Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

**Bac 2024 Métropole Jour 1 Sciences physiques pour les sciences de l'ingénieur.e**

https://labolycee.org

## EXERCICE A GALAXIE D'ANDROMÈDE (10 points, 30 min)

Notre galaxie, la Voie lactée, est membre d'un groupe d'une cinquantaine de galaxies appelé Groupe local et dont la taille atteint dix millions d'années-lumière. Ce groupe est dominé par deux galaxies spirales massives : la Voie lactée et la galaxie d'Andromède (qui contient 2 à 5 fois plus d'étoiles que la Voie lactée) séparées d'environ 2,5 millions d'années-lumière.

Dans le bulletin n° 58 de l'observatoire de Lowell (USA) de 1913, l'analyse des spectres de la lumière émise par Andromède amène Vesto Slipher à conclure que cette galaxie se rapproche de la Voie lactée à une vitesse radiale d'environ 300 km·s$^{-1}$.

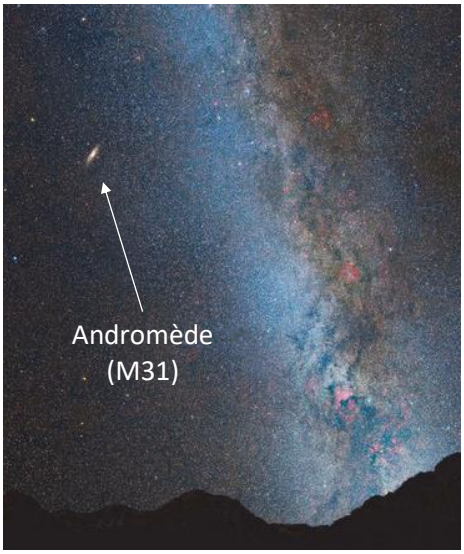



Figure 1. Galaxie d'Andromède vue depuis le sol. Source : NASA, ESA, STScI

**Données :**

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0\times10^{8}$ m·s$^{-1}$

La mesure par analyse du décalage de fréquence (effet Doppler) indique que la galaxie d'Andromède se rapproche de la Voie lactée. On se base pour effectuer cette mesure sur plusieurs raies spectrales, mais plus particulièrement sur la raie $H_\alpha$ caractéristique de l'atome d'hydrogène de longueur d'onde dans le vide égale à $\lambda_0 = 656{,}3$ nm dans le référentiel de l'atome.

**Q1.** Décrire qualitativement ce qu'est l'effet Doppler.

On se limite dans cet exercice à une configuration à une dimension dans le cas d'un observateur considéré fixe et situé dans la Voie lactée et d'un émetteur mobile, la galaxie d'Andromède. Dans cette configuration, la vitesse d'Andromède est uniquement radiale.

**Q2.** Montrer que dans le cas où la source d'une onde lumineuse de fréquence $f_{\text{émise}}$ se rapproche d'un récepteur fixe à une vitesse $v$, la fréquence $f_{\text{reçue}}$ de l'onde de célérité $c$ mesurée par le récepteur s'écrit sous la forme suivante : $f_{reçue} = \dfrac{f_{émise}}{1-\dfrac{v}{c}}$

**Q3** Une approximation mathématique classique est $\dfrac{1}{1-x} \approx 1+x$ pour $|x|$ très petit devant 1.

Vérifier qu'elle convient pour $x = \dfrac{v}{c}$ dans le cas de la vitesse d'Andromède.

**Q4** Montrer que, dans ce cas, on peut écrire l'expression du décalage Doppler $\delta f = f_{\text{reçue}} - f_{\text{émise}}$ sous la forme suivante : $\delta f \approx f_{émise} \times \dfrac{v}{c}$

**Q5** Calculer le décalage Doppler $\delta f$ dans le cas de la mesure de Vesto Slipher en 1913 pour la raie $H_\alpha$ de l'hydrogène.

**Q6** En déduire la valeur de la longueur d'onde $\lambda$ mesurée sur Terre pour cette raie. Comparer avec $\lambda_0$.

Vesto Slipher poursuit sa campagne de mesures et publie en 1917 un article montrant que sur 25 galaxies qui nous environnent, 21 s'éloignent de nous. Ces observations sont à l'origine de la découverte de l'expansion de l'Univers : les galaxies s'éloignent souvent les unes des autres.

**Q7.** Indiquer le signe du décalage Doppler dans le cas d'une source émettrice qui s'éloigne d'un observateur fixe. Justifier alors qualitativement l'appellation « décalage vers le rouge » utilisée par les astrophysiciens dans le cadre de l'expansion de l'Univers.



Figure 2. Vesto Melvin Slipher 1905
Crédit : AIP Emilio Segrè Visual Archives

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.