

VOIE TECHNOLOGIQUE

Série ST2S : Sciences et technologies de la santé et du social

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Physique-chimie pour la santé

ENSEIGNEMENT
SPÉCIALITÉ

ACTIVITÉ : « UTILISER LES INFRAROUGES POUR DIAGNOSTIQUER UNE PATHOLOGIE »

Cette activité documentaire réinvestit les connaissances sur les infrarouges et permet d'étudier une de leurs utilisations dans le diagnostic médical. Elle développe le lien entre la longueur d'onde maximale de la radiation émise par le corps humain avec le maximum d'intensité lumineuse, et la température de ce corps à travers l'exploitation de la loi de Wien.

Mots-clés

Infrarouges, loi de Wien.

Thème

Prévenir et sécuriser

Partie

La sécurité chimique et électrique dans l'habitat

Question

Comment les infrarouges sont-ils utilisés dans certains systèmes de détection ?

Notions et contenus

Domaine des ondes électromagnétiques. Température d'un corps et rayonnement émis. Loi de Wien et émission d'infrarouges par le corps humain.

Connaissances et capacités exigibles

Connaître les limites de longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets.

Savoir que le corps humain émet des rayonnements infrarouges, invisibles à l'œil nu et sans danger pour l'homme.

Exploiter la représentation graphique de la loi de Wien afin de montrer que le corps humain est émetteur de rayonnements infrarouges.

Recueillir et exploiter des informations sur l'utilisation des rayonnements infrarouges dans certains détecteurs.

Compétence(s) dominante(s) de la démarche scientifique et capacité(s) associée(s)

S'APPROPRIER : rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée (questions 3.2, 4.1, 5.1, 5.4).

ANALYSER/RAISONNER : proposer une stratégie de résolution (questions 2) ; apporter des arguments adéquats pour répondre à la problématique (5.2)

RÉALISER : effectuer une lecture graphique (question 3.2) et une conversion (question 3.2) ; mener une démarche (5.2)

VALIDER : exploiter le résultat d'une démarche (question 3.2) ; faire preuve d'esprit critique (question 5.4)

COMMUNIQUER : présenter de manière argumentée une démarche synthétique et cohérente (5.1, 5.4) ; choisir des modes de représentation appropriée (5.3)

QUESTIONS DE RESTITUTION DE CONNAISSANCES : questions 1 et 3.1

Type d'activité

Activité documentaire

Activité ponctuelle

Durée estimée : 1 h

Retrouvez éduscol sur :



Fiche professeur : Utiliser les infrarouges pour diagnostiquer une pathologie

Type d'activité et démarche pédagogique

L'activité documentaire proposée concerne trois domaines des ondes électromagnétiques. Le premier volet, grâce à l'exploitation d'une représentation graphique fournie ou de la loi de Wien, prouve que le corps humain est un émetteur de rayonnements infrarouges. Par la suite sont abordés les dangers liés à l'absorption de rayonnements infrarouges par le corps humain. Enfin, le dernier volet de l'activité concerne la thermographie DITI utilisée pour diagnostiquer des pathologies, comme par exemple les tumeurs cancéreuses.

Situation de l'activité dans la progression

Cette activité s'inscrit dans le premier thème « Prévenir et sécuriser » et contribue à apporter des réponses à la question « Comment les infrarouges sont-ils utilisés dans certains systèmes de détection ? ».

Cette activité peut être proposée aux élèves après avoir apporté un corpus de connaissances et ciblé les capacités exigibles suivantes : « Connaître les limites de longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets. Savoir que le corps humain émet des rayonnements infrarouges, invisibles à l'œil nu et sans danger pour l'homme ».

Au préalable, il est possible de permettre à l'élève d'observer le spectre d'une lampe à incandescence obtenu à l'aide d'un réseau optique, lampe dont il modifie la luminosité en faisant varier la tension entre ses bornes à l'aide d'un rhéostat. La mesure de la température du filament peut être réalisée à l'aide d'un thermomètre infrarouge.

