

AP C3

Exercice de synthèse

AP C3 – Effet Doppler – Exercice de synthèse

Détection d'exoplanètes par la méthode des vitesses radiales

L'objectif de cet exercice est de rédiger une synthèse de documents afin d'expliquer comment l'effet Doppler permet de mettre en évidence la présence d'une exoplanète autour de l'étoile étudiée.

Le texte rédigé, de 25 à 30 lignes, devra être clair et structuré, et l'argumentation reposera sur les données graphiques et numériques issues des documents proposés.

DOCUMENT 1. Présentation de la méthode

La question de la présence d'une vie extraterrestre commence par la recherche de planètes favorables au développement de la vie.

Si la détection d'exoplanètes semblait impossible du fait de leur petite taille et de leur faible luminosité par rapport à l'étoile du système extrasolaire auquel elles appartiennent, une technique basée sur l'effet Doppler a su mettre en évidence la première exoplanète dans les années 1990, et près de deux cents autres ont depuis été découvertes.

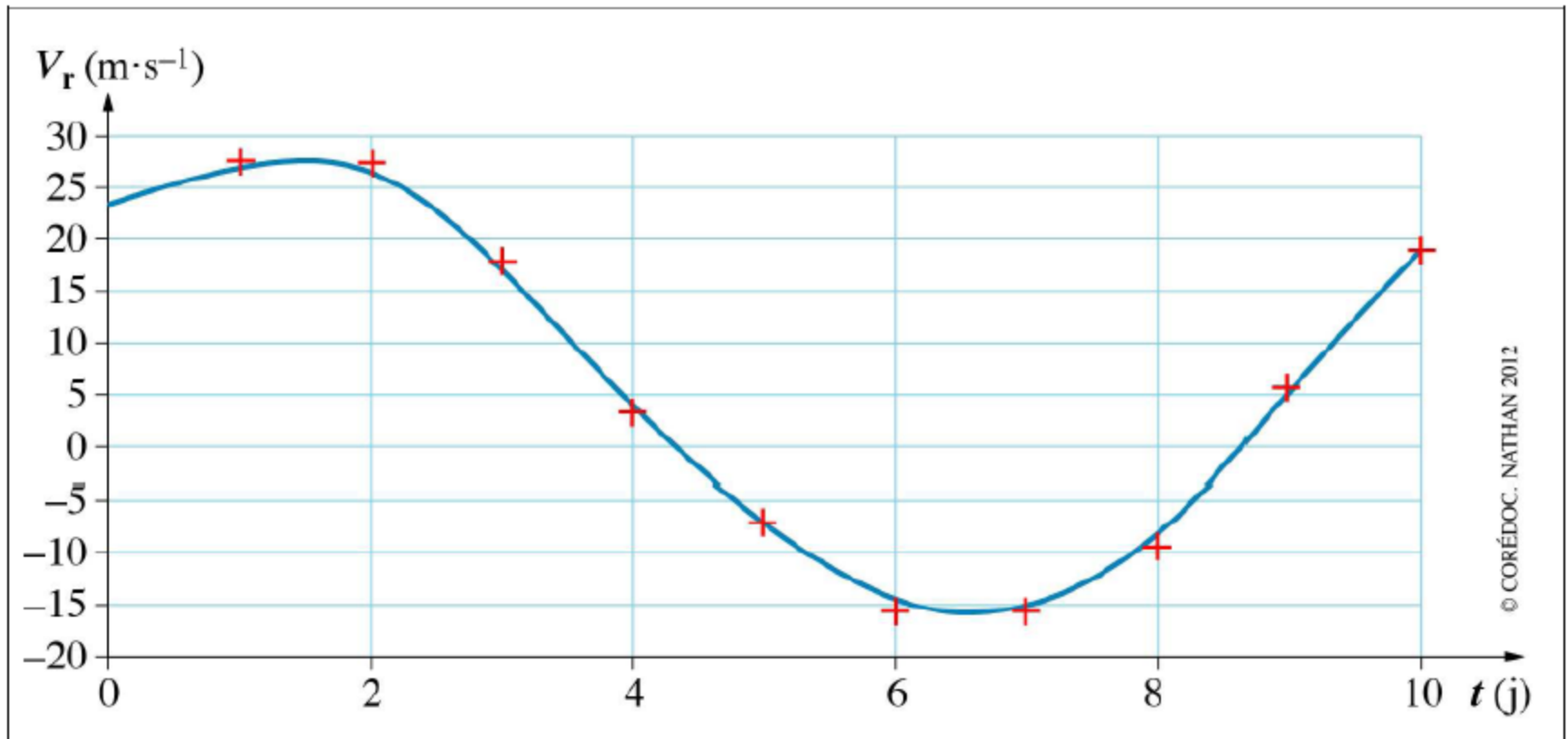
Cette technique ne se base pas sur l'observation directe de la planète mais sur la conséquence de son existence sur le mouvement de l'étoile autour de laquelle elle gravite : un mouvement périodique de son centre. Pour que la perturbation soit détectable, l'exoplanète doit être massive et proche de son étoile pour pouvoir en modifier le mouvement de manière significative. C'est pour cette raison que l'on classe ce type d'exoplanète dans la catégorie des « Jupiter chauds » ou « Pégasides », du nom de la première planète de ce type découverte autour de 51 Pegasi.

