

CHALEUR, TEMPERATURE, CHANGEMENTS D'ETAT

Annie Laval

Le premier objectif de ce travail était de rechercher comment les enfants entrant en classe de 6e conçoivent les phénomènes physiques intervenant dans leur vie quotidienne, ainsi que l'influence ultérieure de l'enseignement sur ces idées préalables. Les enquêtes menées dans ce but auprès des élèves de collège sont rapportées dans une première partie.

Ensuite compte tenu des résultats précédents, des propositions sont faites sur la façon d'adapter la pédagogie à l'état d'esprit des enfants. Quelques essais d'enseignement ont permis de mieux cerner les points de résistance et de tester les notions qui sont accessibles aux élèves des premières années du collège (1).

I. ENQUETE AUPRES D'ELEVES DE COLLEGES.

I.1. Interactions calorifiques.

Au cours de l'étude du premier thème : interactions calorifiques, entre corps à températures différentes, sans changement d'état, nous avons envisagé plusieurs niveaux d'appréhension du phénomène :

- existence d'une relation entre la température d'un corps et celle de son environnement : les deux températures initialement différentes tendent vers une valeur commune.

(1) Cet article rend compte d'une partie du travail d'un groupe de professeurs de sciences physiques enseignant dans les collèges de l'académie de Limoges. Cette étude a été effectuée dans le cadre de l'INRP et coordonnée par l'Inspection générale des sciences physiques. Elle porte sur les représentations préalables des notions de chaleur, température et changements d'états chez les élèves de collège. La recherche a donné lieu par ailleurs à la publication de *Chaud... froid... pas si simple* INRP. Coll. Rencontres pédagogiques. 1985. n° 3.

- existence d'une action réciproque entre le corps et son environnement : cette double action fait évoluer la température de chaque corps vers une valeur commune intermédiaire.

- explication de l'interaction, par le transfert de chaleur, du corps dont la température est la plus élevée, vers le corps dont la température est la plus basse.

. Interaction avec l'air

- Températures de différentes matières

un grand nombre d'élèves entrant en 6e pensent que la température est une qualité propre à chaque matière

L'examen des réponses à un questionnaire où l'on proposait de comparer les températures de différentes matières (lait, laine, polystyrène, bois) à celle de l'air, montre que 20% seulement des enfants entrant en 6e ont attribué la température de l'air à toutes les matières.

Donc 80% des enfants ne comprennent pas la généralité du phénomène d'équilibre thermique ; la majorité pense que le lait est froid et la laine chaude. Et si les autres matières, bois, polystyrène, obtiennent de meilleurs résultats (température égale à celle de l'air pour 50% des élèves) les phrases explicatives montrent que cette réponse exacte ne fait pas référence à l'équilibre thermique avec l'air mais qu'elle est plutôt le résultat de l'embarras devant la question que se posent les enfants : le bois, le polystyrène sont-ils chauds ou froids ?

Ainsi un grand nombre d'enfants entrant en 6e pensent que la température est une qualité propre à la matière. Les températures particulières qu'ils attribuent sont surtout fonction de la sensation éprouvée à leur contact : "*la laine est chaude*", "*le carrelage est froid*". Mais il sont aussi influencés par la situation, ou l'usage le plus fréquent de ces matières : "*le lait est froid parce qu'il vient du réfrigérateur, le polystyrène est froid parce qu'il sert à conserver les glaces*".

Il semble aussi que certains élèves admettent l'équilibre thermique avec l'air pour des matières qui leur paraissent passives, neutres et au contraire le refusent pour d'autres matières auxquelles ils attribuent un rôle actif. Ainsi suivant les cas, une matière serait source de chaleur ou de froid, elle s'adapterait aux changements de température ou au contraire s'y opposerait : "*le lait ne chauffe que sur le feu*" écrit un enfant.

On constate d'ailleurs une grande confusion dans le langage ; les expressions "la laine est chaude", "la laine tient chaud", "la laine contient de la chaleur" apparaissent comme synonymes, alors que ces phrases recouvrent en fait des notions différentes : température, source de chaleur, pouvoir isolant, capacité calorifique.

Il y a fort à faire pour démystifier ces propriétés apparemment si complexes. Cependant avant toute chose il faut absolument faire comprendre que, contrairement aux autres grandeurs, la température n'est pas une propriété de la matière, mais est relative à l'environnement.

