



DOSSIER DECOUVERTE

Le Thermomètre

Repérer la température





SOMMAIRE

<u>Au fil de l'histoire.....</u>	<u>3</u>
<u>Le thermomètre, du principe à l'utilisation.....</u>	<u>7</u>
<u>Le thermomètre au service de la science.....</u>	<u>10</u>
<u>Glossaire.....</u>	<u>16</u>



Au fil de l'histoire

Etapes par étapes



Santorio Santorio
Crédit Google

1612 : le thermoscope

Dans l'objectif de suivre l'évolution de la fièvre chez ses malades, le médecin Santorio Santorio (1561-1636) conçoit un thermomètre à air basé sur la dilatation thermique de l'eau, le thermoscope. Le malade introduisait la petite boule de verre dans sa bouche ou la tenait dans le creux de la main. Le changement de température de l'air induit faisait varier le volume d'eau, déplaçant ainsi la colonne d'eau dans le tube. Santorio signale son instrument dans une publication en 1612 et le décrit en 1630. Mais le principal inconvénient du thermomètre à air était d'être sensible à la pression atmosphérique.

Fin du XVIIe siècle : les premiers thermomètres à liquide

En 1654, les premiers thermomètres à tube scellé contenant du liquide voient le jour, sous l'impulsion de Ferdinand II, grand-duc de Toscane. Au tube scellé rempli d'alcool était associé un système de 50 graduations à intervalles réguliers afin de pouvoir repérer la température [\(cf dossier ressource sur la règle\)](#). En hiver, il descendait jusqu'à 7 degrés et montait, en été, jusqu'à 40 degrés. Dans la glace fondante, il marquait 13,5 degrés.



Ferdinand II
Crédit Google



XVIIIe siècle : déterminer l'échelle de température.



Détermination du zéro

*Détermination du zéro
(crédit : Ganot 1866)*

Pour mesurer une température, il faut définir des points auxquels on puisse se référer, et entre lesquels on détermine une échelle linéaire de température. Pour déterminer ces points, les scientifiques se tournèrent tout simplement vers des phénomènes proches de la vie quotidienne. Au XVIIIe siècle, la fabrication du froid n'était pas encore connue. On envisage donc une référence physique plus accessible que la congélation de l'eau : ce fut la température des caves de l'Observatoire de Paris, de 11,86 degrés à l'époque, proposée par La Hire vers 1709. D'autres repères furent également utilisés : le point de fusion du beurre, la température d'un mélange de glace et de sel, la température du sang... Chaque constructeur déterminait lui-même la graduation : celle-ci portait à la fois sur le nombre de divisions entre les deux points fixes considérés, ainsi que sur le sens des degrés croissants, qui dans certaines échelles indiquait l'échauffement, dans d'autres le refroidissement.

1717 : le thermomètre à mercure de Fahrenheit

En 1717, le savant allemand Gabriel Fahrenheit (1686-1736) remplace l'alcool par du mercure. S'inspirant de la méthode d'étalonnage du thermomètre à alcool du danois Ole Romer, Fahrenheit construit un thermomètre qui marque le point de fusion de la glace à 32 degrés et la température du corps humain à 96 degrés. Il donne au thermomètre sa forme définitive. Fahrenheit n'utilisera jamais le point d'ébullition de l'eau comme point fixe qu'il estima cependant à 212 degrés. Ce sont les fabricants qui lui succédèrent qui assimileront définitivement les points fixes de l'échelle à 32 et 212 °F.