DOCUMENT 2. Évolution au cours du temps du spectre d'absorption de la lumière de l'étoile étudiée

En première approximation, l'intervalle de temps moyen séparant la prise de deux spectres consécutifs est 1 jour.

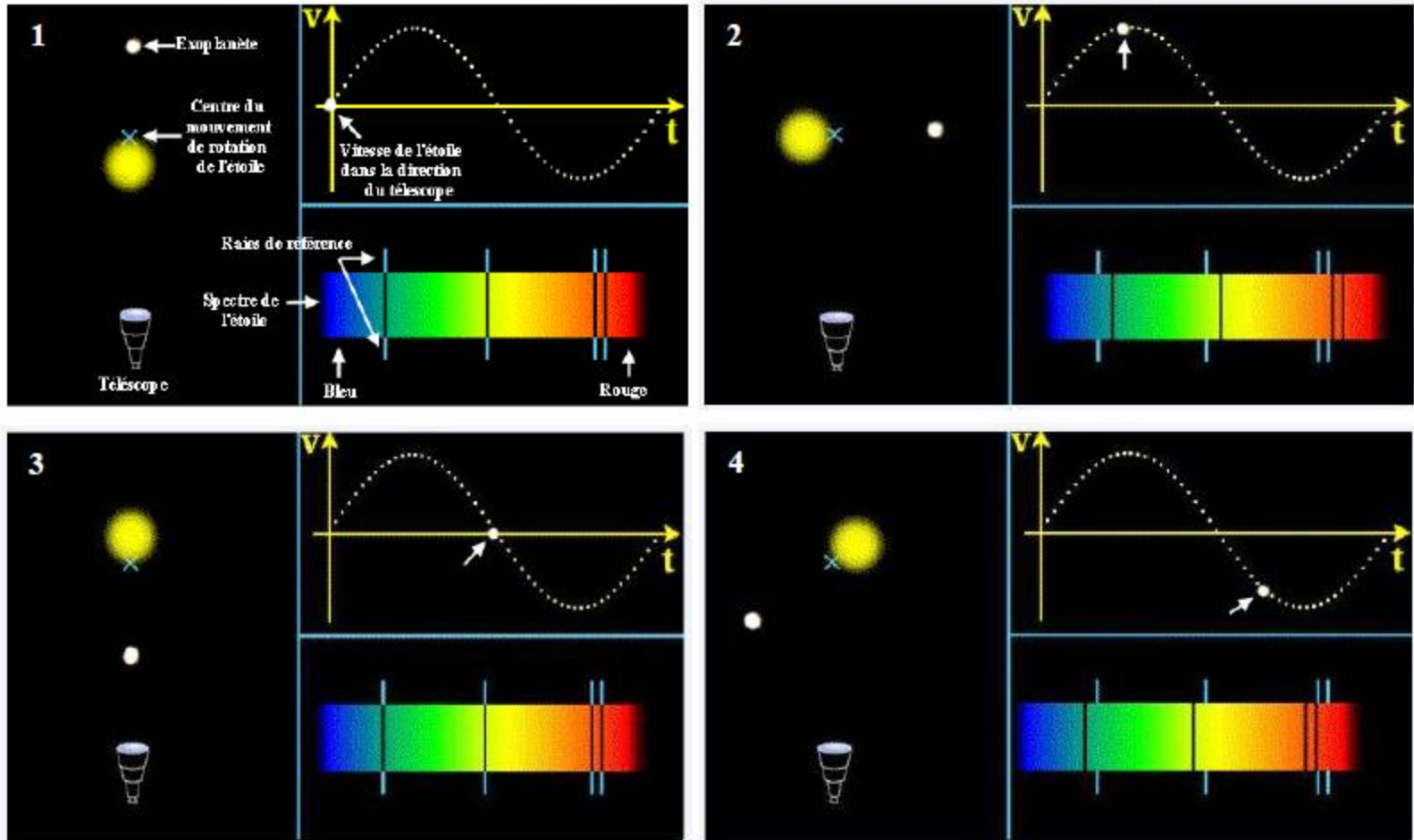
Jour n°	Spectre
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	

DOCUMENT 3. Évolution de la vitesse radiale (coordonnées de la vitesse suivant la direction de visée) de l'étoile



DOCUMENT 4. Vitesse de révolution d'une étoile et évolution de son spectre

Les figures suivantes illustrent le principe de détection d'une exoplanète basée sur l'effet doppler.



