

↳ Présentation générale de la séquence pédagogique

Thème du programme		Sous-thème	
Vêtement et revêtement		Propriétés des matériaux	
Titre	<p align="center"> « Recherche chaleur désespérément ! » Les transferts thermiques vus sous une approche phénoménologique ancrée sur le quotidien. </p>		
Type d'activité	Activité d'investigation par groupes		
Conditions de mise en oeuvre	durée	1H (1H 30 en intégrant les activités expérimentales)	
	acquis		
Partie concernée du programme			
Notions et contenus		Capacités exigibles	
Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Conductivité thermique des matériaux. Résistance thermique.		<ul style="list-style-type: none"> • Décrire qualitativement les trois modes de transfert thermique en citant des exemples. • Classer des matériaux selon leurs propriétés isolantes, leur conductivité thermique étant donnée. • Définir la résistance thermique. • Déterminer la résistance thermique globale d'une paroi d'un système constitué de différents matériaux. 	
Compétences transversales		<ul style="list-style-type: none"> - faire preuve d'initiative, de ténacité et d'esprit critique - confronter ses représentations avec la réalité - observer en faisant preuve de curiosité - mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile fournie par un document, une situation, ou une expérience. - raisonner, démontrer, argumenter, exercer son esprit d'analyse - travailler en groupe 	
Mots clés de recherche		transferts thermiques, température, chaleur, conductivité thermique, flux thermique	
Auteurs	Marie-Gabrielle PLAT		Sciences Physiques et Chimiques Académie de Montpellier
			 http://webpeda.ac-montpellier.fr/spc/

↳ Déroulement de la séquence pédagogique

Fiches élèves

Document support

« Recherche chaleur désespérément ! »

Une scène surprenante :



L'agent municipal est surpris par la situation présentée dans cette image qui regroupe un certain nombre de comportements aberrants.

Différentes missions vous sont confiées. Un document réponse est mis à votre disposition.

Mission N°1 : « Cherchez l'erreur ! »

Dresser une liste des attitudes aberrantes et anomalies de cette scène en argumentant.

Mission N°2 : « La raison retrouvée »

On imagine une suite à cette histoire: l'agent de police réussit à convaincre la famille (baptisée pour l'occasion « *Excentric* ») de s'installer dans le chalet que l'on suppose récent et convenablement équipée.

Quels conseils leur donnerez-vous pour qu'ils se réchauffent ? Quels sont les différents moyens possibles ? Sachant que la famille *Excentric* a besoin d'arguments objectifs, vous tenterez de développer ces arguments en proposant, par exemple, des expérimentations simples comme moyens de vérification.

La mission N°3 vous sera confiée une fois les premières réalisées : nous tenons d'abord à vous tester !

En vérité, nous ne doutions pas de vos capacités ! Aussi, nous vous livrons les prochaines missions.

Mission N°3 : « Un scénario en forme de happy end »

Des élèves ont imaginé un scénario et on vous demande d'en faire une critique argumentée.

Les personnages de l'image s'installent donc dans le chalet et l'agent demande à Mr Excentric de « fermer toutes les portes et fenêtres sans oublier de tirer les rideaux » sans toutefois calfeutrer les aérations.

- Toutes les recommandations de l'agent sont-elles nécessaires ? Argumentez.

L'agent désire savoir si « les fenêtres sont équipées de double vitrage ». Mr Excentric le regarde, perplexe : il ne s'est jamais posé la question et n'en voit pas l'intérêt.

- Et vous, qu'en pensez vous ?

L'agent leur recommande ensuite de se vêtir de vêtements « chauds ».

- Qu'entend-il par « vêtements chauds » ?
- Dans cette liste, lesquels conseillerez-vous à la famille Excentric : T-shirts en coton, pulls en acrylique, pulls en laine, sweats en fibre polaire, collants, jeans, parka en duvet, blouson en cuir, un gilet en microfibre, un coupe-vent « style K-way », veste en poils de lapin.
- A propos de la veste en poils de lapin, Mme Excentric indique qu'elle mettra le côté fourrure à l'intérieur. Cela change t-il quelque chose sachant que l'objectif est le même : « s'habiller chaudement » ?

Le chauffage au gaz est mis en route et Mme Excentric installe son bambin tout près.

