

Chapitre 9 – Spectres d'émission

Ce document présente l'ensemble de la séquence sur les spectres d'émission. Cette séquence s'intègre dans la partie « Optique » du thème « Ondes et signaux » du programme de seconde. La séance correspondant à la visite d'aujourd'hui mercredi 5 mai 2021 est indiquée en bleu ci-dessous.

Aperçu de la séquence

Semaine du 3 mai

- Présentiel (groupe 2) :
 - Séance 1 (Cours) : rappels sur la lumière, vitesse.
 - Séance 2 (TP) : obtenir des spectres et les exploiter. L'accent est porté sur les spectres d'émission de raies.
 - Séance 3 (Activité) : spectre du rayonnement émis par un corps chaud.
- Distanciel (groupe 1) :
 - Classe virtuelle courte pour présenter le thème et le travail de la semaine.
 - Quiz QuiZinière : obtention de spectres et spectres de raies.
 - Défis confinés : spectre du rayonnement émis par un corps chaud.

Semaine du 10 mai

- Distanciel (groupes 1 et 2) :
 - Évaluation sommative QuiZinière.
 - Défis confinés : un spectroscope maison.

Suite de la progression

La séquence suivante portera sur les lentilles.

Légende

Même si elles ne sont pas systématiquement évaluées, les compétences de la démarche scientifique mobilisées à chaque étape sont identifiées par le code suivant :

- (• RCO : Mobiliser ses connaissances)
- APP : S'approprier
- ANA-RAI : Analyser, raisonner
- REA : Réaliser
- VAL : Valider
- COM : Communiquer

Séance 1 : Cours

PROGRAMME :

- (Notion) Propagation rectiligne de la lumière.
- (Notion) Vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air.

Rappels

- **ANA-RAI**

Source primaire, objet diffusant.

- **REA**

Faire le schéma d'un faisceau laser.

PROGRAMME : propagation rectiligne de la lumière.

Vitesse de la lumière

- **APP REA**

Calculer la vitesse de propagation de la lumière.

PROGRAMME : Vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air.

- **REA**

Comparer la vitesse de la lumière à d'autres vitesses.

PROGRAMME : effectuer le quotient de deux grandeurs pour les comparer.

PROGRAMME : citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres vitesses couramment rencontrées.

Séance 2 : TP – Spectres d'émission

PROGRAMME :

- (Notion) Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, *spectres de raies*.
- (Notion) Longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.
- (Capacité expérimentale) Produire et exploiter des spectres d'émission obtenus à l'aide d'un système dispersif et d'un analyseur de spectre.

Différents types de spectres

1. APP ANA-RAI

Exploiter qualitativement les spectres de différentes sources lumineuses, distinguer les spectres continus des spectres de raies.

PROGRAMME : spectre continu, spectre de raies.

Un nombre pour caractériser la « couleur » d'une radiation

2. APP ANA-RAI

Lien entre la couleur de la lampe à vapeur de sodium et la longueur d'onde.

PROGRAMME : caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde [...].

3. REA VAL

Réalisation et exploitation du spectre de la lumière émise par une lampe à vapeur de sodium.

PROGRAMME : exploiter un spectre de raies.

Que contient cette lampe ?

4. APP ANA-RAI REA VAL COM

Obtenir et exploiter le spectre de raies d'une lampe spectrale pour déterminer le gaz qu'elle contient, en mettant en œuvre les étapes de la démarche scientifique.

Aide : le document 3 du sujet est complété par les images des spectres de raies.

PROGRAMME : exploiter un spectre de raies.

Séance 3 : De quelle couleur sont les étoiles les plus chaudes ?

PROGRAMME :

- Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud, en mettant en œuvre les étapes de la démarche scientifique.

Évaluation formative et contextualisation (Plickers)

Quel élément permet d'obtenir le spectre d'un rayonnement ? A Une règle B Une loupe C Un réseau D Un thermomètre	Quel spectre correspond à celui de la lumière émise par un gaz excité ? Spectre A  Spectre B 	Une longueur d'onde s'exprime en... A kilogramme (kg) B nanomètre (nm) C Hertz (Hz) D mètre par seconde (m/s)	La longueur d'onde 650 nm correspond à une radiation... A Bleue B Verte C Jaune D Rouge 	D'après vous, quelles sont les étoiles les plus chaudes ? A Les blanches B Les rouges C Les bleues D Comment savoir ? On ne peut pas poser de thermomètre sur une étoile...	
--	---	---	--	---	---

Activité

1. ANA-RAI

Quelles sont les étoiles les plus chaudes ?

