Céphéides

Comment une période donne-t-elle une distance photométrique ?

Difficulté : A

Votre mission. Déterminer la période d'une courbe de lumière, relier cette période à une magnitude absolue grâce à une calibration, puis calculer une distance corrigée de l'extinction. Expliquer chaque étape et son incertitude.

Henrietta Leavitt a découvert la relation entre période et luminosité des Céphéides en étudiant des étoiles des Nuages de Magellan. Cette découverte est au cœur de la méthode de distance que vous allez utiliser.

Groupe : _____ Classe : _____ Membres : _____

Six séances d'une heure pour votre groupe

Séance	Organisation des 60 minutes	Trace à conserver
S1	**Comprendre une étoile variable** 15 min : question et rôles ; 20 min : vidéos ; 25 min : lecture des axes et hypothèses.	Chaîne de raisonnement et vocabulaire définis.
S2	**Mesurer une période** 15 min : importation ; 35 min : courbe et maxima ; 10 min : vérification.	Courbe légendée, période et estimation de sa précision.
S3	**Étudier une calibration** 35 min : M en fonction de log(P) ; 25 min : régression et repliement de phase.	Droite de calibration et contrôle de la période.
S4	**Calculer les distances** 35 min : trois Céphéides ; 25 min : extinction et sensibilité aux incertitudes.	Distances et comparaison des classements.
S5	**Construire la restitution** 40 min : poster ou diaporama ; 20 min : vérification de la chaîne observation-modèle.	Support presque terminé, vidéo éventuelle préparée.
S6	**Restituer et conclure** 10 min : derniers réglages ; 40 min : présentations selon la classe ; 10 min : bilan.	Support final et limites de la chandelle standardisée.

Les ateliers avancent en parallèle. La séance 6 se partage entre groupes ; les vidéos peuvent être visionnées à part ou par extraits.

Rôles et carnet de bord. Répartir mesures/données, calculs/incertitudes, graphiques et synthèse/oral. Faire tourner les rôles. Dans le carnet : date, décisions, fichiers, contribution de chacun et prochaine tâche.

Production finale obligatoire : un poster scientifique ou un diaporama. Si nécessaire, l'accompagner d'une **vidéo de 5 à 10 minutes**.

Le protocole de votre atelier

Matériel et données nécessaires

Un ordinateur et un tableur, la courbe de lumière simulée et le jeu de calibration fournis. Aucun télescope ni observation nocturne n'est nécessaire pour la version guidée.

Le principe et les relations utiles

Une Céphéide classique présente une variation périodique de son éclat. Une relation période-luminosité calibrée fournit sa magnitude absolue moyenne M. On compare ensuite M à la magnitude apparente moyenne m, après correction de l'extinction A.

Calibration pédagogique unique en bande V : $M_V = -2{,}76 \log_{10}(P / \text{jour}) - 1{,}40$.
$\mu_0 = m_V - M_V - A_V$; $d\,(\text{pc}) = 10^{(\mu_0 + 5)/5}$.

m : magnitude apparente ; M : magnitude absolue (à 10 pc) ; A : extinction en magnitudes, due à l'absorption et à la diffusion sur le trajet. μ_0 : module de distance corrigé. 1 pc ≈ 3,26 années-lumière. L'indice V désigne la bande visuelle.

Procédure à suivre

1. Importer la courbe. Ouvrir 04_courbe_C2.txt. Tracer m_V en fonction de t (jours), avec les petites magnitudes en haut. Il s'agit d'une simulation pédagogique, pas d'une observation de V1.

2. Mesurer la période. Repérer au moins quatre maxima de luminosité équivalents. Pour trois intervalles : $P \approx (t_4 - t_1)/3$. Comparer plusieurs intervalles et tenir compte du pas d'échantillonnage.

3. Contrôler par la phase. Tester la période avec φ = partie fractionnaire de $[(t - t_0)/P]$. Tracer m_V en fonction de φ. Une période cohérente superpose les cycles ; la durée totale du fichier n'est pas P.

Point de vigilance. La calibration est pédagogique et concerne des Céphéides classiques en bande V. Les magnitudes moyennes fournies suivent cette convention de travail. Les données simulées servent à comprendre la méthode ; les documents Hubble montrent des observations réelles.

Les étapes 4 à 6 et les consignes d'exploitation se poursuivent à la page suivante.

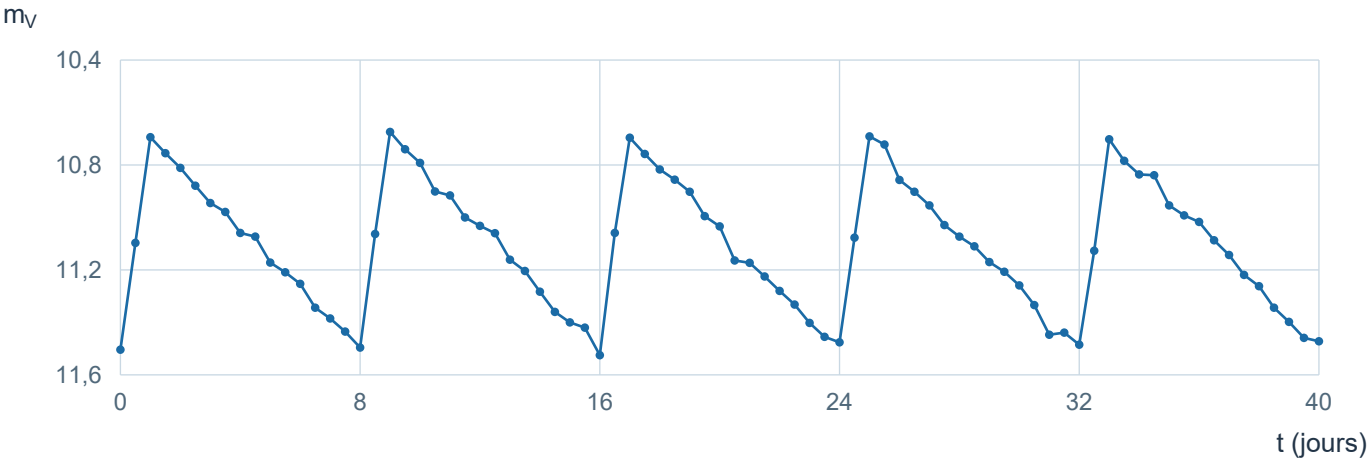
Mesures et exploitation

4. Examiner la calibration. Ouvrir 04_calibration_PL.txt. Tracer M_V en fonction de $\log_{10}$(P/jour) et ajuster une droite. Comparer ses coefficients à la relation fournie ; ne pas mélanger plusieurs calibrations.

5. Calculer les distances. Pour C1, C2 et C3, calculer M_V avec la relation de la fiche, puis μ_0 et d. La magnitude moyenne m_V est fournie : ne pas la remplacer par la valeur au maximum de luminosité.

6. Tester les limites. Recalculer C3 en oubliant l'extinction. Faire varier P, m ou A dans une plage justifiée. Identifier les hypothèses : famille de Céphéides, bande V et dispersion de l'étalonnage.

Courbe de lumière simulée de C2



81 points sont fournis dans 04_courbe_C2.txt. Les points représentent des magnitudes apparentes simulées, avec du bruit. Le maximum de luminosité correspond au minimum de magnitude.

Trois distances photométriques à déterminer

Étoile	P (jours)	m_V moyenne	A_V (mag)	d (pc)
C1	4,0	9,70	0,20	...
C2	À mesurer	11,10	0,40	...
C3	20,0	12,50	0,80	...

1. Donner P de C2 avec une précision justifiée.
2. Calculer M_V et μ_0 pour chaque Céphéide, puis d en pc et en années-lumière (1 pc ≈ 3,26 a.l.).
3. Comparer les classements par m, par M et par distance.
4. Quantifier pour C3 l'effet d'un oubli de A_V.
5. Faire varier une donnée incertaine ; expliquer comment la période, la photométrie et la calibration contribuent au résultat.

Ressources et restitution

Les titres bleus sont cliquables. Repérer l'auteur, la langue et le rôle de chaque document. Après une vidéo, noter au moins deux idées utiles et une limite ou question.

VIDÉO - NASA/Hubble : éclat des Céphéides au cours du temps

Animation sur une page en anglais. Distinguer le phénomène périodique montré de la relation période-luminosité utilisée pour calculer M.

NASA/Hubble - Courbe de lumière de la variable V1

Graphique avec texte en anglais. Identifier les axes et chercher comment déterminer une période sur plusieurs cycles.

ESA/ESO - Exercice sur les Céphéides de M100

Dossier en anglais. Repérer les courbes de lumière et les étapes menant à une distance ; c'est un prolongement sur observations.

Ce qui doit figurer dans votre production finale

Un poster scientifique ou un diaporama, avec titre, question, méthode, données sourcées, schéma légendé, résultats avec unités et incertitudes, limites et conclusion. **Si nécessaire : une vidéo de 5 à 10 minutes**, montrant le protocole ou expliquant le raisonnement.

Preuves propres à votre atelier : Courbe de lumière, période justifiée, graphique de calibration, calculs pour trois étoiles et comparaison avec et sans extinction.

Pour la vidéo éventuelle : environ 1 min de question, 2 à 3 min de méthode, 1 à 3 min de résultats et 1 à 2 min de limites. Partager la parole, commenter les figures et citer les sources et crédits.

Critères de réussite - proposition sur 20

Modélisation	Traitement	Esprit critique	Communication	Groupe
5 points	5 points	4 points	4 points	2 points

Dossier Prof-TC fourni : pages physiques 6 et 29 à 42. Une seule calibration, celle du texte, est retenue pour tous les calculs. Ressources externes : sélection du 18 novembre 2026. Les fichiers d'entraînement sont pédagogiques ; ils n'ajoutent pas de mesures astronomiques réelles.