- De quelle manière l'enfant sera-t-il réchauffé ?

« Maintenant, il ne nous reste plus qu'à déguster une boisson chaude ! » s'exclame Mme Excentric. L'agent, voulant se montrer aimable, annonce qu'il a du café dans sa bouteille thermos mais il réalise aussitôt qu'il n'en a qu'une petite quantité.

Mr Excentric propose de préparer un délicieux chocolat chaud. Dès que celui-ci est prêt, Mr Excentric verse la même quantité de boisson chaude dans des bols de taille identique mais de matériau différent : un bol en verre, un bol en aluminium, deux bols en plastique. Son épouse se précipite sur le bol en aluminium et dit : « je vais en profiter pour me réchauffer aussi les mains ! Et le visage en même temps ! ».

- Comment Mme Excentric va-t-elle s'y prendre :
pour se réchauffer les mains ?
pour se réchauffer le visage ?
- Le choix du bol en aluminium a t-il une importance ?

L'agent reçoit un appel sur son portable et ne peut donc boire immédiatement son chocolat mais seulement au bout d'environ un quart d'heure.

- Sera-t-il réchauffé par la boisson ? Et si son appel avait duré 2 fois plus longtemps ?
- Aurait-on pu lui conseiller de choisir un bol en particulier ?

Quelques instants plus tard, dans cette atmosphère douillette et « réchauffée », l'Agent déclare : « Ah ! Comme cela fait du bien la chaleur humaine ! Avec un temps pareil, plus on est nombreux, mieux on se porte ! ».

- Fait-il uniquement allusion à la compagnie agréable de la famille Excentric ?

Mission N°4 : « Une demande de bilan »

Distinguez-vous un ou plusieurs mécanismes de transmission de la chaleur ? Vous pouvez vous appuyer sur les missions précédentes et/ou proposer d'autres exemples issus du quotidien.

Document réponses

Mission N°1 :

Liste des attitudes aberrantes et anomalies

Mission N°2 :

Liste des différents moyens pour se réchauffer une fois les personnages installés dans le chalet.

Vos propositions d'expériences simples.



Mission N°3 : Donnez un avis argumenté sur les questions et/ou propositions suivantes :

Toutes les recommandations de l'agent sont-elles nécessaires ?	
Intérêt éventuel du double vitrage ?	
Votre choix de « vêtements chauds » dans la liste proposée. Avez-vous des suggestions ?	
Intérêt de s'installer près du chauffage au gaz ?	
La bouteille thermos de l'agent : indiquez quel est son rôle et donnez une description même très simple de sa constitution.	
Une histoire de bols : Comment Mme Excentric va-t-elle s'y prendre : pour se réchauffer les mains ? pour se réchauffer le visage ?	
Quel bol conseillera t on à l'agent ?	
La chaleur humaine : est-ce juste « une affaire de sentiments » ?	

Mission N°4 :

Un seul et unique mécanisme de transfert de la chaleur ou au contraire plusieurs ?

Fiche professeur

Activités élèves

Cette séquence comporte deux documents :

- le document support avec la situation déclenchante et les missions
- le document réponse (en pratique, dans un premier temps, le professeur distribue seulement les missions N°1 et N°2)

Le document support permet de faire émerger un certain nombre de questions visant à dénombrer et distinguer les trois modes de transferts thermiques ainsi que leurs représentations concernant les notions de chaleur et température.

Les élèves sont invités à travailler par groupe de quatre, du matériel et l'accès à des documents virtuels (ou sur support papier) sont mis à leur disposition. La séance se termine par une phase de synthèse.

Présentation du matériel nécessaire

Afin d'atteindre au mieux les compétences visées, la séance gagnera à se dérouler dans une salle multifonctionnelle : équipement vidéoprojecteur, PC avec connexion internet et possibilité de pratiquer des activités expérimentales.

Le matériel expérimental :

- différentes fibres : laine, fibre polaire, coton, fibres synthétiques (acrylique, polyester...),
- bouteilles isolantes (thermos) en métal et en plastique, couverture de survie, protection pour les pare-brise (solaire, antigel)..., sacs isothermes de supermarché, récipients de différents matériaux de forme et d'épaisseur identiques et non identiques (verre, acier inox, faïence...),
- vases calorimétriques, thermomètres, chronomètres

Pistes pour l'évaluation

Un questionnaire à choix multiples est envisagé, il pourrait se présenter sous la forme d'un Quizz intitulé, par exemple : « Faire le tour des transferts thermiques en 10 questions ».

