

# «Aujourd'hui pour demain» LES CAPTEURS SOLAIRES

Une démarche active pour comprendre les principes  
physiques mis en jeu dans le fonctionnement des  
capteurs thermiques

Public cible : les jeunes de 10 à 14 ans



**HYP Thèse** asbl  
[www.hypothese.be](http://www.hypothese.be)

**SPW**  
Service public de Wallonie

## Table des matières

<b>Introduction</b>	5
<b>Statuts de l'expérience</b>	6
<b>Canevas d'exploitation pour l'enseignant</b>	8
<b>Activités préalables</b>	10
Analyse de l'utilisation de l'énergie dans la classe	10
Le coût de l'énergie dans ma classe	12
Les sources d'énergie utilisées	12
<b>Phase de sensibilisation</b>	13
Les panneaux solaires thermiques	13
<b>Prétest</b>	15
<b>Expérience pour ressentir</b>	20
L'expérience des chaussettes	20
<b>Expérience à concevoir</b>	23
Jaune, rouge, blanc, noir, vert... Quelle couleur pour quelle chaleur ?	23
<b>Expérience à suivre</b>	26
Panneaux noirs ou panneaux blancs ?	26
<b>Expérience à suivre</b>	28
Vitre ou pas vitre ?	28
Les verres colorés ?	30
<b>Expérience à suivre</b>	34
Panneaux isolés ou non isolés ?	34
<b>Expérience à concevoir</b>	36
Quel matériau pour notre panneau ?	36
<b>Structuration</b>	38
Les panneaux solaires thermiques	38
Analyse réflexive	43
<b>Expérience action</b>	44
Faire tourner un moteur grâce à la lumière	44
<b>Energie - Puissance - Unités de mesure</b>	46
<b>Pour en savoir plus</b>	46
<b>Bibliographie</b>	47



Maison liégeoise de l'Environnement  
rue Fusch, 3 - 4000 Liège

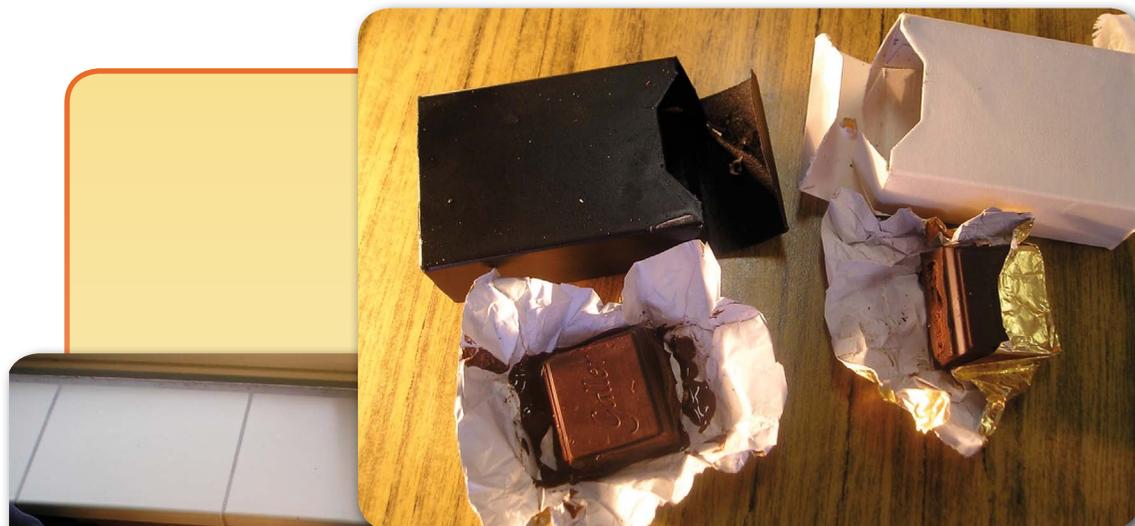
Tél. : 042.50 95 89  
www.hypothese.be  
contact@hypothese.be

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse  
avec le soutien de la DGO4 - SPW

Janvier 2011

Auteurs : Fabian Richard - Sabine Daro - Caroline Villeval - Claire Balthazart  
Francis Schoebrechts - Serge Nanson

Graphisme et schémas : Serge Nanson



e. Colleau de mercuries

heure	boîte blanche	boîte noire
10h 38	20°C	20°C
10h 40	33°C	
10h 42	38,6°C	44,4°C
10h 44	43°C	51,4°C
		56°C

f. conclusion

## Introduction

« Chez moi, on a installé des panneaux solaires » raconte un enfant dans cette classe de 6<sup>e</sup> primaire lors d'une discussion entamée à propos du réchauffement climatique.  
 « A quoi vont-ils servir ? » demande l'instituteur.  
 « A chauffer la maison et faire de l'électricité, je crois » répond l'enfant.

L'instituteur renvoie l'explication aux autres élèves de la classe. Certains disent que c'est pour chauffer l'eau, d'autres rejoignent l'idée que c'est pour chauffer la maison, d'autres pensent que le compteur d'électricité va tourner à l'envers aussi. Finalement personne ne sait avec assurance. Il y a une certaine confusion, les avis divergent, les explications sont floues.

En effet, si les enfants pensent pour la plupart qu'il y a quelque chose de bénéfique pour la planète dans le fait d'installer des capteurs solaires (ils sont fiers de le raconter à leur instituteur, ils disent qu'il faudrait en mettre à l'école...), peu différencient les types de capteurs et leur rôle. Cette confusion entre capteurs thermiques et photovoltaïques est d'ailleurs très fréquente chez les adultes aussi.

### Et si on mettait de l'ordre dans tout ça !

La séquence que nous vous proposons ici a pour objectif de partir de situations d'actualités liées aux problèmes énergétiques qui se posent à notre société et d'élaborer des connaissances scientifiques précises sur ce thème. Nous aimerions que les enfants de 10 à 14 ans dépassent cette impression de connaître et construire avec eux des savoirs scientifiques utiles et transférables. Nous voulons leur donner l'occasion de comprendre les avantages et inconvénients des solutions techniques et d'envisager les changements de modes de vie nécessaires qui les accompagnent.

La démarche est conçue en appliquant la réflexion méthodologique développée par notre association Hypothèse<sup>1</sup>. Nous partons des avis et conceptions spontanées de l'apprenant pour ensuite proposer des activités expérimentales variées qui permettront de construire des systèmes explicatifs plus complets pour rendre compte du réel.

Expériences pour ressentir, expériences action, expériences à suivre, expériences à concevoir, la démarche permet par ces différentes approches de susciter les savoir-faire disciplinaires tels que définis dans les socles. Les savoirs classés dans « Energie » sont ici travaillés avec pertinence et plus particulièrement les notions liées à la chaleur et ses modes de propagation.

Comme nous l'explique Giordan<sup>2</sup>, le développement durable peut-être vu comme un moyen de donner un sens à un savoir scientifique en apportant à celui-ci un contexte. (...) La réflexion sur le développement durable et l'éducation qui s'y rapporte, donnent non seulement un sens aux multiples savoirs en créant un lien avec l'actualité, mais correspondent souvent au besoin de l'enfant, et surtout de l'adolescent, de pouvoir agir sur le monde qui l'entoure.

<sup>1</sup> Asbl Hypothèse, 2007- Articulation entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire - Sciences et mathématiques - Rapport de recherche Communauté française  
 DARO Sabine, GERON Christine, GRAFTIAU Marie-Christine, HINDRYCKX Marie-Noëlle, STEGEN Pierre,  
[http://www.enseignement.be/index.php?page=26044&id\\_fiche=4996&dummy=24898](http://www.enseignement.be/index.php?page=26044&id_fiche=4996&dummy=24898)

<sup>2</sup> Giordan A, Pellaud F, 2008 Comment enseigner les sciences, Col. Pédagogie et formation - Ed. Delagrave

## Statuts de l'expérience

Lorsque des expériences sont proposées dans des séquences d'apprentissage, elles n'ont pas toujours la même fonction, la même place. Le tableau ci-dessous décrit différentes manières d'envisager une activité expérimentale. Selon le statut occupé par l'expérience, les apprentissages développés chez les enfants vont varier.

Ces expériences sont présentées selon une gradation progressive qui permet un ancrage plus efficace des notions apprises. Les activités proposées dans cette séquence ont été testées en sixième primaire et au premier degré du secondaire.

Tout au long de la séquence, nous indiquons les activités spécifiques selon la tranche d'âge. Nous partons toutefois du principe que les activités expérimentales peuvent être proposées à l'un ou l'autre niveau. Plus que l'action elle-même, c'est le niveau de formulation de la structuration de l'activité vécue qu'il faudra adapter.

	Statut de l'expérience	Rôle
1	Expérience de sensibilisation	Provoquer la motivation de la classe. Poser une nouvelle question.
2	Expérience pour ressentir	Permettre la perception par le corps des phénomènes abordés.
3	Expérience action pour « comprendre comment ça marche »	Essai plutôt informel pour une première approche, pour se familiariser avec un concept.
4	Expérience à suivre réalisé par l'élève	L'expérience est proposée dans le but de faire découvrir une loi ou illustrer un phénomène physique. Le protocole est donné.
5	Expérience à concevoir	L'enfant conçoit une expérience afin de vérifier son idée. L'animateur est associé dans le processus de recherche avec l'élève. Il ne sait pas quelles expériences seront proposées par les élèves. Il ne connaît pas nécessairement les résultats des expériences.

Le tableau suivant permet d'associer chacune des expériences de la brochure à sa méthodologie spécifique. La brochure complète est téléchargeable sur le site [www.hypothese.be](http://www.hypothese.be)

	1	2	3	4	5
	Expérience spectacle	Expérience pour ressentir	Expérience action	Expérience à suivre	Expérience à concevoir
Phase d'accroche et de motivation	☒				
Test de préconception	☒				
Expérience des chaussettes		☒			
Panneau blanc ou panneau noir ?				☒	
Vitre ou pas vitre ?				☒	
Quelle couleur pour quelle chaleur ?					☒
Les verres colorés				☒	
Panneaux isolés ou non isolés ?				☒	
Quel matériau pour notre panneau ?					☒
Faire tourner un moteur grâce à la lumière			☒		



Prétest



Expérience pour ressentir



Expérience action



Expérience à suivre



Expérience à concevoir

## Canevas d'exploitation pour l'enseignant

### A. Le matériel

Il se compose de coffres que l'on peut se procurer sur simple demande à l'Asbl Hypothèse (contact@hypothese.be).

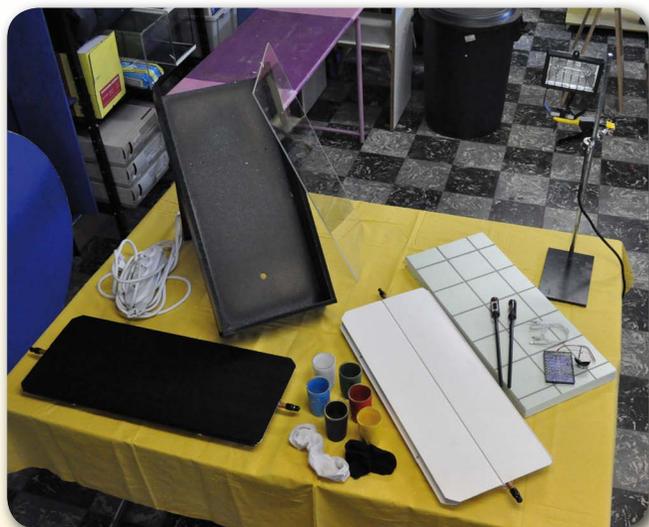
Idéalement deux coffres sont nécessaires pour réaliser l'ensemble des expériences.

Avec 2 coffres, il est possible de travailler en 4 groupes de 4 à 5 élèves.