Prérequis

Les compétences et capacités exigibles de la classe de seconde remobilisées sont :

- caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud ;
- caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.

Les compétences et capacités exigibles de la classe de première ST2S remobilisées sont :

- connaître les limites de longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets ;
- savoir que le corps humain émet des rayonnements infrarouges, invisibles à l'œil nu et sans danger pour l'homme.

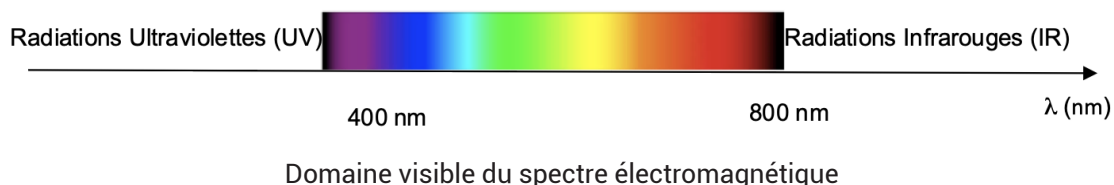
Conseils de mise en œuvre

Cette activité peut être menée en classe entière. Il est possible de faire travailler les élèves individuellement en autonomie ou de prévoir une organisation en groupes à effectifs réduits. Les élèves sont répartis en îlots de quatre élèves :

- soit par niveaux homogènes afin de remédier aux mêmes champs de difficultés. Le professeur aura anticipé les obstacles prévisibles des élèves et préparé des jokers pour accompagner les élèves dans la réalisation des tâches demandées. Il peut s'agir par exemple d'aider les élèves pour les questions 2 et 5.2 à mettre en relation les informations issues des différents documents ;
- soit par niveaux hétérogènes et favoriser un partage de compétences entre pairs. La réponse à chaque question pourra être rédigée par l'élève qui montre le plus de difficultés sur le contenu à mobiliser.

Éléments de correction

1.