Une partie de ces questions pourrait émaner de la classe (les apprenants auraient proposé une dizaine de questions, les réponses ayant été travaillées en classe), à la charge de l'enseignant d'en extraire quelques unes et d'en inclure d'autres.



1. Commentaires sur la séance et sur les missions des élèves

Cette séance¹ peut servir d'évaluation diagnostique, elle vise également l'émergence des représentations-conceptions² des élèves sur la température, la chaleur et ses mécanismes de propagation. Température et chaleur sont des concepts familiers de la vie quotidienne qui entraînent des représentations diverses et leur utilisation dans le langage commun s'éloigne plus ou moins de la rigueur attendue en sciences. C'est donc de par son ancrage dans le quotidien qu'il nous a semblé opportun d'employer dans une première séance avec les élèves le terme de *chaleur* ou *propagation de la chaleur* et non ceux de *transferts thermiques*, *transferts d'énergie*, *flux thermiques* qui les placeraient trop tôt dans des idées plus abstraites.

S'agissant d'une approche phénoménologique, on s'en est volontairement tenu à l'échelle macroscopique³. Si quelques manipulations sont effectivement proposées (et elles ont été qualifiées de « simples » dans la mesure où le matériel est peu coûteux et le protocole relativement facile à mettre en œuvre), c'est le caractère qualitatif qui est privilégié dans cette séance qui doit être considérée comme une introduction sur les transferts thermiques.

Mission N°1 :

Liste des attitudes aberrantes et anomalies

Excepté l'agent de police, les personnages sont en « tenue d'été » plutôt que d'hiver ! L'enfant en maillot est assis à même la neige. Un élève note : « c'est le monde à l'envers ! ».

Le parasol est inutile, des lunettes de soleil seraient plus opportunes s'il s'agit de se protéger de la réflexion⁴ du rayonnement solaire par la neige. Si la peau humaine nécessite effectivement une protection renforcée afin d'éviter les coups de soleil, cette protection se limite au visage seule partie habituellement exposée dans une telle situation. Le ventilateur (la question de son alimentation électrique sera peut-être soulevée par les élèves) qui déplace de l'air accentuera la perte de chaleur du corps. Par contre, on peut remarquer que le personnage féminin bénéficie des conditions les moins « néfastes » puisqu'elle est près de la source de chaleur du barbecue (rayonnement et convection, ces termes ne sont pas employés par les élèves, du moins pas spontanément). On pourra aborder la température et ses unités (Celsius, Kelvin).

Mission N°2 :

¹ Cette séance (les 4 missions) a été testée et comporte quelques réponses d'élèves en classe de première STI génie électronique. Compte tenu du nombre restreint de sujets interrogés, les réponses et commentaires sont à considérer comme une « tendance » sans prétention de généralisation.

² Bachelard (1938) a permis de comprendre que les concepts ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance et que, par conséquent, l'élève n'arrive pas l'esprit « vierge » devant les phénomènes à étudier. Des exemples de réponses sont donnés dans la suite du document.

³ Concernant l'échelle microscopique (structure de la matière), on ne s'interdira pas de l'aborder dans cette séance si les élèves par leurs questions et/ou tentatives d'explication en ont eu, en quelque sorte, l'initiative. Ainsi, pour la température sera considérée comme un « témoin » du lien entre ce qui est mesuré à l'échelle macroscopique et les comportements microscopiques de la matière. Un regard sur l'Histoire des Sciences nous rappelle qu'on a su mesurer la température avant de la comprendre (Thermoscope de Galilée (1592) pour indiquer le « degré d'échauffement »). La question ne se posait pas à en terme d'agitation thermique et de particules.

⁴ Le transfert par rayonnement semble moins « intuitif » pour les élèves par rapport à la conduction et, avec la réflexion du rayonnement sur la neige, on tient là un exemple dans lequel ce terme sera employé et compris « spontanément » par eux.

Liste des différents moyens pour se réchauffer une fois les personnages installés dans le chalet.