### B. Canevas d'exploitation avec un groupe de 16 à 20 élèves (2 coffres)

Chaque coffre contient le matériel suivant :

- 1 support en bois pour les panneaux solaires
- 1 panneau solaire de couleur noire
- 1 panneau solaire de couleur blanche
- 1 plaque de frigolite
- 1 plaque de verre
- 2 chaussettes : une de couleur blanche, une de couleur noire
- 2 thermomètres digitaux
- 6 petits verres de couleurs différentes avec bouchons
- 1 statif
- 1 spot de 400 W ou 500 W
- 1 multiprise
- 1 panneau photovoltaïque
- 1 petit moteur électrique et une hélice
- 3 schémas de panneaux solaires thermiques (format A3, plastifiés)
- 1 schéma de panneaux photovoltaïques (format A3, plastifié)
- 1 brochure présentant le projet « Aujourd'hui pour demain, les capteurs solaires »
- 8 fiches didactiques



Statut de l'expérience	Pages	Expériences	Nombre de période(s)
« Pour ressentir »	20 23	Sensibilisation + expérience des chaussettes en groupe classe + consignes pour l'expérience à concevoir « Quelle couleur pour quelle chaleur ? »	1
« A concevoir »	22	Présentation des expériences à concevoir préparées par les élèves	1
« A suivre »	26 30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneau noir ou blanc ?</li> <li>• Les verres colorés</li> </ul> + consignes pour l'expérience à concevoir « Quel matériau pour notre panneau ? »	1
« A suivre » « A concevoir »	28 34	2 groupes (1 et 2) réalisent les expériences « vitre ou pas vitre » et « panneaux isolés ou non » 2 groupes (3 et 4) préparent leur expérience à concevoir (+ présentation)	1
« A suivre » « A concevoir »	28 34	2 groupes (3 et 4) réalisent les expériences « vitre ou pas vitre » et « panneaux isolés ou non » 2 groupes (1 et 2) préparent leur expérience à concevoir (+ présentation)	1
« Action »	44 38	Expérience défi en groupe classe « Faire tourner un moteur grâce à la lumière » + commencer la structuration. Travail de synthèse (éventuellement certificatif)	1
Structuration	38	En groupe classe	1
<b>Total du nombre de périodes consacrées : 7</b>			

## Activités préalables

### Activité 1

## ANALYSE DE L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE DANS LA CLASSE

### A. MISE EN SITUATION - ressentir la dépense d'énergie

Faire faire aux élèves des exercices physiques pour leur faire ressentir la dépense d'énergie (la fatigue). Celle-ci est proportionnelle à l'intensité de l'exercice réalisé.

### B. EXERCICES PHYSIQUES :

1. Faire 3 flexions avec les jambes : placer sur une échelle de 1 à 10 la dépense estimée d'énergie
2. Marcher lentement dans la classe : idem
3. Faire 15 flexions avec les jambes : idem
4. Tourner les yeux de gauche à droite : idem
5. Rester assis : idem

### C. DISCUSSION AVEC LA CLASSE

Aboutir à faire passer aux élèves le message que **dès qu'il y a mouvement, action, il y a dépense d'énergie**. Plus le mouvement est intense plus l'énergie consommée est importante. (voir informations ci-dessous)

Poser la question : Comment le corps fait-il pour se procurer de l'énergie ? Où la trouve-t-il ? Dans la nourriture. (quand on a faim, est-on capable de courir 1 km ?)

**Remarque** - le point 5 - rester assis. Certains élèves vont probablement dire qu'on ne dépense pas d'énergie en restant assis puisqu'on ne bouge pas et vont peut être critiquer l'échelle de dépense puisqu'elle ne débute pas à 0. Dans ce cas, les faire imaginer qu'ils restent assis jusqu'à une heure avancée de la journée, et leur demander s'ils ne vont pas ressentir la sensation de faim. Or, s'ils ne dépensent pas d'énergie, ils n'ont pas besoin de manger.

Les dépenses d'énergie en fonction des activités réalisées. L'unité utilisée pour exprimer l'énergie est le kilojoule (kJ) qui peut être transformé en kcal *	
1 heure de sommeil	= 270 kJ
1 heure assis au repos	= 420 kJ
1 heure de marche lente (4,2 km/h)	= 835 kJ
1 heure de marche rapide (6 km/h)	= 1255 kJ
1 heure de course (8,5 km/h)	= 2385 kJ
1 heure de montée d'escaliers	= 4600 kJ

Le joule (symbole : J) est l'unité utilisée pour quantifier l'énergie. Le joule étant une unité très petite, on utilise plutôt les kilojoules (kJ) en nutrition. Cette mesure est de plus en plus utilisée au côté des calories (cal) et tend graduellement à les remplacer. 1 kJ vaut 239 cal et 1 cal vaut 4,18 joules.

### D. DANS LA CLASSE, QUELS SONT LES OBJETS QUI UTILISENT DE L'ÉNERGIE ?

Observation des différents endroits de la classe et relevé des appareils consommateurs. Exemples : néon, lampe de bureau, radio, bouilloire, horloge, radiateurs, téléphone, jeux à piles ...

Pourquoi ces appareils utilisent-ils de l'énergie ? - réaliser un classement

- Produire de la lumière : néon, lampe de bureau
- Produire du son : radio, téléphone, jeux
- Produire du mouvement : horloge, jeux
- Produire de la chaleur : radiateur, bouilloire

### E. QUEL TYPE D'ÉNERGIE UTILISENT CES APPAREILS ?

Nous mangeons pour réaliser toutes nos activités.

Ces appareils de quoi ont-ils besoin pour produire de la lumière, du son, des mouvements, du chauffage ?

- De l'électricité pour les lampes, la radio, le téléphone, le chauffage, ...
- Du mazout ou du gaz pour le chauffage

### F. QUE CONSOMMENT CES APPAREILS ?

Nous, pour courir pendant une heure, il nous faut 2385 kJ soit un peu plus de 100g de chocolat (2252 kJ pour 100g) par heure.

La puissance c'est-à-dire la quantité d'énergie par seconde dont a besoin un appareil pour fonctionner ne s'exprime pas en grammes de chocolat par seconde ou par heure mais en Watts.\*

Une bouilloire qui a besoin de 850 Watts pour fonctionner et qui chauffe pendant 1 heure consomme 850 Watts x 1 heure = 850 Watts X 3600 secondes = 3060 KiloJoules. Si elle ne fonctionne que 5 minutes ce qui est une consommation courante, elle consomme 850 Watts x 300 secondes = 255 KiloJoules. Ce qui est à peu près ce que nous consommons en 1 heure de sommeil.

### G. COMPARAISON DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES DIFFÉRENTS APPAREILS DE LA CLASSE

Afin d'aider les élèves à se rendre mieux compte de la relation consommation d'énergie et production de travail, l'enseignant peut réaliser l'activité suivante.

Prendre des ampoules de puissances différentes : 25W, 40W, 60W et 100W. Les tester et observer l'intensité de la lumière en fonction de la puissance de l'ampoule.

Variante - demander aux élèves quelle est l'ampoule qui consomme le plus ou le moins d'énergie.\*

\* La relation entre énergie et puissance et leurs unités respectives sont reprises à la fin de la brochure à la page 46

## Activité 2

### LE COÛT DE L'ÉNERGIE DANS MA CLASSE

Le chocolat que nous consommons, nous devons l'acheter et le payer et bien... c'est la même chose pour l'énergie que consomment les appareils de la classe.

Petit calcul :

En sachant que l'utilisation de 1000 Watts pendant 1 heure coûte 0,15 €, calculer la consommation des divers appareils.

Demander éventuellement la facture électricité annuelle de l'école et faire calculer la consommation annuelle.

**Comment réduire les coûts (consommer «malin», modifier la source d'énergie ?)**

## Activité 3

### LES SOURCES D'ÉNERGIE UTILISÉES

L'électricité est la source d'énergie qui permet de faire fonctionner les appareils. D'où vient cette électricité ?

Faire analyser des illustrations d'industries ou des documents qui relatent comment on produit de l'électricité.

Les moyens de production d'électricité : les centrales hydro-électriques, les turbo-alternateurs, les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les turbines à gaz, les groupes électrogènes Diesel, les cellules photoélectriques (l'énergie solaire), les éoliennes, les centrales marémotrices et les génératrices magnétohydrodynamiques.

## Phase de sensibilisation

### Les panneaux solaires thermiques

Le réchauffement climatique, ses causes et ses conséquences sont des sujets régulièrement présents à la une de l'actualité. Et pour cause, les impacts de ce phénomène menacent la survie de l'espèce humaine. Il est donc grand temps que l'homme réagisse et prenne les bonnes décisions en matière de climat.

Alors, il semble capital de commencer une sensibilisation à cette problématique dès le plus jeune âge.

La surconsommation énergétique devient habituelle, remplir sa citerne de mazout est un geste normal et on ne se pose pas la question de savoir si cela pourra durer éternellement, ou si d'autres sources d'énergies peuvent remplacer totalement ou en partie les combustibles fossiles.

Encore trop peu de ménages ont fait le pas vers l'utilisation d'une énergie alternative. Et pourtant, des solutions diversifiées existent.

Le but de la démarche proposée ici est de faire connaître le fonctionnement des panneaux solaires thermiques, de différencier le thermique du photovoltaïque, trop souvent confondus, mais aussi d'amener les jeunes à se poser des questions sur l'importance de leur utilisation aujourd'hui, pour que demain, la vie sur terre soit toujours possible.

### Enseignement secondaire

#### A. Texte sur le réchauffement climatique (presse, revue, Internet...)

Travail de groupe sur cette problématique

Questions-réponses

Présentation du texte

Discussion en classe entière sur le thème

Quelles solutions pour demain ?

Socle visé : faire émerger l'énigme à résoudre, à savoir ici, trouver un moyen d'utiliser une énergie propre.

#### B. Travail de recherche sur les énergies

Consigne : par groupe, réalisation d'un diaporama de présentation PowerPoint de 5 diapos sur :

- Les différences entre énergie fossile et renouvelable
- L'énergie éolienne
- L'énergie solaire thermique
- L'énergie solaire photovoltaïque
- L'énergie hydraulique

Socles visés : C12, 13 et 14 Rassembler et organiser des informations sous une forme qui favorise la compréhension et la communication.

### C. Projection d'un film ou extrait de film (durée +/- 10 min)

Exemple de film : « Sans nature, pas de futur ». Fondation N. Hulot

Amorce d'une discussion en grand groupe. Questions-réponses.  
Quelles solutions pour demain ?

Socle visé : faire émerger l'énigme à résoudre, à savoir ici, trouver un moyen d'utiliser une énergie propre.

### D. Elaboration d'une publicité

Travail de groupe sur le thème des énergies renouvelables

Consigne : Vous êtes vendeurs dans une entreprise qui place des panneaux solaires. Vous devez imaginer une publicité sur panneau A3, mettant en valeur les mérites de ce type de technologie.

Socles visés : C9, 10 et 11. Récolter des informations par la recherche documentaire.



## Prétest

Ce que les élèves imaginent à propos des capteurs solaires

### A. BUT DE L'ACTIVITE et précautions méthodologiques

Organiser avant l'apprentissage un test de conception est très intéressant car cela permet de connaître les représentations des élèves et surtout de pouvoir en tenir compte dans la suite de la séquence. Selon une approche constructiviste, déposer ce que l'on croit, ce que l'on pense avant l'apprentissage et y revenir pour améliorer, enrichir et corriger est le fil conducteur d'une démarche d'apprentissage efficace.

Il s'agit de réaliser ce test dans un climat de bienveillance. Ce test n'est pas évalué, il peut même être organisé de façon anonyme comme note dans le cahier personnel de l'élève, l'enseignant ne portera aucun jugement de valeur même positif.

### B. LE TEST

*Avec le solaire, Monsieur Jacques se met au vert*

Pour chauffer l'eau de sa maison, Monsieur Jacques a décidé d'installer des panneaux solaires sur le toit. Ces panneaux, qui transforment la lumière en chaleur, permettent de chauffer l'eau utilisée dans la cuisine, la salle de bain et la buanderie. Monsieur Jacques ne connaît rien au fonctionnement des panneaux solaires. On te propose de l'aider un peu.

- As-tu toi aussi des panneaux solaires comme ceux-là à la maison ? : oui-non
- Dessine le toit de la maison de Mr Jacques avec les panneaux solaires.
- Dessine et explique avec tes mots comment les panneaux solaires chauffent l'eau qui sortira des robinets et qui sera utilisée pour se laver ou faire la cuisine.

### C. MISE EN COMMUN

En groupe classe

### D. CE QU'ILS IMAGINENT...

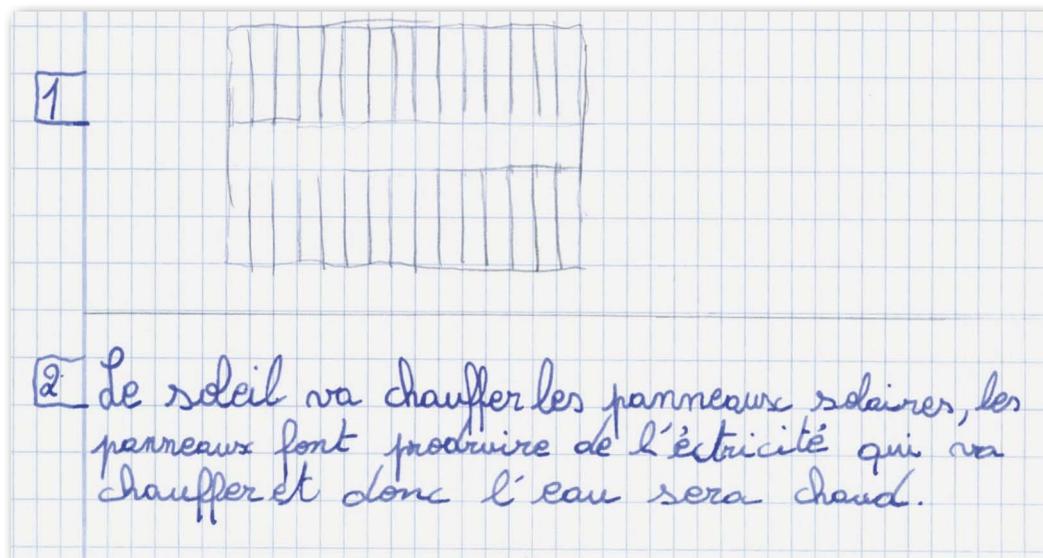
Nous vous présentons dans cette rubrique, à titre d'exemple, des conceptions d'enfants. Le test a été effectué dans une classe de 5<sup>ème</sup> année primaire et dans une classe de 3<sup>ème</sup> année de l'enseignement secondaire.