*Gabriel Fahrenheit
Crédit Google*



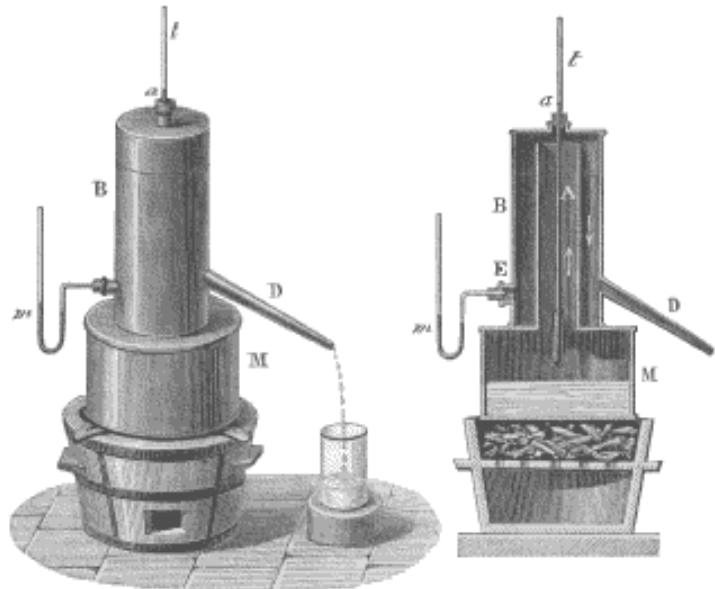
Celsius
Crédit Google

1741 : le thermomètre à mercure de Celsius

Le physicien suédois Celsius (1701-1744) construisit en 1741 un thermomètre à mercure basé sur une échelle centésimale, qui marquait 100 ° au point de congélation de l'eau et 0 ° au point d'ébullition de l'eau !! Mais en 1745, après la mort d'Anders Celsius, Linné (1707-1778) inversa l'échelle des températures et présenta à l'Académie suédoise un thermomètre à mercure qui marquait 0 ° pour la glace fondante et 100 ° pour l'eau bouillante, au niveau de la mer.

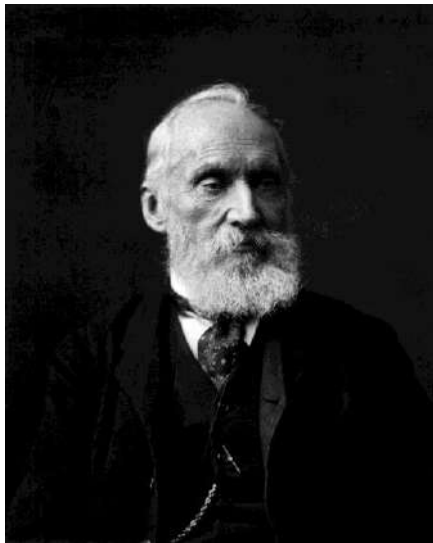
1794 : l'échelle de température

En 1794, la Convention décide que le "degré thermométrique serait la centième partie de la distance entre le terme de la glace et celui de l'eau bouillante". Le choix d'une telle échelle, de 0 à 100, fut difficile car il impliquait l'utilisation de nombres négatifs pour les températures inférieures à zéro, lesquels étaient mal maîtrisés au XVIIIe siècle. En octobre 1948, le nom de degré Celsius est choisi par la IXe Conférence Internationale des Poids et Mesures.



Détermination du point 100

Détermination du point 100
Crédit : Ganot 1866



Lord Kelvin
Crédit Google

1848 : l'échelle absolue de température

Pour rendre la mesure indépendante de repères thermométriques tels que la température d'ébullition ou de congélation de l'eau, le physicien anglais William Thomson, plus connu sous le nom de Lord Kelvin, propose la notion de température absolue. Une variation d'un degré K correspond à la variation d'un degré Celsius, mais le zéro se trouve reporté à environ $-273,15$ degrés Celsius, c'est-à-dire la température la plus basse qu'il puisse exister dans l'univers et qui correspond à l'arrêt de l'agitation moléculaire*. L'actuelle unité internationale de température est le Kelvin (K) et par convention, le zéro absolu est égal à 0 K.

Informations complémentaires

L'histoire de la mesure de la température

http://eurinsa.insa-lyon.fr/LesCours/physique/AppPhysique/approphys/9Math&Phys/metro/EU_appro_Besson_Beyerle_Bodin_metrologie/temperature.html

Autres liens vers l'historique de la mesure de la température

http://aragon-physique.org/lycee/mpi/histem/his_temp.htm#Les_thermoscopes_antiques



Le thermomètre, du principe à l'utilisation

Le principe des thermomètres à liquide

À la base d'un tube de verre capillaire* se trouve un petit réservoir en verre qui contient du liquide. Quand la température varie, le volume du liquide varie aussi. Plus la température augmente, plus le volume du liquide augmente, c'est ce qu'on appelle la dilatation* thermique. Le liquide occupe donc plus de place dans le tube et la colonne de liquide s'élève dans le tube.