La mission définit le contexte : les personnages sont maintenant à l'intérieur du chalet. On peut prévoir que les apprenants vont recommander de fermer les portes, les fenêtres, de se vêtir « correctement » ou « chaudement », de faire fonctionner un chauffage, de se tenir chaud en restant « collé », de se frotter les mains, de boire ou manger quelque chose de chaud.

Commentaires :

Si les différents mécanismes de transferts thermiques sont sous-jacents dans les exemples que les élèves donneront probablement, il conviendra de distinguer les réponses pour lesquelles l'élévation de la température sera obtenue par frottement.

Mission N°3 :

Commentaires : Cette mission « guide » davantage les élèves avec des interventions de l'enseignant « à moduler ».

Elle s'avérera relativement efficace pour cerner les représentations des apprenants aussi, les productions des élèves seront relevées (mais non notées !). Cette mission ne sera probablement pas suffisante pour atteindre toutes les notions visées, à savoir :

- réaliser que la chaleur est une forme d'énergie en transfert, elle se transmet d'un corps chaud à un corps froid donc à cause de leur différence de température
- distinguer les différents modes⁵ de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement (l'introduction du vocabulaire adéquat peut se faire dans une deuxième phase). Les termes et expressions à mettre en place dans un premier temps sont ceux de température, écart de température, chaleur qui se propage, isolant ou conducteur thermique, conductivité thermique voire flux thermique.

La mission N°3 comme la mission N°4 « préparent en quelque sorte le terrain » et favoriseront la réception d'un cours plus classiquement structuré.

Donnez un avis argumenté sur les questions et/ou propositions suivantes :

Toutes les recommandations de l'agent sont-elles nécessaires ?	oui ! il faut se protéger des courants d'air, diront certains élèves mais « tirer les rideaux » est jugé inutile par une majorité des sujets interrogés. Les fenêtres et les baies constituent une des principales sources de perte de chaleur dans les maisons plus que pour les caravanes (baies de petites dimensions). On peut néanmoins extrapoler le raisonnement. La couche d'air située de chaque côté de la fenêtre joue le rôle d'un isolant et c'est là qu'a lieu l'essentiel de la baisse de la température entre l'extérieur et l'intérieur d'une habitation. Ainsi, des rideaux placés devant des fenêtres réduisent les pertes de chaleur.
Intérêt éventuel du double vitrage ?	Le « vitrage » des caravanes n'est certes pas constitué de verre mais le principe du double vitrage reste le même : piéger une quantité d'air. Il est préférable d'augmenter la largeur de la couche d'air plutôt que de placer des panneaux plus épais. Si les élèves semblent savoir que le double vitrage « isole du froid », ils ont des difficultés à l'expliquer.
Votre choix de « vêtements ⁶ chauds » dans la liste proposée. Avez-vous des suggestions ?	Les élèves sont amenés à s'interroger sur le rôle des vêtements et à choisir ceux qui sont adaptés à la situation. Ce n'est pas le tissu qui protège du froid mais à nouveau l'air qui s'y trouve enfermé. Les habits tiennent chaud car ils empêchent l'air de circuler librement. Ainsi, le duvet constitue un bon isolant car en se gonflant, il emprisonne beaucoup d'air. Certains élèves indiquent que les vêtements doivent être secs et que les tissus techniques sont de « bons isolants ».
Intérêt de s'installer près du chauffage au gaz ?	La chaleur est émise par convection et rayonnement dans la caravane.

⁵ On recherche surtout des exemples où un des modes de transferts est dominant sachant que deux ou trois de ces phénomènes peuvent se produire simultanément.

⁶ Ce sont les termes « acrylique » et « microfibre » qui ont suscité des questions...

