

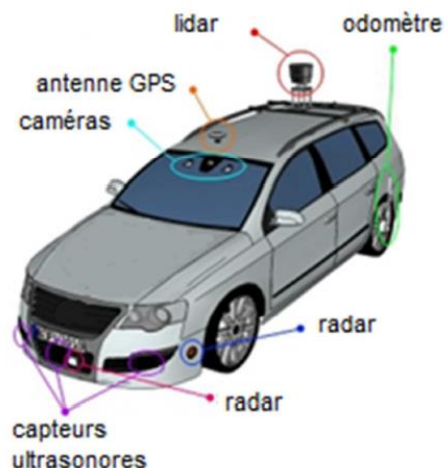
« Sans les mains ! C'est de cette manière que vous pourrez, peut-être très bientôt, conduire votre prochaine voiture... ». Cette phrase évoque ici la voiture autonome dont la commercialisation sera lancée aux alentours de 2020.

Cette voiture « se conduira seule », car elle aura une perception globale de son environnement grâce à la contribution de plusieurs capteurs : télémètre laser à balayage (LIDAR^{*}), caméra, capteurs à infrarouge, radars, capteurs laser, capteurs à ultrasons, antenne GPS ...

*LIDAR = Light Detection And Ranging

Un odomètre mesure la distance parcourue par la voiture.

L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques capteurs présents dans une voiture autonome.

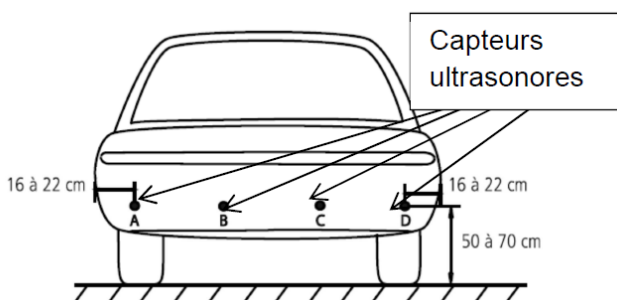


Principe de fonctionnement des capteurs

Les radars, capteurs ultrasonores et lasers sont tous constitués d'un émetteur qui génère une onde pouvant se réfléchir sur un obstacle et d'un capteur qui détecte l'onde réfléchi. Le capteur permet de mesurer la durée entre l'émission et la réception de l'onde après réflexion sur l'obstacle.

Le radar utilise des ondes radio. Le sonar utilise des ultrasons tandis que le laser d'un LIDAR émet des impulsions allant de l'ultra-violet à l'infrarouge.

Extrait d'une notice de « radar de recul » (aide au stationnement)



- En marche arrière le « radar de recul » se met en fonction automatiquement.
- L'afficheur indique la distance de l'obstacle détecté pour des valeurs comprises entre 0,3 m et 2 m.
- L'afficheur dispose d'un buzzer intégré qui émet un signal sonore dont la fréquence évolue en fonction de la distance à l'obstacle.

Extrait d'un document d'un constructeur automobile : système autonome de régulation de vitesse ACC.

Le système ACC traite les informations d'un capteur radar afin d'adapter la vitesse de la voiture en fonction des véhicules qui la précèdent. Les caractéristiques du capteur radar d'un système ACC sont données ci-dessous.

Fonctionnalité	Détermine la distance, la vitesse et la direction d'objets mobiles roulant devant le véhicule
Fréquence d'émission	76 – 77 GHz
Portée minimale - portée maximale	1 m – 120 m
Activation du capteur	vitesse > 20 km.h ⁻¹

Données :

- célérité du son dans l'air à 20 °C : $v = 343 \text{ m.s}^{-1}$;
- célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Propriétés de quelques capteurs présents dans la voiture autonome

1.1. Compléter le tableau de l'**annexe à rendre avec la copie** en précisant pour chaque capteur le type d'ondes utilisées.

1.2. À l'aide du tableau ci-dessous, déterminer le nom de la bande d'ondes radio utilisées par le capteur radar de l'ACC. Justifier votre réponse à l'aide d'un calcul.

