

Géologie

Propriétés thermiques de la Terre

Réf :
507 056

Français – p 1

Version : 6111

**Enceinte sécurisée
convection conduction**



Sommaire

1. Description.....	1
2. Présentation de la maquette	2
3. Notions / Éléments scientifiques	5
4. Exploitations pédagogiques de la maquette	9
5. Entretien et stockage.....	14
6. Service après-vente.....	14

1. Description

L'enceinte convection / conduction constitue un modèle ingénieux pour permettre à vos élèves de répondre par l'expérimentation et la mesure aux problématiques soulevées par les notions de convection et de conduction.

En introduisant quelques gouttes de colorants dans l'enceinte, les élèves peuvent observer les mouvements du liquide, engendrés par le phénomène étudié.

Grâce aux systèmes de fixation du couvercle, les profondeurs d'immersion de la résistance chauffante et des sondes de température Ex.A.O. peuvent être réglées indépendamment avec précision. On peut ainsi facilement étudier la convection ou la conduction et mesurer l'évolution de la température dans l'enceinte en fonction de la profondeur dans chacun des cas.

Les mesures s'effectuent dans les mêmes matières (l'eau) et permettent donc une approche comparative et démonstrative des 2 modes de transmission thermique.

2. Présentation de la maquette

2.1 Composition

L'enceinte convection / conduction comprend :

- 1 récipient transparent permettant la visualisation des phénomènes
 - **Volume environ** : 2,5 L
 - **Dimensions (H x L_{base} x L_{covercle})** : 170 x 170 x 205 mm
- 1 alimentation 12 V / 5 A dédiée fournie
- 1 couvercle avec 4 emplacements adaptés pour capteur température Ex.A.O.
- 1 résistance chauffante fixée au couvercle réglable en hauteur
- 1 témoin de mise sous tension du système

Pour une utilisation optimale de la maquette, il est nécessaire d'utiliser :

- pour la visualisation des phénomènes :
 - ensemble de colorant pour convection
 - solution viscosante (complément)
- pour le suivi de la température lors de l'étude :
 - capteurs de température
 - console Ex.A.O.

2.2 Fonctions

- Cette maquette complète permet, en fonction de la position de la résistance chauffante, l'étude de la convection et de la conduction.



Résistance en position haute :
étude de la conduction



Résistance en position basse :
étude de la convection

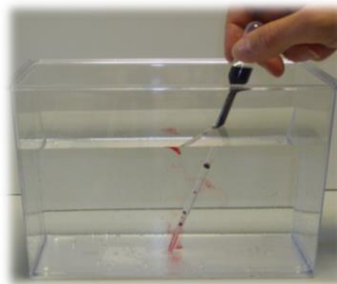
- Le réglage en hauteur des sondes de température Ex.A.O. permet d'effectuer une étude de la température, et donc des différents échanges thermiques, en fonction de la profondeur.



- L'incorporation de quelques gouttes de colorant rend possible la visualisation des mouvements de convection et de conduction.

Merci d'utiliser de **l'eau déminéralisée** afin d'éviter les dépôts de calcaire sur la résistance.

Le marqueur visuel est introduit délicatement dans l'enceinte à l'aide d'une pipette pasteur. Le dépôt doit se faire au centre, soit en dessous de la position de la résistance.



- Pour le bon déroulement des manipulations, un niveau minimum de liquide est à respecter. L'étiquette, placée sur le côté de l'enceinte, sert d'indicateur de niveau.



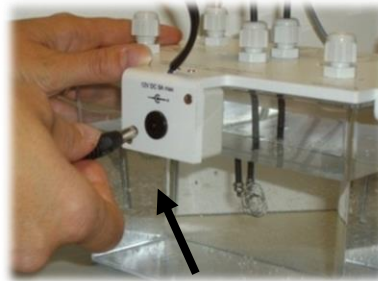
Attention : ne pas brancher l'enceinte sans l'avoir préalablement remplie.

- En complément, il est possible d'utiliser *un agent viscosant*. Cette solution, prête à diluer, permet d'obtenir rapidement des solutions de viscosité croissante afin d'étudier l'influence de ce paramètre dans les phénomènes convectifs.

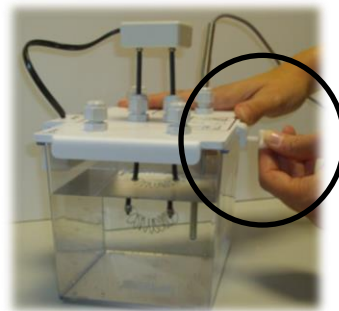


2.3 Sécurité

- L'alimentation électrique est en Très Basse Tension de Sécurité (12 V, 5A).



- Afin d'éviter tout risque de brûlure, le couvercle est équipé d'un coupe-circuit empêchant l'alimentation de la résistance thermique si celui-ci n'est pas verrouillé sur l'enceinte.

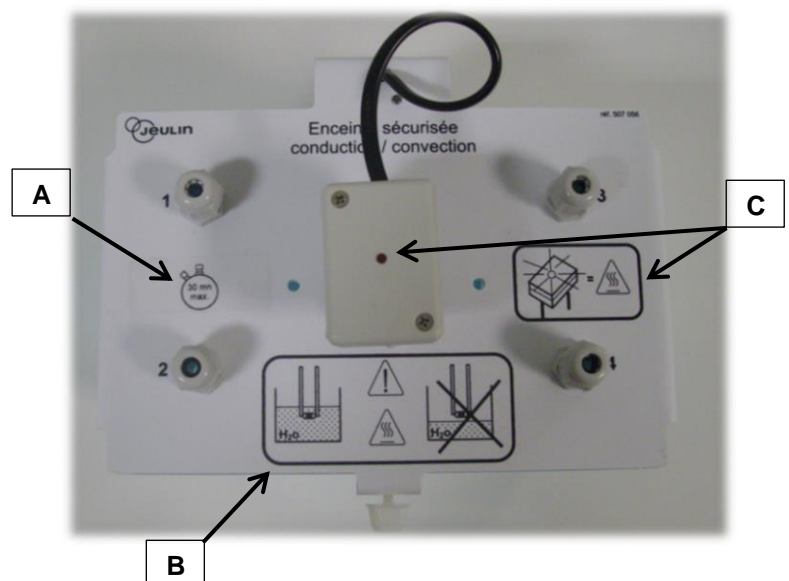


- Toutes les expérimentations se déroulent à des températures inférieures à 60 °C.
- La signalétique présente sur le couvercle rappelle en permanence les consignes à respecter, notamment l'obligation d'immersion de la résistance.

