

## EXERCICE 2 (6 points)

Physique-Chimie

### Mesure de vitesse par temps de pluie

Afin de faire respecter les limitations de vitesse, des radars automatiques ont été implantés sur le réseau routier et autoroutier français.

Plusieurs modèles de radar sont utilisés. Le **document n°2** en présente un, et indique certaines de ses caractéristiques.



Fréquence de l'onde émise :  $f_E = 24,125 \text{ GHz}$   
Étendue de mesure : de 25 à 300  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$   
Angle entre l'axe du radar et la route :  $\theta = 25^\circ$   
Portée de la mesure :  $d = 50 \text{ m}$   
Puissance d'émission :  $P_E = 2,00 \text{ mW}$   
Puissance minimale reçue détectable :  $P_{R\min} = 1,00 \text{ mW}$

#### Document n°2 : caractéristiques du radar

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Radar\\_automatique\\_en\\_France](https://fr.wikipedia.org/wiki/Radar_automatique_en_France) consulté le 12/12/2024

Le **document n°3** présente les domaines des ondes électromagnétiques.

Domaines	Longueur d'onde	Fréquence
Rayon gamma	$< 5 \times 10^{-12} \text{ m}$	$> 60 \times 10^{18} \text{ Hz}$
Rayon X	$5 \times 10^{-12} \text{ m} \text{ — } 10 \times 10^{-9} \text{ m}$	$30 \times 10^{15} \text{ Hz} \text{ — } 60 \times 10^{18} \text{ Hz}$
Ultraviolet	$10 \times 10^{-9} \text{ m} \text{ — } 380 \times 10^{-9} \text{ m}$	$789 \times 10^{12} \text{ Hz} \text{ — } 30 \times 10^{15} \text{ Hz}$
Visible	$380 \times 10^{-9} \text{ m} \text{ — } 780 \times 10^{-9} \text{ m}$	$384 \times 10^{12} \text{ Hz} \text{ — } 789 \times 10^{12} \text{ Hz}$
Infrarouge	$780 \times 10^{-9} \text{ m} \text{ — } 0,1 \times 10^{-3} \text{ m}$	$3 \times 10^{12} \text{ Hz} \text{ — } 384 \times 10^{12} \text{ Hz}$
Submillimétrique	$0,1 \times 10^{-3} \text{ m} \text{ — } 1 \times 10^{-3} \text{ m}$	$300 \times 10^9 \text{ Hz} \text{ — } 3 \times 10^{12} \text{ Hz}$
Micro-ondes	$1 \times 10^{-3} \text{ m} \text{ — } 1 \text{ m}$	$300 \times 10^6 \text{ Hz} \text{ — } 300 \times 10^9 \text{ Hz}$
Ondes radio	$1 \text{ m} \text{ — } 1 \times 10^8 \text{ m}$	$3 \text{ Hz} \text{ — } 300 \times 10^6 \text{ Hz}$

#### Document n°3 : domaines des ondes électromagnétiques

## Étude de l'onde émise par le radar

1. Indiquer la fréquence d'émission du radar.

La célérité de la lumière dans le vide, notée  $c$ , vaut  $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

2. Montrer que la longueur d'onde du signal émis par le radar, notée  $\lambda$ , vaut 12,4 mm.
3. Préciser le domaine auquel cette onde appartient.