### Dans le secondaire :

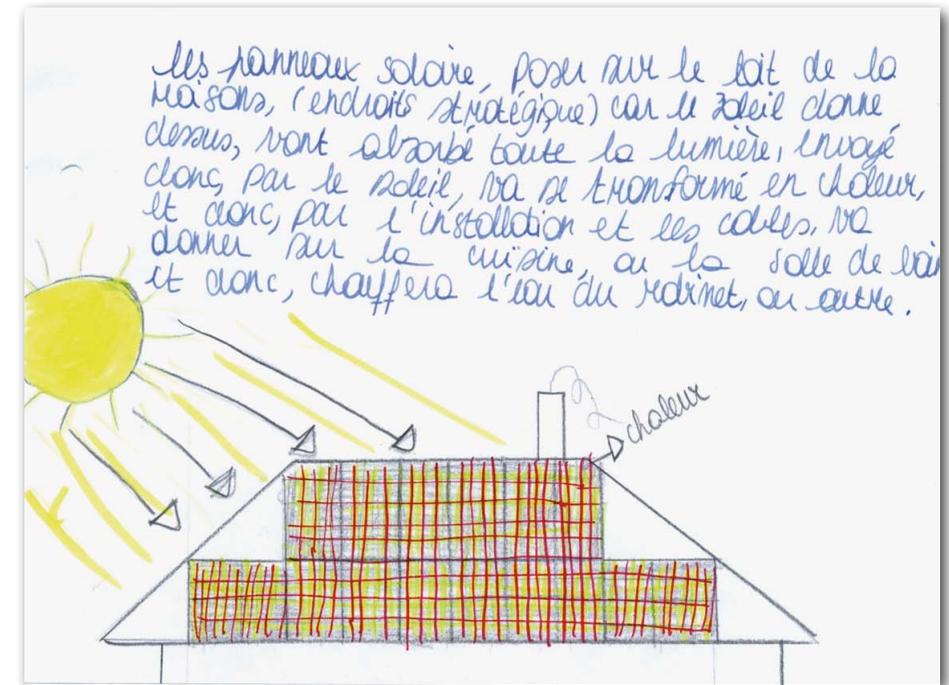
1. Les enfants confondent très souvent le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. Ils ne savent pas que deux productions différentes d'énergie sont possibles à partir de la lumière (production de chaleur par rayonnement dans le cas des capteurs thermiques ou d'électricité dans le cas des capteurs photovoltaïques).
2. Dans la plupart des cas, ils pensent que l'eau chauffée dans les serpentins sert directement à la consommation. Ils n'évoquent pas un deuxième circuit d'eau sanitaire indépendant du circuit d'eau qui circule dans le capteur.
3. Ils n'ont pas la notion d'échangeur thermique, bien que certains parlent de transformation d'énergie solaire en eau chaude.
4. Ils ne se posent jamais la question de la circulation de l'eau dans le circuit.
5. Ils ne pensent pas aux possibilités de gel, et donc n'imaginent pas que le fluide caloporteur contient un antigel.
6. La structure même des panneaux est rarement abordée, ou alors, c'est le problème de la couleur noire du panneau qui est soulevé. Jamais ils ne parlent d'isolation ou de vitrage (effet de serre).
7. L'orientation et l'inclinaison du panneau sont rarement abordées.
8. Certains enfants compliquent le système en associant à chaque destination d'eau sanitaire, une zone ou des capteurs thermiques indépendants. (à chaque robinet son capteur !)

### Dans le primaire :

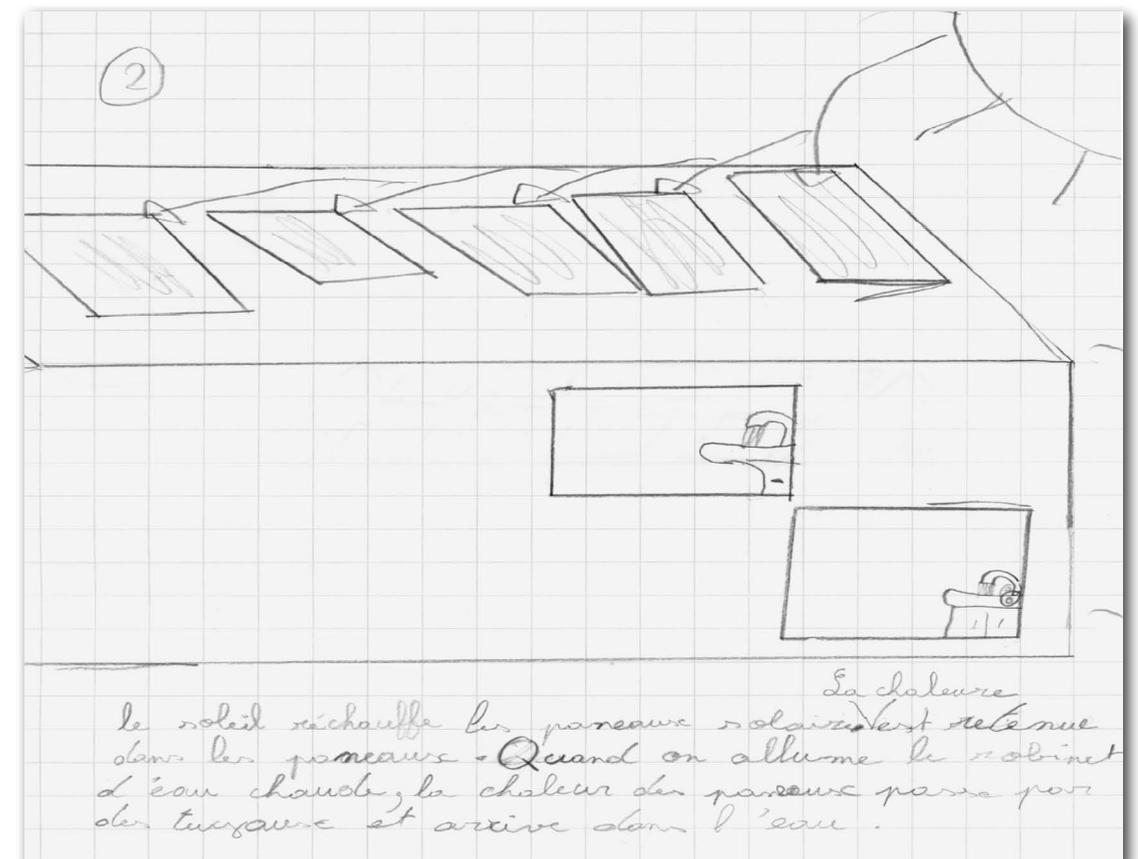
Les mêmes remarques peuvent être faites en ce qui concerne les plus petits. Dans l'enseignement primaire, ils savent que l'eau chauffe dans le panneau mais ils ne vont pas plus loin. Contrairement à ce que l'on observe dans le secondaire, ils ne considèrent pas l'utilisation que l'on va faire de cette eau chaude. Dans les dessins réalisés, on remarque que certains enfants en primaire confondent le capteur solaire avec les antennes paraboliques.



Ce dessin illustre la remarque 1 : ici, l'enfant confond clairement thermique et photovoltaïque.



Ce dessin illustre la remarque 2 : en effet, l'enfant pense que l'eau chauffée va être envoyée directement au robinet.



Ce dessin illustre la remarque 3 : l'eau chaude des panneaux va permettre de chauffer l'eau sanitaire.

## E. CE QUE L'ENSEIGNANT DOIT SAVOIR

### Recul théorique pour l'enseignant

#### Fonctionnement des panneaux solaires thermiques et photovoltaïques

Le rôle et le fonctionnement de ces deux types de panneaux, de plus en plus utilisés afin d'économiser l'énergie et de réduire la production de CO<sub>2</sub>, sont souvent confondus même par les adultes.

Le panneau solaire thermique transforme le rayonnement solaire visible en chaleur pour permettre l'échauffement d'un liquide caloporteur qui circule dans un serpentin en cuivre du panneau. Ce serpentin amène le liquide échauffé dans le bas du réservoir rempli d'eau sanitaire. Un tuyau, contenant l'eau échauffée par le liquide du serpentin, quitte la réserve pour se raccorder aux divers robinets d'eau chaude de la maison et alimenter ces derniers. Si le rayonnement solaire est insuffisant, le liquide caloporteur s'échauffe peu ainsi que l'eau du réservoir. Dans ce cas, une résistance électrique d'appoint se met en fonctionnement, sous la commande d'une sonde de température, et permet à l'eau du réservoir d'atteindre la température voulue.

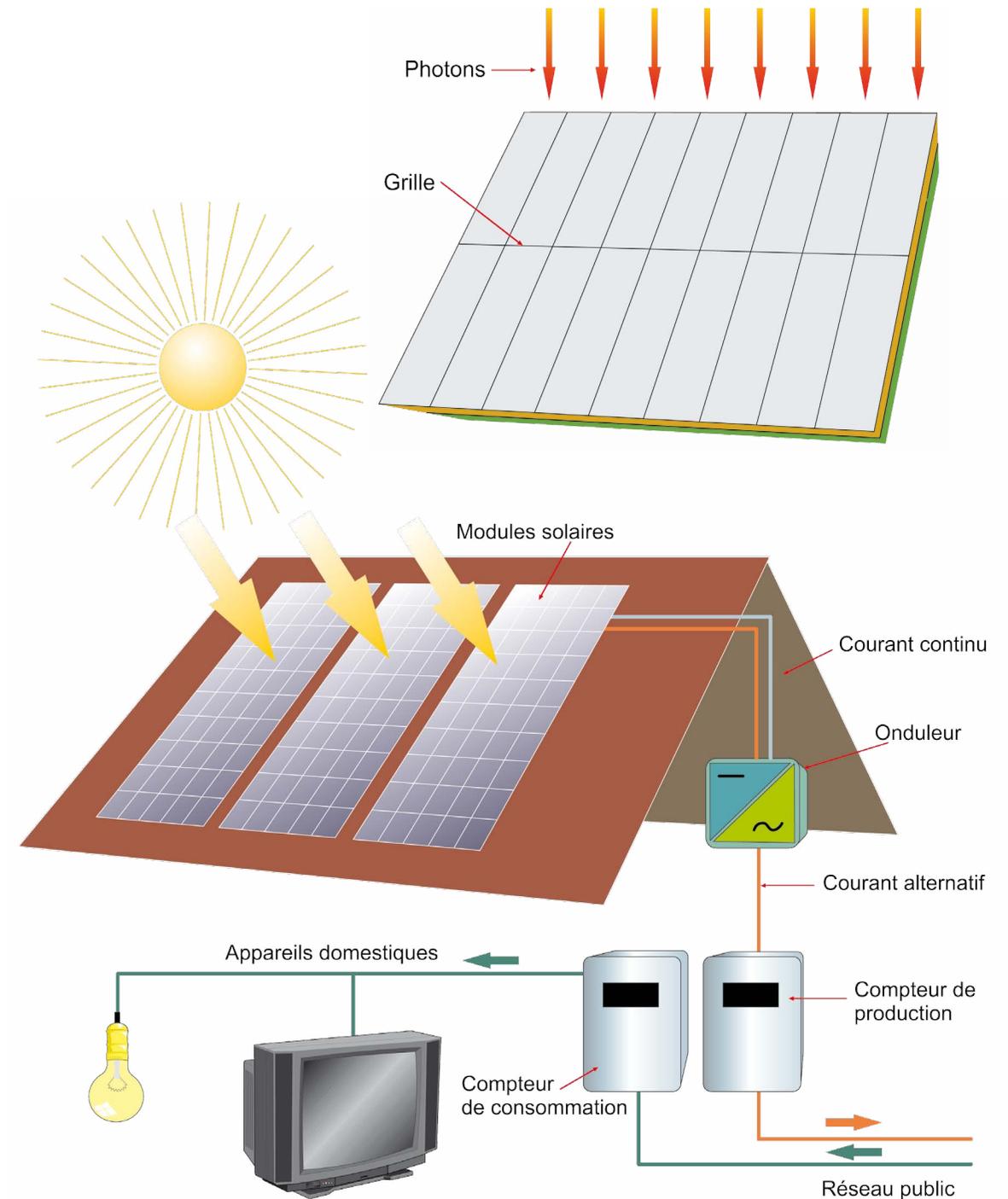
Le panneau solaire photovoltaïque utilise le principe de la transformation du rayonnement, composé de photons, en électricité par le biais de cellules photovoltaïques.