Formuler et justifier une hypothèse sur la question, individuellement puis en groupe.

2. REA

Schéma du spectroscope à réseau.

Aide : rappel des éléments nécessaires au montage.

PROGRAMME : produire [...] des spectres...

3. APP ANA-RAI

Spectres continus, enrichissement vers le bleu.

- Version 1 : trouver la température associée à chaque spectre en exploitant les courbes.
- Version 2 : la température de chaque spectre est directement donnée.

Aide : attirer l'attention sur les extrémités du spectre, notamment en comparant le spectre obtenu à haute et « basse » température.

PROGRAMME : caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.

4. ANA-RAI

Classer les étoiles en fonction de leur température d'après le spectre de leur rayonnement.

Aide : quelle couleur devient plus intense quand le corps chauffe ? Comparer avec les spectres précédents.

PROGRAMME : caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.

5. VAL

Conclusion

Supplément

6. APP ANA-RAI

Identifier le gaz en arrière plan de la nébuleuse à tête de cheval d'après son spectre d'émission.

PROGRAMME : exploiter un spectre de raies.

7. RCO REA

Calculer la distance à laquelle est située cette nébuleuse.

PROGRAMME : citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide.

Bilan

COM

Faire un bilan oral de l'activité en reprenant les étapes de la démarche scientifique.
Conclusion dans le cours.

Évaluation

Trois compétences sont évaluées pendant la séance (la dernière pourra être évaluée à la séance suivante si le temps manque).

Compétence	Aptitude et observables	Niveau
REA	Réaliser un schéma correct d'un dispositif expérimental Le schéma est clair, correspond à l'expérience et légendé Un des items ci-dessus manquant Deux des items ci-dessus manquants Incapacité à réaliser le schéma	A B C D
VAL	Avoir un regard critique sur mes résultats Conclusion pertinente avec une critique de l'hypothèse Conclusion pertinente, sans critique de l'hypothèse La conclusion ne répond pas complètement à la question Absence de conclusion	A B C D
COM	Rendre compte de façon orale Évaluation suivant la grille spécifique (cf. ci-dessous)	

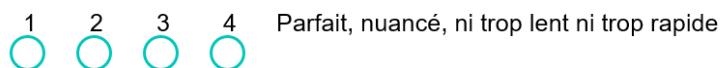
La voix

Inaudible



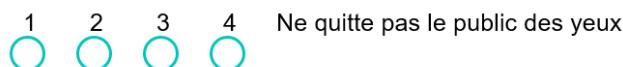
Le débit de parole

Trop rapide ou des hésitations



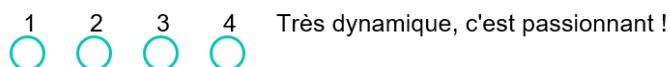
Le regard

Vers le plafond ou le sol



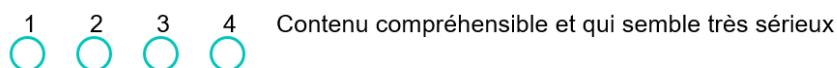
L'attitude

Endormi, on s'ennuie



Le contenu

Beaucoup d'erreurs ou d'imprécisions



Distanciel

Les élèves du groupe 1 qui sont à la maison cette semaine avancent parallèlement aux élèves du groupe 2 présents en classe.

- Une courte classe virtuelle permet de leur présenter le thème de la séquence, en identifiant les points importants. Le travail demandé pour la semaine leur est aussi explicité. Une attention particulière est portée sur la simulation qu'ils devront exploiter pour s'affranchir de certaines difficultés.
- Un quiz QuiZinière permet d'aborder l'obtention de spectres et d'exploiter les spectres de raies. Il s'appuie sur une capsule vidéo.

PROGRAMME : exploiter un spectre de raies.

- L'activité sur le spectre des corps chaud est adaptée au distanciel en exploitant notamment une simulation en ligne.

PROGRAMME : caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.

PROGRAMME : citer la valeur de la vitesse de la lumière.

La semaine suivante, le lycée accueille des épreuves de BTS et ferme ses portes aux lycéens. Un quiz QuiZinière permettra d'évaluer les acquis de cette séquence. Par ailleurs, les élèves seront invités à réaliser eux-mêmes leur spectroscope à l'aide d'un CD. Ils partageront leurs observations sur le groupe physique-chimie de la classe Teams.