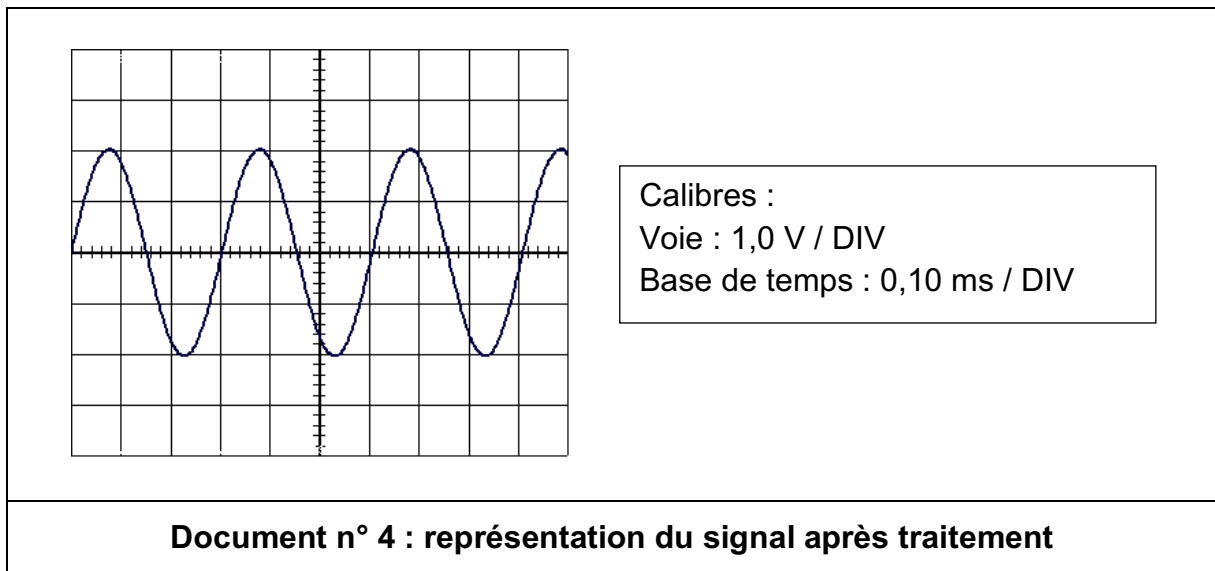
## Étude de l'onde réfléchie par temps sec

Le radar est implanté sur une route limitée à  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Il ne pleut pas.

Le radar émet une onde de fréquence, notée  $f_E$ . En se réfléchissant sur le véhicule, la fréquence de l'onde émise est modifiée : elle est notée  $f_R$ . Un traitement électronique permet de générer un signal dont la fréquence, notée  $f_D$ , est la différence entre la fréquence reçue  $f_R$  et celle émise  $f_E$  :

$$f_D = f_R - f_E$$

Le **document n°4** présente le signal de fréquence  $f_D$ .



4. Déterminer, à partir de l'oscillogramme représenté sur le **document n°4**, la fréquence  $f_D$  mesurée par le radar.

Un calcul montre que  $f_D$  est proportionnelle à la vitesse du véhicule. La relation entre les deux fréquences ( $f_D$  et  $f_E$ ), exprimées en hertz, et la vitesse  $v$  du véhicule, exprimée en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , est la suivante :

$$f_D = \frac{2 \times v \times f_E \times \cos(\theta)}{c}$$

Compte tenu de la position du radar, l'angle  $\theta$  vaut  $25^\circ$ .  
La constante  $c$  vaut  $3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

5. Montrer que la vitesse  $v$  mesurée par le radar vaut  $82 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  à l'unité près.

Une marge technique prend en compte les incertitudes sur les différentes mesures effectuées. Le **document n°5** indique les vitesses qui déclenchent une verbalisation.

Vitesse limite	Verbalisation si vitesse supérieure à :
50 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	56 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
60 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	66 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
70 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	76 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
80 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	86 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
90 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	96 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
100 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	106 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
<b>Document n°5 : limite de verbalisation</b> <a href="https://www.securite-routiere.gouv.fr/">https://www.securite-routiere.gouv.fr/</a> consulté le 12/12/2024	