Une cellule photovoltaïque, comme le montre l'illustration ci-dessous, est constituée de deux couches minces d'un semi-conducteur, le silicium par exemple. Ces deux couches présentent une différence de potentiel car leur composition diffère. Le silicium dit de type N a été enrichi en phosphore et est potentiellement «donneur» d'électrons. Le silicium dit de type P qui compose la 2<sup>e</sup> couche a été enrichi en bore et est potentiellement «accepteur» d'électrons.

L'énergie des photons lumineux captés par les électrons des atomes de la couche N leur permet de s'affranchir de l'attraction du noyau de leurs atomes. Pour que les charges libérées par l'illumination soient génératrices d'énergie, il faut qu'elles circulent. Il faut donc les attirer hors du matériau semi-conducteur dans un circuit électrique.

Cette extraction des charges est réalisée au sein de la jonction entre les deux couches, créée volontairement dans le semi-conducteur. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées sur les deux couches de semi-conducteur. L'électrode supérieure est une grille permettant le passage des rayons lumineux. Une couche anti-reflet est ensuite déposée sur cette électrode afin d'accroître la quantité de lumière absorbée\*.

\* <http://www.lei.ucl.ac.be>



Le courant continu produit par les panneaux photovoltaïques, composés d'un grand nombre de cellules photovoltaïques, est transformé en courant alternatif, comptabilisé et renvoyé vers le réseau public. La production des panneaux domestiques n'est donc pas directement utilisée par les appareils de l'habitation.

## Expérience pour ressentir



### L'EXPÉRIENCE DES CHAUSSETTES

#### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Prendre conscience par une sensation que les couleurs noire et blanche n'absorbent pas la chaleur de la même manière.

Les élèves travaillent par groupes de 4 à 5. Il faudra donc multiplier le matériel autant de fois qu'il y a de groupes.

Variante : l'expérience peut être réalisée par le groupe entier. La mise en commun se fait alors instantanément. Plusieurs élèves peuvent expérimenter. Le but étant de voir s'ils ressentent tous la même chose.

#### B. MATERIEL NECESSAIRE

- Un spot de 400 W ou 500 W
- Une chaussette noire et une chaussette blanche
- Un foulard

#### C. ACTIVITE

Bander les yeux de l'élève qui va expérimenter.

Lui enfiler sur une main la chaussette noire et sur l'autre la chaussette blanche.

Placer ses mains à la même distance, devant le spot.

Attendre quelques instants.

Lui demander de lever la main où la sensation de chaleur est la plus forte.

Est-ce la main entourée d'une chaussette noire ou d'une chaussette blanche ?

#### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, des résultats obtenus, et de la conclusion qui ressort de l'analyse des résultats.

## E. CE QUE L'ENSEIGNANT DOIT SAVOIR

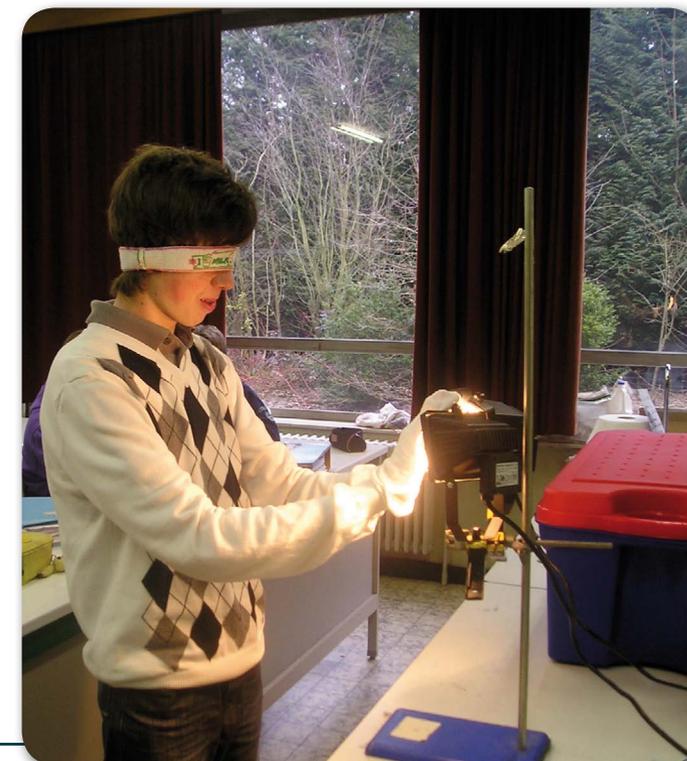
### Recul théorique pour l'enseignant Chaleur et température

Pour faire avancer la démarche, il convient de faire remarquer aux élèves que l'expérience qu'ils viennent de vivre se base uniquement sur les sensations, et que si les sens font partie intégrante de l'observation, ils ne peuvent suffire et apporter à eux seuls une conclusion à un phénomène.

Il faudra donc passer à des mesures précises, à l'aide d'instruments de mesure. Et c'est sans doute le moment d'introduire ou de rappeler la différence essentielle entre chaleur et température.

La sensation de chaleur n'est pas nécessairement ressentie de la même façon chez tout le monde, alors que la mesure d'une température est une notion totalement objective.

La chaleur caractérise l'énergie thermique qui peut être transférée d'un corps à l'autre. Ce transfert peut s'effectuer selon trois modes de propagation : la convection, la conduction et le rayonnement. C'est la température qui en est la mesure.



« On ressent plus la chaleur dans la chaussette noire que dans la chaussette blanche.  
La chaleur produite par le spot est mieux captée par la noire que par la blanche. »

Dans cette partie de la démarche, il faut stimuler la réflexion dans les groupes, discuter des protocoles proposés en évaluant l'adéquation par rapport à l'hypothèse posée.

Les expériences imaginées par l'élève servent à contrôler une idée, à la tester. Dans ce type d'expérience, de mise à l'épreuve, tel que décrit par Cariou; « Nous sommes au cœur d'une démarche hypothético-constructive : si cette hypothèse est vraie, alors il s'ensuit que, dans telles conditions, j'observerai tel résultat (déduction) ».

Bien que l'expérience scientifique s'entende habituellement dans ce sens là, elle est rarement proposée élèves. En effet, à l'école la confusion est fréquente entre une manipulation scientifique (faire, exécuter, suivre une expérience) et une démarche expérimentale (concevoir l'expérience pour mettre à l'épreuve une idée). Trop souvent, lors des cours de sciences, les hypothèses et le déroulement de l'expérience sont amenés à l'élève et semblent relever d'une évidence que l'élève ne perçoit pas toujours. L'élève est alors exécutant d'une démarche qu'il n'a pas pensée lui-même. Ici, l'élève doit penser le protocole pour mettre à l'épreuve le réel. Nous reprenons cette expression de Cariou : « Le plus important dans l'expérimental est le mental ! Ce n'est pas qui réalise, mais qui conçoit. »

- Cariou J-Y, 2007, Un projet pour faire vivre des démarches expérimentales.  
Ed. Delagrave

## Expérience à concevoir



JAUNE, ROUGE, BLANC, NOIR, VERT... QUELLE  
COULEUR POUR QUELLE CHALEUR ?

### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer, prouver (par groupes) par une expérience, que la couleur est un paramètre important dans l'absorption de la chaleur par un matériau.

### B. MATERIEL NECESSAIRE

Tout le matériel nécessaire au bon fonctionnement de l'expérience. Ce matériel peut être amené par l'élève lors du prochain cours. Ils savent toutefois qu'ils pourront utiliser le matériel habituel de la classe ou de la malle d'outils : les thermomètres, récipients.

### C. ACTIVITE

Les élèves doivent imaginer une expérience facilement réalisable en classe, qui montre que toutes les couleurs ne permettent pas d'absorber la lumière (solaire ou artificielle) de la même façon.

**Attention, imaginer une expérience n'est pas facile : quand on étudie un facteur, il faut faire en sorte que les autres ne varient pas (sinon, on ne sait pas lequel des facteurs a influencé l'expérience)**

La consigne à donner pourrait être celle-ci :

Vous devez imaginer une expérience dans laquelle vous allez montrer l'importance de la couleur dans le phénomène d'absorption de la lumière.

- Mon hypothèse de départ est ...
- J'ai besoin du matériel suivant ...
- Le déroulement de mon expérience est ...
- Je schématise mon expérience comme ceci ...
- Après expérimentation, je constate que ...
- J'en conclus que ...

### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, du mode opératoire, du résultat attendu et celui effectivement observé, ainsi que de la conclusion tirée de l'expérimentation.

## E. CE QU'ILS POURRAIENT IMAGINER...

Nous vous présentons dans cette rubrique, à titre d'exemple, ce que les élèves ont proposé comme expérimentation.

Plusieurs groupes ont travaillé sur cette expérience. Les deux expériences réalisées par les élèves et présentées ici ont été imaginées sans aucune aide extérieure. Le matériel a été apporté par les élèves.

Ce qui est particulièrement encourageant, c'est le fait que les élèves ont pu, seuls, imaginer leur protocole expérimental, tout en respectant scrupuleusement les étapes d'une démarche scientifique expérimentale, en prenant bien soin de ne faire varier qu'un seul facteur à la fois.

### Expérience 1 : L'expérience des « boîtes »

② Expérience à concevoir.  
 But: Imaginer une expérience qui prouve que le noir ou le blanc n'absorbe pas la chaleur de la même façon.  
 a. mon hypothèse est:  
 b. j'ai besoin du matériel suivant:  
 c. déroulement de l'expérience:  
 d. Schémas.  
 e. Après mon expérience, je constate que... (observations)  
 f. conclusion.

e. Tableau de mesures

heure	boîte blanche	boîte noire
10h 38	20°C	20°C
10h 40	33°C	44,7°C
10h 42	38,6°C	51,4°C
10h 44	43°C	56°C

f. conclusion  
 La boîte noire attire plus la chaleur que la boîte blanche.

a. Mon hypothèse est que le noir absorbe plus la chaleur que le blanc.  
 b. 2 boîtes identiques (noir et blanc)  
 2 spots halogène de même puissance.  
 2 thermomètres identiques.  
 c. Placer 1 thermomètre dans chaque boîte.  
 Placer les spots devant les boîtes et à même distance.  
 Attendre ± 10 minutes.  
 Vérifier les résultats.  
 d.



### Expérience 2 : L'expérience du chocolat

1. Expérience à concevoir.  
 a. Mon hypothèse est que le noir absorbe plus la lumière que le blanc.  
 b. matériel:  
 - chocolat  
 - boîte blanche  
 - boîte noir  
 - la lumière  
 - chronomètre  
 c. Déroulement de l'expérience.  
 - Mettre un morceau de chocolat dans chacune des boîtes.  
 - Placer la lumière au dessus de chacune des 2 boîtes.  
 - Chronométré 2 min. Après 2 min retirer les chocolats.  
 d. Schéma.

d. Après mon expérience je constate que le chocolat dans la boîte noir fond plus vite que le chocolat dans la boîte blanche.

c) conclusion:  
 le noir absorbe plus l'énergie que le blanc. donc le chocolat dans la boîte noir fond plus vite.

## Expérience à suivre



### PANNEAUX NOIRS OU PANNEAUX BLANCS ?

#### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer que la couleur du panneau est importante pour la production d'eau chaude.

#### B. MATERIEL NECESSAIRE

- Panneau solaire thermique noir, son caisson et sa vitre
- Panneau solaire thermique blanc, son caisson et sa vitre
- Un spot de 400 W ou 500 W
- Deux thermomètres digitaux

#### C. ACTIVITE

Par groupes de 2 ou 3 élèves

Exposer les deux panneaux (noir et blanc), vitrés, à la même intensité de chaleur, produite par le spot, pendant le même laps de temps.

L'expérience durera 20 minutes et une mesure de température est faite toutes les cinq minutes. Remplir avec de l'eau le tuyau de cuivre des deux panneaux. Vérifier en y plongeant les thermomètres que l'eau est au départ à la même température. Les mesures réalisées sont reportées dans un tableau de mesures, conçu par l'élève (au secondaire) ou construit avec l'enseignant (au primaire).