A : Limitation du temps de manipulation à 30 minutes

B : En fonctionnement la résistance doit toujours être immergée

C : Témoin lumineux indique que l'appareil est sous tension et en chauffe



- Grâce à sa faible inertie thermique, la résistance sera refroidie dès l'ouverture.

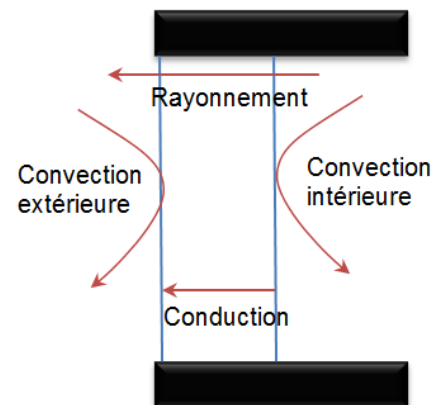
3. Notions / Éléments scientifiques

Un transfert thermique est un transit d'énergie sous forme microscopique désordonnée. Cela correspond en réalité à un transfert d'agitation thermique entre les particules d'un système, molécules et atomes, au gré des chocs aléatoires qui se produisent à l'échelle microscopique.

Deux corps ayant la même température sont dits en " équilibre thermique ". Si leur température est différente, le corps le plus chaud cède de l'énergie au corps le plus froid : il y a transfert d'énergie thermique.

Il existe trois modes d'échange de chaleur :

- la conduction,
(transfert de proche en proche)
- la convection,
(transport macroscopique de matière)
- le rayonnement.
(transfert d'énergie sans matière)

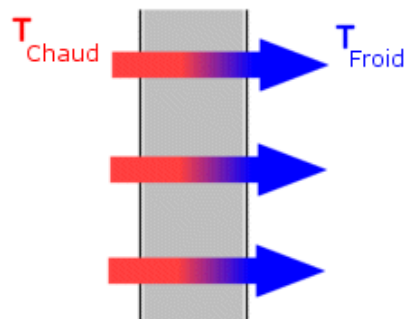


3.1 Conduction

Dans un corps opaque supposé non déformable, la chaleur se transmet par conduction, ou diffusion.

Cet échange thermique repose sur la « mobilité » des atomes. En effet, la conduction est due aux chocs entre les molécules du milieu. Les atomes des zones chaudes vibrent plus que les atomes des zones froides. Les atomes agités, en « heurtant » leurs voisins, augmentent leur niveau de désordre, donc leur température. Ces vibrations se transmettent de proche en proche des parties chaudes vers les froides : il n'y a pas de mouvement macroscopique de matière.

C'est ce qui se passe quand on pose une brique froide sur une plaque chauffante.



La conduction ne peut avoir lieu que s'il existe une différence de température dans le milieu, c'est-à-dire si le gradient de température n'est pas nul. Elle se produit donc dans un milieu hors équilibre. Le maintien de ce déséquilibre, ou le retour à l'équilibre, se traduit par un flux thermique émis des régions chaudes vers les régions froides.

Pour que ce gradient existe, une action externe au système est nécessaire, afin de maintenir des conditions de températures données aux limites de ce système.

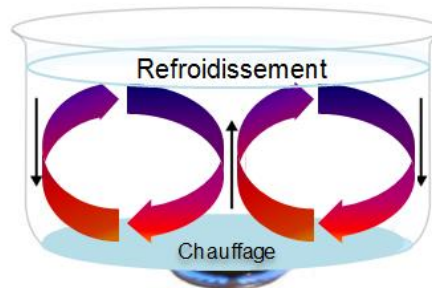
Ce mode de transfert est essentiellement retrouvé dans les milieux solides, homogènes et opaques, mais peut aussi avoir lieu dans les fluides immobiles. Cependant, dans les fluides, la conduction est souvent masquée par le phénomène de convection.

3.2 Convection

Lorsque l'échange de chaleur s'accompagne d'un déplacement de matière, le transfert se fait par convection.

Ce mode d'échange n'existe qu'au sein des fluides (liquides ou gaz) ou lorsqu'un fluide circule autour d'un solide. La convection est donc un mouvement qui résulte d'une instabilité gravitaire à l'intérieur d'un système déformable.

Si on considère un petit volume d'eau situé à la base d'un système, il se dilate quand il est chauffé : sa densité diminue. Il devient donc plus léger que l'eau qui l'entoure, ce qui provoque son ascension. A l'inverse, en surface, les volumes d'eau supérieurs sont plus froids, donc plus denses que l'eau au-dessus de laquelle ils se trouvent. Ils ont donc tendance à redescendre vers le fond du système.



De cette façon, se met en place une circulation d'eau, avec montée d'eau chaude et descente d'eau froide (photo ci-dessus). C'est le déplacement de cette matière chaude qui provoque le transfert de chaleur, et donc l'élévation de la température.

Contrairement à la conduction, où le transfert se fait par « contact » dans le fluide, la possibilité de déformation sous l'effet de la température permet la mise en mouvement de ce fluide, de manière plus ou moins importante.

