Métropole 2023 sujet 1 CORRECTION Yohan Atlan © www.vecteurbac.fr	
CLASSE : Terminale	**EXERCICE A** : 10 points
VOIE : ☒ Générale	
ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : Sciences de l'ingénieur- Partie Sciences physiques	
DURÉE DE L'EXERCICE : 30 min	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

EXERCICE A – Galaxie d'Andromède (10 points)

Q1.

L'effet Doppler est le décalage entre la fréquence de l'onde perçue et la fréquence de l'onde émise par la source, lorsque la source ou le récepteur est en mouvement relatif.

Q2.

Pendant l'intervalle de temps T, le son parcourt la distance λ. Pendant ce temps, le véhicule parcourt la distance d = v. T.

La longueur d'onde λ_{recue} perçue par l'observateur à droite de la source S a donc l'expression suivante :

$$\lambda_{recue} = \lambda_{emise} - v.T$$

$$c = \lambda \times f$$
$$\lambda \times f = c$$
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

et

$$f = \frac{1}{T}$$
$$T = \frac{1}{f}$$

Ainsi :

$$\lambda_{recue} = \lambda_{emise} - v.T$$
$$\frac{c}{f_{recue}} = \frac{c}{f_{emise}} - v.\frac{1}{f}$$
$$\frac{c}{f_{recue}} = \frac{c - v}{f_{emise}}$$
$$\frac{f_{recue}}{c} = \frac{f_{emise}}{c - v}$$
$$f_{recue} = \frac{f_{emise} \times c}{c - v}$$
$$f_{recue} = f_{emise} \times \frac{c}{c - v}$$
$$f_{recue} = f_{emise} \times \frac{c}{c \times \left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$
$$f_{recue} = f_{emise} \times \frac{1}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$
$$f_{recue} = \frac{f_{emise}}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$
$$f_{recue} = \frac{f_{emise}}{1 - \frac{v}{c}}$$

Q3.

$\frac{1}{1-x} \approx 1 + x$ pour |x| très petit devant 1.

$x = \frac{v}{c}$

$c = 3{,}00 \times 10^8\ m.s^{-1}$

Or d'après l'énoncé : « cette galaxie se rapproche de la Voie lactée à une vitesse radiale d'environ 300 km·s^{-1}. »

$$\frac{v}{c} = \frac{300 \times 10^3}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}0 \times 10^{-3}$$

Ainsi le rapport $x = \frac{v}{c}$ est très petit devant 1.

L'approximation approximation mathématique classique convient pour x = v/c dans le cas de la vitesse d'Andromède.

Q4.

$$f_{recue} = \frac{f_{emise}}{1-\frac{v}{c}}$$

$$f_{recue} = f_{emise} \times \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

Or

$$\frac{1}{1-\frac{v}{c}} \approx 1 + \frac{v}{c}$$

D'où

$$f_{recue} \approx f_{emise} \times \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

$$f_{recue} \approx f_{emise} \times 1 + f_{emise} \times \frac{v}{c}$$

$$f_{recue} \approx f_{emise} + f_{emise} \times \frac{v}{c}$$

$$f_{recue} - f_{emise} \approx f_{emise} \times \frac{v}{c}$$

$$\delta f \approx f_{emise} \times \frac{v}{c}$$

Q5.

$$\delta f \approx f_{emise} \times \frac{v}{c}$$

Or

$c = \lambda \times f$

$\lambda \times f = c$

$$f_{emise} = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\delta f \approx \frac{c}{\lambda_0} \times \frac{v}{c}$$

$$\delta f \approx \frac{v}{\lambda_0}$$

$$\delta f \approx \frac{300 \times 10^3}{656{,}3 \times 10^{-9}}$$

$$\delta f \approx 4{,}57 \times 10^{11} Hz$$

Q6.

$$\lambda = \frac{c}{f_{recue}}$$
$$\lambda = \frac{c}{\delta f + f_{emise}}$$

Or

$$f_{emise} = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\lambda = \frac{c}{\delta f + \frac{c}{\lambda_0}}$$
$$\lambda = \frac{3{,}00 \times 10^8}{4{,}57 \times 10^{11} + \frac{3{,}00 \times 10^8}{656{,}3 \times 10^{-9}}}$$
$$\lambda = 6{,}556 \times 10^{-7} m$$
$$\lambda = 655{,}6 \times 10^{-9} m$$
$$\lambda = 655{,}6\ nm$$

On remarque que $\lambda < \lambda_0$.

Q7.

Dans le cas d'une source émettrice qui s'éloigne d'un observateur fixe :

$$f_{recue} < f_{emise}$$
$$f_{recue} - f_{emise} < 0$$
$$\delta f < 0$$

Or

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ainsi, si la fréquence diminue, la longueur d'onde augmente. D'où l'appellation « décalage vers le rouge » utilisée par les astrophysiciens dans le cadre de l'expansion de l'Univers.