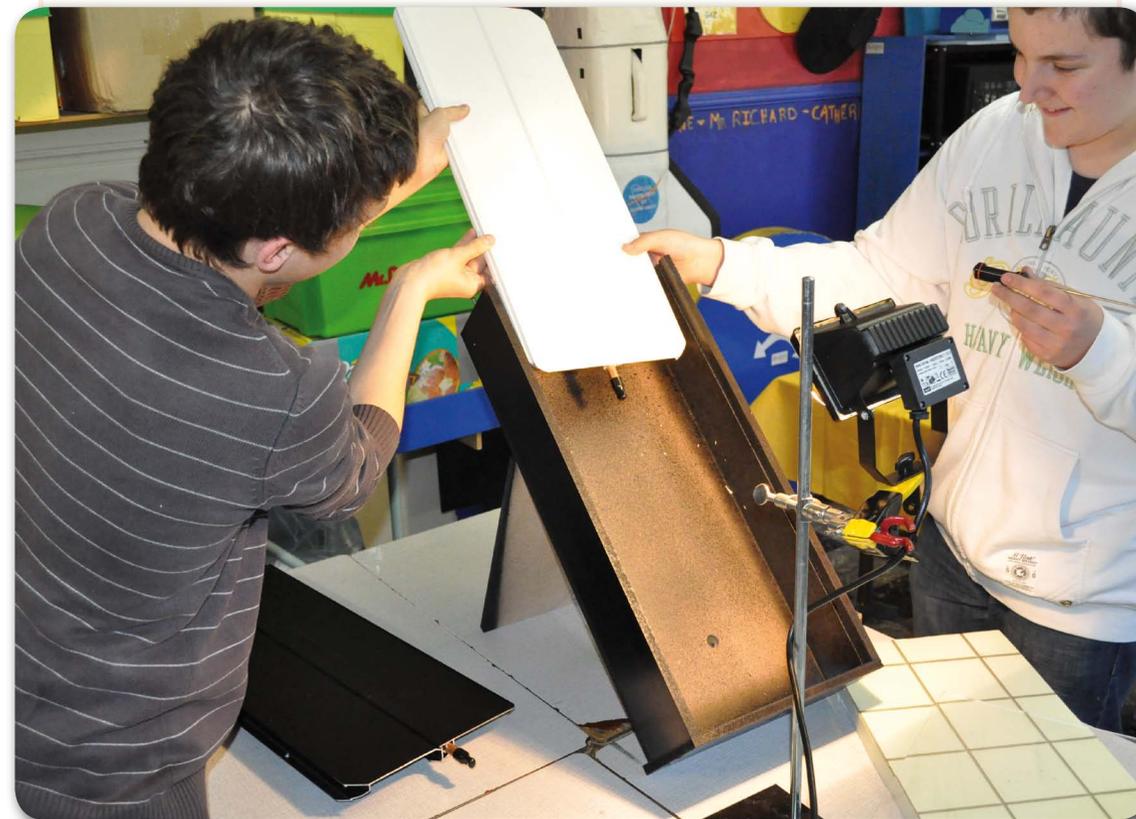
Un graphique représentant l'évolution de la température au cours du temps pour les deux capteurs peut également être réalisé à partir du tableau de résultats.

#### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ et des résultats obtenus.

#### E. QUE RETENIR DE CETTE ACTIVITE ?

La température s'élève plus vite et la différence de température atteinte après vingt minutes est plus importante pour le panneau noir. Une surface noire absorbe plus les rayons lumineux qu'une surface blanche. La chaleur apportée à l'eau circulant dans le capteur noir est donc plus importante. Un panneau de couleur noire est donc plus efficace, c'est pourquoi les panneaux solaires thermiques sont toujours noirs.



## Expérience à suivre



### VITRE OU PAS VITRE ?

#### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer que quand le panneau est vitré, il est plus efficace que quand il ne l'est pas.

#### B. MATERIEL NECESSAIRE

- Deux panneaux solaires thermiques noir et leur caisson
- Système de vitrage prévu avec le panneau
- Un spot de 400 W ou 500 W
- Un thermomètre digital

#### C. ACTIVITE

Par groupes de 2 ou 3 élèves.

Remplir les panneaux avec de l'eau à température ambiante.

Les faire tenir debout et incliné grâce au support.

Introduire le thermomètre digital dans la conduite (orifice supérieur)

Les élèves doivent exposer les panneaux (un avec vitre, l'autre sans vitre) devant le spot.

Une mesure de température est effectuée toutes les 5 minutes, pendant 20 minutes. Ces mesures sont reportées dans un tableau de mesure.

#### Variante possible :

On peut aussi faire travailler la moitié des groupes sur panneaux non vitrés et l'autre moitié sur panneaux vitrés.

#### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, des résultats obtenus.

Une conclusion pourra dès lors être tirée.

#### E. QUE RETENIR DE CETTE ACTIVITE ?

Les panneaux vitrés chauffent plus vite et produisent une eau plus chaude que les panneaux non vitrés. Le phénomène mis en avant ici s'appelle l'effet de serre.

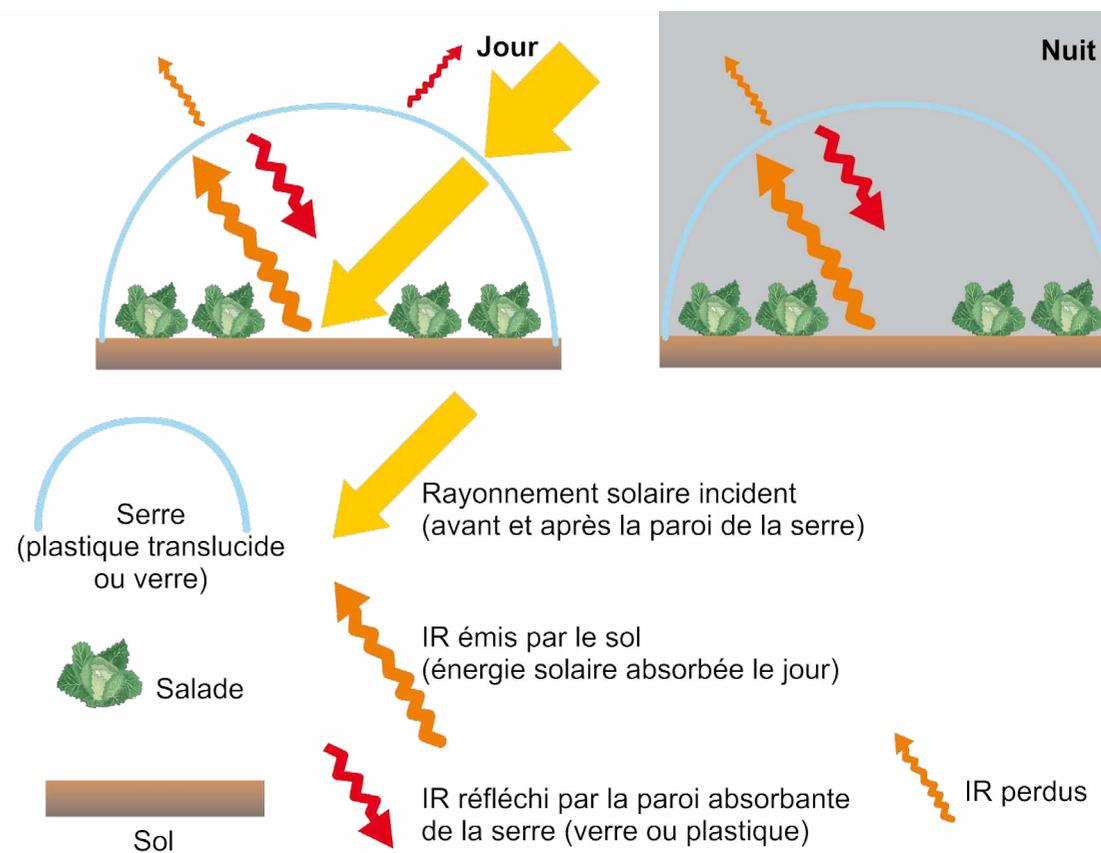
Dans une serre, quand les rayons du soleil arrivent contre les vitres, la lumière visible et certains rayons infra-rouges traversent le verre et entrent dans la serre. Ceci a pour conséquence de réchauffer l'air intérieur.

Le sol absorbe le rayonnement solaire et réémet ensuite un rayonnement infrarouge (chaleur) qui est réfléchi par le verre et reste en grande partie emprisonné dans la serre. Ce qui contribue à augmenter un peu plus la température qui y règne.

C'est ce phénomène qui se produit dans un panneau solaire thermique plan vitré.

De plus, le fait de vitrer le panneau empêche la circulation de l'air et ainsi le refroidissement prématuré.

#### L'effet de serre



## LES CAPTEURS DE COULEURS SONT-ILS AUSSI RENTABLES QUE LES PANNEAUX NOIRS ?

Exemple de réflexion : les panneaux solaires sont assez voyants sur les toits puisqu'ils sont de couleur foncée.

Inviter les élèves à réfléchir sur l'idée suivante : Je voudrais mettre un capteur solaire sur le toit de mon habitation, puis-je mettre un capteur rouge «tuile» sur mon toit pour qu'il soit plus discret sur la toiture ? Pourquoi les panneaux solaires sont-ils systématiquement noirs ?

### Expérience à suivre

## LES VERRES COLORÉS ?

### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer que toutes les couleurs n'absorbent pas la lumière de la même façon.

### B. MATERIEL NECESSAIRE

- 6 verres identiques avec bouchons
- Papier de couleur (blanc, jaune, vert, bleu, rouge, noir)
- Un thermomètre digital
- Un spot de 400 W ou 500 W
- Ciseaux, papier collant

### C. ACTIVITE

Cette expérience peut précéder l'expérience « Panneaux blancs ou panneaux noirs » dans le cas où toutes les expériences à suivre sont vécues successivement par l'ensemble de la classe. Une autre organisation serait de réaliser en parallèle ces différentes expériences à suivre par des groupes différents. Chaque groupe communique alors ses résultats à l'ensemble de la classe.

- Entourer chacun des verres d'un papier de couleur différente.
- Remplir chaque verre avec 100 ml d'eau à température ambiante.
- Placer les verres à une distance de 20 cm du spot (en arc de cercle afin de respecter l'équidistance).
- Allumer le spot et relever les températures toutes les 10 minutes pendant 30 minutes.
- Reporter les mesures dans un tableau et réaliser un graphique comparatif adéquat.

### Variante possible :

On pourrait aussi proposer cette expérience en expérience à concevoir.

La consigne serait alors :

« Montre l'influence de la couleur sur l'absorption de la chaleur ».

Les élèves devraient imaginer eux-mêmes une expérience pour confirmer ou infirmer l'hypothèse : l'absorption de chaleur par rayonnement varie selon la couleur de la surface absorbante.

### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, des résultats obtenus.

Une conclusion pourra dès lors être tirée. Selon la variation de température observée, les élèves classent par ordre croissant les récipients qui ont absorbé le plus de chaleur.

### E. QUE RETENIR DE CETTE ACTIVITE ?

Toutes les couleurs (pigments) n'absorbent pas la lumière de la même façon.

Avec une surface recouverte de pigment noir, résultant du mélange de tous les pigments colorés, l'absorption est maximale et la température est plus élevée. Par contre, le blanc étant l'absence de pigment, la lumière n'est pas absorbée. On remarque que l'eau s'échauffe quand même dans ce récipient blanc. En effet, une petite partie du rayonnement infrarouge passe de toute façon, dans tous les récipients.

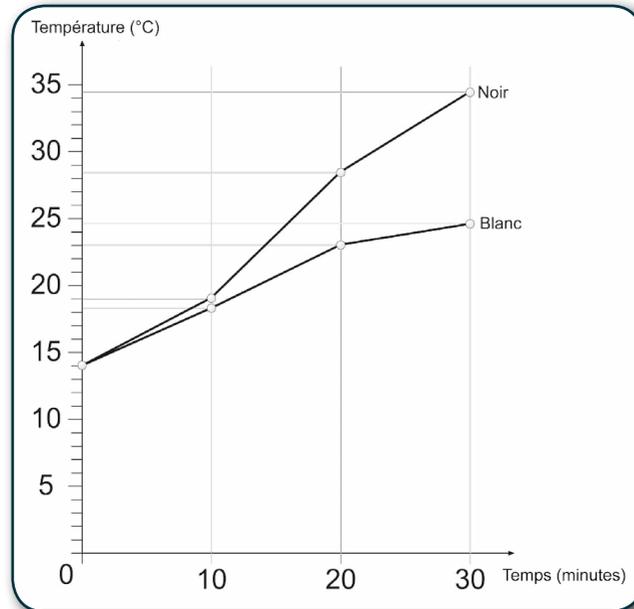
Les récipients de couleur présentent des températures intermédiaires entre les récipients noir et blanc. L'expérience ne nous permet pas de classer les couleurs en fonction de la quantité de chaleur absorbée car les différences de température observées ne sont pas significatives.