- Refroidissement d'un objet dans l'air

Dans cette deuxième enquête nous avons posé des questions sur le refroidissement de divers objets :

- . un couvercle retiré d'une casserole contenant du lait bouillant,
- . de la crème au chocolat,
- . un morceau de fer à 300 degrés,
- . un morceau de fer à 30 degrés.

beaucoup d'élèves de 6e pensent que le refroidissement d'un objet est son retour spontané à sa "propre température normale"

Notre but était de tester la compréhension de l'équilibre thermique dans un contexte non plus statique mais dynamique. De plus les explications fournies par les enfants sur le mode de refroidissement permettent de mieux connaître leur représentation de la température.

Tout d'abord on constate que peu d'enfants voient la généralité du phénomène, il y a autant de phénomènes différents que d'objets qui se refroidissent. Toutefois on peut tenter de regrouper ces explications très diverses autour de quelques idées principales :

- un objet se refroidit car, soustrait à l'action de la source chaude, il tend à reprendre sa propre température "normale" ;
- un objet se refroidit parce qu'il perd de la vapeur ou de la chaleur, toutes deux confondues avec de la buée, c'est-à-dire avec une matière visible ;
- un objet se refroidit à cause de sa différence de température avec l'air, encore faut-il qu'elle soit importante : 25% des enfants disent que le fer à 30 degrés ne se refroidit pas.

En bonne logique (mais les réponses ne sont pas toutes cohérentes) seuls les enfants attribuant le refroidissement

à l'action de l'air peuvent aboutir à l'équilibre thermique, ils ne sont finalement que 20% à tirer cette conclusion dans toutes les situations.

Il convient donc d'étudier cas par cas les idées qui ont orienté les réponses.

. La cause principale du refroidissement du couvercle est la suppression de la source chaude, il tend donc vers sa température normale. L'attention particulière portée à l'ébullition du lait et au dégagement de "vapeur" a éclipsé le rôle de l'air. Aussi 23% seulement des réponses indiquent une température finale égale à celle de l'air.

. Pour la crème la cause principale du refroidissement est l'action de l'air. Mais les propriétés particulières, épaisseur et consistance de la crème, présence du plat, ont joué aussi un rôle important, d'où finalement 36% des réponses indiquant l'équilibre thermique avec l'air.

. Quant au fer à 300 degrés, il obtient de meilleurs résultats. S'il est encore parfois question de perte de vapeur ou de "température normale", le rôle de l'air est cependant prépondérant, d'abord à cause de la différence flagrante de température, ensuite à cause de la plus grande sobriété de la situation proposée, et de l'absence d'expérience personnelle, donc de préjugés. Dans ce cas près de 50% des enfants concluent à un équilibre thermique final avec l'air. Cependant même les élèves qui pensent que l'air agit sur la température de l'objet n'envisagent pas une action réciproque, ils considèrent que la température de l'air reste constante.

. Interaction entre un solide et un liquide. Refroidissement ou réchauffement d'un objet dans l'eau.

Pour tester réellement, chez les élèves entrant en 6e, la faculté de concevoir l'idée d'interactions calorifiques entre matières en présence, nous avons remplacé l'air par de l'eau. En effet les enfants n'attribuent vraiment le caractère de matière qu'à ce qu'ils voient, c'est-à-dire aux solides et aux liquides, c'est pourquoi les relations entre les objets et l'air ambiant sont mal perçues.

Nous avons proposé des situations dans plusieurs domaines de température :

- cuillère chaude dans de l'eau froide
- oeuf froid dans de l'eau à la température de la

les élèves n'envisagent pas une interaction calorifique entre l'air et l'objet

l'égalisation des températures de l'objet et de l'eau est bien perçue par les élèves

cuisine

- fer bien chaud dans de l'eau chaude

Pour 70% environ des enfants, l'existence de la relation objet-eau est bien perçue, puisqu'ils concluent qu'un long moment plus tard, les températures sont devenues égales. (Plongée dans l'eau, la matière semble perdre sa "température normale").

Mais les explications du processus d'égalisation des températures montrent deux types de réponses :

- soit les deux températures évoluent vers une température intermédiaire, ce qui implique l'existence d'une action réciproque (30% des réponses environ)
- soit une seule température évolue vers l'autre, l'action est donc, là, à sens unique.

