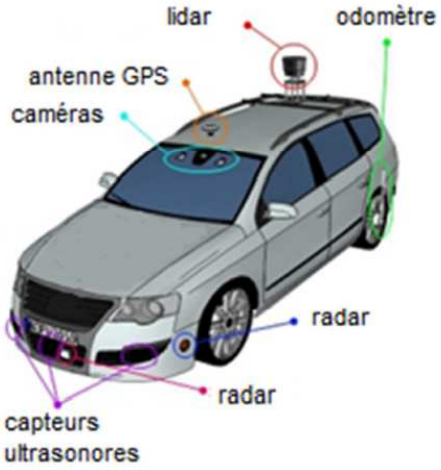
Exercice III. LES ONDES AU SERVICE DE LA VOITURE DU FUTUR (5 points)

« 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.



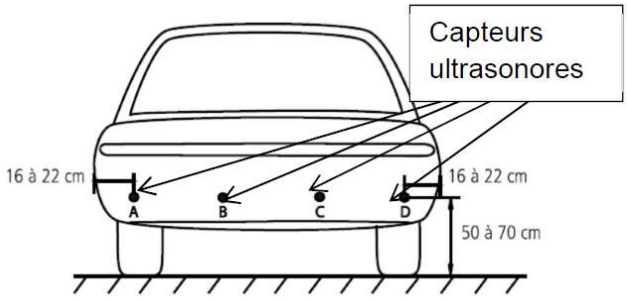
L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques capteurs présents dans une voiture autonome.

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 réfléchie. 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 m.s^{-1} ;

- célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air : c = 3,0×10^{8} 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

1.3. La vitesse relative (différence de vitesse) entre la voiture équipée du système ACC et un objet peut être calculée par le biais de l'effet Doppler. Recopier en les complétant les deux phrases suivantes :

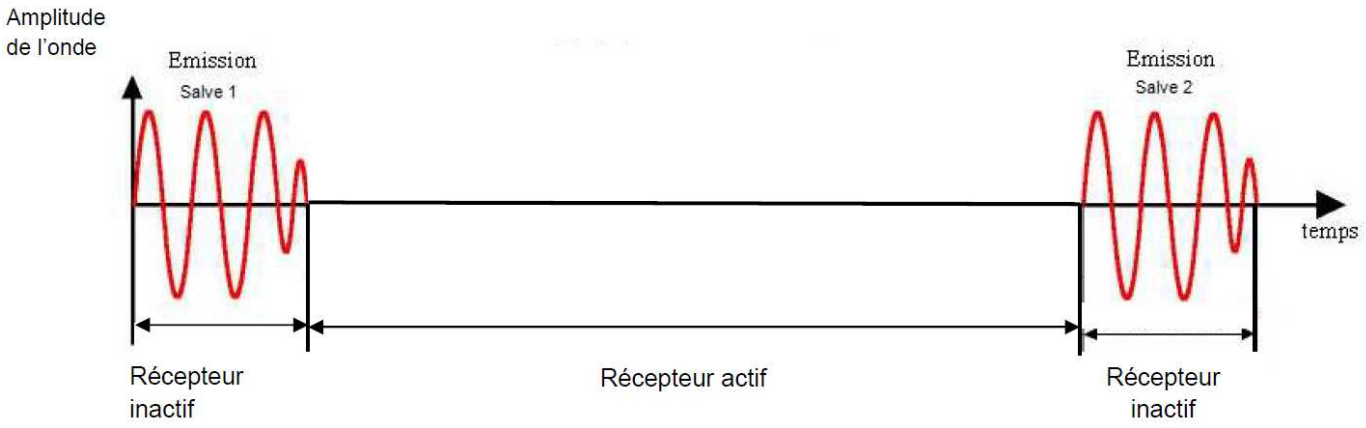
Si l'objet se rapproche de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie ……..

Si l'objet s'éloigne de l'émetteur, la fréquence de l'onde réfléchie ……..

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 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 Δt_1 = 1,7 ms avec une périodicité Δt_2 = 12 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.

3. Les radars, les capteurs ultrasonores et les capteurs lasers permettent avec des similitudes dans leur principe de fonctionnement de détecter un obstacle. Pourquoi ne pas utiliser alors un seul de ces trois types de capteurs dans un projet de voiture autonome ?
On rédigera une réponse argumentée en s'appuyant sur des informations tirées des différents documents utilisés, y compris le tableau de l'annexe.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice III

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