Au niveau moléculaire, la dilatation thermique s'explique de la manière suivante : lorsque les particules de la matière sont chauffées, ses molécules se déplacent plus rapidement et prennent donc plus d'espace, c'est l'agitation moléculaire*. La matière augmente de volume et le liquide monte dans le tube de verre. Lorsque les particules de la matière sont refroidies, les molécules se déplacent plus lentement et prennent moins d'espace. Donc, la matière se contracte, ce qui veut dire que son volume diminue, et le liquide descend vers le bas.

Les exemples les plus courants de thermomètre liquide sont ceux à base de mercure et d'alcool, mais il est conseillé de ne plus utiliser de thermomètre à mercure en raison de sa toxicité.

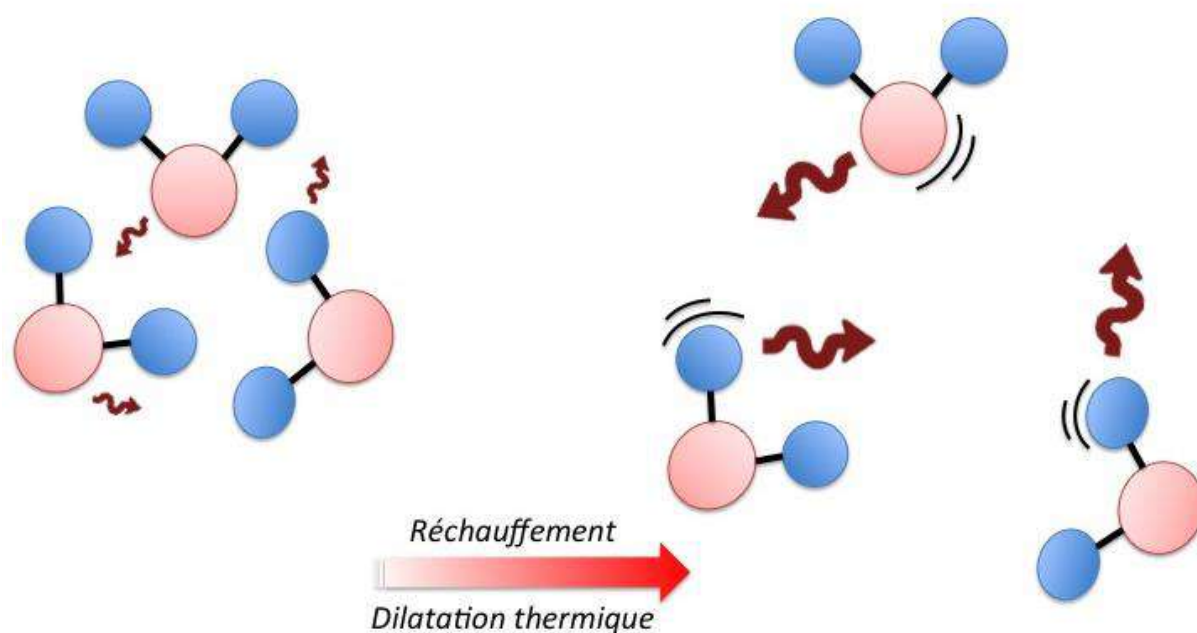


Schéma de l'agitation moléculaire sous l'effet de la chaleur
Crédit Pascaline Bourgain



Mode d'emploi et fonctionnalités



Vérifier l'étalonnage du thermomètre

Pour vérifier la validité des mesures du thermomètre, il faut dans un premier temps contrôler l'étalonnage de ce thermomètre.

1. Préparez un mélange d'eau et de glace (avec plus de glace que d'eau).
2. Placez le thermomètre d'étalonnage dans ce bain d'eau glacée. Le réservoir du thermomètre doit plonger dans l'eau.
3. Laissez reposer le mélange 10 à 15 minutes afin qu'il atteigne la température la plus basse.
4. Remuez légèrement le thermomètre dans l'eau pour le refroidir complètement.

Lisez le thermomètre. S'il indique une valeur comprise entre $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, le thermomètre fonctionne correctement.