	<p>Le terme rayonnement a seulement été employé par les élèves lorsqu'on évoque une exposition au soleil : « le rayonnement UV ». Ceux d'ondes électromagnétiques ou de longueur d'onde n'ont été mentionnés à aucun moment. Le rayonnement thermique n'exige pas de support matériel, ce qui ne ressort pas pour l'exemple choisi. En parlant du rayonnement solaire, on pourra faire remarquer que le transfert par rayonnement peut se produire dans le vide.</p>
<p>La bouteille thermos de l'agent : indiquez quel est son rôle et donnez une description même très simple de sa constitution.</p>	<p>Les « tas d'air » : ça isole ! c'est encore l'idée ici. Si on ne peut pas empêcher que la température de la boisson initialement chaude baisse, on ralentira son refroidissement. Le thermos⁷ est une bouteille avec 2 parois séparées par très peu d'air (vide partiel) le rayonnement est le mécanisme dominant entre l'extérieur et l'intérieur de la bouteille (intérêt du métal, si le plastique a du succès c'est à cause de sa légèreté). Les élèves n'expliquent pas le fonctionnement mais répondent qu'il est en aluminium.</p>
<p>Une « histoire de bols » : Comment Mme Excentric va-t-elle s'y prendre : pour se réchauffer les mains ? pour se réchauffer le visage ?</p>	<p>Les élèves répondent qu'elle va appliquer ses mains sur le bol et placer son visage au dessus du récipient. Ils ne fournissent pas spontanément plus d'explications. Quitte à donner un coup de pouce, on peut amener les élèves à indiquer que la conduction (les mains appliquées sur le bol) se produit uniquement s'il y a un écart de température et que ce processus repose sur un contact direct. La chaleur « s'écoule⁸ » de la zone de haute température vers la zone de température inférieure. Il n'y a pas de déplacement de matière. Pour la convection, la chaleur se propage par un mouvement de matière, l'air chaud monte car il est moins dense que l'air froid (l'air se dilate en se réchauffant d'où une diminution de la masse volumique donc son élévation)</p>
<p>L'agent reçoit un appel téléphonique et ne peut donc boire immédiatement. Quel bol conseillera t-on à l'agent ?</p>	<p>L'agent risque fort de boire un chocolat qui n'est plus chaud, des élèves indiquent « tiède », « froid ». On peut alors demander aux élèves d'indiquer la température de la boisson au bout d'une demi-heure si la température à l'intérieur de la caravane est stabilisée à 18°C. On établira qu'un objet se trouve en équilibre thermique avec le milieu extérieur lorsque tous 2 parviennent à la même température. Concernant le matériau à choisir, la question est de trouver celui pour lequel la température a le moins chuté au bout d'un quart d'heure : les élèves ont des difficultés à faire un choix. Une expérimentation relativement simple peut être mise en œuvre (fournir des récipients de différents matériaux, eau chaude, thermomètres, chronomètres). On peut également revenir sur la situation précédente (qui a pu troubler les élèves): Mme Excentric a-t-elle raison de choisir le bol en aluminium ? La chaleur est mieux (ou beaucoup plus vite⁹) conduite dans le bol en aluminium que dans celui en verre et dans le verre plus vite que dans le plastique. On aborde alors la conductivité¹⁰ thermique des matériaux.</p>

⁷ On peut employer aussi le terme de bouteille isolante. Ne pas hésiter à en montrer aux élèves : s'il peut être en plastique ou en métal argenté, il est toujours constitué de deux parois séparées par un espace vide d'air.

⁸ Parler d'écoulement peut à la fois s'avérer utile pour ensuite évoquer la notion de flux thermique tout en faisant courir le risque (?) de faire penser à l'écoulement d'une substance...(à nouveau, un regard vers l'Histoire des Sciences : avant les expériences de Joule, la chaleur fut considérée comme une substance « le calorique »)

⁹ Il s'agit bien d'évoquer la notion de temps pour introduire ensuite celle de flux thermique qui est une puissance (voir les suggestions d'expérimentations dans la suite du document).

Le personnage cité choisit le bol en aluminium car elle désire se chauffer les mains rapidement et les métaux qui ont une inertie thermique petite ont une diffusivité thermique importante.

¹⁰ Une recherche documentaire ciblée peut alors être effectuée sur internet (internet est particulièrement efficace lorsque l'on sait ce que l'on cherche et sur quels sites on récupère les données, la profusion d'informations impose un usage « rationalisé »).

<p>La chaleur humaine : juste une « affaire de sentiments » ?</p>	<p>L'énergie dont nous disposons nous permet de fournir de la chaleur pour réguler notre température et du travail (une activité plus ou moins appréciée selon les individus...) Un être humain dégage environ une puissance de 140W, il peut être perçu comme un petit radiateur ! Aussi, 5 personnes dans une petite caravane constituent une « chaleur humaine » appréciable ! Avec cette question, on revient sur le rayonnement: à cause de la chaleur de notre corps, nous émettons¹¹ des ondes électromagnétiques infrarouges (IR) invisibles pour nos yeux mais observables avec une caméra IR.</p>
---	--

Mission N°4 :

Un seul et unique mécanisme de transfert de la chaleur ou au contraire plusieurs ?