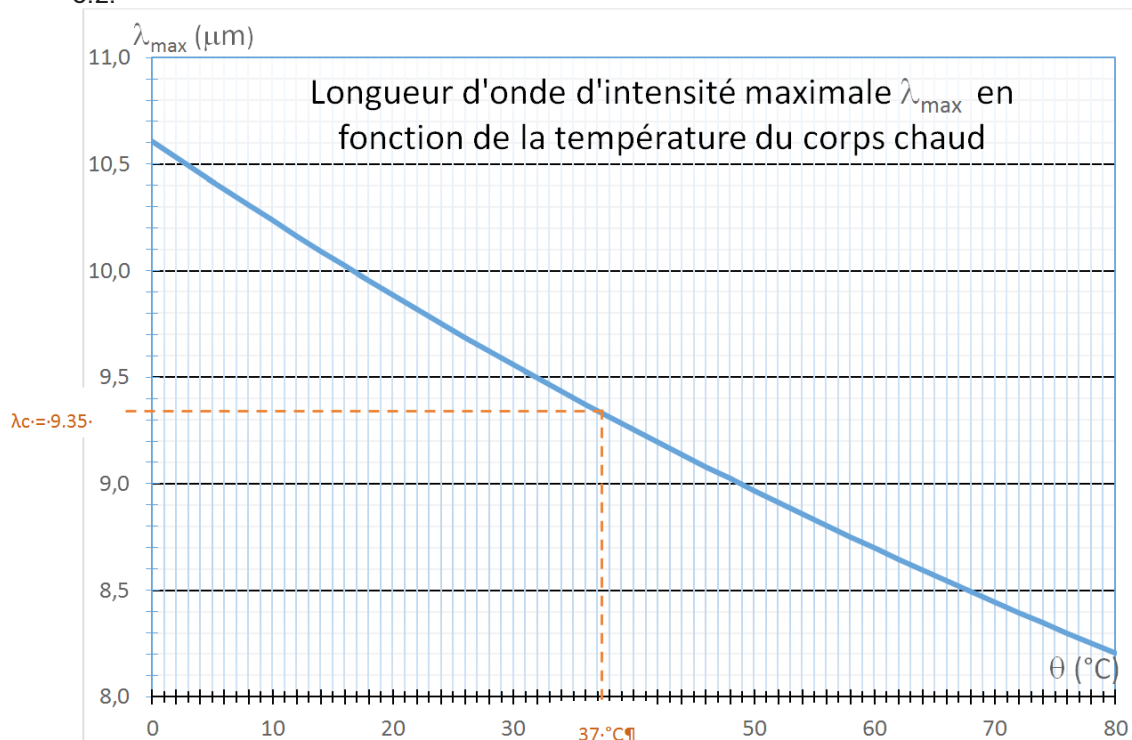


2. La courbe tracée dans le document 2 est décroissante : si la température augmente alors la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ diminue. Les deux grandeurs $\lambda_{\max}$ et température sont inversement proportionnelles, ce qui est cohérent avec la formule de la loi de Wien où l'on retrouve la température au dénominateur et une constante au numérateur.

3.

3.1. La température moyenne du corps humain est d'environ 37 °C (la valeur normale est comprise entre 36,1 °C et 37,8 °C selon les individus).

3.2.



Retrouvez eduscol sur :



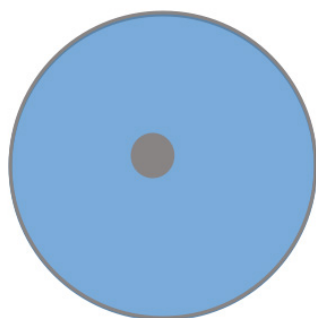
Par lecture graphique, on mesure une longueur d'onde maximale égale à $9,3 \mu\text{m}$. On a donc $\lambda_c = 9,3 \mu\text{m} = 9300 \text{ nm}$. La longueur d'onde émise est supérieure à 3000 nm : le corps humain émet donc principalement des IRC.

4.

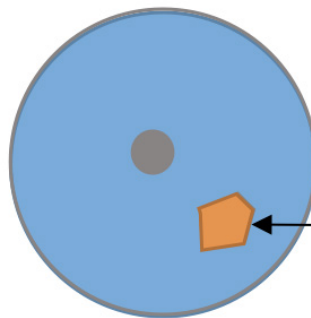
- 4.1. Les rayonnements infrarouges « entraînent une élévation de la température des tissus exposés » et ainsi « portent atteinte au système de thermorégulation » et peuvent provoquer des brûlures cutanées et des lésions oculaires lors d'une exposition prolongée. Ils peuvent aussi « pénétrer le derme » et créer une vasodilatation.
- 4.2. Les rayonnements IR sont moins dangereux que les rayonnements UV, car ils provoquent des brûlures cutanées qui sont des conséquences bien moins néfastes sur le long terme que les effets mutagènes et cancérigènes des rayonnements UV.

5.

- 5.1. La température θ_T d'une tumeur est supérieure à celle θ_c du corps humain, car la modification de la vascularisation due à la présence d'une tumeur entraîne une augmentation de la température de ce tissu.
- 5.2. D'après la question précédente, $\theta_T > \theta_c$. Si on choisit une température supérieure à θ_c et qu'on la reporte sur le graphique, par lecture graphique, on constate que $\lambda_T < \lambda_c$.
- 5.3. D'après le document 5 et les questions précédentes, les tissus de la tumeur ont une température supérieure à celle des tissus sains : les tissus de la tumeur ressortiront en rouge alors que les tissus sains ressortiront plutôt en bleu.



a : Schéma d'un sein en bonne santé



b : Schéma d'un sein porteur d'une tumeur cancéreuse

- 5.4. La méthode DITI est une méthode indolore, non invasive et non destructive pour le patient comparé à la mammographie qui n'est pas sans douleur et expose le patient à des rayonnements X ionisants. En outre, elle nécessite peu de matériel et facilite l'accès au dépistage en couvrant davantage de zones rurales. Toutefois, cette méthode ne s'applique que pour des patients âgés de moins de 50 ans dont la densité des tissus mammaires est suffisante. Elle est donc complémentaire de la mammographie qui sera par conséquent préconisée dans toutes les autres situations.