Il existe deux types de mouvements de convection :

- Dans un premier cas, le fluide est mis en mouvement sous le seul effet des différences de masses volumiques résultant des écarts de températures des zones du fluide, ou d'un champ de forces extérieures (la pesanteur). Ce phénomène est appelé convection naturelle.
- Dans un second cas, le mouvement du fluide est induit par une cause indépendante des différences de température (pompe, ventilateur...), qui entraîne une différence de pression. On parle alors de convection forcée. Ce mode de transfert permet l'amélioration de l'échange thermique.

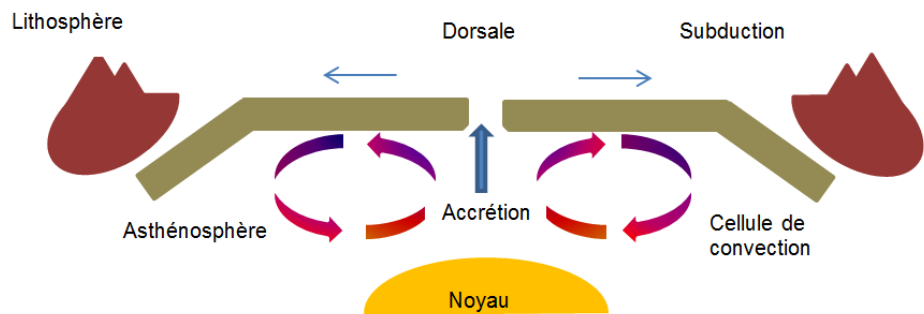
3.3 Convection mantellique

En raison d'une faible conductivité thermique des roches, la diffusion de chaleur par conduction à travers la lithosphère rigide est un mécanisme trop lent pour permettre une évacuation suffisante de l'énergie thermique produite par le manteau. Au sein de la Terre, la chaleur est donc dissipée essentiellement dans la plus grande partie du manteau par convection.

Le manteau terrestre est instable vis-à-vis de la convection, ce qui, à l'échelle globale, induit la formation de grands courants de convection. Ces mouvements sont considérés comme responsables de la Tectonique des Plaques. Au niveau des zones de subduction, ils se manifestent par le plongement et le recyclage de lithosphère océanique, considérée comme la couche limite thermique des cellules de convection du manteau.

Dans les représentations classiques, les zones de subduction, où du matériel froid et dense plonge en profondeur, constituent le flux descendant, alors que les dorsales océaniques constituent le flux ascendant.

→ Représentation classique des phénomènes de convection mantellique



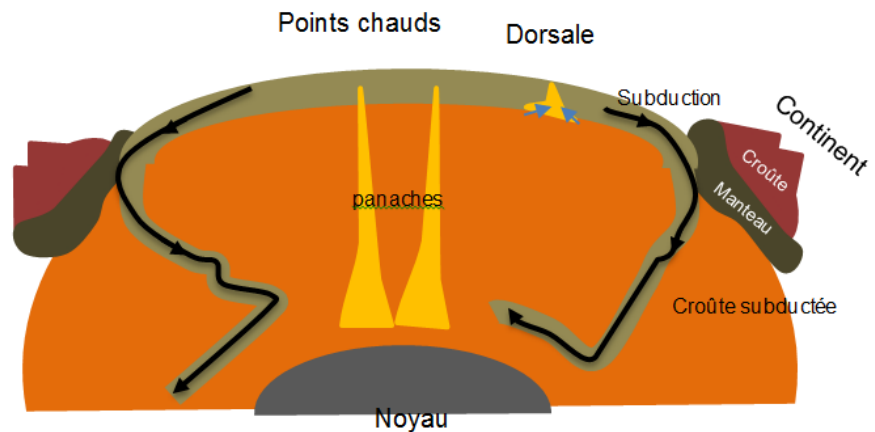
Cette théorie n'est pas complètement erronée mais n'est pas, non plus, entièrement vraie.

En effet, la Terre n'est pas réchauffée par le bas mais dans sa masse, et est refroidie par le haut. Les dorsales océaniques ne sont visibles qu'en surface tandis que les subductions sont visibles en profondeur. Les zones de subduction sont donc bien actives et descendent jusqu'au noyau, mais les dorsales sont des remontées locales et passives qui n'ont pas lieu en profondeur.

Remarque :

90 % de la chaleur de la Terre s'évacuent par ce système de convection mantellique où la descente de matière froide est « active » et la remontée de matière chaude « passive ». Les 10 % restants sont le résultat des points chauds.

→ Représentation plus réaliste de ces phénomènes



3.4 Viscosité et Nombre de Rayleigh

Comme vu précédemment, la convection naît dans une couche de fluide rendu instable par la présence d'une zone chaude (fluide plus léger) située en dessous d'une zone froide (fluide plus dense). Une circulation se met alors en place dans le fluide sous l'effet de la poussée d'Archimède. Cependant, cette dernière est freinée par la viscosité du fluide dans lequel elle remonte. Il y a donc une compétition entre les forces motrices et les forces de résistance.

Rayleigh, physicien anglais du 19^e siècle a montré que la capacité d'un système à convecter dépend de plusieurs paramètres physiques :



- la dilatation thermique (α),
- l'écart de température (ΔT),
- l'accélération de la gravité (g),
- la longueur / dimension caractéristique du système (h),
- la diffusivité thermique (k),
- et la viscosité (ν).

Il établit un rapport $Ra = \frac{\alpha \cdot \Delta T \cdot g \cdot h^3}{k \cdot \nu}$ qui devient le nombre de Rayleigh.

La convection se déclenche lorsque la poussée d'Archimède devient plus importante que la force de résistance, la viscosité, et que le rapport entre ces forces, nombre de Rayleigh, dépasse un certain seuil de l'ordre de 10^3 .

Ce nombre caractérise donc le transfert de chaleur au sein d'un fluide. Plus ce nombre est grand, plus la convection dans le milieu sera importante. En dessous de ce seuil, le transfert s'effectue par conduction.