*Thermomètre à liquide
Crédit Fotolia*

Installation du thermomètre et lecture

Il faut veiller à ce que le réservoir du thermomètre soit à l'abri du vent ou des rayons du soleil. L'idéal pour mesurer la température de l'air est de suspendre le thermomètre afin qu'il ne soit en contact avec aucune surface.

Pour lire la température, il faut bien se placer à la hauteur du liquide contenu dans le thermomètre et regarder la graduation indiquée juste en face.

Le thermomètre dans nos vies

Les thermomètres sont présents dans tous les foyers. Connaître la température extérieure de l'air pour savoir s'il faut s'habiller chaudement, connaître la température de l'eau de bain des nourrissons, surveiller la cuisson d'un aliment... Ils sont également employés pour connaître la température du corps et détecter les cas de fièvre.

Le thermomètre dans nos vies

*Records de température de notre planète
La température la plus haute a été enregistrée dans le Grand désert salé d'Iran en 2005. Elle avait atteint les $70,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. La température la plus froide a été enregistrée en Antarctique le 10 août 2010. Elle était de $-93,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.*



A propos des limites et sources d'erreur de l'instrument

Précision de mesure et de lecture

La limite principale de tout thermomètre est sa précision. Pour un thermomètre où la valeur se lit sur une échelle graduée, le problème de la subjectivité d'appréciation par l'utilisateur est une source supplémentaire d'erreur.

Le refroidissement éolien

Autour de notre peau, il se forme une mince couche d'air plus chaud que l'air ambiant, car notre corps dégage de la chaleur. Avec le vent, cette couche d'air chaud est chassée et nous ne sommes plus protégés. C'est la raison pour laquelle nous avons froid lorsque le vent est fort. Il existe des tables de conversion de la température de l'air en fonction de la vitesse du vent pour obtenir la température ressentie, encore appelée "température éolienne" ou "windchill", qui n'est donc pas la température réelle. Par exemple, pour une température réelle de 8 °C et un vent calme, une personne qui serait en mouvement à une vitesse de 6 mètres par seconde ressentirait une température éolienne de 0 °C.

		Air Temperature (Celsius)																
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
Wind Speed (km/hr)	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	-54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
	80	-10	-11	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-74	-81	-88	-95
85	-10	-11	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96	
90	-10	-12	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96	
95	-10	-12	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97	
100	-11	-12	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98	
105	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	
110	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99	

Tableau du "windchill"
Crédit Google

Informations complémentaires :

Un cours de niveau lycée sur la capillarité

<http://www.lyc-diderot.ac-aix-marseille.fr/elevs/cours/bts-tp-bat/capillarite.htm>

Idées reçues sur la température

<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/12029/id-es-re-ues-en-thermodynamique>

Informations sur la température ressentie

<http://www.meteofrance.fr/prevoir-le-temps/observer-le-temps/parametres-observees/temperature>



Le thermomètre au service de la Science

La mesure de la température est une mesure très répandue en Sciences. En médecine, biologie ou chimie, elle est un paramètre de contrôle indispensable à la réaction, un signe vital. En Sciences de la Terre et de l'environnement, elle est tout simplement incontournable tant elle est caractéristique du milieu que l'on étudie, sol, atmosphère ou océan, le moindre changement signifiant une évolution du milieu. Ainsi, l'élévation de la température moyenne de la Terre est une caractéristique du changement climatique actuel et la dilatation thermique des océans en est une illustration.