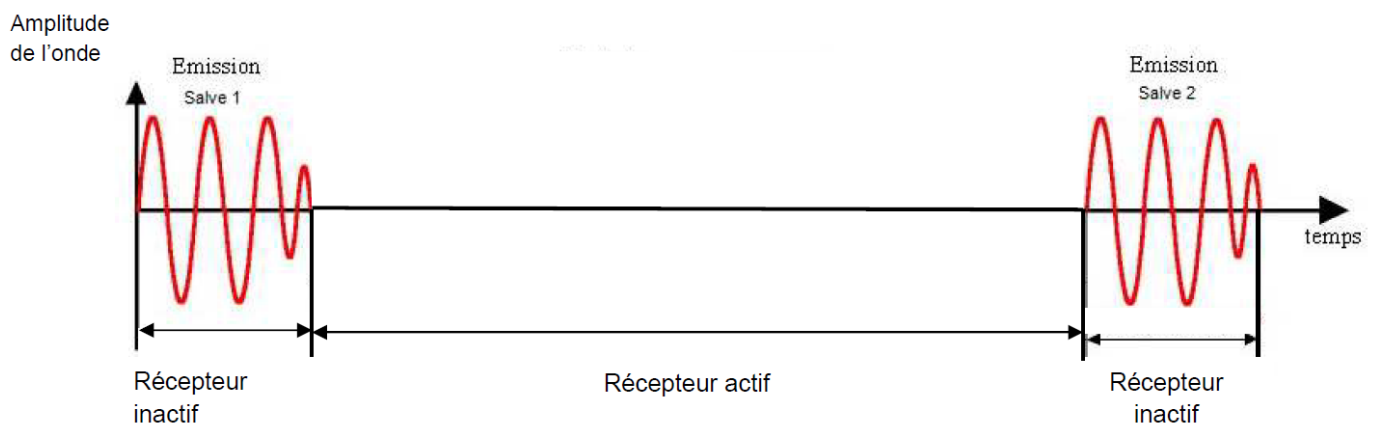
Nom de bande d'ondes radio	Longueurs d'onde dans le vide
HF	10 m – 100 m
L	15 cm – 30 cm
W	2,7 mm - 4,0 mm

2. Plage de détection d'un obstacle pour le « radar de recul »

Ce « radar de recul » est composé de quatre capteurs ultrasonores identiques. Chacun de ces capteurs a une portée minimale $d_{min} = 0,30 \text{ m}$ d'après la notice. Cela signifie qu'un obstacle situé à une distance du capteur inférieure à d_{min} ne sera pas détecté.

Le capteur est constitué d'un matériau piézo-électrique utilisé à la fois pour fonctionner en mode émetteur ou en mode récepteur. Il ne peut fonctionner correctement en récepteur que lorsqu'il a fini de fonctionner en émetteur. Pour cette raison, le capteur génère des salves ultrasonores de durée $\Delta t_1 = 1,7 \text{ ms}$ avec une périodicité $\Delta t_2 = 12 \text{ ms}$.

La figure ci-dessous illustre ce fonctionnement.



2.1. Légender la figure de l'**annexe à rendre avec la copie** en indiquant les durées Δt_1 et Δt_2 .

2.2. Faire un schéma représentant un capteur détectant un obstacle et y faire apparaître sa portée minimale d_{min} et sa portée maximale d_{max} en précisant leurs valeurs.

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 .

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 ? Justifier la réponse.

2.5. Quelle caractéristique du signal de l'émission doit-on alors modifier pour que le capteur puisse détecter un obstacle situé à une distance inférieure à d_{min} ? Justifier votre réponse.

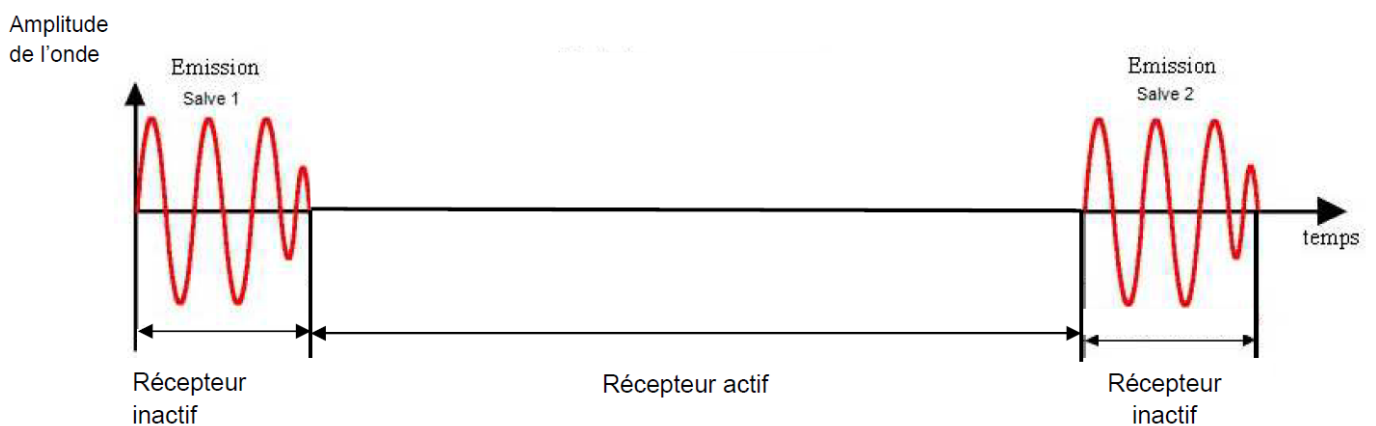
2.6. Montrer que la valeur de la portée maximale de ce capteur est liée essentiellement à une des caractéristiques du signal émis.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau à compléter

Capteur	Type d'onde utilisée par le capteur : mécanique / électromagnétique	Points forts	Points faibles
Radar	Longue portée, robustesse face aux conditions météorologiques, bonne performance de détection.	Pollution électromagnétique, coût relativement élevé, encombrement, interférences électromagnétiques.
Capteurs à ultrasons	Réalisation simple, coût abordable traitement simple des données.	Précision de détection sujette à la température, sensibilité aux conditions météorologiques.
Capteur laser (LIDAR)	Longue portée, grande précision, bonne résolution, coût accessible.	Dérèglements fréquents, grande sensibilité aux conditions météorologiques, interférences.

Fonctionnement de l'émetteur du radar de recul



Correction

1. Propriétés de quelques capteurs présents dans la voiture autonome

1.1. Le sujet précise « Le radar utilise des ondes radio. Le sonar utilise des ultrasons tandis que le laser d'un LIDAR émet des impulsions allant de l'ultra-violet à l'infrarouge. »

Capteur	Type d'onde utilisée par le capteur : mécanique / électromagnétique	Points forts	Points faibles
Radar	Électromagnétique	Longue portée, robustesse face aux conditions météorologiques, bonne performance de détection.	Pollution électromagnétique, coût relativement élevé, encombrement, interférences électromagnétiques.
Capteurs à ultrasons	Mécanique	Réalisation simple, coût abordable traitement simple des données.	Précision de détection sujette à la température, sensibilité aux conditions météorologiques.
Capteur laser (LIDAR)	Électromagnétique	Longue portée, grande précision, bonne résolution, coût accessible.	Dérèglements fréquents, grande sensibilité aux conditions météorologiques, interférences.

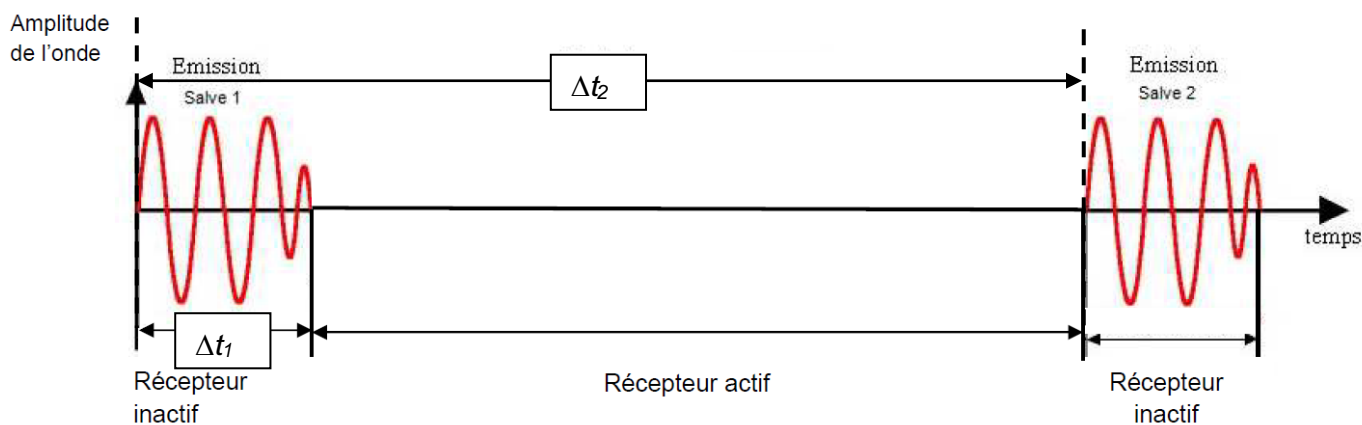
1.2. Le capteur radar de l'ACC émet des ondes électromagnétiques de fréquence f comprise entre 76 GHz et 77 GHz.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{A.N.} \quad \lambda = \frac{3,0 \times 10^8}{76 \times 10^9} = 3,9 \times 10^{-3} \text{ m} = 3,9 \text{ mm}$$

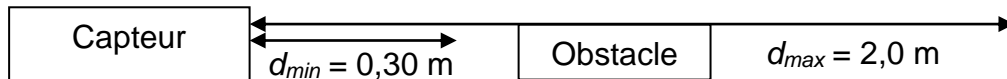
$2,7 \leq \lambda \leq 4,0 \text{ mm}$ donc les ondes radio utilisées appartiennent à la **bande W**.

2. Plage de détection d'un obstacle pour le « radar de recul »

2.1.



2.2.



2.3. Entre son émission et sa réception, l'onde ultrasonore parcourt la distance $d = 2d_{min}$ en une durée Δt .

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{2d_{min}}{v}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 0,30}{343} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ s} = \mathbf{1,7 \text{ ms} = \Delta t_1}$$

2.4. Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à Δt_1 , alors le capteur ne peut pas fonctionner correctement en récepteur car il n'a pas fini de fonctionner en émetteur.

2.5. Pour que le capteur puisse détecter un obstacle situé à une distance inférieure à d_{min} , il faut réduire la durée d'émission Δt_1 , ainsi lorsque l'onde réfléchié revient vers le capteur celui-ci aura fini d'émettre.

$$v = \frac{2d_{max}}{\Delta t} \quad \text{ainsi} \quad \Delta t = \frac{2d_{max}}{v}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 2,0}{343} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ s} = \mathbf{12 \text{ ms} = \Delta t_2}$$

La portée maximale du capteur est liée à la durée entre deux émissions de salves ultrasonores successives.