L'interaction étant constatée, peut-on l'interpréter par le concept de chaleur, grandeur qui se conserve en passant d'un objet à température plus élevée à un autre plus froid ? Cette question est très difficile pour les enfants de 6e car il leur faut admettre l'existence d'une grandeur non matérielle, totalement abstraite qui n'est accessible qu'à travers les facteurs dont elle dépend.

pour beaucoup d'élèves
seule la température
de l'objet varie

Dans ces conditions, il ne semble pas que, même lorsqu'il est cité, le transfert de chaleur puisse être une réelle justification des variations corrélatives de températures. Un élève affirme même : *"la cuillère se refroidit parce que la chaleur passe dans l'eau, mais pour autant ne fait pas réchauffer l'eau" !*

Dans le deuxième type de réponse, l'eau est considérée comme un milieu à température constante (comme l'air dans le questionnaire précédent). Certaines phrases explicatives sont cependant moins catégoriques, les enfants disent que pour que la température de l'eau varie il faudrait y plonger un objet plus gros ou dont la température serait très différente.

. Evolution des idées sur les interactions calorifiques en classe de 4e.

la persistance de l'idée
d'une "température normale"
en classe de 4e
est préoccupante

Notre recherche s'est poursuivie par une enquête semblable en classe de 4e, afin de suivre l'évolution des représentations des interactions calorifiques et de localiser les points de résistance dans la construction du concept de chaleur.

Dans leurs réponses au 1er questionnaire les élèves de 4e continuent, comme les élèves de 6e, à attribuer une température propre à chaque matière placée depuis longtemps dans une pièce ; cet flot de résistance est préoccupant. Par contre l'analyse des deux autres groupes de situations est bien meilleure qu'en 6e, la température "normale" cède du terrain à l'équilibre thermique avec l'air et le transfert de chaleur qui n'était pas évoqué en 6e est parfois utilisé pour expliquer les variations corrélatives des températures de l'eau et de l'objet qui y est plongé. Donc une ébauche de l'idée de la conservation de la chaleur apparaît dans ce type d'interaction.

1.2. Changements d'états.

La poursuite de la recherche sur les concepts de température et de chaleur dans les classes du collège nous a conduit à étudier, dans ces mêmes classes, les changements d'état de la matière.

Nous avons d'abord proposé aux élèves de 6e et 5e un questionnaire ouvert. Il avait pour but de rechercher quelle conception se fait spontanément l'enfant entrant en 6e du changement d'état, quels aspects du phénomène le frappent en premier lieu. Puis les mêmes questions posées aux élèves de 5e devaient nous permettre de suivre l'évolution des idées précédentes et de voir dans quelle mesure l'enseignement aide à vaincre les difficultés de compréhension.

Nous avons constaté que les enfants de 6e s'intéressent surtout aux objets et aux circonstances particulières de tel ou tel changement d'état. En revanche, les élèves de 5e sont capables de percevoir une transformation générale à travers des faits particuliers. Mais les uns et les autres ont des difficultés à comprendre la relativité des états de la matière et même à admettre la réalité du changement d'état.

Ensuite, nous avons proposé aux élèves de 5e un questionnaire plus directif afin d'obtenir des résultats chiffrés. Ce questionnaire est essentiellement un sondage sur les phénomènes thermiques du changement d'état que les élèves avaient très rarement évoqués dans leurs réponses au questionnaire précédent. Cette abstention laissait supposer des difficultés de compréhension que le deuxième questionnaire a confirmées.

L'étude des résultats de ces questionnaires nous a permis de mieux cerner les différents problèmes qui se posent aux enfants. Nous les décrivons ci-dessous par ordre de difficulté croissante.

. *Notion de transformation*

la notion de transformation physique se construit progressivement de la 6e à la 5e

La première étape de la compréhension du phénomène de changement d'état est le passage de l'idée concrète de matière au concept abstrait de transformation. Les élèves de 6e disent le plus souvent que le gel est de la glace, alors que pour la majorité des élèves de 5e, le gel est une transformation et la glace le résultat de cette transformation. Mais l'obstacle n'est pas pour autant complètement franchi car comme, dans l'expérience quotidienne, le changement d'état n'est que provisoire par suite du retour spontané de la matière à la température ambiante lorsqu'on cesse de la chauffer ou de la refroidir, les enfants ont tendance à négliger le changement d'état et à penser que chaque matière possède un "état normal", absolu, l'état dans lequel elle se trouve à la "température normale". Ainsi, le plomb resterait un solide même lorsqu'il est fondu et l'eau gelée serait toujours classée parmi les liquides ...