Remarque : pour plus d'informations, l'institut national de recherche et de sécurité (INRS) propose un hors-série intitulé « [Rayonnements optiques & électromagnétiques au travail](#) ».

Fiche élève : Utiliser les infrarouges pour diagnostiquer une pathologie

Contexte de l'activité

La plupart des objets du quotidien et les êtres vivants émettent des rayonnements infrarouges. Ce sont des rayonnements électromagnétiques invisibles pour l'œil humain qui trouvent des applications dans le secteur industriel pour la découpe de métaux (LASER infrarouge), dans les systèmes d'alarme pour la détection des intrusions ou encore pour le chauffage (plaques de cuisson vitrocéramiques, couveuses, etc.).



Un exemple de caméra thermique d'après pixabay.com

Le rayonnement infrarouge est également utilisé dans le domaine médical à des multiples fins. La caméra thermique est l'un des outils de diagnostic qui enregistre les différents rayonnements infrarouges émis par le corps humain et dont la nature varie en fonction de sa température.

La caméra thermique permet le relevé de la température d'une surface donnée du corps humain quand celle-ci est perturbée par des variations métaboliques ou vasculaires d'origines tumorale, nerveuse, inflammatoire ou traumatique. La détermination de la température se fait en exploitant la loi de Wien.

Consigne(s)

Votre mission est de comprendre le principe de détection d'une tumeur cancéreuse en exploitant les propriétés du rayonnement infrarouge.

Document 1 : Loi de Wien

La loi de Wien permet de relier la température de surface T d'un corps chaud à la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ de la radiation émise par ce corps avec le maximum d'intensité lumineuse :

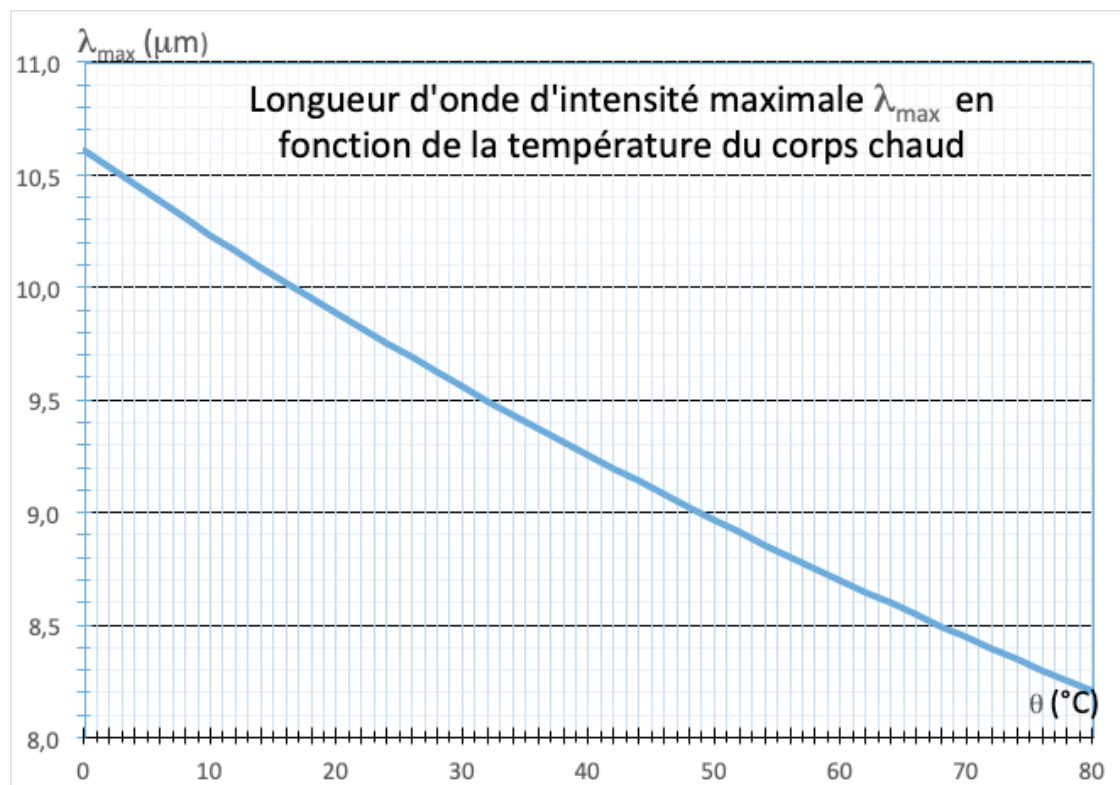
$$\lambda_{\max} = \frac{\text{constante}}{T}$$

