Licence Sciences de la Vie et Géosciences - UE « Géosciences 1 »

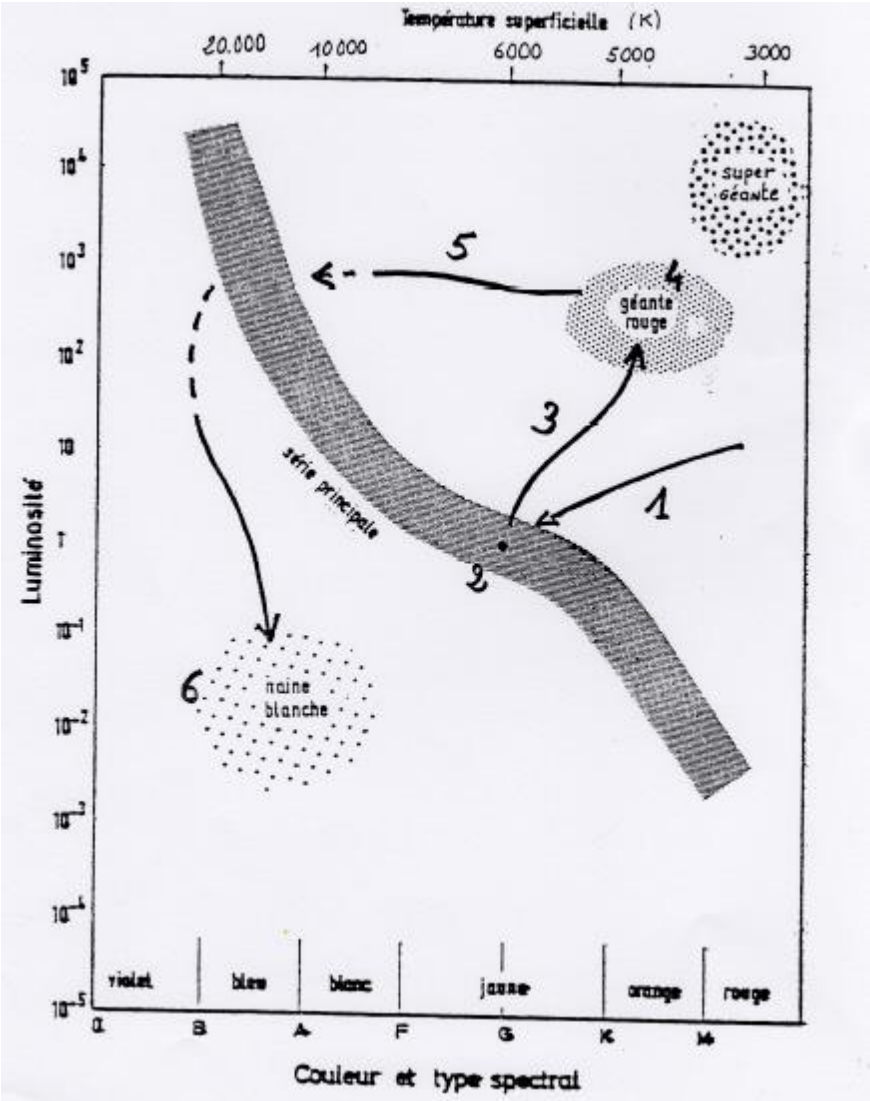
Travaux dirigés n° 1 : « Univers », correspond au chapitre 1 du cours.

Partie A : Vie et mort des étoiles – Naissance de la matière

Les étoiles peuvent être classées dans un diagramme Hertzsprung-Russel (HR).

1. Expliquer brièvement en quoi consiste ce classement.
2. Dans le diagramme HR de l'annexe 1, sont reportées les 6 étapes principales de l'évolution d'une étoile de 1 masse solaire (masse du soleil).
    a. Décrire brièvement chacune de ces 6 étapes.
    b. Donner l'âge du Soleil et l'étape où il se situe actuellement.
    c. Quelles seraient les principales différences si l'étoile avait une masse beaucoup plus importante qu'une masse solaire (typiquement >10 masses solaires) ?
    d. Le soleil est-il une étoile de première génération ? Justifiez votre réponse.