1. Complète le tableau ci-dessous avec les températures obtenues toutes les 10 minutes. N'oublie pas de noter la température de départ.

	Blanc	Jaune	Bleu	Rouge	Vert	Noir
0 min	14°	14°	14°	14°	14°	14°
10 min	18,3°	19,2°	19,1°	18,9°	19°	19°
20 min	23°	23,9°	25,5°	25°	25,3°	28,4°
30 min	24,7°	26,6°	29°	28,3°	28,8°	34,4°

2. Trace le graphique de l'évolution de la température dans chacun des récipients en fonction du temps.



Les résultats obtenus avec les différents verres colorés sont intermédiaires entre ceux obtenus avec le verre blanc et le verre noir mais sur la base de cette expérience, les différences observées ne sont pas significatives.

3. Réponds aux questions suivantes

- Quel est le récipient qui a permis le meilleur réchauffement de l'eau ? *le noir*
- Quel est le gain de température de l'eau de ce récipient après 30 minutes ? 20,4°
- Quel est le récipient qui a permis le moins bon réchauffement de l'eau ? *le blanc*
- Quel est le gain de température de l'eau de ce récipient après 30 minutes ? 10,7°

4. Chaque récipient a permis un réchauffement de l'eau après 30 minutes. Compare tes résultats avec ceux des autres groupes.

Indique ces résultats dans le tableau ci-dessous.

	Blanc	Jaune	Bleu	Rouge	Vert	Noir
gr 1	10,7°	12,6°	15°	14,3°	14,8°	20,4°
gr 2	10,2°	13,,1°	15,5°	13,9°	14°	21°
gr 3	11,1°	13,8°	14,5°	13,8°	15,2°	19,9°
gr 4	9,8°	13,5°	15,1°	14,5°	14,5°	21,2°
moyenne	10,45°	13,25°	15,025°	14,125°	14,625°	20,625°

Les résultats sont-ils identiques à ceux obtenus par les autres groupes ? : «*Non pas tout à fait.*»

Conclusion (à rédiger ensemble) : «*On constate que c'est dans le récipient noir qu'on obtient la température la plus élevée et que c'est dans le récipient blanc qu'on obtient la température la plus basse.*»

## F. CE QUE L'ENSEIGNANT DOIT SAVOIR

Recul théorique pour l'enseignant  
Récupérer la chaleur du soleil

Chacun en a fait l'expérience en été : un simple tuyau d'arrosage laissé au soleil va fournir quelques litres d'eau chaude lorsqu'on le videra. Comment améliorer ce système ? Une première amélioration consistera à peindre le tuyau en noir (voir expérience à suivre précédente). En effet, un corps coloré réfléchit une partie de la lumière qui l'éclaire. C'est autant d'énergie qui ne sera pas absorbée. Un corps noir absorbe toute la lumière, et donc accumule toute l'énergie lumineuse pour la transformer en chaleur. Le problème est que cette chaleur absorbée va rayonner dans l'infrarouge vers l'extérieur du tuyau. Comment retenir cette énergie ? C'est le rôle du vitrage.

Un vitrage ordinaire est opaque au rayonnement infrarouge et va permettre de conserver ce rayonnement thermique dans l'enceinte du capteur, tout en laissant entrer la lumière visible du soleil. Source : « L'énergie solaire » de Michel Tissot. Ed. Eyrolles.

L'infrarouge : La lumière blanche est composée de 7 couleurs visibles (arc-en-ciel), le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le cyan, le bleu et le violet, et de deux couleurs invisibles pour l'humain ; l'infrarouge et l'ultraviolet. La composante de la lumière qui émet le plus de chaleur est l'infrarouge.



## Expérience à suivre



### PANNEAUX ISOLÉS OU NON ISOLÉS ?

#### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer que l'isolation du panneau joue un rôle important dans la conservation de la chaleur captée par le fluide. Montrer que la déperdition calorifique est plus importante si le panneau n'est pas isolé.

#### B. MATERIEL NECESSAIRE

- 2 panneaux solaires thermiques noirs et leur caisson
- Un spot de 400W ou 500 W
- Un thermomètre digital
- Système de vitrage prévu avec le panneau
- Système d'isolation du panneau

#### C. ACTIVITE

Par groupes de 2 ou 3 élèves.

- Monter un panneau avec isolant et l'autre sans isolant.
- Remplir les 2 panneaux avec une eau chaude (robinet ou chauffée grâce à un bec bunsen ou une bouilloire).
- Placer le thermomètre digital.
- Repérer la température toutes les 10 minutes pendant 30 minutes.
- Reporter les mesures dans un tableau de mesures.
- Réaliser un graphique montrant l'évolution de la température de l'eau contenue dans les panneaux en fonction du temps.

#### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ et des résultats obtenus.

#### E. QUE RETENIR DE CETTE ACTIVITE ?

L'isolation permet de limiter les pertes de chaleur dans le capteur. L'isolation joue un rôle capital dans la conservation de l'énergie calorifique accumulée par le fluide caloporteur. Plus le panneau est isolé, et plus la chaleur accumulée sera conservée. Il convient également d'isoler les conduites aller et retour du circuit du fluide, menant au système de régulation et au ballon de stockage. Pour isoler un panneau solaire, le matériau utilisé est très souvent le polystyrène expansé.

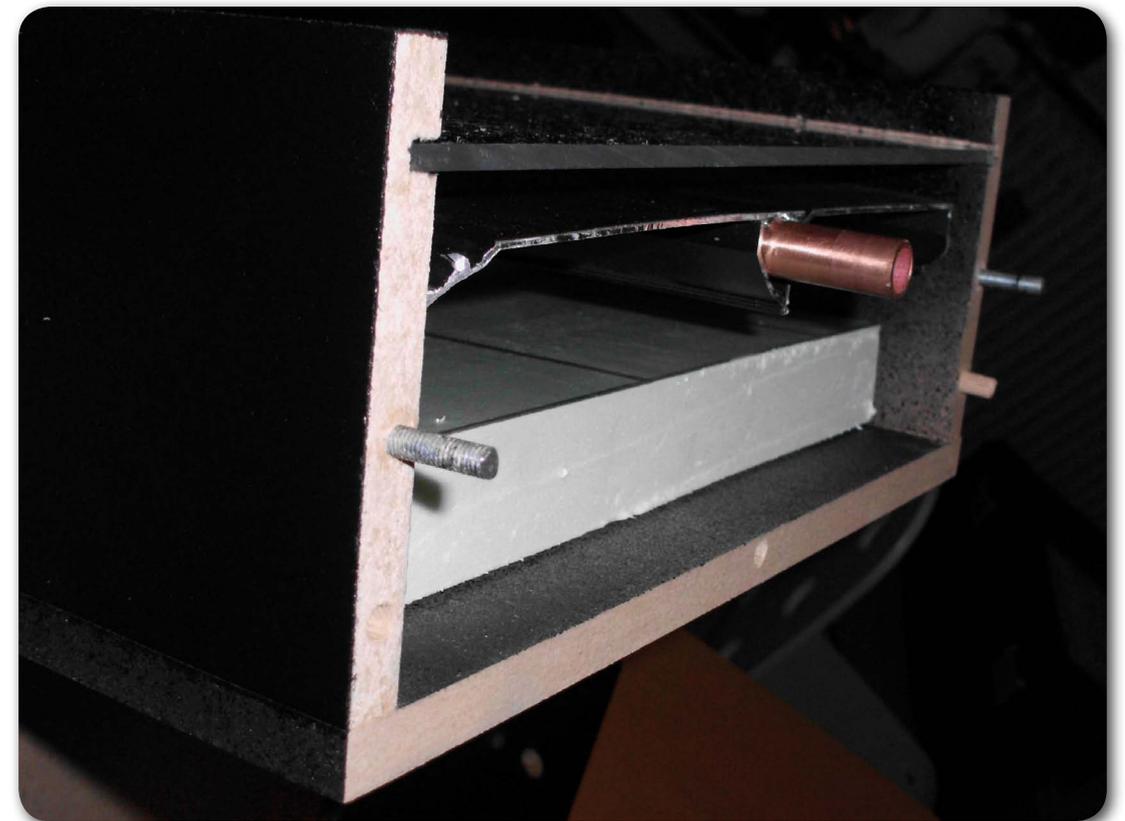
Tous les matériaux conduisent plus ou moins la chaleur. La conductivité thermique est déterminée par un coefficient, appelé coefficient de conductivité thermique. Plus ce coefficient est petit, plus le matériau est isolant et inversement.

A titre d'exemple, voici quelques coefficients de matériaux connus :

- Polystyrène expansé : 0,036
- Laine de verre : 0,04
- Bois de pin : 0,15
- Béton : 0,92
- Cuivre : 380

Le cuivre est un très bon conducteur de chaleur, son coefficient de conductivité thermique est élevé. La laine de verre est un isolant, son coefficient de conductivité thermique est faible.

Les coefficients de conductivité thermique se mesurent en  $W.m^{-1}.K^{-1}$



## Expérience à concevoir



### QUEL MATÉRIEL POUR NOTRE PANNEAU ?

#### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Montrer, prouver (par groupes) par une expérience, que le choix du métal est important pour la confection des panneaux

#### B. MATERIEL NECESSAIRE

Tout le matériel nécessaire au bon fonctionnement de l'expérience. Ce matériel peut être amené par l'élève lors du prochain cours. Ils savent toutefois qu'ils pourront utiliser le matériel habituel de la classe ou de la malle d'outils : les thermomètres, récipients...

#### C. ACTIVITE

Les élèves doivent imaginer une expérience facilement réalisable en classe, qui montre que tous les matériaux ne conduisent pas la chaleur de la même façon. Il s'agit ici d'aborder la notion de bon ou mauvais conducteur de chaleur.

**Attention, imaginer une expérience n'est pas facile : quand on étudie un facteur, il faut faire en sorte que les autres ne varient pas (sinon, on ne sait pas lequel des facteurs a influencé l'expérience).**

La consigne à donner pourrait être celle-ci :  
Vous devez imaginer une expérience dans laquelle vous allez montrer l'importance du matériau choisi pour la confection des panneaux.

- Mon hypothèse de départ est ...
- J'ai besoin du matériel suivant ...
- Le déroulement de mon expérience est ...
- Je schématise mon expérience comme ceci ...
- Si mon hypothèse est confirmée, j'attends les résultats suivants :...
- Après expérimentation, je constate que ...
- J'en conclus que ...

L'enseignant a pour rôle de valider le protocole proposé avant que les élèves ne réalisent concrètement l'expérience (le protocole est-il en adéquation avec l'hypothèse ? un moyen de mesure est-il prévu ? l'expérience est-elle réalisable ?).

#### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, du mode opératoire, du résultat obtenu, ainsi que de la conclusion tirée de l'expérimentation.

Voici quelques idées que les élèves pourraient proposer :

- Verser de l'eau chaude dans un récipient métallique (boîte de conserve), dans un récipient en plastique et dans un en verre. Constater celui qui est le plus chaud.
- Plonger le bout d'une tige métallique dans l'eau bouillante. Y plonger aussi le bout d'une tige en bois de même diamètre et de même longueur et mesurer l'évolution de la température à l'autre extrémité des deux tiges.
- Déposer trois gouttes de cire sur le dos de cuillères soit en bois, soit en plastique, soit en métal et plonger les manches dans de l'eau chaude. Constater sur quelle cuillère la cire fond le plus vite.
- ...

## Structuration

### LES PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES

#### A. LAISSER DES TRACES

Tout au long de cette démarche, les élèves auront produit toute une série de traces, et de documents divers. Ceux-ci, même s'ils ont été réalisés consciencieusement par les jeunes, ne peuvent servir de base théorique. En effet, certaines traces laissées dans les cahiers sont parfois erronées ou incomplètes. Il convient donc, pour le professeur, d'effectuer maintenant un travail important avec le groupe classe : la structuration des apprentissages.

#### B. PRIMAIRE-SECONDAIRE

Bien que les expériences proposées peuvent facilement être réalisées à la fois dans l'enseignement primaire et secondaire, les notes théoriques seront probablement différentes dans les deux niveaux. Il conviendra alors à chaque enseignant d'adapter ces notions aux élèves. Nous ne voulons pas imposer de théories prédéfinies aux enseignants. Il existe une multitude de sources facilement consultables pour construire des notes. Les enseignants pourront aussi se servir des différents reculs théoriques de cette brochure.

Au primaire, on se limitera à noter de façon simple les différentes notions rencontrées. Pourquoi le panneau est noir. Pourquoi il est en métal. Pourquoi il est isolé et le rôle joué par la vitre.