avec : $\lambda_{\max}$ en mètre (m),

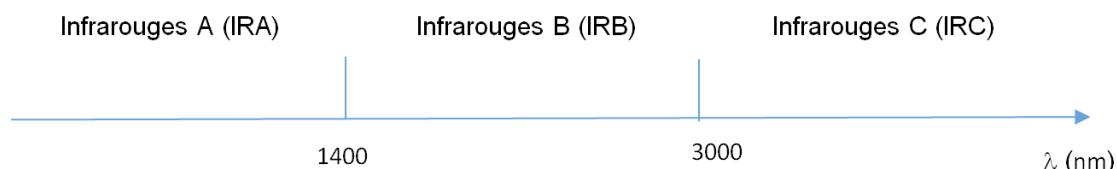
T en Kelvin (K),

$$\text{constante} = 2,89 \times 10^{-3} \text{ m.K}^{-1}.$$

Document 2 : Graphique permettant de déterminer la température d'une source à l'aide de la loi de Wien



Document 3 : Domaines de longueur d'onde des rayonnements infrarouges



Document 4 : Les effets des rayonnements infrarouges (IR) sur le corps humain

Les infrarouges portent atteinte au système de thermorégulation du corps humain. Ils entraînent une élévation de la température des tissus exposés avant que les effets des ultraviolets ne soient perceptibles. Une exposition prolongée au rayonnement infrarouge risque de provoquer des lésions oculaires, mais aussi des brûlures cutanées en surface et également en profondeur. Le rayonnement infrarouge est néanmoins beaucoup moins dangereux que le rayonnement ultraviolet, il n'est pas ionisant, ne provoque donc pas de mutations cellulaires et est de ce fait non cancérigène.

Cependant, le rayonnement infrarouge peut pénétrer le derme créant une vasodilatation et transmettant leur énergie aux tissus. Cela se fait en profondeur pour les infrarouges IRA

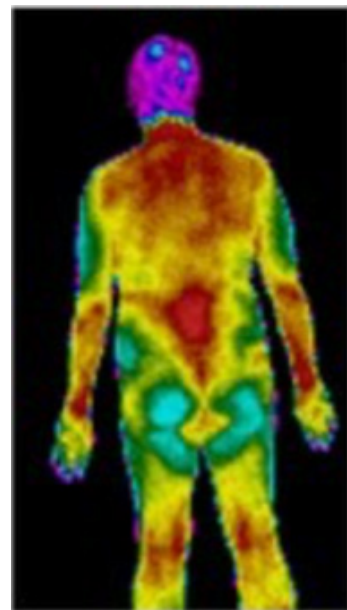
courts (de l'ordre du centimètre de profondeur) et en surface pour les infrarouges IRB et IRC longs (de l'ordre du millimètre de profondeur). C'est pourquoi les rayons IRB et IRC sont plus dangereux pour la peau : toute l'énergie se concentre sur la surface cutanée ce qui cause des brûlures.

Document 5 : Une technique de dépistage du cancer du sein

La thermographie DITI (Digital Infrared Thermal Imaging) est une technique récente, non invasive, indolore et non destructive de dépistage précoce du cancer du sein. Elle est surtout utilisée aux États-Unis sur des patientes âgées de moins de cinquante ans pour lesquelles la densité de tissus mammaires est importante.

Cette technique est basée sur la mesure de la température de surface des seins. Une augmentation de la valeur de cette dernière consécutive à une modification de la vascularisation est en effet le signe d'une tumeur naissante.

Lors de l'examen, la patiente après un repos d'au moins quinze minutes est installée sur un siège en face d'une caméra infrarouge tournante dans une pièce où la température est comprise entre 21 et 25 °C. Les différentes prises de vue permettent de reconstituer une image en 3D du sein avec un codage couleur selon la température des différentes zones. Les tissus les plus froids apparaissent en bleu et les tissus les plus chauds apparaissent en rouge sur l'écran de la caméra thermique.



Suite à l'évolution des performances des caméras, les résultats d'une thermographie DITI sont aujourd'hui équivalents à ceux d'une mammographie exposant la patiente à un rayonnement X ionisant (ce qui empêche son utilisation répétée, non pas sans gêne et douleur puisqu'une compression progressive est appliquée pour diminuer l'épaisseur du sein afin d'obtenir un cliché de bonne qualité et donc un diagnostic fiable).

La thermographie DITI présente de plus l'avantage de ne nécessiter que peu de matériel et de pouvoir améliorer la couverture des zones rurales en termes de prévention.

En cas de doute et pour confirmation, quelle que soit la méthode de dépistage utilisée, une cytoponction ou une biopsie seront nécessaires pour asseoir le diagnostic.

Donnée :

- 1 μm correspond à 1000 nm.
- Passage d'une température exprimée en degrés Celsius (°C) en Kelvin (K) :

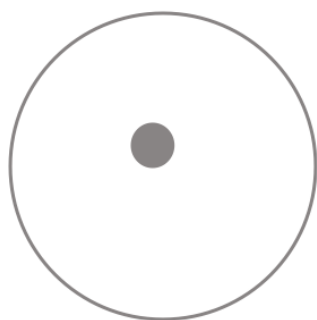
$$T(\text{K}) = 273 + \theta(^{\circ}\text{C})$$

Questions

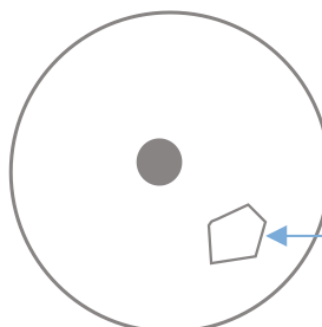
1. Compléter le diagramme ci-dessous en indiquant le domaine des ondes électromagnétiques. Indiquer les valeurs limites de longueurs d'onde des radiations du domaine du visible. (RCO)



2. L'énoncé de la loi de Wien est-il cohérent avec l'évolution du graphique $\lambda_{\max} = f(\theta)$ du document 2 ? (ANA/RAIS)
- 3.
- 3.1. À l'aide de vos connaissances, rappeler la température moyenne du corps humain ainsi que l'unité associée. (RCO)
- 3.2. Quelle est la valeur en nanomètres de la longueur d'onde λ_c du rayonnement principalement émis par le corps humain ? En déduire la nature de ce rayonnement. (APP, REA, VAL)
- 4.
- 4.1. Citer les dangers liés à l'absorption de rayonnements infrarouges par le corps humain. (APP)
- 4.2. Comparer les rayonnements IR et UV en termes de dangerosité pour la santé. Argumenter la réponse. (APP)
- 5.
- 5.1. À l'aide du document 4, préciser si la température θ_T d'une tumeur est inférieure ou supérieure à celle θ_c du corps humain ? Argumenter la réponse. (APP, COM)
- 5.2. En explicitant la démarche, comparer la longueur d'onde du rayonnement émis par une tumeur cancéreuse λ_T à celle λ_c du rayonnement émis par le reste du corps humain. (ANA/RAIS, REA)
- 5.3. Compléter alors les schémas ci-dessous à l'aide des couleurs appropriées. (COM)



a : Schéma d'un sein en bonne santé



b : Schéma d'un sein porteur d'une tumeur cancéreuse

tumeur

- 5.4. Conclure en expliquant l'intérêt et les limites de la thermographie DITI pour le dépistage de cancers du sein en la comparant à d'autres méthodes utilisées dans le domaine médical. (APP, COM, VAL)