Annexe 1 :



Partie B : Les distances dans l'Univers

Exercice 1 :

Pour déterminer les distances absolues (en km) dans l'Univers, on utilise la méthode de la parallaxe. Pour cela, on mesure l'angle entre l'objet à mesurer (par exemple Mars) et un objet que l'on considère fixe (une étoile très lointaine par exemple) et l'on fait cette mesure en deux endroits éloignés à la surface de la Terre.

En 1672 J.D. Cassini profite d'un passage de Mars au plus près de la Terre pour organiser la mesure de la distance Terre-Mars. Il fait mesurer l'angle que fait Mars par rapport à une étoile située dans la constellation du Poisson, à Paris et à Cayenne. L'écart entre les deux mesures est de 15 secondes d'arc. Sachant que la latitude de Paris est de 44°50' et celle de Cayenne de 4°50' nord :

1. Faire un schéma montrant le principe de la méthode
2. Calculer la distance entre Mars et la Terre au moment de la mesure
3. Quelles sont les deux hypothèses relatives à cette méthode (une repose sur l'orbite de Mars et l'autre sur la position relative entre Paris et Cayenne)

Exercice 2 :

Les étoiles sont trop lointaines pour que la méthode présentée dans l'exercice précédent soit appliquée et il faut utiliser la méthode de la « parallaxe annuelle ». Pour cela, on mesure la parallaxe de l'étoile (toujours par rapport à la même étoile très lointaine, considérée comme fixe) à 6 mois d'intervalle, c'est-à-dire en deux positions diamétralement opposées de la Terre par rapport au Soleil. Ainsi la « base » de la parallaxe est très grande (deux fois la distance Terre-Soleil), et on peut mesurer les distances d'objets lointains.

1. Comme la distance Terre-Soleil sert à mesurer la distance des objets lointains, on l'appelle « unité astronomique » (u.a.). A quoi est égale en km cette valeur ?
2. Faire un schéma montrant le principe de la « parallaxe annuelle ».
3. Calculer la distance de l'étoile la plus proche du Soleil (Proxima du centaure), sachant que la parallaxe mesurée à 6 mois d'intervalles est de 1,52''. Exprimer le résultat en km, en u.a. et en années lumières.
4. Cette méthode de mesure a permis de définir une nouvelle unité de mesure astronomique : le parsec, qui est la distance à laquelle on voit 1 u.a. avec un angle de 1''. Calculer combien vaut 1 parsec (1 pc) en km et en années lumières.

Partie C : La loi de Hubble

1. L'annexe 2 montre les photographies de 5 galaxies et les spectres de leur émission comparés à ceux des raies de l'hydrogène et du potassium. Ces spectres présentent un décalage (flèches) à partir duquel on peut calculer la vitesse des galaxies :

$V=c(\lambda_{obs.}-\lambda_{ref.})/\lambda_{ref.}$

avec c : la vitesse de la lumière

$\lambda_{obs.}$: la longueur d'onde observée

$\lambda_{ref.}$: la longueur d'onde de référence non décalée (3951,1 Å)

1- Mesurer le décalage spectral (longueur de la flèche depuis la référence notée « a » et la ligne tracée en pointillée sur le schéma) correspondant à chaque galaxie en mm. En déduire la longueur d'onde observée en Å en considérant que l'échelle des spectres est : 1 mm = 14,2 Å et que la longueur d'onde en « a » est 3951,1 Å.

2- Calculer la vitesse (dite de récession) de chaque galaxie.