Il faut donc d'abord arriver à faire comprendre que la transformation est bien réelle et à distinguer la permanence de la matière et la relativité de son état, lié à la température.

. *Température de changement d'état, réversibilité.*

Lorsque les élèves ont compris la notion de passage à un état différent il subsiste encore des difficultés pour l'étude du palier de température et de la transformation inverse.

le palier de température de changement d'état étonne les élèves de 6e et 5e

L'invariance de la température pendant le changement d'état est un phénomène difficile à admettre - on chauffe et la température ne s'élève plus - la cause et l'effet ne varient plus dans le même sens. Aussi les enfants ont tendance à écarter ce phénomène qui les gêne et à ne pas considérer la transformation en train de s'opérer mais plutôt son résultat. Ainsi, la vaporisation n'est pas reconnue dès le dégagement des premières bulles de vapeur mais plus tard lorsque le volume de liquide aura notablement diminué.

C'est sans doute aussi pourquoi les enfants ont du mal à admettre que la transformation inverse se produise à la même température. On leur parle de faire fondre ou solidifier du plomb, mais eux ne s'intéressent pas à l'étape de la transformation mais seulement à son résultat : le plomb liquide ou le plomb solide auxquels ils n'attribuent pas la même température.

Des difficultés importantes apparaissent donc pour saisir les modalités de la transformation, c'est-à-

dire le passage par l'équilibre réversible
liquide \rightleftharpoons solide caractérisé par une température
constante.

Mais la première étape de la compréhension fondée
sur des constats de température doit pouvoir être
atteinte en 6e et 5e pour peu qu'on s'y attarde.

. *Chaleur et température.*

Par contre, il paraît tout à fait illusoire de tenter de
distinguer chaleur et température à l'aide de la notion
de changement d'état. Si en bonne logique le fait que
la température reste constante rapproché du fait que
l'on apporte de la chaleur est une façon de distinguer
ces deux notions, cet argument n'est pas accessible
aux enfants. En effet, ils ne dominent pas suffisam-
ment le phénomène pour relier les deux faits. Sur ce
point, ils font des réponses confuses ou contradictoires
et si on lit parfois "la chaleur sert à faire fondre ou à
faire évaporer", il s'agit là d'une réponse de bon sens,
liée au constat de la disparition du solide ou du liquide,
mais sans relation avec le palier de température.

L'idée de la nécessité d'un
apport de chaleur pour
provoquer la fusion ou
l'ébullition est absolument
étrangère aux élèves de
6e et 5e

Une des rares fois où un rapprochement a été fait, la
réponse de l'élève montre la difficulté à dominer tous
les aspects du phénomène : "La chaleur n'a servi à rien,
car les chaleurs sont les mêmes sur les figures 1 et 2"
(début et poursuite du changement d'état). Ce rappro-
chement au lieu d'éclairer la différence entre chaleur
et température, l'obscurcit car l'existence d'une cha-
leur latente est tout à fait étrangère à la pensée de
cet enfant de la classe de 5e qui a pourtant étudié les
changements d'état l'année précédente. D'ailleurs, his-
toriquement la notion de chaleur latente est une des
plus tardives à avoir été perçue dans le domaine des
échanges thermiques.

Dans ces conditions, au lieu de vouloir présenter la
différence entre chaleur et température à l'occasion
de l'étude des changements d'état, il faudrait au con-
traire faire comprendre cette différence par d'autres
moyens et seulement ensuite aborder le problème
difficile de la chaleur latente.

2. ESSAIS PEDAGOGIQUES

Les résultats précédents montrent que les enfants
possèdent déjà à leur entrée en classe de 6e des idées
sur les notions que l'on va leur enseigner. Ces idées
sont souvent positives mais aussi floues, parcellaires
et parfois en contradiction les unes avec les autres.

L'enfant qui arrive au collège a donc déjà sa propre vision des phénomènes physiques rencontrés dans sa vie quotidienne, vision parfois fort éloignée de celle du physicien.

L'enseignement doit en tenir compte : d'abord parce qu'il serait dommage de ne pas exploiter ce savoir, mais surtout parce que, si l'on ne greffait pas la connaissance scientifique sur les connaissances spontanées de l'enfant, on construirait alors un édifice qui, bien que logique, serait sans aucune prise sur le réel et laisserait intacts certains préjugés tenaces. Une telle formation scientifique serait purement scolaire et inopérante pour la compréhension de l'environnement et la conduite de la vie quotidienne.