TP – Spectres d'émission



En séparant les couleurs qui la composent, les gouttes de pluie dispersent la lumière blanche émise par le Soleil et font apparaître de magnifiques arcs-en-ciel : on observe ainsi naturellement le **spectre** de la lumière blanche. On peut faire de même avec un **prisme** ou un **réseau**. Le spectre du rayonnement émis par un objet permet ensuite d'obtenir des informations sur sa composition, sa température, etc.

Différents types de spectres

Un spectroscope utilise un réseau pour obtenir le spectre de la lumière issue d'une source.

⚠ Ne jamais regarder directement une source intense de lumière comme un laser !

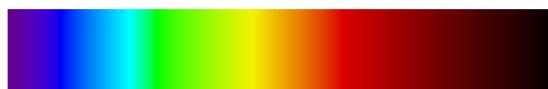
1. APP ANA-RAI

À l'aide d'un spectroscope, proposer une classification des différentes sources de lumière qui vous entourent (deux catégories).



Document 1 : Spectre continu

Un corps chaud (la lave, le filament d'une lampe, etc.) émet de la lumière dont le spectre est **continu**. Par exemple, le spectre de la lumière émise par le Soleil est semblable à celui-ci :

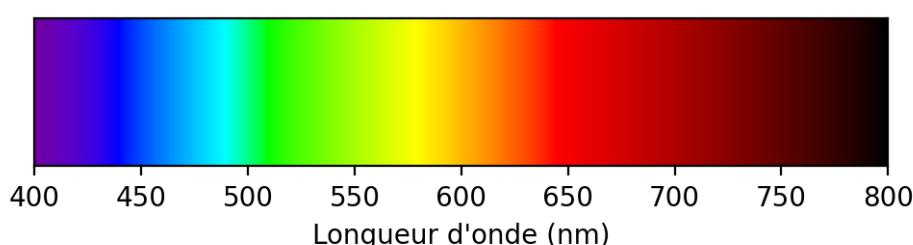


Document 2 : Spectre de raies

Un gaz excité émet de la lumière dont le spectre n'est pas continu. On parle de **spectre de raies d'émissions**. Par exemple, le spectre d'émission de l'hélium est semblable à celui-ci :



Un nombre pour caractériser la « couleur » d'une radiation



2. APP ANA-RAI

La lampe à vapeur de sodium émet un rayonnement quasi **monochromatique** (une seule couleur). Proposer en la justifiant une estimation de la longueur d'onde de ce rayonnement.

3. REA VAL

Vérifier cette hypothèse avec le spectroscope.

Que contient la lampe ?

4. APP ANA-RAI REA VAL COM

Répondre à la question ci-dessus en s'appuyant sur les étapes de la démarche scientifique.

APPEL PROF 1 Présenter le protocole avant de réaliser l'expérience.

Document 3 : Radiations caractéristiques de quelques espèces

Le spectre d'émission d'un élément lui est caractéristique. Le tableau ci-dessous indique la longueur d'onde (en nm) des radiations caractéristiques de quelques espèces.

Mercure (Hg)	405, 436, 546, 578
Cadmium (Ca)	480, 644
Zinc (Zn)	468, 472, 481, 636
Hydrogène (H)	410, 434, 486, 656

Aide à la rédaction du compte-rendu

1. **Hypothèse.** Donnez votre hypothèse et justifiez-la : « Je pense que ... car ... ». ANA-RAI

2. **Protocole.**

Mettre en place un protocole pour vérifier votre hypothèse. Il peut contenir :

- une expérience :
 - (a) liste du matériel ;
 - (b) schémas ;
 - (c) observations et mesures ;
- un calcul :
 - (a) formule littérale ;
 - (b) conversion ;
 - (c) application numérique ;
- un raisonnement, une étude de documents, etc.

3. **Conclusion.** Pour terminer le compte-rendu :

- donner les conclusions en reprenant ce qui a été trouvé dans le protocole ;
- dire si les conclusions sont en accord avec votre hypothèse ;
- répondre à la question posée !

VAL

De quelle couleur sont les étoiles les plus chaudes ?



Comme le filament d'une ampoule ou une barre de métal chauffée à blanc, les étoiles sont des corps chauds (très chauds) qui émettent de la lumière.

On veut établir le lien entre la température d'une étoile et sa couleur, ce qui permet d'étudier précisément certaines de leurs caractéristiques même si elles sont situées très loin de nous.

1. ANA-RAI

Notez votre hypothèse justifiée.

On ne peut pas mesurer directement la température d'une étoile. On va donc tout d'abord utiliser une lampe à incandescence dont on peut modifier la température du filament.

2. REA

Faire un schéma de l'expérience à réaliser pour obtenir le spectre du rayonnement de la lampe. 

APPEL PROF 1 

Pour plusieurs températures différentes, on observe les spectres ci-dessous.

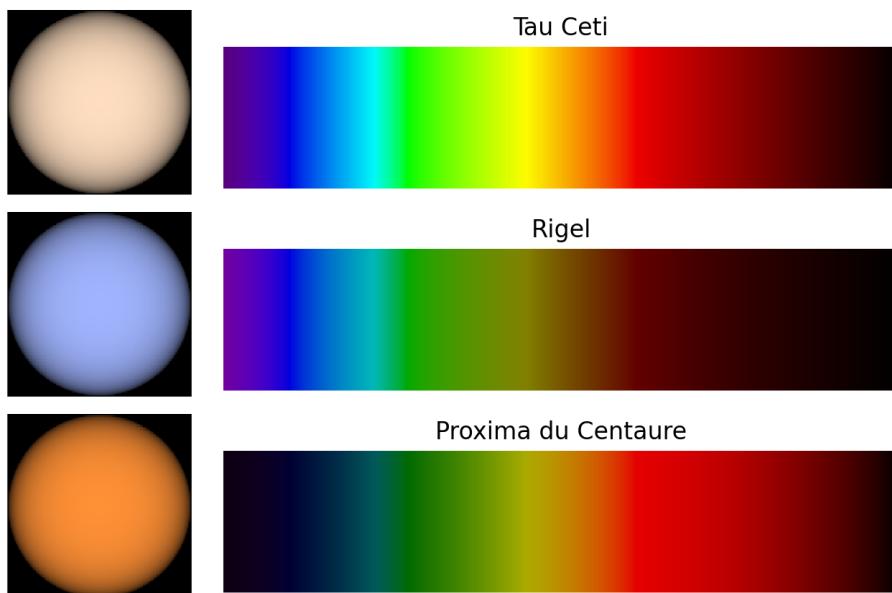
3. APP ANA-RAI

Comment évolue la composition du spectre en fonction de la température ?



Température et couleur des étoiles

Les images ci-dessous montrent la couleur et les spectres de quelques étoiles « proches ».



4. ANA-RAI

Classer ces étoiles de la plus froide à la plus chaude.

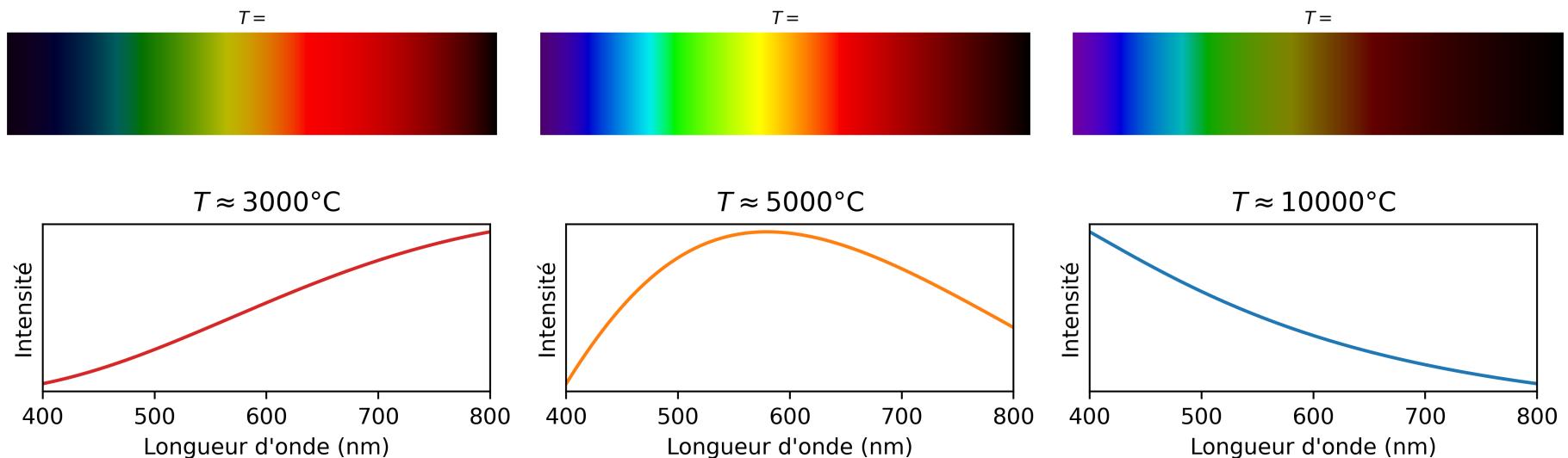


5. VAL

Ces observations confirment-elles votre hypothèse de la question 1 ?

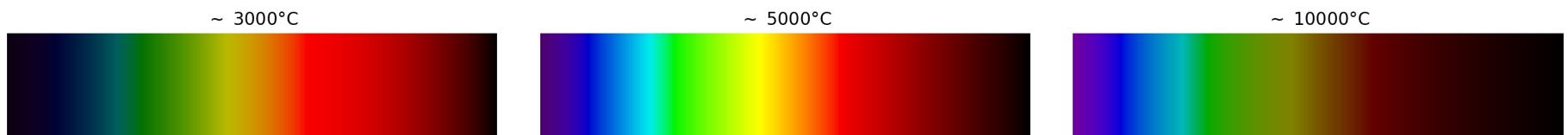
APPEL PROF 2 VAL

Version 1



11

Version 2



Données

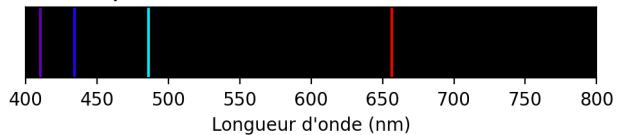
Étoile	Température ($^\circ\text{C}$)
Proxima du Centaure	2 700
Tau Ceti	5 000
Rigel	11 000

La nébuleuse à tête de cheval



La nébuleuse à tête de cheval est un gigantesque nuage sombre formé de gaz et de poussières, situé à environ 1 375 années-lumière.

Elle se distingue grâce à la lumière rougeâtre émise par le gaz excité situé en arrière plan, dont le spectre d'émission est visible ci-dessous.



Les raies caractéristiques de quelques espèces sont données ci-dessous.

Espèce	Longueur d'onde (nm)
Mercure (Hg)	405, 436, 546, 578
Cadmium (Ca)	480, 644
Hydrogène (H)	410, 434, 486, 656

6. APP ANA-RAI

Identifier le gaz rougeâtre situé derrière la nébuleuse.

7. RCO REA

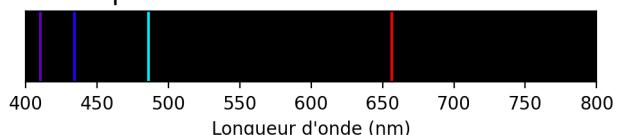
L'année-lumière est une unité de longueur qui correspond à la distance parcourue par la lumière en une année. Exprimer la distance qui nous sépare de la nébuleuse, en mètres.

La nébuleuse à tête de cheval



La nébuleuse à tête de cheval est un gigantesque nuage sombre formé de gaz et de poussières, situé à environ 1 375 années-lumière.

Elle se distingue grâce à la lumière rougeâtre émise par le gaz excité situé en arrière plan, dont le spectre d'émission est visible ci-dessous.



Les raies caractéristiques de quelques espèces sont données ci-dessous.

Espèce	Longueur d'onde (nm)
Mercure (Hg)	405, 436, 546, 578
Cadmium (Ca)	480, 644
Hydrogène (H)	410, 434, 486, 656

6. APP ANA-RAI

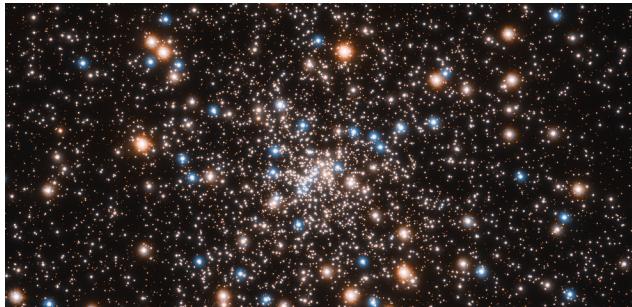
Identifier le gaz rougeâtre situé derrière la nébuleuse.