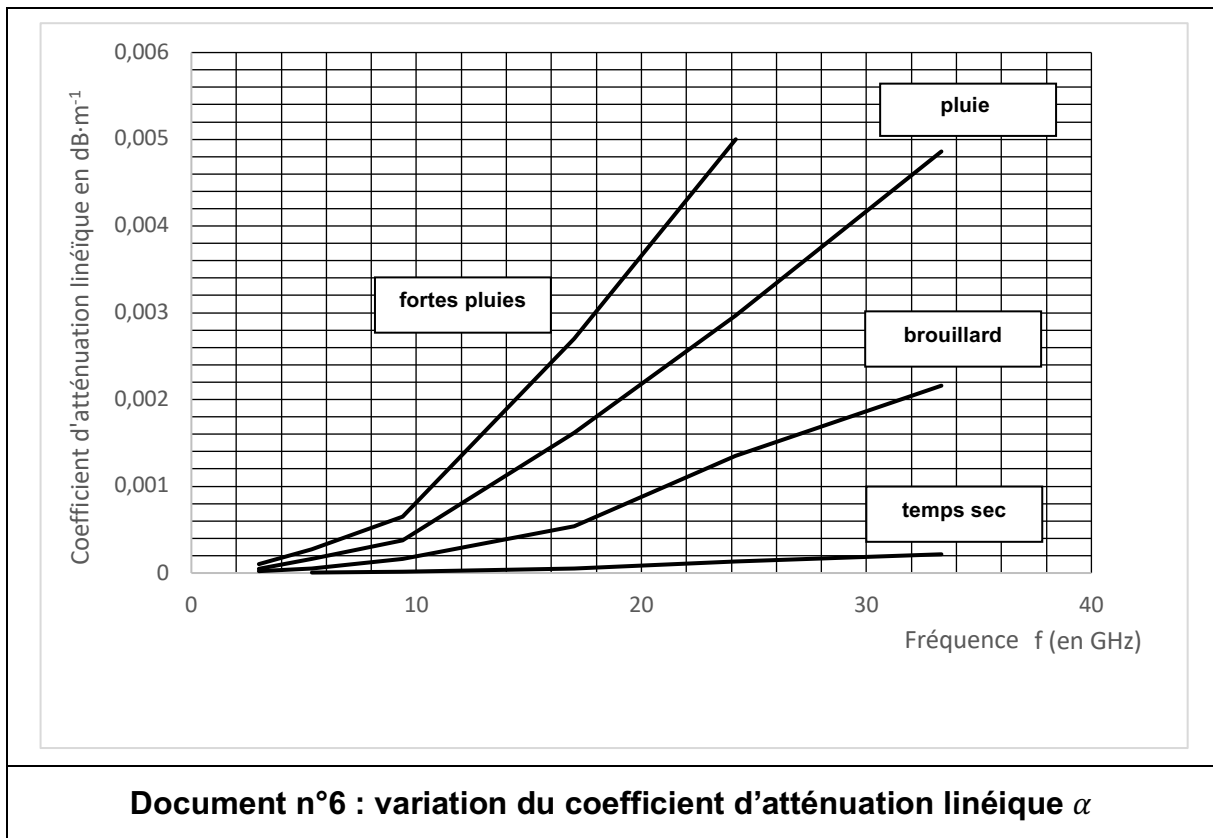
6. Conclure, en utilisant le **document n°5**, si l'automobiliste est verbalisé ou non.

### Étude de l'onde réfléchi par temps de pluie

Le conducteur circule de nouveau sur la même route, à la même vitesse et devant le même radar que précédemment. Il pleut beaucoup.

Par temps de pluie, la propagation des ondes est modifiée : leurs amplitudes sont atténuées.

Le **document n°6** propose une modélisation de la variation du coefficient d'atténuation linéique, noté  $\alpha$  pour différentes conditions météorologiques, en fonction de la fréquence des ondes émises et reçues.



7. Relever sur la courbe le coefficient d'atténuation linéique  $\alpha$  et son unité pour de fortes pluies à la fréquence d'émission  $f_E$  du radar.

La puissance reçue par le radar est donnée par la relation :

$$P_R = P_E \times 10^{-\frac{\alpha L}{10}}$$

- $\alpha$  : atténuation linéique en dB.m<sup>-1</sup> ;
  - $L$  : distance totale parcourue par l'onde en m ;
  - $P_E$  : puissance émise en W (voir **document n°2**) ;
  - $P_R$  : puissance reçue en W.
8. Montrer que, si la distance entre le radar et la voiture est de 50 m, la puissance reçue par le radar est égale à 1,78 mW.
9. Conclure, à l'aide du **document n°2**, si le radar pourra effectuer la mesure de vitesse compte tenu de la météo.