Nous avons dans cet esprit tenté quelques essais pédagogiques, nous relatons ci-dessous notre démarche pour un enseignement en classe de 6e des notions de chaleur et température d'une part, et de changements d'états physiques d'autre part.

2.1. Enseignement des notions de chaleur et température en classe de 6e.

Dans cette progression nous nous sommes proposés d'introduire la différence entre chaleur et température et de montrer que la température d'un objet est le résultat de son interaction avec son environnement.

Les résultats de la recherche nous ont convaincus que les changements d'état physique ne permettaient pas d'introduire la distinction entre chaleur et température, aussi avons-nous tenté de mettre en évidence le concept de chaleur par d'autres moyens. Des opérations de chauffage de quantités différentes de liquides par des sources de chaleur permanentes variées nous ont paru une approche possible du concept de chaleur à travers les facteurs concrets dont il dépend.

Par ailleurs, nous avons vu que les enfants attribuent une température propre à chaque matière sans relation avec la température ambiante. De plus nous avons constaté qu'un équilibre thermique en train de se réaliser, donc une interaction dynamique, était mieux perçu qu'une situation statique. Enfin si le milieu ambiant est un liquide (donc visible) il est plus facilement pris en compte. Aussi procédant par difficulté croissante nous avons présenté successivement aux enfants :

- . l'interaction entre deux liquides à températures différentes (situation dynamique) ;
- . l'interaction entre une matière chaude (ou froide) et l'air (situation dynamique) ;
- . la température de différentes matières en équilibre thermique avec l'air (situation statique).

A partir de ces réflexions nous avons bâti la progression suivante :

- . Première leçon : Présentation des thermomètres à liquide

- . Deuxième leçon : sources de chaleur

- *But et méthode*

Dans cette leçon, on se propose de chauffer des liquides avec une source de chaleur permanente (thermo-plongeur, bec de gaz, lampe à alcool) et d'étudier les variations de température du liquide. Cette situation est donc simple puisqu'on s'intéresse seulement à la température du liquide et à la chaleur qu'il reçoit, l'action réciproque du liquide sur la source n'apparaissant pas.

L'objet de cette leçon est une approche du concept de chaleur à travers les différents facteurs dont il dépend, d'où une étude de la température finale du liquide en fonction :

- du volume du liquide
- du temps de chauffage
- de la nature de la source
- ou de la quantité de combustible
- de la nature du liquide (eau, huile).

L'intérêt de cette démarche, outre l'approche de la notion de chaleur est d'amener les élèves à dégager ces différents facteurs et à les faire varier un à un.

On pourra compléter les expériences par un inventaire des sources de chaleur utilisées pour le chauffage domestique et par une discussion sur la relation entre la quantité de combustible utilisé et la taille de la maison à chauffer.

- *Résultats*

Les élèves manipulent bien les facteurs de l'expérience et font le plus souvent des pronostics exacts sur la température finale. Mais leurs explications privilégient les facteurs temps ou vitesse de chauffage : "la casserole où il y a moins d'eau chauffe plus vite", "l'huile chauffe plus vite que l'eau".

En général, les élèves n'emploient pas le mot chaleur, ils cherchent une relation directe entre les facteurs accessibles à la mesure. Leur réflexion porte donc uniquement sur des notions concrètes.

Le concept de chaleur que les élèves s'efforcent de contourner n'est pas globalement dominé, cependant

il est sous-jacent à leurs raisonnements puisque ceux-ci aboutissent à des résultats exacts. Il est donc sans doute utile de commencer en classe de 6e une approche expérimentale de ce type, mais en se bornant à l'étude des grandeurs concrètes. Cette démarche serait reprise et prolongée dans les classes ultérieures pour atteindre la notion abstraite de quantité de chaleur échangée.

Troisième leçon : Interaction entre deux liquides à température différente.

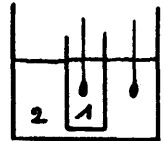
- *But et méthode.*

On met en présence deux liquides à température différente, sans les mélanger, car les enfants de 11-12 ans croient, en grande majorité, que la température du mélange est la somme des températures initiales. De plus on évite ainsi la confusion entre transfert de matière et transfert de chaleur.

