

EXERCICE : THE BLUE STICKER (10 points)

La photographie représente un autocollant posé sur le pare-chocs arrière d'un véhicule. On peut y lire le texte suivant : « Si cet autocollant est bleu, alors vous roulez trop vite ».

Ce texte fait référence à l'effet Doppler. L'autocollant, éclairé en lumière blanche lorsque le véhicule est à l'arrêt, diffuse des ondes électromagnétiques dont les fréquences sont proches de celles du rouge. Mais si le véhicule est en mouvement par rapport à l'observateur, alors ce dernier percevra des ondes électromagnétiques présentant des fréquences différentes de celles émises par l'autocollant.

Ici, l'observateur est censé se trouver dans un véhicule qui s'approche par l'arrière de la voiture portant l'autocollant (pour la doubler par exemple). Comme le récepteur se rapproche de l'émetteur, la fréquence perçue par l'observateur est plus élevée que celle émise par l'autocollant : il s'opère donc un décalage vers les hautes fréquences.

Si la vitesse relative de l'observateur qui dépasse la voiture est importante, on peut imaginer que l'observateur perçoive une radiation dont la longueur d'onde aura diminué jusqu'à paraître bleue ! En effet, longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles selon la relation $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

L'aspect humoristique de cet autocollant provient du fait qu'il est impossible, avec des véhicules automobiles, d'obtenir un décalage spectral perceptible à l'œil nu, et encore moins un décalage spectral du rouge au bleu (c'est-à-dire à travers tout le spectre visible). En d'autres termes, si vous voyez l'autocollant bleu, c'est que vous roulez vraiment extrêmement rapidement, plus vite que ce qu'il est possible de faire avec une automobile. Vous n'aurez d'ailleurs, dans ce cas, pas le temps de lire ce qui est écrit sur l'autocollant...

Ceci peut se vérifier par une application numérique : si la couleur de l'autocollant passe du rouge ($\lambda_0 = 800$ nm) au bleu ($\lambda' = 400$ nm), alors la longueur d'onde λ' de l'onde perçue par l'observateur sera la moitié de la longueur d'onde λ_0 émise par la source. Or, d'après le **document 1**, si la source et le récepteur se rapprochent, on a $\lambda' = \left(1 - \frac{v}{c}\right) \times \lambda_0$, soit $\frac{\lambda'}{\lambda_0} = \left(1 - \frac{v}{c}\right) = \frac{400}{800} = \frac{1}{2}$. Dans ce cas, on aurait donc $\frac{v}{c} = \frac{1}{2}$ soit $v = \frac{c}{2}$.

Pour que l'autocollant paraisse bleu, il faudrait donc rouler à une vitesse égale à la moitié de la célérité de la lumière dans le vide, soit $1,5 \cdot 10^8$ m·s⁻¹, ce qui est bien entendu impossible ! Il faudrait aussi tenir compte des effets relativistes dans ce cas...