Commentaires : voir aussi ceux formulés pour la mission N°3

Les élèves « risquent » d'interpréter le terme de mécanisme comme moyen et seront alors tentés de redonner une liste comparable à celle de la mission N°2 (ou N°3). Si c'est le cas, il sera nécessaire de donner des « coups de pouce », de les « guider » comme en leur demandant, par exemple : s'exposer au soleil ou se « coller » au radiateur, est-ce la même façon de se réchauffer ?

On peut aussi poser une question « ouverte » telle que : qu'évoquent pour vous les mots de *chaleur* et de *température* ?

2. Des propositions d'expériences « simples ».

Les élèves sont regroupés par quatre et les groupes n'effectuent pas nécessairement les mêmes expérimentations ou/et recherches, ce qui offre l'avantage de répartir la charge de travail (donc d'optimiser le temps) et de permettre une phase de mise en commun au niveau de la classe avec l'étape de la verbalisation¹².

Nous donnons ici quelques exemples d'expériences, sachant que ce ne sont que des suggestions qui ne doivent pas se substituer aux propositions des élèves. Ces expériences permettent d'« approcher » la notion de propos de flux thermique.

Rappelons les définitions¹³ :

- Flux thermique (débit de chaleur) : $\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(\frac{\lambda_T \cdot S}{L}\right) \cdot \Delta T$ avec Φ en $J \cdot s^{-1} = W$,
il représente la chaleur transférée à travers une surface donnée dans une unité de temps.
- Flux thermique surfacique (densité de flux thermique) à travers une surface S représente le flux thermique rapporté à l'unité de surface ou la chaleur transférée dans une unité de temps par unité de surface : $\varphi = \Phi/S$ en $W \cdot m^{-2}$

Si au centre du concept sur les transferts thermiques on trouve l'idée de la différence de température, la notion de temps pour introduire celle de flux donc de puissance nécessite qu'on s'y arrête également. A propos des unités, si les élèves retiennent que la puissance s'exprime en watt, ils « gardent moins en tête » que le watt correspond au joule/seconde, évacuant alors la notion de flux comme quantité d'énergie transférée par seconde (taux de transfert d'énergie) et s'exprimant en unité d'énergie par seconde. Nous donnons aussi des exemples d'expérimentations où le temps est la grandeur à mesurer.

¹¹ Ici aussi, l'emploi d'un vocabulaire correct prend toute son importance : il s'agira de s'assurer que les termes ; émettre, absorber, réfléchir, transmettre... sont bien compris pour qu'ils puissent ensuite être employés avec justesse.

¹² Rôle central du langage dans les processus d'acquisition.

¹³ Ces définitions ne sont pas données aux élèves dans cette première séance. Une remarque concernant les notations : les longueurs d'ondes sont désignées à l'aide de la lettre grecque λ comme souvent la conductivité thermique... qu'il vaudrait alors mieux noter k (ou λ_T).

1. Différence de températures.

A propos des unités : si le kelvin est l'unité légale (de symbole¹⁴ K), on pourra faire remarquer que la *variation de température* est la même en kelvins qu'en degrés Celsius.

La direction du flux de chaleur entre deux objets dépend de leurs températures et s'effectue toujours de l'objet de température plus élevée à celui de température moins élevée.

On peut procéder aux expériences suivantes :

- mélanger deux quantités égales d'eau (soit la même substance et la même quantité), par exemple l'une : « A » à 5°C et l'autre : « B » à 95°C, à l'équilibre le mélange « AB » est à 50°C. La température de « A » augmente de 45°C et celle de « B » diminue de 45°C. La chaleur perdue par l'un est gagnée par l'autre (conservation de l'énergie).
- mélanger deux quantités inégales d'eau, par exemple soit « A » = 50g à 40°C et « B » = 200g à 20°C et relever la température du mélange à l'équilibre thermique, la chaleur passe du liquide le plus chaud au plus froid même si la masse du second est supérieure à celle du premier (variations des températures : celle de « A » a chuté, celle de « B » a augmenté).

Si on n'utilise pas de vase calorimétrique (qui prend très peu d'énergie au système) dans ces expérimentations, on se limitera à faire constater une augmentation ou une diminution de température.

Pour faire insister sur l'idée que « l'important » dans les transferts thermiques, ce n'est pas être un corps chaud mais un corps « plus chaud que », on peut reprendre l'expérience des mélanges mais avec de « l'eau froide » :

- mélanger deux quantités égales d'eau, par exemple l'une : « A » à 5°C et l'autre : « B » à 10°C. On parlera encore de « chaleur » perdue par l'une et gagnée par l'autre.

Concernant la confusion chaleur-température, on peut revenir sur une expérience que les élèves ont du effectuer au collège¹⁵ avec l'étude des changements d'état : un palier de température apparaît lors du changement d'état d'un corps pur. Lorsqu'une substance passe d'une phase à une autre, l'échange d'énergie s'effectue sans variation de température.

En plaçant une casserole d'eau sur une plaque chauffante, la température de l'eau augmente, à 100°C l'eau se met à bouillir et à partir de cet instant, la chaleur qui continue d'être apportée sert uniquement au changement d'état, la température, elle, reste constante.

2. Le temps-Notion d'isolation thermique-Conductivité thermique

On mettra à la disposition des élèves des récipients d'épaisseurs identiques de divers matériaux, de l'eau chaude, des thermomètres et chronomètres. On laisse aux élèves l'initiative du protocole qui pourra être discuté avec eux par la suite.

Autre possibilité, on peut envelopper des glaçons dans différents matériaux tels que : tissus en acrylique, en coton, en fibre polaire, en laine, en fourrure en testant les deux cotés (poils, peau : le côté fourrure en retenant davantage d'air sera meilleur isolant), feuilles d'aluminium, feuilles de plastique (on peut utiliser des sacs d'emballage), on mesurera le temps que les glaçons mettent pour fondre (en pratique, c'est une manipulation à démarrer en début de séance et avec des glaçons de petite taille).

Ainsi, le temps étant nettement plus grand pour les fibres qui piègent l'air telles que la laine.

On peut reprendre aussi le test avec les mêmes fibres humides ou mouillées (laine, fibre polaire ...) pour ensuite montrer que la conductivité thermique dépend de l'humidité.

En introduisant ainsi la notion d'isolation thermique, on amène celle de la nécessité d'effectuer un classement des matériaux en bons isolants (ou conducteurs) de chaleur. C'est alors qu'une recherche sur

¹⁴ Faire noter l'absence du symbole °

¹⁵ Programme du collège : classe de cinquième

- L'augmentation de la température d'un corps pur nécessite un apport d'énergie. Les changements d'état d'un corps pur mettent en jeu des transferts d'énergie.

-Température. Nom et symbole de l'unité usuelle de température : le degré Celsius (°C). Repérer une température en utilisant un thermomètre, un capteur

internet se justifie en complétant les résultats, la conductivité thermique sera présentée une grandeur traduisant l'aptitude d'une substance à transmettre la chaleur.

3. Des réponses d'élèves

Ces quelques réponses retranscrites sans modification de tournure ou de vocabulaire sont données à titre d'exemples et permettent, non seulement, de se persuader de la nécessité de cerner les représentations des apprenants avant d'aborder l'acquisition de nouvelles notions mais aussi de prendre en compte les connaissances déjà en leur « possession ».

A propos de chaleur et température :

- « Le froid, c'est juste un manque de chaleur » ; « La chaleur fait partie de la température, la température peut être positive ou négative »
- « Température et chaleur : ça n'a rien à voir. C'est pas parce qu'il fait 20° qu'il fait chaud » ; « Si on tient un objet chaud, quand il va se refroidir il servira à rien »
- « La température n'est pas directement liée avec la chaleur, plus la température est élevée plus la source de chaleur est haute »
- « La température est pareil que la chaleur : plus elle est haute, plus il fait chaud, plus elle est basse, plus il fait froid »
- « La chaleur c'est un air chaud qui se dégage d'un objet, d'un humain, d'un liquide alors que la température c'est la concentration de la chaleur, c'est la chaleur de l'air qu'on mesure »

Sur les modes de transmission de la chaleur :

- « Il y a plusieurs sources de chaleur, cette chaleur se transmet soit par l'air ambiant soit par contact direct avec la source »
- « par le contact d'un point chaud »

Mais aussi : « Je ne crois pas que les calories ont un rôle dans la chaleur » ; « suggestion : habits secs (pas mouillés) » ; « Fermer les rideaux ne sert à rien » ; « il y a plus d'épaisseurs, ce qui bloque le froid » ; « Isoler au maximum est le meilleur moyen de contenir la chaleur »

4. Réflexion sur l'Histoire des Sciences

Afin de donner de l'« épaisseur » à la physique, il peut être intéressant d'opter pour une introduction d'histoire des sciences et c'est possible ici pour traiter du « problème » historique de la nature de la chaleur. Néanmoins, les textes historiques ne sont pas toujours facilement « compréhensibles » par les élèves du point de vue du français employé (vocabulaire désuet, tournures de phrases plus lourdes...). La solution pourrait être de sélectionner des extraits relativement courts.

La chaleur : substance ou vibration ?

Duquesne¹⁶ résume ainsi la question « En ce qui concerne la chaleur, deux hypothèses étaient avancées pour rendre compte de l'échauffement par suite de frottement ou par suite de la conduction d'un corps chaud vers un corps froid. La première hypothèse était la chaleur-agitation désordonnée, la seconde était la chaleur substance. En 1700, l'expérience ne permettait pas de choisir entre ces deux hypothèses. Plus tard, la distinction fut faite entre chaleur et température. [...] »

Carnot(1824) comprit que la chaleur ne pouvait être totalement convertie en travail. Joule montra qu'une relation existait entre chaleur et travail (1843) et Mayer énonce le principe d'équivalence (1842) »

¹⁶ Voir bibliographie

Avec l'équivalence entre la chaleur et le travail, l'unité initialement introduite la calorie (Le nom de calorie introduit en 1760 était lié au modèle du calorique) ne se justifiait plus, la quantité de chaleur devait s'exprimer avec la même unité que le travail soit le joule.

Emilio Segré ¹⁷ tient des propos comparables et consacre un chapitre à la question historique de la chaleur, chapitre intitulé : « *La chaleur, substance, vibration et mouvement* ». Il écrit : « *La question centrale à laquelle les physiciens se trouvaient confrontés était la suivante : Qu'est-ce que la chaleur ? Peut-elle se réduire à quelque chose de plus primitif ? Deux doctrines s'affrontaient. D'après l'une, la chaleur était une substance, avec ou sans masse ; d'après l'autre, la chaleur était un type de mouvement, peut être une vibration...* ».

Emilio Segré donne de courts extraits de textes historiques et les commente : cela peut être une façon de ne pas « rebuter » les élèves tout en leur permettant de s'approprier une réflexion historique.

On peut aussi extraire soi-même de très courts paragraphes des textes historiques originaux et les proposer aux apprenants avec l'idée de leur faire retrouver cette double approche du concept de chaleur dans l'histoire (substance ou mouvement). Ce travail peut être l'occasion d'une collaboration avec le professeur de français.

Texte original : « *Mémoire sur la chaleur* » de Lavoisier et Laplace. Dans ce texte, deux modes de description de la chaleur sont donnés par les auteurs :

- une chaleur comme « fluide » qui appartient au corps (on a là la conception du « calorique »)
- une chaleur « agitation » qui est une description mécaniste

Les auteurs ne se déterminent pas pour l'une ou l'autre description.

Bibliographie

Ouvrages :

BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin (1938)

DUQUESNE, *la physique*, De Boeck(2001)

HECHT, *physique*, De Boeck (1999, édition consultée 2004)

HORST, *toute la physique*, Dunod (2007)

SEGRÉ, *les physiciens classiques et leurs découvertes*, Fayard (1987)

Sites pour les textes historiques :

- « *Mémoire sur la chaleur* » de Lavoisier et Laplace, accessible sur Gallica (il suffit de taper dans « rechercher » : « Mémoire sur la chaleur »

<http://gallica.bnf.fr/Search?ArianeWireIndex=index&p=1&lang=FR&q=memoire+sur+la+chaleur>

- « *La chaleur considérée comme un mode de mouvement* » de John Tyndall (à « taper » tel quel dans google)

¹⁷ Voir bibliographie