Le petit récipient contenant le liquide 1 est plongé dans le grand récipient contenant le liquide 2.

On mesure la température de chaque liquide.

La situation est ici plus complexe car on considère la température des deux corps et les actions réciproques qu'ils exercent l'un sur l'autre.



Le but est de montrer - l'équilibre thermique final
- l'interaction entre les deux corps
- le transfert de chaleur.

Des expériences dans plusieurs domaines de température seront effectuées pour montrer la généralité du phénomène.

On peut compléter par l'action d'un solide à 100° sur de l'eau à différentes températures initiales.

- *Résultats*

L'équilibre thermique final à une température intermédiaire entre les 2 températures initiales n'était pas évident a priori, il frappe beaucoup les enfants, c'est la notion la plus facile à acquérir.

Le transfert est perçu. Mais transfert de quoi ?

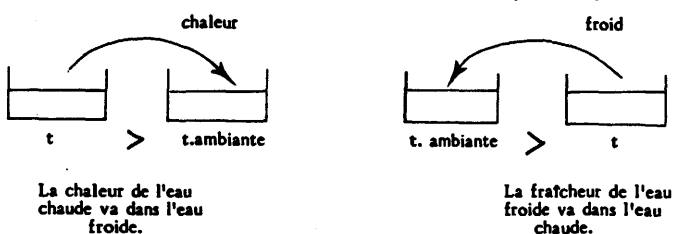
Transfert - de chaleur le plus souvent "la chaleur de l'eau chaude traverse le verre et réchauffe l'eau froide"

mais aussi - de froid "la fraîcheur de l'eau froide va dans l'eau chaude"

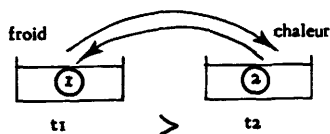
- de température "la température du flacon est passée dans le bocal"
- de matière chaude ou froide (vapeurs, mélanges fictifs d'eau) "l'eau chaude se transmet dans l'eau froide qui se réchauffe"
"l'eau froide s'est mélangée à l'eau chaude".

Ces dernières phrases montrent la difficulté de concevoir un transfert d'autre chose que de matière.

Mais pour les élèves qui ont acquis une vision plus abstraite du phénomène de transfert il apparaît une difficulté pour l'interprétation des deux variations de température. Ils imaginent deux transferts symétriques.



Et donc, l'idée d'interaction conduit certains élèves à envisager le double échange de "chaud" et de "froid".



La chaleur cédée par ① sert à élever la température de ②. Mais les élèves ne comprennent pas bien que corrélativement le corps ① qui perd de la chaleur se refroidit. Aussi ajoutent-ils du froid pour expliquer la baisse de température de ①.

Cette apparition du froid qui était rarement rencontrée dans les enquêtes préliminaires a-t-elle un aspect tout à fait négatif ?

On peut penser au contraire qu'elle est la marque d'une réflexion personnelle des enfants, montrant que la leçon a eu un impact certain et que cette difficulté apparue au grand jour peut être discutée.

Il apparaît donc deux étapes dans la compréhension de ce phénomène.

- Existence d'une interaction : les deux températures varient et la température finale est la même
- Explication de l'interaction par la transmission de chaleur

pour un même transfert

{	gain de chaleur par l'un des corps, sa température croît perte de chaleur par l'autre corps, sa température décroît
---	--

La 1ère étape, résultat concret d'expériences, peut être facilement franchie en 6e. Dans la 2e étape les élèves peuvent comprendre séparément les deux implications:

gain de chaleur → température croît
 perte de chaleur → température décroît

Mais ils n'arrivent pas à dominer ces deux propositions ensemble.

C'est-à-dire que l'interaction vue sous l'angle du transfert de chaleur est difficile en 6e. Cette 2e étape pourrait être réservée aux classes ultérieures. Finalement nous nous sommes bornés à des constats de température qui montrent que dans tous les cas la température la plus élevée décroît en même temps que la température la plus basse croît, les deux tendant vers une température intermédiaire commune.

. Quatrième leçon : Interaction entre un liquide et l'air qui l'entoure

- But et méthode

Dans un premier temps on laisse refroidir (ou réchauffer) un liquide chaud (ou froid) dans l'air de la pièce. Attention ! cette expérience est très longue, il faut prendre très peu de liquide et un récipient large.

Ensuite on montre l'interaction liquide-air en plaçant un liquide très chaud dans un volume d'air limité dont on observe alors le réchauffement.

- Résultats

Les élèves voient bien l'analogie avec les situations étudiées au cours des leçons précédentes et, dans ce contexte, abandonnent l'idée d'un retour vers la

température "normale" au profit de l'établissement d'un équilibre thermique entre le liquide et l'air.

. *Cinquième leçon : Température de différentes matières dans une pièce.*

- *But et méthode*

A l'aide des thermomètres habituels pour les liquides et de thermomètres à cristaux liquides pour les solides, on montre que toutes les matières de la pièce ont la même température, à l'exception du corps humain, du radiateur ... qui sont des sources de chaleur.

- *Résultats*

Pour les liquides, la leçon précédente a bien préparé les élèves et leurs pronostics sont en général exacts. Pour les solides (surtout laine et carrelage) leur surprise est totale. Et le "choc" psychologique paraît propice à la mémorisation du phénomène. En comparant le thermomètre posé sur la laine à celui posé sur la main, on explique que la main est une source de chaleur, et que la laine n'en est pas une.

Quelques élèves amorcent même une explication "Ce n'est pas la laine qui est chaude mais le doigt qui la réchauffe quand il est posé dessus". Cependant il semble qu'il faille en rester là en 6e, car une leçon sur isolants et conducteurs qui semblait la suite logique a donné de mauvais résultats. En effet, les élèves sont ramenés vers l'idée de propriétés thermiques propres à chaque matière et de là, hélas, à leur attribuer une température propre.

Nous pensons donc qu'en 6e, il faut se limiter au constat de l'égalité des températures des corps placés dans une même pièce qui paraît bien acceptée par les enfants et remettre à plus tard l'explication des sensations.

2.2. Enseignement de la notion de changement d'état physique en classe de 6e.

Nous avons vu précédemment que la notion d'états physiques différents pour une matière et le passage d'un état à un autre posaient des problèmes aux enfants. Il nous a donc paru indispensable de s'attacher à ces difficultés avant d'aborder les phénomènes thermiques liés aux changements d'états.

Nous n'avons pas de progression originale à proposer; en effet nous avons repris l'exposé traditionnel des changements d'état en 6e mais en multipliant les exemples et lui donnant des objectifs un peu différents.

Nous avons insisté sur les points suivants :

- . Toutes les matières peuvent avoir plusieurs états suivant leur température ;
- . L'état dans lequel se trouve la matière à la température ambiante n'a aucun caractère particulier ;
- . La transformation a lieu en sens inverse quand on inverse le transfert de chaleur ;
- . La température du changement d'état d'un corps pur est la même pendant toute sa durée, elle est caractéristique d'une substance (il est nécessaire de prendre plusieurs exemples pour montrer que les valeurs 10° et 100° ne sont valables que pour l'eau) ;
- . Dans le cas de la fusion-solidification, les deux transformations inverses se font à la même température.

Par contre, nous avons renoncé à envisager la chaleur latente de changement d'état et donc à montrer la différence entre chaleur et température.

Remarque : nous avons étudié les changements d'état faisant intervenir des gaz (vaporisation-condensation) mais nous pensons qu'ils ne sont pas totalement compris en 6e à cause de la difficulté présentée par l'état gazeux.

3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail tente d'apporter une meilleure connaissance des idées préalables des élèves et de leur influence sur l'acquisition des notions scientifiques au collège. Cet inventaire révèle un capital d'idées à exploiter, mais aussi des préjugés à combattre. Aussi nous semble-t-il que l'enseignement en sixième et cinquième devrait avoir pour objectif principal la valorisation des connaissances spontanées des élèves en les clarifiant et les coordonnant.

Les enquêtes que nous avons menées ont montré que l'enfant recherche autour de lui des repères, c'est-à-dire ce qui, dans son environnement, se conserve ou au contraire se modifie. Le physicien qui a les mêmes préoccupations peut aider l'enfant à combler ce besoin, en dégageant les notions scientifiques sous-jacentes, et en rectifiant les choix lorsqu'ils sont erronés.

A l'issue de cette étude nous proposons une réflexion sur les objectifs que l'on pourrait raisonnablement donner à l'enseignement en 6e et 5e, dans les domaines sur lesquels nous avons travaillé.