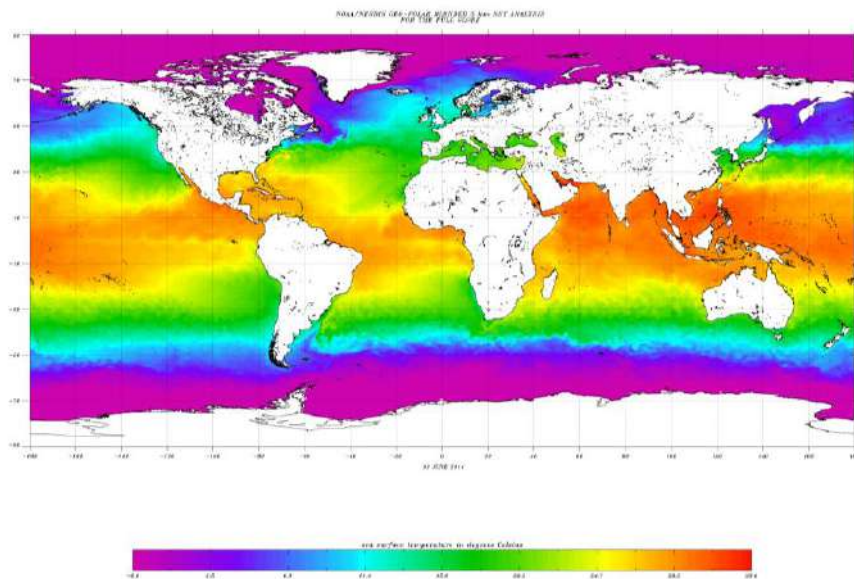
Ne pas confondre : la température observée et la température calculée

Les températures indiquées sur les cartes météorologiques sont issues de calculs numériques ; il s'agit de températures moyennées ou modélisées. Bien que représentatives d'une région et d'un moment, ces températures ne sont pas réelles et sont à distinguer des températures observées que l'on obtient à l'aide d'un thermomètre, ponctuellement et localement.

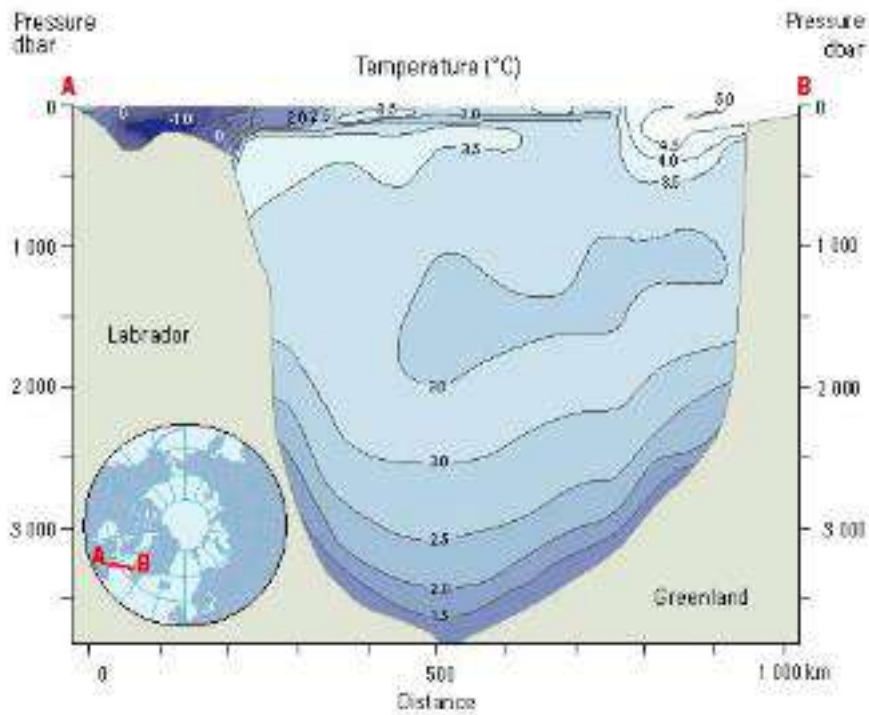
Le thermomètre au service des expéditions de Tara