AIDE À LA RÉDACTION DE LA SYNTHÈSE

1. Utiliser le **document 1** pour identifier deux difficultés qui limitent la détection directe de l'exoplanète.
2. Étude du **document 2**. Quelle observation peut-on faire concernant la position des raies d'absorption ? En faisant référence à l'effet Doppler, qu'est-ce que cela implique concernant la source ?
3. Étude du **document 3**. Quelle observation confirme la déduction précédente ? Relier les **documents 2 et 3** en indiquant, sans calcul, comment on passe de l'un à l'autre.
4. Interpréter les observations précédentes en utilisant le **document 4**.
5. Conclure en précisant les éléments qui ont permis de détecter la présence de l'exoplanète.

Les critères d'évaluation

Compétences	Critères de réussite permettant d'attribuer le niveau de maîtrise « A »	Niveaux de maîtrise			
		A	B	C	D
S'approprier	Justification de la détection indirecte de l'exoplanète.				
Analyser	Explication de l'effet Doppler : lien entre les variations de la vitesse radiale de l'étoile et le déplacement des raies de son spectre.				
Valider	La mesure du décalage spectral maximal permet de calculer la vitesse de rotation de l'étoile et d'en déduire les caractéristiques de l'exoplanète.				
Communiquer	Rédiger un paragraphe argumenté qui répond à la question posée. La rédaction fait apparaître une maîtrise satisfaisante des compétences langagières de base et du vocabulaire scientifique : il n'y a pas de paraphrase des documents ; les connecteurs logiques sont correctement employés ; le vocabulaire employé est adapté, rigoureux et scientifique.				
Note		/ 5			

La grille permet d'apprécier, selon quatre niveaux, les compétences développées dans le sujet par le candidat. Pour cela, elle s'appuie sur des indicateurs adaptés à l'exercice et traduisant les critères fixes.

Niveau A : les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi)totalité

Niveau B : les indicateurs choisis apparaissent partiellement

Niveau C : les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante

Niveau D : les indicateurs choisis ne sont pas présents

Attribution de la note : le regard porte sur la grille de compétences de manière globale.

Quelques repères :

- Majorité de A ($\geq 50\%$) et de B \rightarrow 5
- Majorité (A+B) et 1 ou 2 C \rightarrow 4 ou 3
- Majorité de C \rightarrow 2
- Que des C+ D \rightarrow 1
- Que des D \rightarrow 0

Une proposition de rédaction

Une exoplanète est une planète en orbite autour d'une autre étoile que le Soleil.

Comme les exoplanètes se trouvent à des années-lumière de la Terre, leur petite taille et leur faible luminosité ne nous permettent pas de les observer (doc. 1).

Pour détecter leur présence, on étudie leur influence sur le mouvement de leur étoile : celle-ci effectue un mouvement de rotation autour du point représenté par une croix sur le document 4.

Par conséquent, tantôt l'étoile s'éloigne du télescope (doc. 3 : vitesse radiale positive), tantôt elle s'en rapproche (vitesse radiale négative).

Du fait de cette vitesse relative par rapport au télescope, les ondes OEM émises par l'étoile ont une fréquence donc une longueur d'onde ($\lambda = c/v$) différente de celle des ondes détectées par le télescope : c'est l'effet Doppler.

Sur le spectre de l'étoile (doc. 2), cela se traduit par un déplacement des raies d'absorption dans un sens puis dans l'autre, déplacement périodique car le mouvement de l'étoile est périodique. Le déplacement est maximal quand la vitesse radiale est maximale (doc. 4).

Quand l'étoile se rapproche, la fréquence perçue est plus grande que la fréquence émise donc la longueur d'onde perçue est plus petite que la longueur d'onde émise : les raies sont déplacées vers les courtes longueurs d'onde donc vers le bleu (doc. 4).

A l'inverse, quand l'étoile s'éloigne, il y a un déplacement vers le rouge.

La mesure du décalage maximum entre les raies noires du spectre de l'étoile et les raies de références correspondant aux mêmes absorptions, permet de déterminer par calcul la vitesse de rotation de l'étoile puis d'en déduire des informations sur l'exoplanète à l'origine de ce mouvement.