}9$ mm : le radar de l'ACC émet dans la **bande W**.

PIÈGE
Oublier de convertir les gigahertz en hertz, ou laisser le résultat en mètres sans le comparer au tableau, qui est en millimètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c et f. Les deux fréquences extrêmes donnent le même arrondi : un seul calcul suffit à conclure.

À LA CALCULATRICE



1.3 Recopier et compléter les deux phrases sur la fréquence de l'onde réfléchie, selon que l'objet se rapproche ou s'éloigne de l'émetteur.

Si l'objet se rapproche de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie **est supérieure à celle de l'onde émise**.

Si l'objet s'éloigne de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie **est inférieure à celle de l'onde émise**.

Rapprochement : fréquence plus grande ; éloignement : fréquence plus petite.

COMPRENDRE
L'écart entre les deux fréquences augmente avec la vitesse relative : en le mesurant, le radar en déduit cette vitesse. C'est le principe des radars routiers.

2.1 Légender la figure de l'annexe en indiquant les durées Δt_1 et Δt_2.

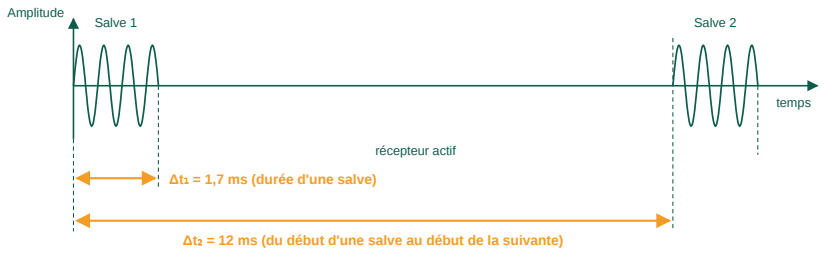
Données utiles salves de durée $\Delta t_1 = 1{,}7$ ms ; périodicité $\Delta t_2 = 12$ ms

Δt_1 est la durée d'une salve : elle va du début à la fin de la salve 1, pendant que le récepteur est inactif.

Δt_2 est la période de répétition des salves : elle va du début de la salve 1 au début de la salve 2.

Voir l'annexe complétée : Δt_1 sous la salve 1, Δt_2 entre les débuts des deux salves.

PIÈGE
Confondre Δt_2 avec la période des oscillations à l'intérieur d'une salve. C'est le motif complet « salve puis silence » qui se répète toutes les 12 ms.



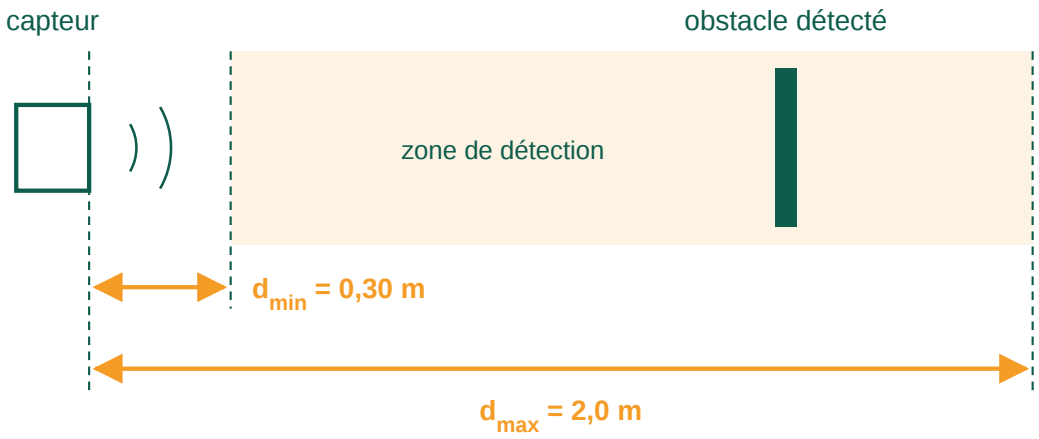
2.1 · Annexe complétée : fonctionnement de l'émetteur du radar de recul

2.2 Faire un schéma représentant un capteur détectant un obstacle, en y faisant apparaître la portée minimale d_{min} et la portée maximale d_{max} avec leurs valeurs.

Données utiles notice : distance affichée pour des valeurs comprises entre $0{,}3$ m et 2 m ; $d_{\text{min}} = 0{,}30$ m

D'après la notice, l'obstacle est détecté s'il se trouve entre $0{,}3$ m et 2 m du capteur. Les deux portées se mesurent à partir du capteur.

$d_{\text{min}} = 0{,}30$ m et $d_{\text{max}} = 2{,}0$ m (voir le schéma).



2.2 · Le capteur détecte un obstacle situé entre 0,30 m et 2,0 m (schéma à l'échelle)

2.3 Vérifier que, pour la distance $d_{\min}$ entre le capteur et l'obstacle, la durée entre l'émission et la réception est égale à Δt_1.

Données utiles $d_{\min} = 0{,}30$ m ; $v = 343\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\Delta t_1 = 1{,}7$ ms

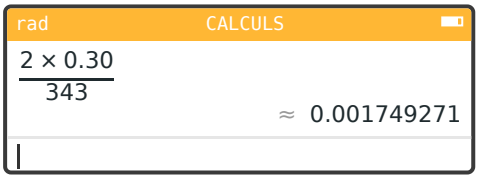
L'onde ultrasonore fait un aller-retour entre le capteur et l'obstacle : elle parcourt $2\,d_{\min}$ à la célérité v.

$$\Delta t = \frac{2\,d_{\min}}{v} = \frac{2 \times 0{,}30}{343} = 1{,}7 \times 10^{-3}\ \text{s}$$

$\Delta t = 1{,}7$ ms : c'est bien la valeur de Δt_1.

PIÈGE
Oublier le facteur 2 : l'onde va jusqu'à l'obstacle puis revient. Avec un aller simple, on trouve $0{,}87$ ms et la vérification échoue.

À LA CALCULATRICE



2.4 Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à Δt_1, pourquoi le capteur ne peut-il pas détecter l'obstacle de manière satisfaisante ?

Le même matériau piézo-électrique sert d'émetteur et de récepteur, et il ne peut recevoir qu'une fois l'émission terminée.

Si l'onde revient en moins de Δt_1, le début de l'écho atteint le capteur alors que la salve est encore en cours d'émission : le récepteur est inactif.

L'arrivée de l'écho n'est pas repérée : la durée de l'aller-retour, donc la distance, ne peut pas être mesurée.

2.5 Quelle caractéristique du signal d'émission faut-il modifier pour que le capteur détecte un obstacle situé à une distance inférieure à $d_{\min}$? Justifier.

L'écho n'est détecté que si l'aller-retour dure au moins Δt_1, soit $\frac{2\,d}{v} \geqslant \Delta t_1$. La portée minimale est donc $d_{\min} = \frac{v\,\Delta t_1}{2}$: elle est proportionnelle à la durée de la salve.

Il faut **diminuer la durée Δt_1 des salves** : le capteur a alors fini d'émettre quand revient l'écho d'un obstacle plus proche.

MÉTHODE
Pour répondre à « quelle grandeur modifier », écrire la relation littérale qui relie la grandeur visée aux paramètres du signal, puis lire dans quel sens chacun agit.

2.6 Montrer que la valeur de la portée maximale de ce capteur est liée essentiellement à une des caractéristiques du signal émis.

Données utiles $v = 343\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\Delta t_2 = 12$ ms ; $d_{\max} = 2{,}0$ m (Q2.2)

L'écho d'une salve doit revenir avant l'émission de la salve suivante, sinon il ne peut plus être attribué à la bonne salve. L'aller-retour doit donc durer au plus Δt_2 :

$$d_{\max} = \frac{v\,\Delta t_2}{2} = \frac{343 \times 12 \times 10^{-3}}{2} = 2{,}1\ \text{m}$$

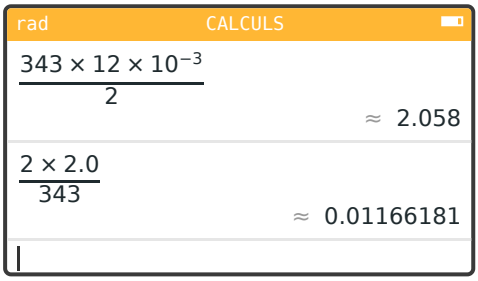
Cette valeur est très proche des 2 m annoncés par la notice.

$d_{\max} = \dfrac{v\,\Delta t_2}{2} \approx 2$ m : la portée maximale est fixée par la **périodicité Δt_2 des salves**.

COMPRENDRE

On peut aussi partir de $d_{\max} = 2{,}0$ m : l'aller-retour dure $\dfrac{2 \times 2{,}0}{343} = 12$ ms, soit exactement Δt_2. La périodicité est bien la grandeur qui limite la portée.

À LA CALCULATRICE



3 Les trois types de capteurs détectent un obstacle selon un principe semblable. Pourquoi ne pas en utiliser un seul dans un projet de voiture autonome ? Rédiger une réponse argumentée à partir des documents.

Les trois capteurs mesurent la durée d'un aller-retour d'une onde, mais leurs performances diffèrent : aucun ne convient à toutes les situations.

- **Distances couvertes.** Les capteurs à ultrasons ne détectent qu'entre $0{,}3$ m et 2 m : ils servent au stationnement. Le radar de l'ACC couvre de 1 m à 120 m et ne s'active qu'au-delà de $20\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: il surveille les véhicules qui précèdent, pas les obstacles très proches. Le LIDAR a lui aussi une longue portée.
- **Conditions météorologiques.** Le radar y résiste bien, alors que le LIDAR et les ultrasons y sont sensibles ; la précision des ultrasons dépend de plus de la température. Par mauvais temps, seul le radar reste fiable à longue distance.
- **Informations fournies.** Le radar donne aussi la vitesse relative des objets grâce à l'effet Doppler. Le LIDAR apporte une grande précision et une bonne résolution, utiles pour percevoir l'environnement en détail.
- **Coût et contraintes.** Le radar est coûteux et encombrant, les ultrasons simples et bon marché : pour les courtes distances, mieux vaut multiplier les capteurs à ultrasons.

Les points forts de chaque capteur compensent les points faibles des autres : il faut les **associer** pour couvrir toutes les distances, par tous les temps.

PIÈGE

Recopier le tableau sans comparer les capteurs entre eux. Chaque argument doit montrer qu'un capteur fait ce qu'un autre ne peut pas faire.

MÉTHODE

Réponse argumentée : une phrase qui pose le problème, deux à quatre arguments appuyés chacun sur une information précise d'un document (valeur ou mot du tableau), puis une conclusion qui répond à la question posée.