Prendre la température de l'océan

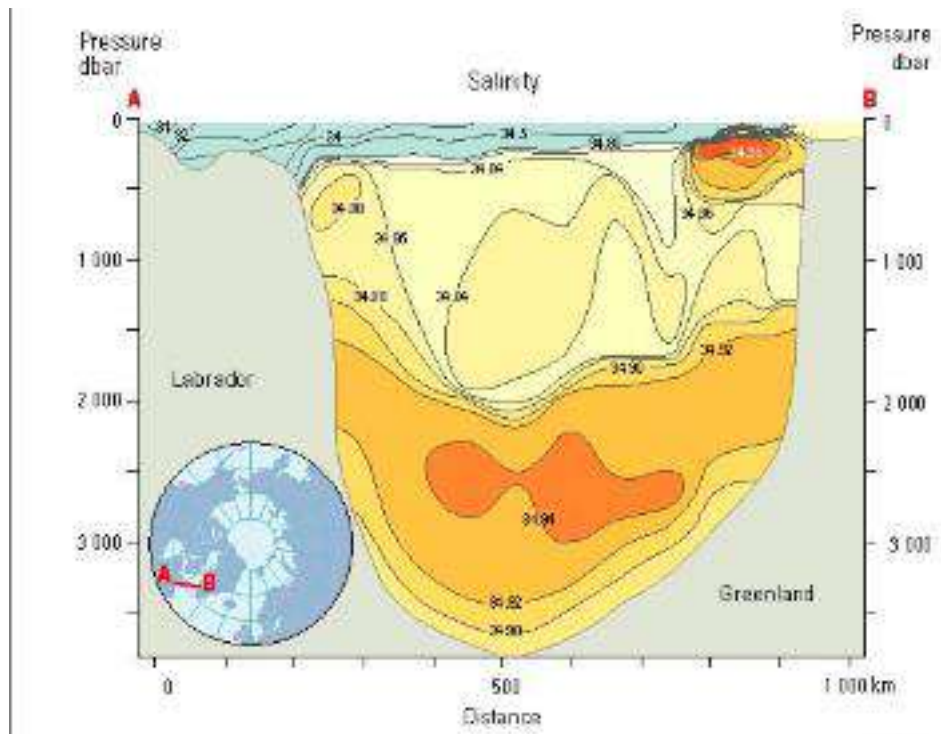
La température est, avec la salinité, le paramètre qui constitue la signature de toute masse d'eau. Ces deux paramètres sont aussi les principales forces qui mettent en mouvement l'océan profond, en induisant des différences de densité* entre les masses d'eau. Ainsi, effectuer des mesures de température à différentes profondeurs et sur toute la surface des océans permet de connaître la circulation des océans, mais aussi de mieux comprendre quels sont les échanges entre les masses d'eau, et avec l'atmosphère. Dans la colonne d'eau, la thermocline correspond à une forte variation verticale de la température. Enfin, le suivi de la température renseigne aussi sur l'évolution dans le temps d'une masse d'eau et avec elle, de la vie qu'elle abrite. C'est donc une mesure incontournable dès lors que l'on s'intéresse aux océans, que ce soit pour des études physiques ou des études biologiques. C'est donc sans surprise que toutes les expéditions de la goélette Tara, quelques soient leurs objectifs scientifiques, ont systématiquement effectué des relevés de température de l'océan sur lequel elle naviguait.



Température de surface des océans en juin 2014
Crédit: National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA



Température en Mer de Labrador
 Crédit : Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP



Salinité en Mer de Labrador
 Crédit : Arctic Monitoring and Assessment Programme, AMAP



La mesure de la température de l'océan depuis Tara

Au cœur de l'action

Août 2013 : Tara est en Arctique, quelque part dans le passage du Nord-Est. Simon Morisset, jeune chercheur au CNRS, programme la sonde CTD avant qu'elle ne plonge dans l'océan Arctique avec la rosette, pour livrer aux scientifiques de précieuses informations sur les masses d'eau présentes sous la coque de Tara.



CTD
Crédit : A Deniaud

A bord de Tara, la mesure de la température s'effectue à l'aide d'une sonde CTD fixée sur une rosette, une cage d'aluminium de 250 kilogrammes rassemblant dix bouteilles de prélèvement. Les dix bouteilles de la rosette, dont la fermeture se commande à une profondeur donnée, permettent de récolter de l'eau à différentes profondeurs. Située sous les bouteilles, la sonde CTD (Conductivity Temperature Depth) permet de mesurer différents paramètres physiques tels que la température, la salinité, mais aussi le taux de dioxygène ou encore la fluorescence, et ce tout au long de la plongée.