4. Exploitations pédagogiques de la maquette

4.1 Les attentes du programme de Terminale S

Les notions de conduction et de convection apparaissent explicitement dans le programme de SVT de l'enseignement obligatoire de la classe de Terminale scientifique.

Terminale S – Thème 2 : Enjeux planétaires contemporains A : Géothermie et propriétés thermiques de la Terre	
Connaissances	Capacités, attitudes
Deux mécanismes de transfert thermique existent dans la Terre : la convection et la conduction. Le transfert par convection est beaucoup plus efficace.	Réaliser des mesures de conduction et de convection à l'aide d'un dispositif Ex.A.O. et les traiter avec un tableur informatique.
La compréhension du transfert thermique dans la Terre permet de compléter le schéma de tectonique globale en y faisant figurer la convection mantellique.	Réaliser et exploiter une modélisation analogique de convection en employant éventuellement des matériaux de viscosité différente.

➔ Extrait du programme de l'enseignement spécifique de SVT en classe terminale de la série scientifique.
D'après le Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011.

Après un bref rappel sur les notions relatives à l'étude de la convection et de la conduction, la présente notice propose un exemple de scénarios pédagogiques dans lesquels la maquette est exploitée. Cette utilisation permet d'atteindre les objectifs du programme concernant les transferts thermiques existant au sein de la Terre.

4.2 Suggestions d'utilisation de la maquette / Exemples de résultats

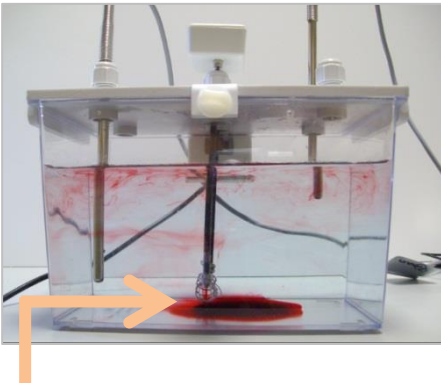
4.2.1 Comparaison convection / conduction avec un même matériau

Objectif : Montrer que le transfert d'énergie par convection est beaucoup plus efficace que par conduction.

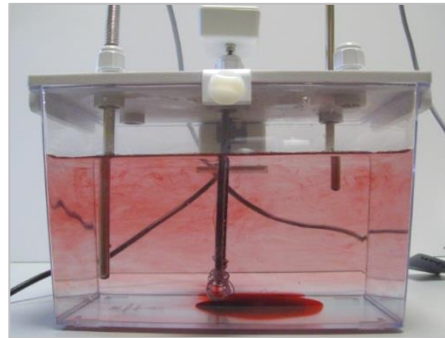
Dispositif : Suivi par Ex.A.O. des phénomènes de transfert d'énergie thermique. Un traceur visuel déposé sur le fond permet d'observer les mouvements de matière.

Les sondes de températures sont placées à différentes hauteurs (une en surface, une en profondeur).

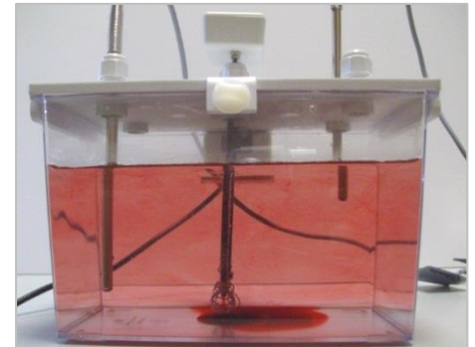
Mesure de Convection par Ex.A.O.



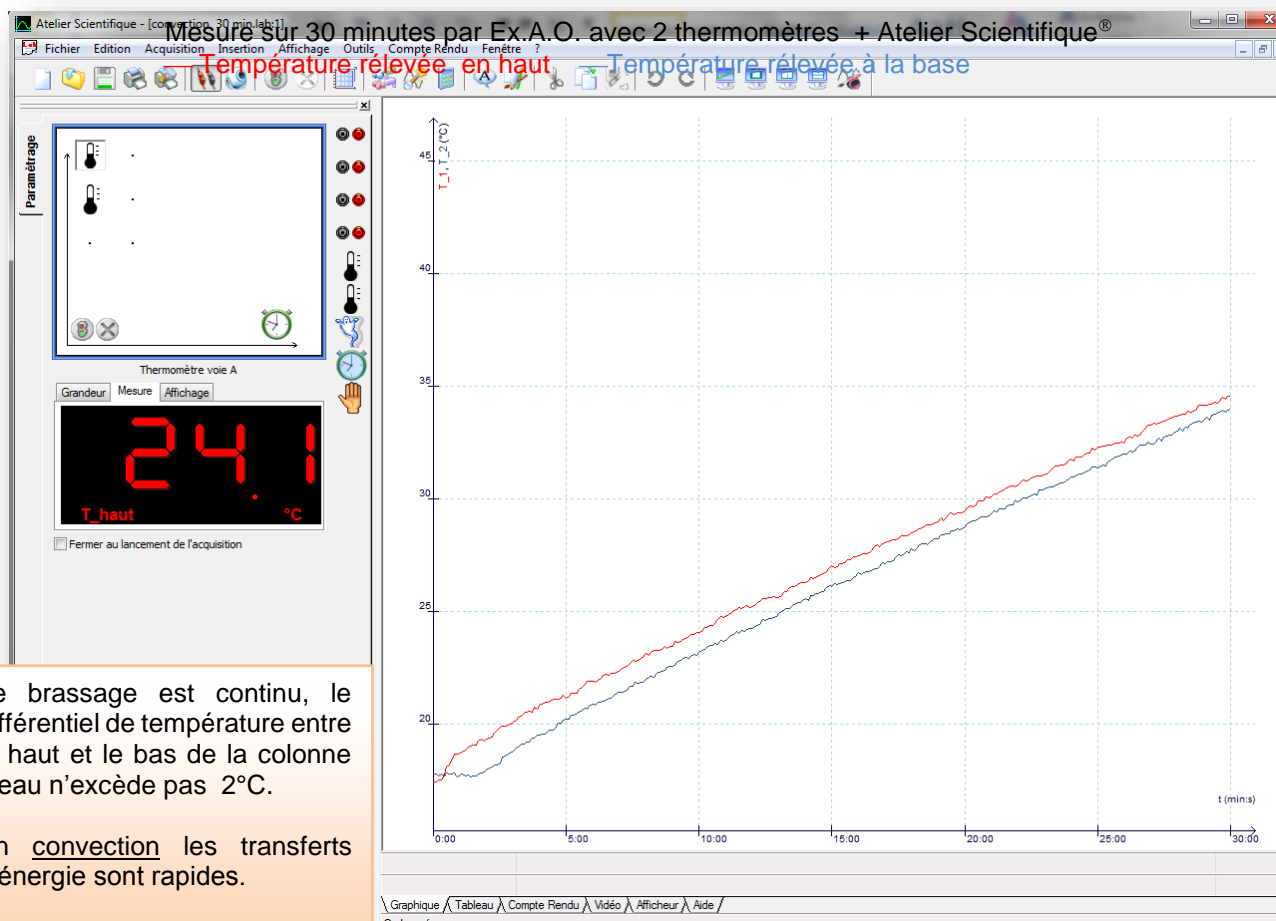
Dispositif en mode convection :
résistance en position basse
(1 minute)