7. RCO REA

L'année-lumière est une unité de longueur qui correspond à la distance parcourue par la lumière en une année. Exprimer la distance qui nous sépare de la nébuleuse, en mètres.

Les défis confinés – Épisode 7

De quelle couleur sont les étoiles les plus chaudes



Comme le filament d'une ampoule ou une barre de métal chauffée à blanc, les étoiles sont des corps chauds (très chauds) qui émettent de la lumière.

On veut établir le lien entre la température d'une étoile et sa couleur, ce qui permet par exemple d'étudier précisément des étoiles pourtant situées très loin de nous.

1. ANA-RAI

La photo ci-dessus a été prise par le télescope spatial Hubble. On peut l'observer en détail en cliquant [ici](#). On y voit d'innombrables étoiles.

À votre avis, lesquelles sont les plus chaudes : les bleues, les rouges ou plutôt les blanches ? Justifier.

2. APP ANA-RAI

La simulation interactive ci-dessous permet d'obtenir le spectre d'un corps chaud (comme une étoile) en fonction de sa température :

https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html

On peut changer la température du corps avec le thermomètre situé à droite. La température est ici indiquée en kelvin (K) mais avec les valeurs utilisées ici, cette unité est presque équivalente aux degrés Celsius (°C).

Le graphe représente l'intensité lumineuse émise par le corps en fonction de la longueur d'onde donnée en micromètres. On peut modifier les échelles des axes avec les loupes  et .

- Pour une température de 3000K, entre le rouge et le bleu, quelle couleur est émise avec le plus d'intensité ?
- Et pour une température de 10000K ?
- Comment évolue la composition du spectre en fonction de la température ?

3. ANA-RAI

Les images ci-dessous montrent la couleur et les spectres de quelques étoiles « proches ».

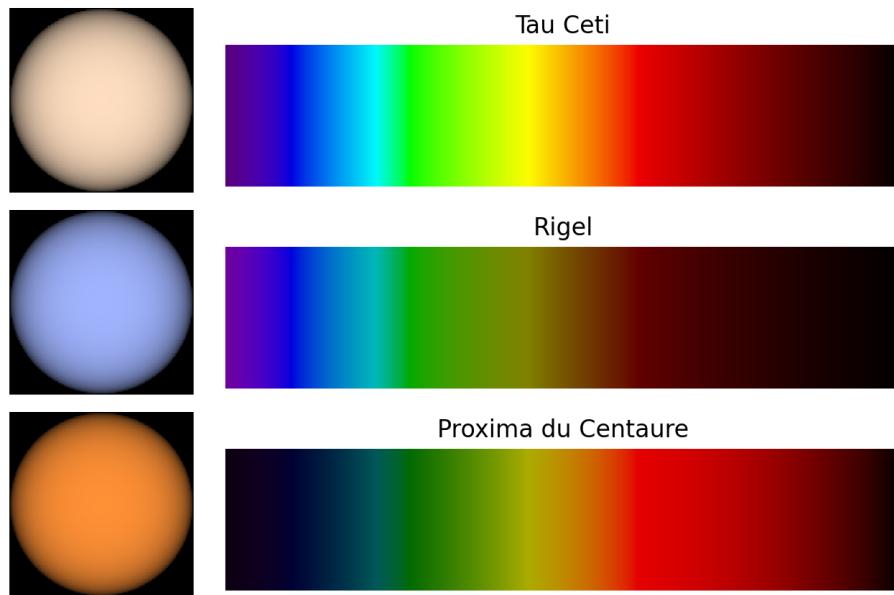
Classer ces étoiles de la plus froide à la plus chaude.

On peut vérifier la réponse à l'aide de l'étoile située en haut de la simulation.



4. VAL

Ces observations confirmant-elles votre hypothèse de la question 1 ?



Vitesse de la lumière

1. **REA**

Le Soleil se situe à une distance $d = 1,50 \times 10^{11}$ m de la Terre. Sa lumière met un temps Δt égal à 8 minutes et 20 secondes à nous parvenir. Calculer la vitesse de la lumière notée c avec ces valeurs.

2. **VAL**

Votre valeur est-elle en accord avec la valeur de référence : $c = 299\,792\,458$ m/s.