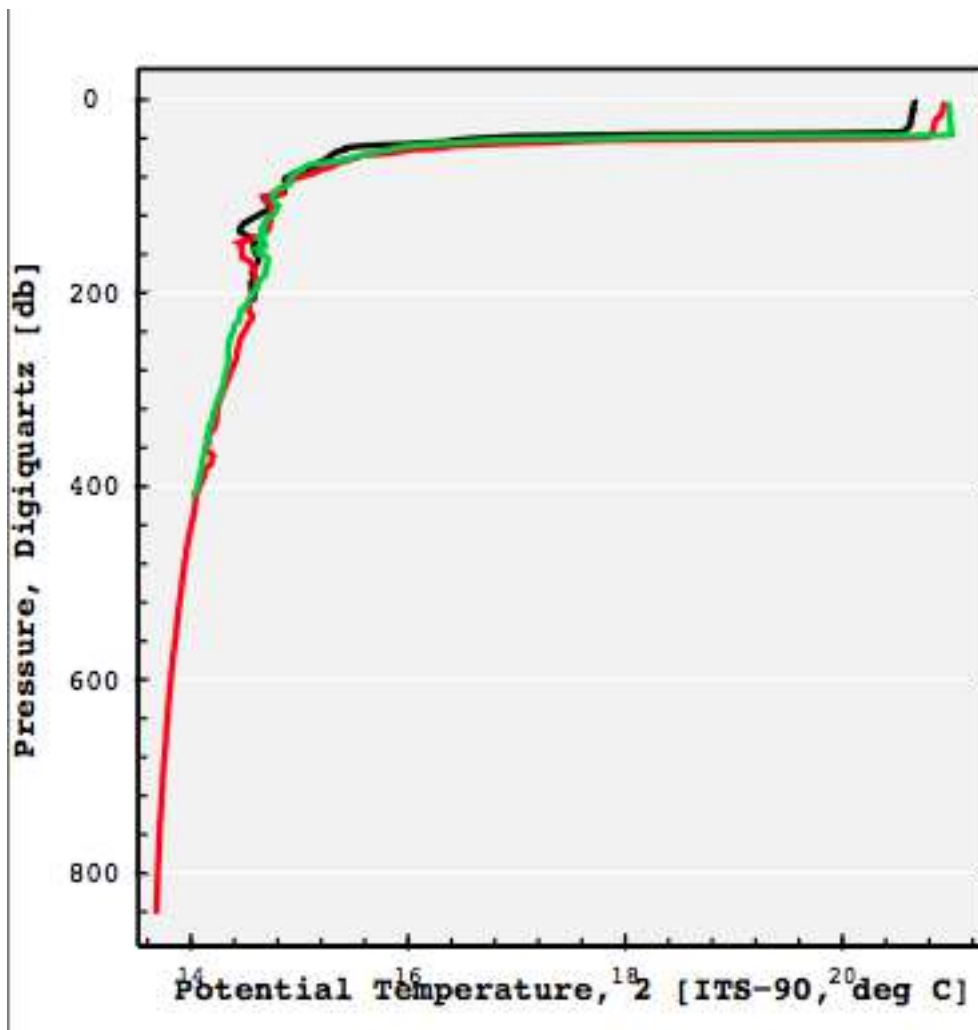
La plongée de la rosette CTD est la première étape de chaque station d'échantillonnage réalisée à bord de Tara. La rosette est descendue au bout du treuil à l'arrière du bateau. Les informations enregistrées par la CTD lors de la descente permettent aux océanographes de repérer dans la colonne d'eau les profondeurs les plus intéressantes. A la remontée de la rosette, ils peuvent ainsi commander à bon escient la fermeture une à une des bouteilles de prélèvement afin de pouvoir analyser par la suite les échantillons prélevés à ces différentes profondeurs.



La rosette
Crédit : A.Deniaud



Remontée de la rosette
Crédit : S.d'Orgeval



*Profil vertical de Température réalisé en octobre 2009,
près de la Sicile, pendant Tara Océans
Crédit : H.LeGoff*



Les autres mesures de température à bord de Tara

Mais à bord de Tara, la mesure de la température ne se limite pas à la seule observation de l'océan. Elle est aussi un paramètre déterminant pour les échantillons biologiques. En effet, les échantillons de plancton récoltés notamment lors de l'expédition Tara Oceans doivent être conservés à des températures bien déterminées afin de ne pas se dégrader. C'est pourquoi la température des congélateurs dans lesquels les tubes et microtubes sont rangés est très souvent surveillée, en attendant leur envoi vers les laboratoires de recherche