. La notion de température qui dans l'enseignement traditionnel paraît aller de soi, dès que l'on a introduit l'usage du thermomètre, demanderait au contraire qu'on s'y attarde, sous peine de voir persister des idées erronées en contradiction avec l'enseignement ultérieur de la chaleur, concept qui se construit alors à côté des préjugés initiaux et ne les corrige pas.

Nous avons vu précédemment que les enfants attribuent à chaque matière une température "normale" particulière vers laquelle revient spontanément sa température lorsqu'on supprime l'action d'une source chaude ou froide. Par ailleurs, en dehors de cette température normale, les enfants classent les températures d'un objet en deux autres catégories : l'objet est chaud ou froid. Ces deux qualificatifs qui s'opposent, prennent un sens absolu (et non relatif : plus chaud que ... ou plus froid que ...).

Il faut montrer que la température d'un objet est le résultat de son interaction avec son environnement

Il conviendrait donc, en sixième, de montrer que la température d'un objet est le résultat de son interaction avec son environnement et non une propriété particulière de la matière qui le constitue, et que l'ensemble des températures d'un corps forme une série continue sans catégories particulières.

Dans ce but, des expériences d'interactions calorifiques entre corps à températures différentes (sans changement d'état) seraient réalisées par les élèves de sixième.

D'abord, nous suggérons l'interaction entre deux liquides - sans les mélanger . Si l'un des liquides est chaud et l'autre froid, l'interaction sera bien admise en vertu de la prétendue opposition entre le "chaud" et le "froid" qu'elle risque de renforcer. Aussi est-il indispensable d'opérer dans des domaines variés de température en insistant sur l'interaction entre deux corps "chauds" (ou froids) de façon à montrer que dans tous les cas la température la plus élevée décroît en même temps que la température la plus basse croît, les deux tendant vers une température intermédiaire. Ce constat serait l'un des objectifs du programme de sixième.

Ceci étant accepté, on envisagerait l'interaction entre un objet et l'air environnant dans le but de montrer que cet objet n'a pas de température propre et que contrairement aux sensations qu'ils provoquent, tous les objets d'une pièce sont à la même température, égale à celle de l'air.

une approche de la notion de chaleur peut être faite en classe de 5e au cours d'expériences d'interactions calorifiques

. La notion de chaleur trop abstraite pour les enfants de 11 ans ne serait pas explicitement au programme de la classe de sixième. Cependant des opérations de chauffage de quantités différentes de liquide (et de liquides différents) par des sources de chaleur variées permanentes permettraient une approche de la notion abstraite de chaleur à travers les facteurs concrets dont elle dépend. On se bornerait, en sixième, à des relations qualitatives entre ces grandeurs concrètes et l'on veillerait simplement à l'emploi correct des mots chaleur et température.

La notion de chaleur serait introduite en cinquième en reprenant d'une part les opérations de chauffage et, d'autre part, les expériences d'interaction dans le but de montrer que les variations de température observées peuvent s'interpréter globalement par un transfert de chaleur, grandeur qui se conserve dans les expériences envisagées.

Ainsi, les mots chaleur et température pourraient être distingués, en considérant les propriétés différentes de ces deux grandeurs.

Il faut d'abord montrer que l'état physique d'une matière ne lui est pas propre mais qu'il est lié à sa température. Le palier de température peut ensuite être étudié

. *Changement d'état* : l'idée que toutes les matières peuvent posséder des états différents, liés à leur température, n'est pas évidente pour les enfants de sixième qui ont plutôt tendance à considérer que l'état dans lequel se trouve chaque matière à la température ambiante a le statut particulier d'"état normal". Ce préjugé est le premier à combattre en s'appuyant sur des exemples expérimentaux variés.

Il convient de noter que l'idée de la matière à l'état gazeux présente des difficultés qui ne seront pas entièrement surmontées en sixième. En effet, les enfants ont beaucoup de mal à envisager quelque chose qu'ils ne voient pas.

La généralité du phénomène de changement d'état ayant été étudiée, on fera ensuite constater l'existence du palier de température au cours d'expériences réalisées par les élèves avec des matières bien choisies.

En cinquième, on pourra compléter l'étude des changements d'état faisant intervenir des gaz.

L'étude de la chaleur latente du changement d'état, complètement étrangère aux idées des enfants, sera exclue de la sixième et de la cinquième, elle sera abordée plus tard, après que la notion de chaleur ait été introduite autrement.

Annie LAVAL

Lycée - Collège "Limosin"
Limoges.