5 minutes : les mouvements du colorant indiquent des échanges de matière très rapides. La zone rouge progresse rapidement vers la base.



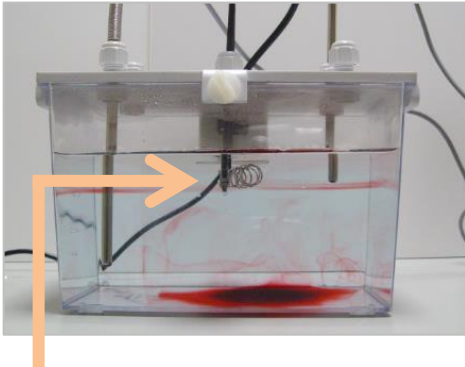
30 minutes : le volume d'eau a été brassé plusieurs fois : l'eau est d'un rouge homogène. Ce brassage est confirmé par la courbe des températures.



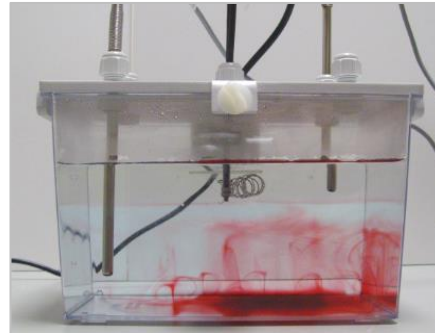
Le brassage est continu, le différentiel de température entre le haut et le bas de la colonne d'eau n'excède pas 2°C.

En convection les transferts d'énergie sont rapides.

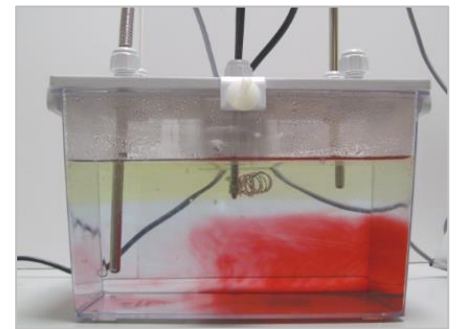
Mesure de Conduction par Ex.A.O.



Dispositif en mode conduction :
résistance en position haute
(1 minute)



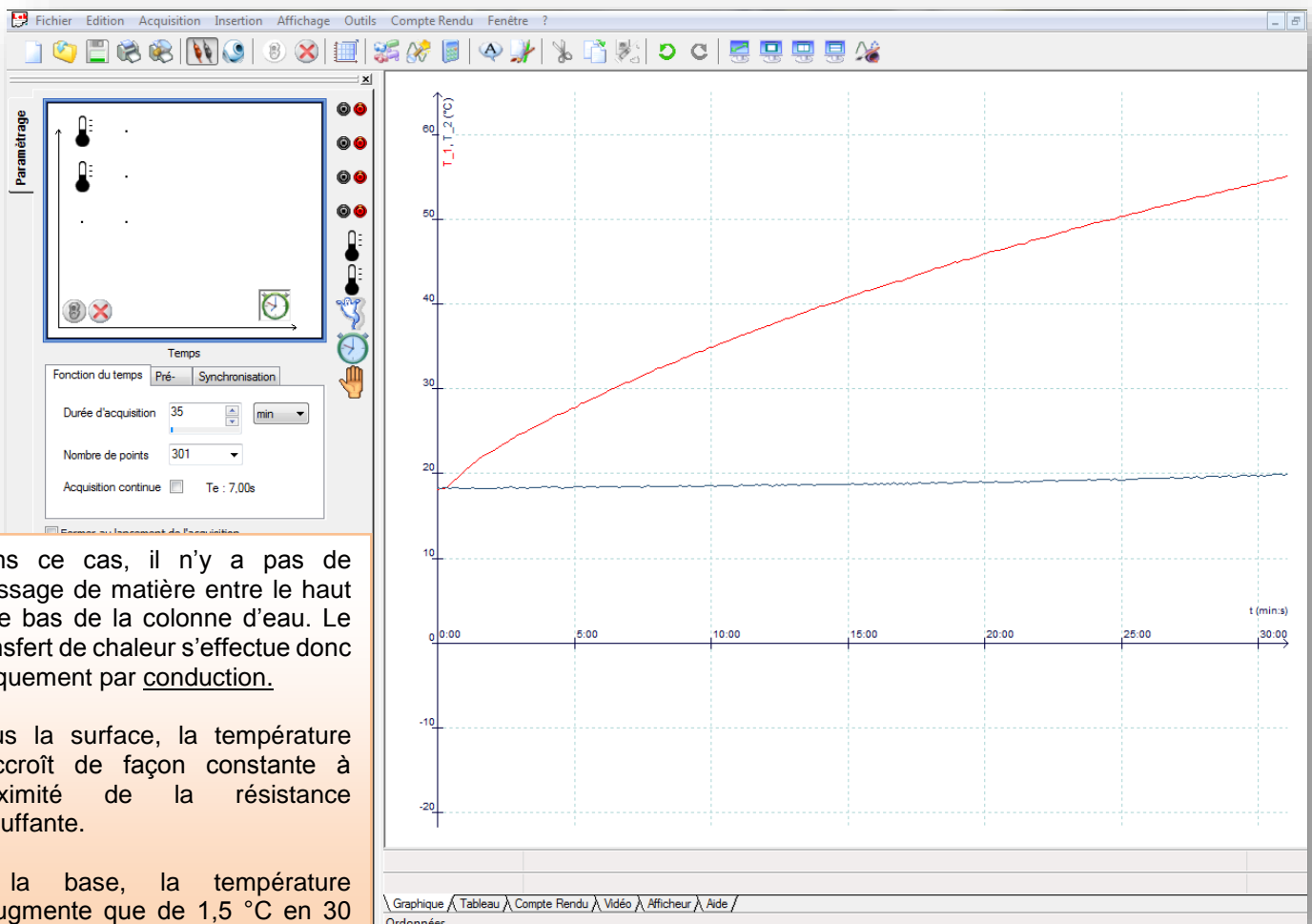
5 minutes : le colorant en bas diffuse légèrement et suit les parois, probablement quelques échanges thermiques avec l'extérieur.