(voir dossier ressource autour de l'objet "tubes")



*Les échantillons de plancton
Crédit : C.Chabaud*

*Azote liquide
Crédit : V.Hilaire*

*Le congélateur à bord de Tara
Crédit : A.Deniaud*



Informations complémentaires :

L'Exposition de l'ADEME "Comprendre le changement climatique" (5 panneaux)
Cette exposition peut être envoyée gratuitement aux enseignants. Pour la commander :
manuela.alves-marinho@ademe.fr
http://www.mtaterre.fr/sites/default/files/files/affiches_RAC_BAT6.pdf

Le dossier de l'ADEME "Comprendre le changement climatique" sur le site M ta Terre
<http://www.mtaterre.fr/le-changement-climatique.html>

Le guide de l'ADEME "Le changement climatique"
Ce guide peut être envoyé gratuitement aux enseignants. Pour le commander : manuela.alves-marinho@ademe.fr
http://ecocitoyens.ademe.fr/sites/default/files/guide_ademe_changement_climatique.pdf

Le guide de l'ADEME "Petites réponses à de grandes questions sur la planète"
Ce guide peut être envoyé gratuitement aux enseignants. Pour le commander : manuela.alves-marinho@ademe.fr
http://www.mtaterre.fr/sites/default/files/files/Guide-ADEME-eco-jeune-12-3-1_6Mo.pdf

Le livret de l'ADEME "Sécheresses et fortes pluies : comprendre et anticiper"
Ce livret peut être envoyé gratuitement aux enseignants. Pour le commander : manuela.alves-marinho@ademe.fr
http://ecocitoyens.ademe.fr/sites/default/files/RACCF_fortes_pluies_secheresses.pdf

Le livret de l'ADEME "Hausse du niveau des mers : comprendre et anticiper"
Ce livret peut être envoyé gratuitement aux enseignants. Pour le commander : manuela.alves-marinho@ademe.fr
http://ecocitoyens.ademe.fr/sites/default/files/changement_climatique_hausse_niveau_mers.pdf

Le site d'information de l'ADEME à destination des collégiens et lycéens
www.mtaterre.fr

Un document du CNRS sur la dilatation thermique et la montée des eaux
<http://www.cnrs.fr/Cnrspresse/n400/pdf/n400rd06.pdf>

Le site de la NOAA fournit des cartes journalières de la température de l'océan
<http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/>

Le rôle de la CTD lors de Tara Arctic
<http://oceans.taraexpeditions.org/m/science/les-actualites/la-ctd-photographie-la-colonne-deau-sous-tara/>

<http://oceans.taraexpeditions.org/m/science/les-actualites/manipulation-de-la-ctd/>

La rosette CTD lors de Tara Oceans
<http://oceans.taraexpeditions.org/m/science/les-actualites/les-instruments-de-tara-la-rosette/>

Déroulement d'une station de prélèvement lors de Tara Oceans
<http://oceans.taraexpeditions.org/m/science/les-actualites/comment-se-deroule-une-station-de-prelevement/>



Glossaire

Agitation moléculaire : mouvement incessant dont sont animés les atomes ou les molécules qui constituent la matière et ce quel que soit l'état gazeux, liquide ou solide dans lequel elle se trouve ; ce mouvement est d'autant plus important que la température est élevée.

Capillarité : le phénomène de la capillarité désigne ordinairement la capacité de l'eau et de certains liquides à monter naturellement malgré la force de gravité le long de tubes très fins plongés dans ces liquides. La remontée est d'autant plus forte que le tube est fin, et le tube est alors dit "capillaire". Ce phénomène explique comment la sève des arbres peut monter le long du tronc et des branches.

Densité : la densité d'un corps liquide est le rapport de sa masse volumique sur la masse volumique de l'eau pure à 4 °C, soit 1000 kg/m³.

Dilatation : augmentation du volume d'un corps, notamment sous l'effet de la chaleur.

Masse volumique : grandeur physique qui caractérise un corps (l'eau océanique par exemple) et qui correspond à la masse par unité de volume (en kg/m³).