Au secondaire, la séquence peut déboucher sur des notions plus pointues sur les différents types de propagation de la chaleur, l'effet de serre, la notion de coefficient d'isolation, la dilatation des liquides (d'où l'importance d'un vase d'expansion), la notion d'antigel (fluide caloporteur), la notion de masse volumique (serpentin CES en bas du ballon de stockage) ...

#### C. PROPOSITION D'ACTIVITE DE STRUCTURATION

A l'aide des schémas proposés dans les fiches annexes suivantes, on peut par exemple demander à chaque élève de réaliser un court texte expliquant le fonctionnement d'une installation solaire. Un schéma d'une installation photovoltaïque est volontairement fourni, afin de bien différencier les deux technologies.

Il conviendra probablement d'induire les notions de vase d'expansion et de ballon de stockage.

Ce texte pourra constituer l'évaluation certificative de la séquence.

On pourrait par exemple imposer un certain nombre de termes importants, qui devraient obligatoirement prendre une place dans le texte de synthèse. (Effet de serre, métallique, vitre, énergie lumineuse, couleur foncée, fluide caloporteur, ballon de stockage, circuler, échange de chaleur, panneau solaire thermique ...)

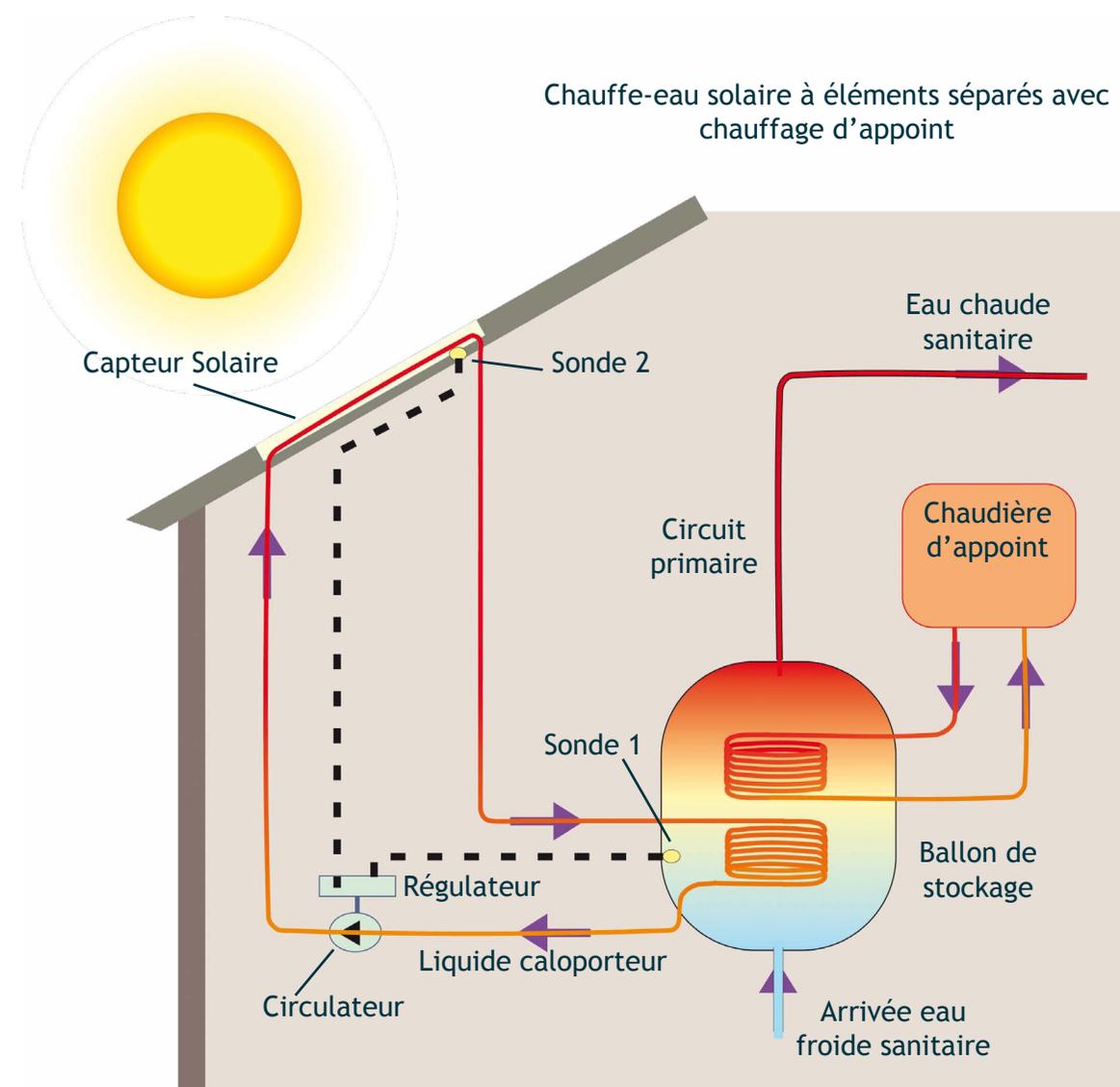
#### D. STRUCTURATION

Après correction, le professeur peut distribuer le meilleur résumé, qui servira de base théorique, ou alors fournir un résumé commun, fait par lui.

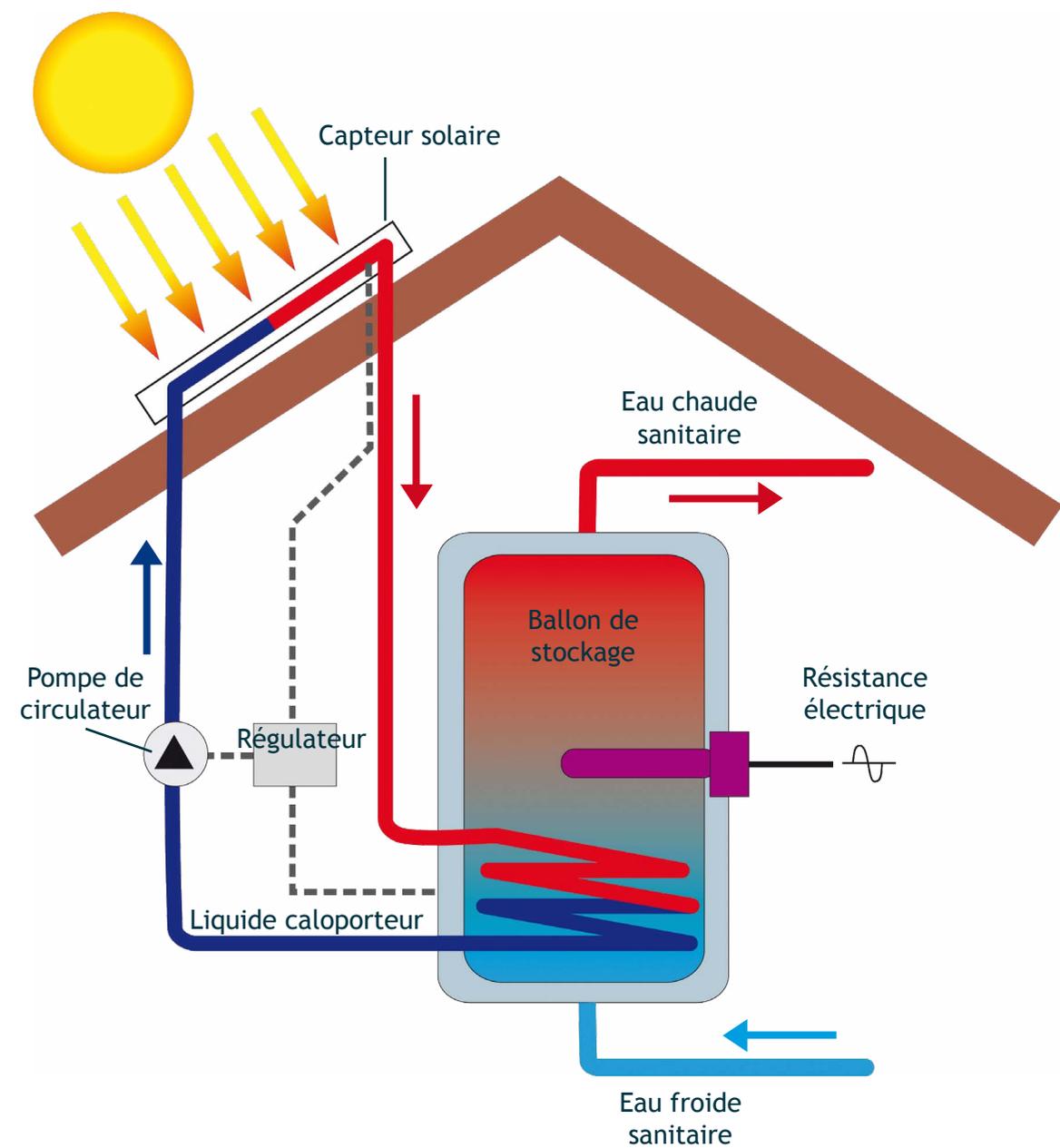
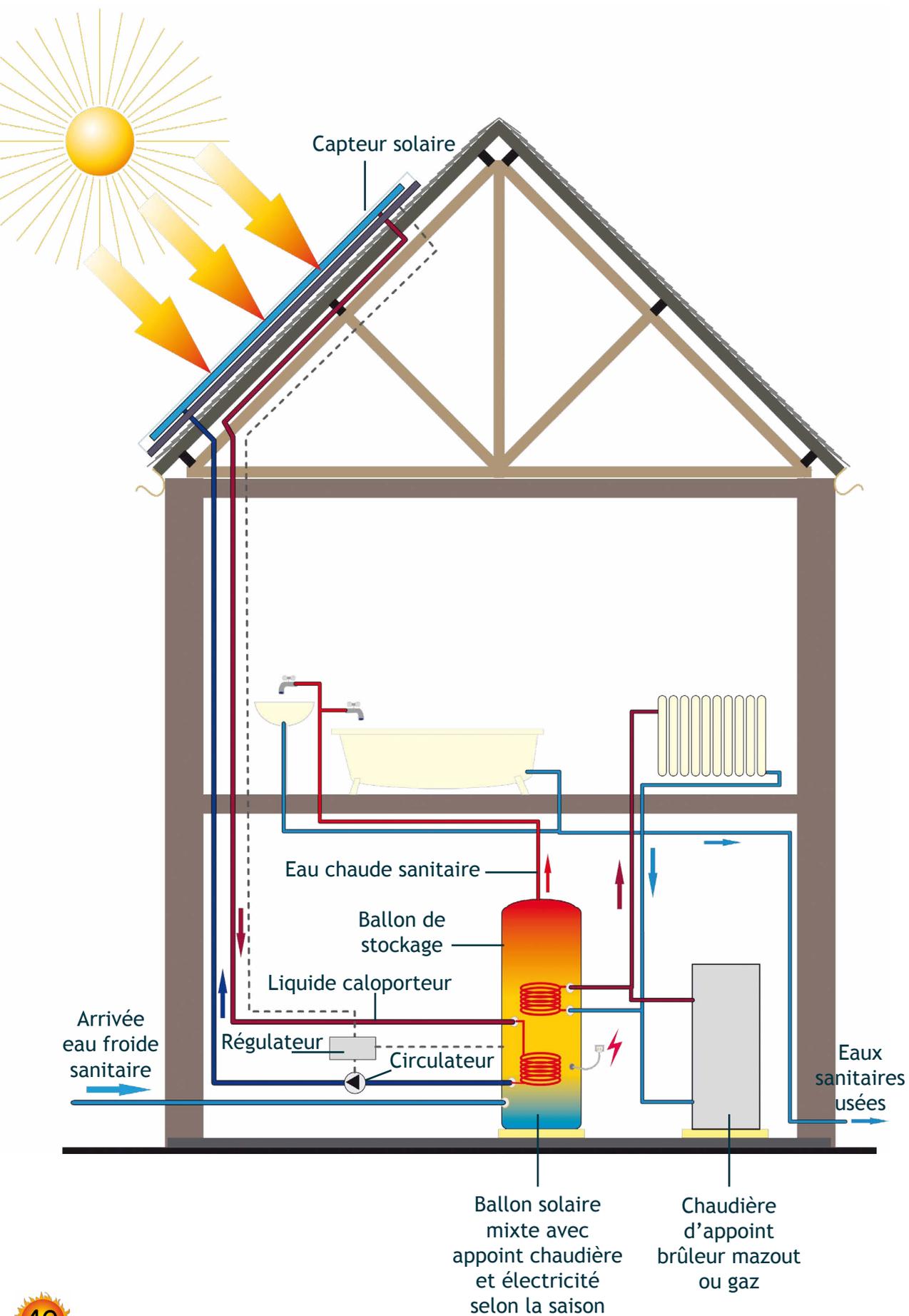
Un schéma annoté accompagnera le texte.

L'évaluation lors de l'examen portera sur la compréhension du schéma et du fonctionnement d'une installation solaire thermique.

#### E. SCHEMAS PROPOSES



Le régulateur est un thermostat qui mesure la différence de  $t^\circ$  entre la sonde 1 (prise de  $t^\circ$  dans l'eau du réservoir) et la sonde 2 (prise de  $t^\circ$  dans l'eau du capteur)



## F. OBSERVER POUR COMPRENDRE

Observer le capteur solaire de face et de profil. Identifier ses divers composants et les relations qu'ils ont entre eux.

Après avoir observé, dessiner le capteur solaire tout en détaillant l'organisation de ses composants. Représenter également, à l'aide de flèches, le trajet de la chaleur de manière à bien comprendre comment celle-ci se transmet à l'eau.

Les panneaux solaires sont placés sur les versants des toits qui sont le plus exposés au soleil. Le rayonnement solaire arrive sur le panneau solaire, une partie de ce rayonnement est réfléchi et l'autre est absorbée. Ainsi, le rayonnement solaire apporte sa chaleur et le capteur s'échauffe. Le corps chauffé diffuse sa chaleur par rayonnement, conduction au serpentin de cuivre qui parcourt le panneau.

## G. CONSTRUIRE UN SCHÉMA QUI ILLUSTRE LE FONCTIONNEMENT D'UN PANNEAU SOLAIRE

Par groupe de 4, les élèves dessinent leurs conceptions du fonctionnement d'un panneau solaire en partant de la question : Comment l'eau, chauffée dans le capteur solaire placé sur le toit, arrive-t-elle au robinet de la douche ?

Remarques :

- Les élèves pensent souvent que c'est l'eau du serpentin du panneau qui est utilisé pour l'usage domestique.
- Dans le serpentin, ce n'est pas de l'eau qui circule mais un liquide antigel «caloporteur».

Après avoir laissé les élèves présenter leur schémas, une discussion constructive peut s'installer entre eux pour aider à «approcher» le fonctionnement correct du panneau. Ensuite les schémas précédents leur sont distribués, ils les analysent et rédigent un petit texte qui précise son fonctionnement.

## H. FONCTIONNEMENT

Le serpentin de cuivre permet au liquide caloporteur de circuler du réservoir (ballon de stockage) vers le capteur et du capteur vers le réservoir. Le liquide caloporteur est frais lorsqu'il rentre dans la structure du panneau solaire puisqu'il est en contact dans le réservoir avec l'eau du circuit d'alimentation (eau froide). Au sein du panneau solaire, le liquide du serpentin absorbe la chaleur de rayonnement, de convection et de conduction (provenant de la lumière solaire) et s'échauffe petit à petit tout au long de son parcours dans le serpentin. Quand il rentre dans le réservoir, il transmet sa chaleur par rayonnement, conduction et convection à l'eau du réservoir qui sera utilisée par le consommateur.

## Analyse réflexive

**Que se passe-t-il quand la météo est défavorable ?** Exemple : un temps gris pendant trois jours.

Cette question peut spontanément être posée par les élèves. Si non, elle permet d'apporter une précision par rapport à l'installation du circuit d'eau.

La présence dans le réservoir d'un circuit d'eau qui provient d'une chaudière d'appoint permet, lorsque l'ensoleillement n'est pas suffisant, de chauffer l'eau sanitaire à une température de 60°. C'est un thermostat couplé à une sonde qui enclenche le fonctionnement de la chaudière d'appoint.

Un vase d'expansion situé entre le panneau solaire et le réservoir est nécessaire pour permettre l'augmentation du volume du liquide du serpentin lorsque celui-ci s'échauffe.

Un régulateur et un circulateur permettent au liquide du serpentin de circuler selon l'ensoleillement.

Dans le cas où trois jours consécutifs ne sont pas ensoleillés, une résistance électrique ou une chaudière d'appoint maintient l'eau du ballon à sa température de consigne.

**Quelle taille doit avoir le panneau solaire pour permettre de chauffer suffisamment d'eau pour ma famille ?**

L'eau chaude sanitaire représente 20% des dépenses énergétiques d'un foyer.

Pourquoi ne pas installer un panneau solaire thermique qui se chargerait de chauffer cette eau ? Dans le cas d'un chauffe-eau solaire, jusqu'à 80% de l'énergie nécessaire à chauffer l'eau peut être fournie par les panneaux solaires thermiques. Seuls 20 % sont pris en charge par la chaudière d'appoint et sont à payer, sans parler du geste environnemental que l'on fait.

Sachant que la moyenne d'eau chaude (à 60°C) utilisée par une personne est de 30 litres par jour et qu'un m<sup>2</sup> de panneau solaire produit en moyenne 65 litres d'eau chaude, de quelle surface de panneaux solaires as-tu besoin pour produire suffisamment d'eau chaude pour ta famille ?

Le coût moyen d'installation d'un m<sup>2</sup> de panneau solaire est de 1000 €.

Sachant qu'il faut chauffer 150 litres d'eau pendant 4 heures pour qu'elle atteigne une température de 60°C et que cette élévation de température nécessite 2400 Watts d'électricité par heure de chauffe. Calcule, en évaluant le prix moyen d'un kWh à 0,15€, quel est le coût par jour pour chauffer l'eau d'une famille de 5 personnes ? Quel est le coût par an ?

## Expérience action



# FAIRE TOURNER UN MOTEUR GRÂCE À LA LUMIÈRE

### A. BUT DE L'EXPERIENCE

Réaliser un circuit électrique comprenant un mini panneau photovoltaïque et un petit moteur.

Durée : 15 min.

### B. MATERIEL NECESSAIRE

- Un mini panneau photovoltaïque
- Un moteur
- Câblage
- Un spot

### C. ACTIVITE

Par groupes de 2 ou 3 élèves.

Avec le matériel mis à votre disposition, trouver un moyen de faire tourner le petit moteur. Faire réaliser un schéma du montage électrique.

Faire comparer solaire thermique et solaire photovoltaïque, grâce à un texte court.

### D. MISE EN COMMUN

Les expériences terminées, un moment est laissé aux différents groupes pour ordonner leur communication orale. Celle-ci doit rendre compte au groupe classe de la question de départ, des résultats obtenus.

Une conclusion pourra dès lors être tirée.

### E. QUE RETENIR DE CETTE ACTIVITE ?

Le but de cette activité, outre le fait de faire un rappel du circuit électrique, est de montrer qu'il existe d'autres technologies permettant de tirer profit de l'énergie solaire : ici l'énergie photovoltaïque.

Cette activité, qui suit les expériences utilisant les capteurs solaires thermiques, permet d'introduire la différence essentielle entre les transformations d'énergie en jeu dans les capteurs thermiques et les capteurs photovoltaïques. Pour l'un, il s'agit d'une transformation de lumière en chaleur, et pour l'autre de lumière en électricité.

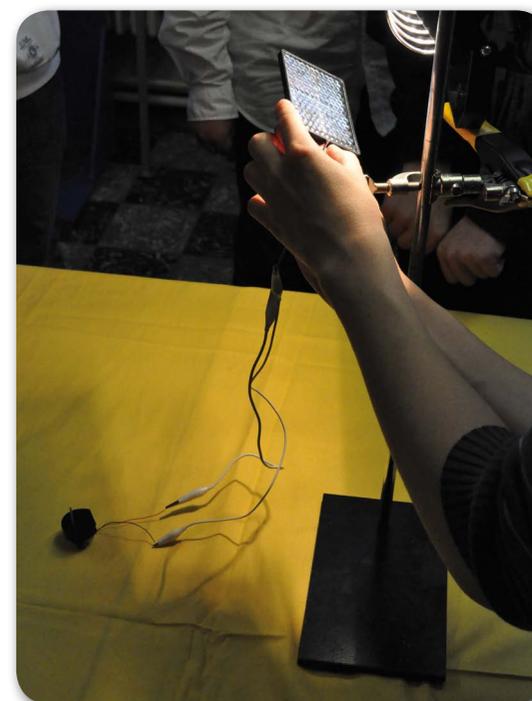
La confusion est si fréquente, même chez les adultes que cette clarification nous semble importante.

### Recul théorique

#### Le panneau photovoltaïque

Un panneau photovoltaïque transforme directement la lumière en électricité. Le matériau utilisé pour le fabriquer est le silicium (Si). Le silicium est un matériau abondant dans la croûte terrestre, on en trouve notamment dans le sable. Le silicium naturel n'est pas conducteur. Pour qu'il le devienne, il faut le rendre semi-conducteur. Pour ce faire, on va le doper. Pour le dire simplement, on modifie sa structure de façon à ce que le courant passe dans un seul sens entre la face supérieure et la face inférieure du panneau. Quand la lumière percute la surface du panneau, les particules qu'elle contient, appelés photons, provoquent la libération de charges électriques, les électrons. Ceux-ci sont « collectés » par les électrodes qui sont placées de part et d'autre du panneau, ce qui crée le courant électrique. (Voir aussi p 18)

Source : Le guide de l'énergie solaire. Michel Tissot. Ed. Eyrolles.



## Energie - Puissance - Unités de mesure

### Energie

L'unité d'énergie est le joule. On emploie également la calorie : 1 calorie = 4,184 joules  
Comme ces unités sont relativement petites, on utilise fréquemment le kilojoule et la kilocalorie : 1 kJoule = 1000 joules 1kcal = 1000 calories ou 4184 joules

### Puissance

Dans de nombreuses utilisations, plutôt que de connaître la quantité totale d'énergie, produite ou utilisée, il est important de connaître la vitesse de variation de cette quantité par unité de temps. On peut, par exemple, déneiger un chemin à l'aide d'une pelle ou avec une machine. Dans les deux cas, le même travail est effectué. Toutefois, la machine effectue ce travail plus rapidement. On dit que la machine est plus puissante.

L'unité de puissance est appelée le watt (W)

1Watt correspond à la production ou à la consommation de l'énergie d'un joule par seconde. 1 kilowatt = 1000 watts par seconde

L'unité de puissance des capteurs solaires thermiques est le Kilowatt-thermique /m<sup>2</sup>  
Cette unité sert à calculer la surface nécessaire de panneaux solaires thermiques pour couvrir un besoin en puissance exprimé en Kilowatt. 1 kWth/m<sup>2</sup> produit 1,4 Kw

### Attention

Le kilowattheure (Kwh) qui figure sur notre facture d'électricité est une unité d'énergie puisqu'il correspond à une production ou une consommation de 1000 watts durant 1 heure (3600 secondes) soit 3.600.000 joules.

## Pour en savoir plus

- Piro P. - 2006 - Guide des énergies vertes pour la maison - écologie pratique - Ed. Terre Vivante
- Mons L. - 2008 - Les enjeux de l'énergie - Petite encyclopédie - Ed. Larousse
- Lhomme J-C. - 2001 - La maison économe - Ed. Delachaux et Niestlé
- Giordan A.; Souchon C. - 2008 - Une éducation pour l'environnement, vers un développement durable - Ed. Delagrave
- Wautelet M. - 2005 - Sciences, technologies et société : questions et réponses - Ed. de Boeck

La revue «Symbioses», réalisée par le Réseau IDée, regorge d'idées et d'outils dans la domaine de l'éducation au développement durable en général et de l'éducation à l'énergie en particulier. [www.symbioses.be](http://www.symbioses.be)

- Outil d'évaluation - Communauté française > Sciences : un chauffage solaire efficace 1<sup>er</sup> degré de l'enseignement secondaire > [www.enseignement.be](http://www.enseignement.be)

## Bibliographie

- Le guide de l'énergie solaire thermique et photovoltaïque. Tissot Michel. Ed. Eyrolles
- Sciences et Vie n° 1078/Juillet 2007
- Test achats n° 5231/Mai 2009
- Atlas des énergies. Bertrand BARRE. Ed. Autrement
- Divers sites internet :  
[www.enersol.be](http://www.enersol.be), [www.Wallonie.be](http://www.Wallonie.be), [www.altereco.be](http://www.altereco.be), <http://energie.wallonie.be> (un chauffage chez vous ! Soltherm)
- Articulation entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire - Sciences et mathématiques - Rapport de recherche Communauté française. DARO Sabine, GERON Christine, GRAFTIAU Marie-Christine, HINDRYCKX Marie-Noëlle, STEGEN Pierre : <http://www.hypothese.be/documents/LesActivitesScientifiquesExperimentales.pdf>



Maison liégeoise de l'Environnement  
rue Fusch, 3 - 4000 Liège

Tél. : 042.50 95 89  
[www.hypothese.be](http://www.hypothese.be)  
[contact@hypothese.be](mailto:contact@hypothese.be)

Cette brochure est réalisée par l'asbl Hypothèse  
avec le soutien de la DGO4 - SPW

janvier 2011