30 minutes : en bas le colorant n'a subi aucun mouvement. En surface, le volume d'eau présent au niveau de la résistance s'est coloré sous l'action de la chaleur.

Mesure sur 30 minutes par Ex.A.O. avec 2 thermomètres + Atelier Scientifique®

— Température relevée en haut — Température relevée à la base



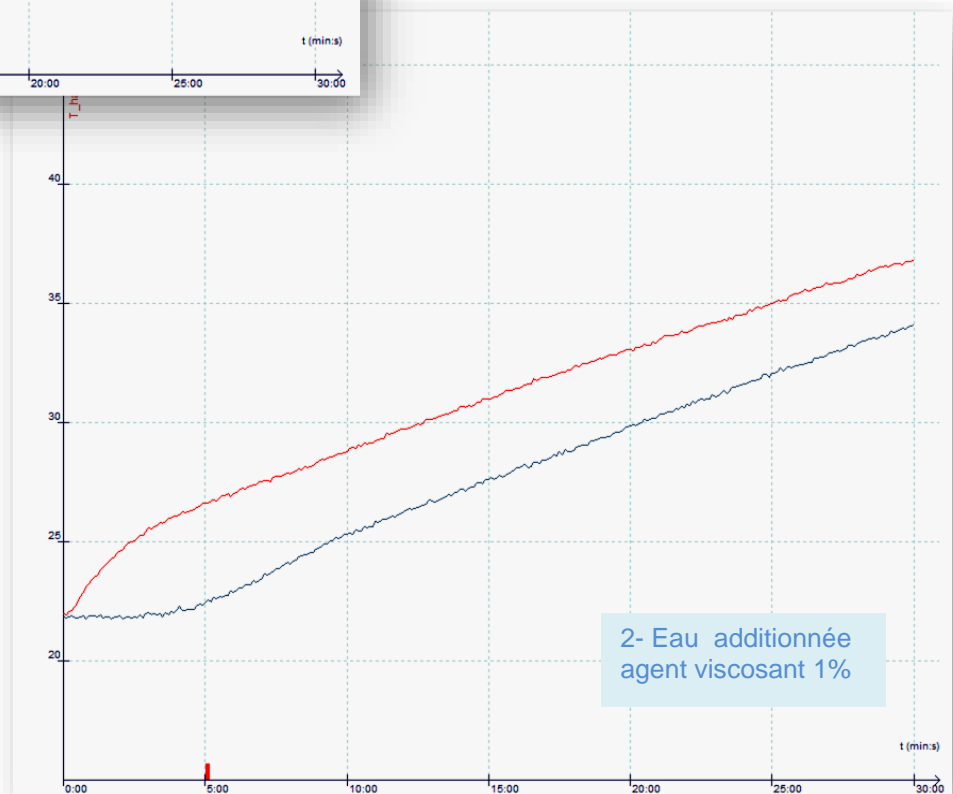
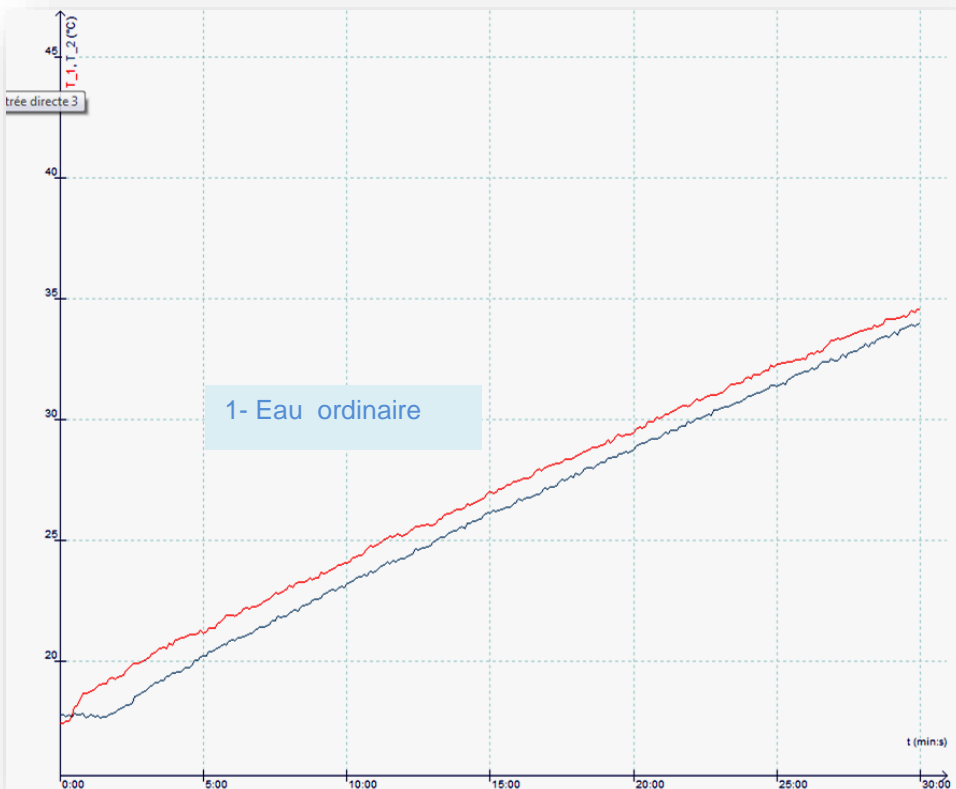
4.2.2 Convection en fonction de la viscosité