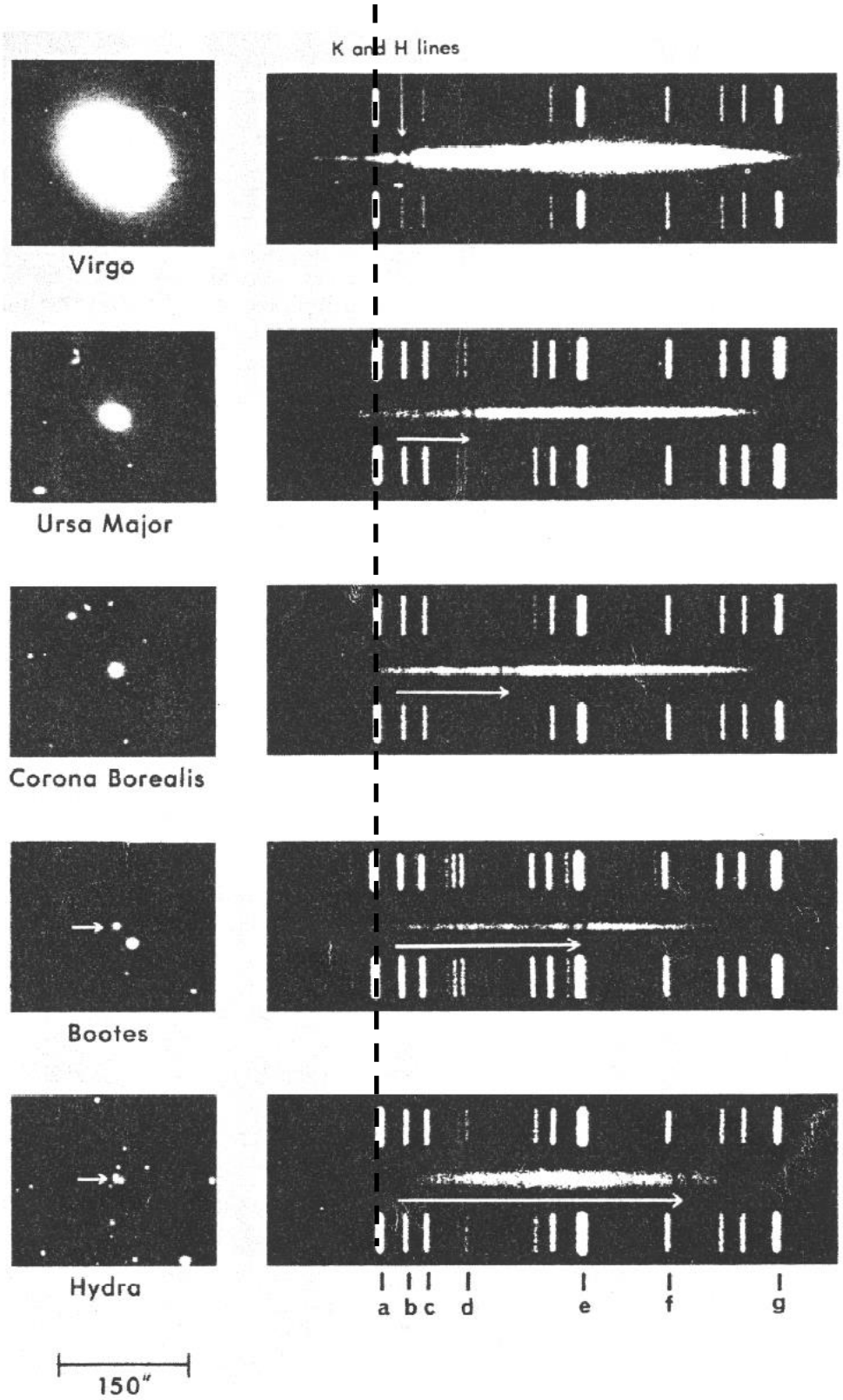
3- En utilisant l'échelle angulaire située en bas de l'annexe 1 montrant les photographies des galaxies et en considérant que toutes les galaxies ont la même taille que la Voie lactée (soit 100 000 a.l. de diamètre), à quelle distance (D) se trouve chaque galaxie (en seconde de d'arc '', en radian, puis en Mpc) ? Pour les galaxies elliptiques, vous prendrez la moyenne du grand et du petit axe de l'ellipse.

4- Tracer le diagramme V=f(D). Le coefficient de proportionnalité entre V et D est appelé constante de Hubble (notée H). Calculer cette constante. En déduire l'âge de l'Univers (Rappel de l'exercice précédent : 1 Mpc = $3{,}1.10^{19}$ km).

Pour faire l'exercice, vous remplirez le tableau suivant :

Nom de la galaxie	**Position de $\lambda_{obs.}$ par rapport à « a » en mm**	**$\lambda_{obs.}$ (Å)**	**Vitesse en km/s**	**Taille de la galaxie sur les photos (mm)**	**Taille de la galaxie en secondes d'arc ''**	**Taille de la galaxie en Radian**	**Distance de la galaxie depuis la Terre (Mpc)**

Annexe 2 :


K and H lines
Virgo
Ursa Major
Corona Borealis
Bootes
Hydra
a b c d e f g
150"