Objectif : Modélisation analogique de la convection en fonction de la viscosité du matériau.

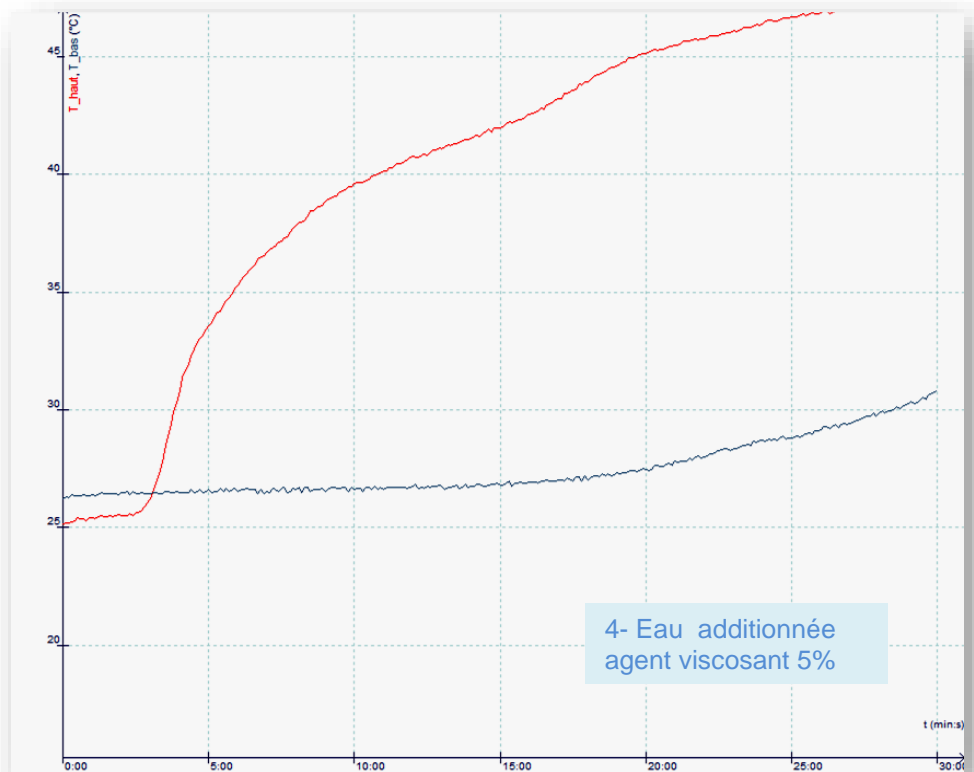
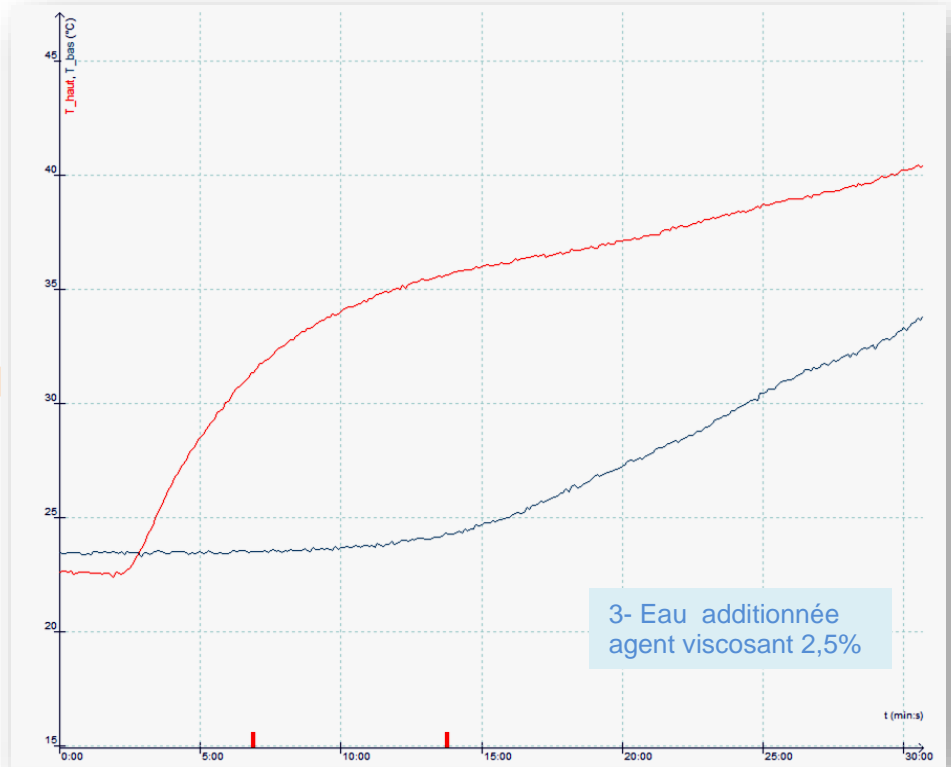
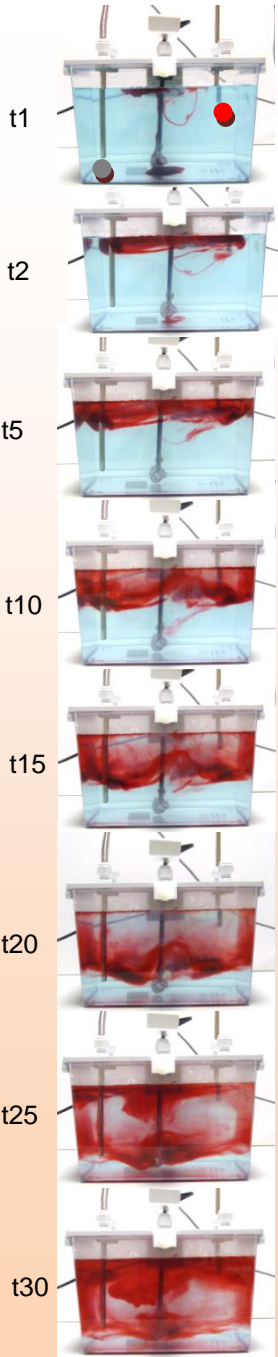
L'utilisation de l'Ex.A.O. lors de cette étude permet d'aller au-delà du programme.

Mesure sur 30 minutes par Ex.A.O. avec 2 thermomètres + Atelier Scientifique®

● Température relevée en haut —● Température relevée à la base



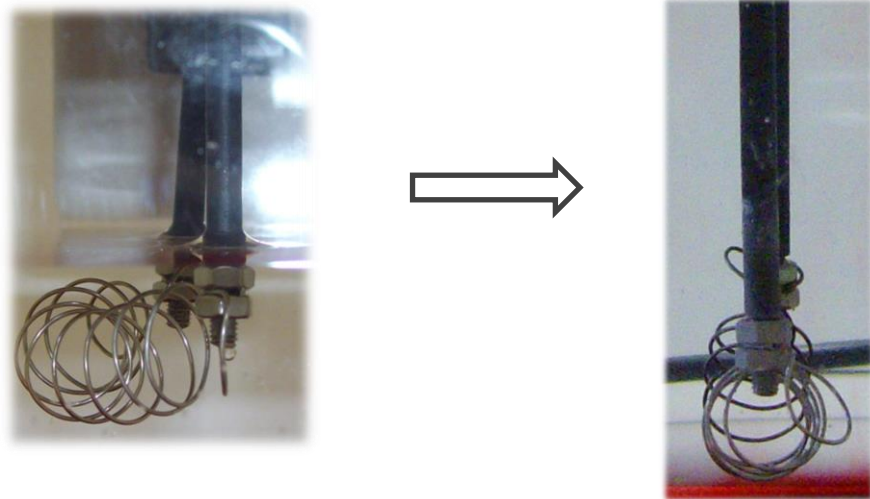
Exemple 3



5. Entretien et stockage

Le matériel ne nécessite aucun entretien particulier.

Avant la première utilisation, il peut être nécessaire de replacer la résistance dans le prolongement des tiges (voir photos ci-dessous) afin que celle-ci soit bien centrée.



Après chaque utilisation, **la résistance doit être rincée à l'eau claire, et le récipient de l'enceinte avec de l'eau claire ou savonneuse.**

Attention : ne pas immerger le couvercle dans l'eau.

Après quelques heures de manipulations, le calcaire peut s'accumuler sur la résistance. Afin de l'enlever, il est possible d'utiliser un acide faible, tel que l'acide éthanoïque dilué.

L'utilisation répétée de l'agent viscosant ou de colorant lors des manipulations provoque une usure plus rapide de la résistance. Étant une pièce d'usure, la résistance est donc démontable et peut être changée assez simplement en dévissant les 2 écrous de maintien. Pour obtenir des résistances de rechange contacter notre service après-vente.

6. Service après-vente

La garantie est de 2 ans, le matériel doit être retourné dans nos ateliers.

Pour toutes réparations, réglages ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE
468 rue Jacques Monod
CS 21900
27019 EVREUX CEDEX France

0 825 563 563*

** 0,15 € TTC/min. à partir un téléphone fixe*



Assistance technique en direct

Une équipe d'experts
à votre disposition
du lundi au vendredi
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge
immédiatement votre appel
pour vous apporter une réponse
adaptée à votre domaine
d'expérimentation :
Sciences de la Vie et de la Terre,
Physique, Chimie, Technologie.

Service gratuit*

0 825 563 563 choix n°3**

* Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.
** Numéro valable uniquement pour la France
métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EFE,
composez le +33 2 32 29 40 50.

Aide en ligne
FAQ.jeulin.fr



Direct connection for technical support

A team of experts
at your disposal
from Monday to Friday
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request
immediatly to provide you
with the right answers regarding
your activity field : Biology, Physics,
Chemistry, Technology.

Free service*

+33 2 32 29 40 50**

* Call cost not included.
** Only for call from foreign countries.



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France
Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - www.jeulin.fr - support@jeulin.fr
International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - www.jeulin.com - export@jeulin.fr
SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux