

# Nouvelles stratégies (2) pour ralentir le changement climatique et lutter contre le réchauffement planétaire

## Nouvelles idées pour refroidir Gaïa

Favoriser des raccourcis thermiques entre la surface de la terre et la haute atmosphère, grâce à des caloducs, afin d'obtenir des températures plus froides à la surface de la Terre

L'article open source peut être consulté librement sur:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.032>

Lutte contre le réchauffement de la planète par génie climatique: est-ce que la gestion du rayonnement Terrestre ou la gestion du rayonnement Solaire sont des options possibles pour lutter contre le changement du climat?

MING, Tingzhen, DE\_RICHTER, Renaud, LIU, Wei, *et al.* Fighting global warming by climate engineering: Is the Earth radiation management and the solar radiation management any option for fighting climate change?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, vol. 31, p. 792-834.



Pour éviter la fonte du pergélisol, sur le Pipeline trans-Alaska, **124 000 thermosyphons à deux phases (ou caloducs)** transfèrent la chaleur à l'atmosphère par des radiateur a ailettes. Ce pipeline transporte du pétrole brut sur 1300 km de Prudhoe Bay à Valdez, Alaska, USA.

L'oléoduc fait 122 cm de diamètre, pour le construire plus de 0,5 million tonnes d'acier ont été nécessaires. La capacité du pipeline rempli est de 9 millions de barils. Le projet de pipeline pour le liquéfié GNL nécessitera 1,7 millions de tonnes d'acier.



Photo de C. Jeff Dyrek

[http://www.yellowairplane.com/global\\_warming/4-Trans\\_Alaska\\_Oil\\_Pipeline\\_Problems.html](http://www.yellowairplane.com/global_warming/4-Trans_Alaska_Oil_Pipeline_Problems.html)

©PhotoSeek.com

Photo de [http://photoseek.photoshelter.com/image/I0000V5tJ\\_Z9eZL4](http://photoseek.photoshelter.com/image/I0000V5tJ_Z9eZL4)

# Refroidissement du Pergélisol

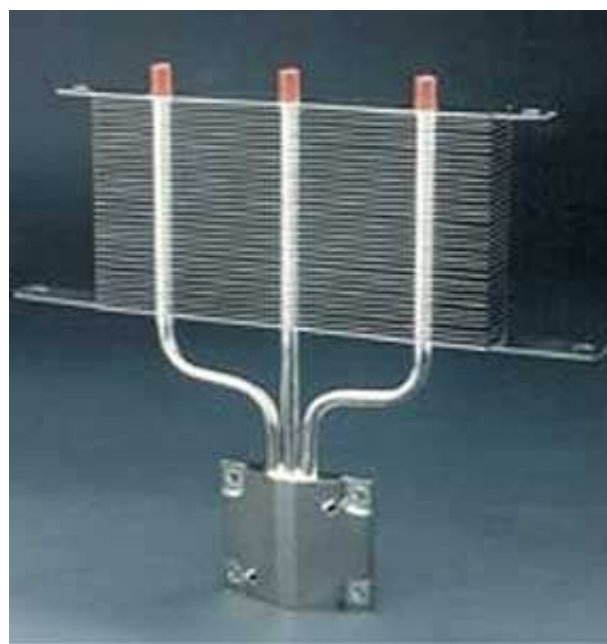
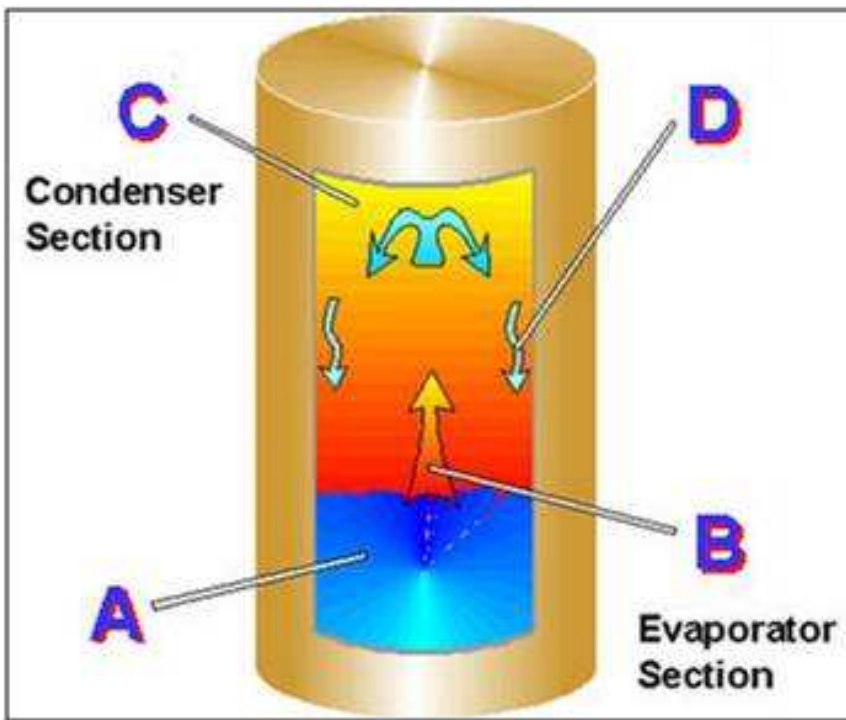
Les supports de l'oléoduc trans-Alaska sont refroidis par des thermosiphons à deux phases (ou caloducs) afin que le pergélisol en dessous demeure congelé et que sa température reste inférieure à 0°C (32°F) [http://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_pipe](http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pipe)

Construire sur le pergélisol est difficile parce que la chaleur de la structure peut le dégeler. Des caloducs sont utilisés pour éviter le risque de déstabilisation. Par exemple, pour le pipeline trans-Alaska les pertes de chaleur du brut, ainsi que la chaleur produite par les frottements et turbulences dans l'huile en mouvement pourraient être transférées vers le sol par le support de la tuyauterie et faire fondre le pergélisol sur lequel les supports sont ancrés. Cela risquerait d'endommager le pipeline s'il s'enfonçait dans le sol. Pour éviter cela, chaque élément de support vertical a été monté avec quatre thermosiphons verticaux à deux phases.

C.E. Heuer, "The Application of Heat Pipes on the Trans-Alaska Pipeline" Special Report 79-26, United States Army Corps of Engineers, Sept. 1979  
<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a073597.pdf>

Pendant l'hiver, l'air est plus froid que le sol autour des supports. De l'ammoniac liquide prisonnier à l'intérieur du thermosiphon est vaporisé en bas où il refroidit le permafrost environnant et l'aide à demeurer congelé. La vapeur d'ammoniac monte en haut du caloduc où elle est forcée de se condenser (et retomber en bas) car l'hiver l'air entourant le condenseur est très froid.

Pendant l'été, les thermosiphons arrêtent de fonctionner, car d'ammoniac se trouve intégralement en phase gazeuse et il n'y a plus de liquide dans le bas du caloduc. Les caloducs sont également utilisés pour garder le permafrost gelé sur les routes, ainsi que dans certaines parties du chemin de fer Qinghai-Tibet où le remblai et la voie absorbent la chaleur du soleil et risqueraient de la transférer au sous-sol. Des caloducs verticaux de chaque côté des structures concernées empêchent que la chaleur se propage plus loin dans le pergélisol (permafrost) environnant.

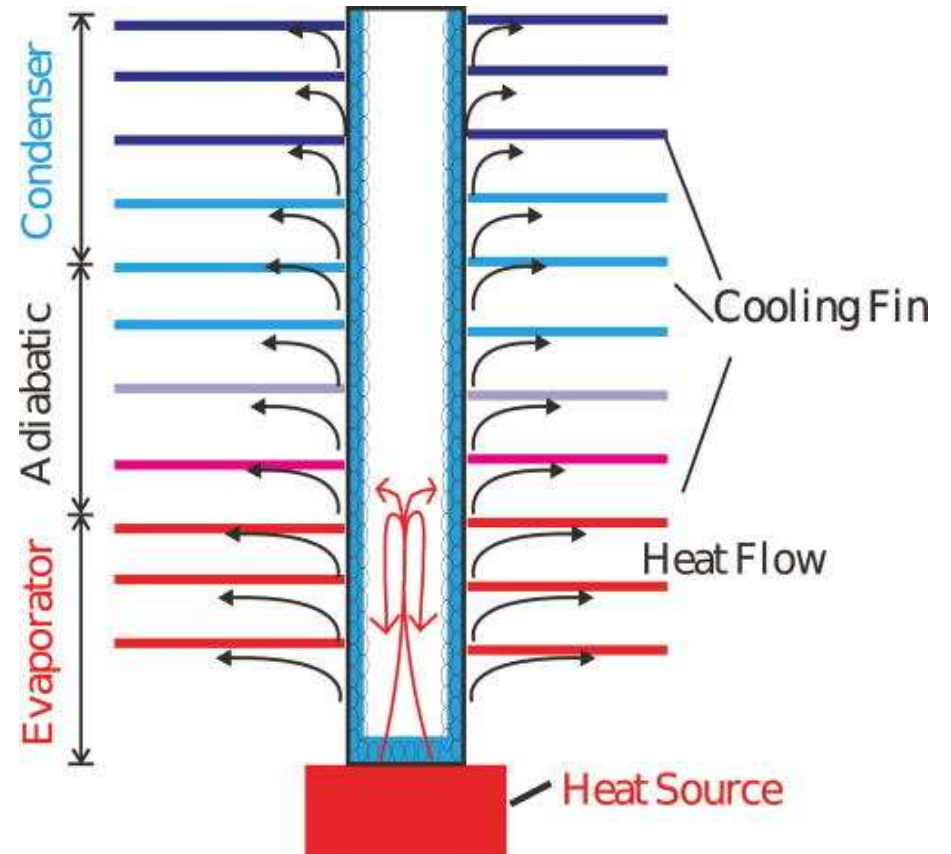


Dans la section du condenseur, la chaleur est rejetée dans l'environnement, la chaleur est extraite généralement par refroidissement à air avec des ailettes, ...

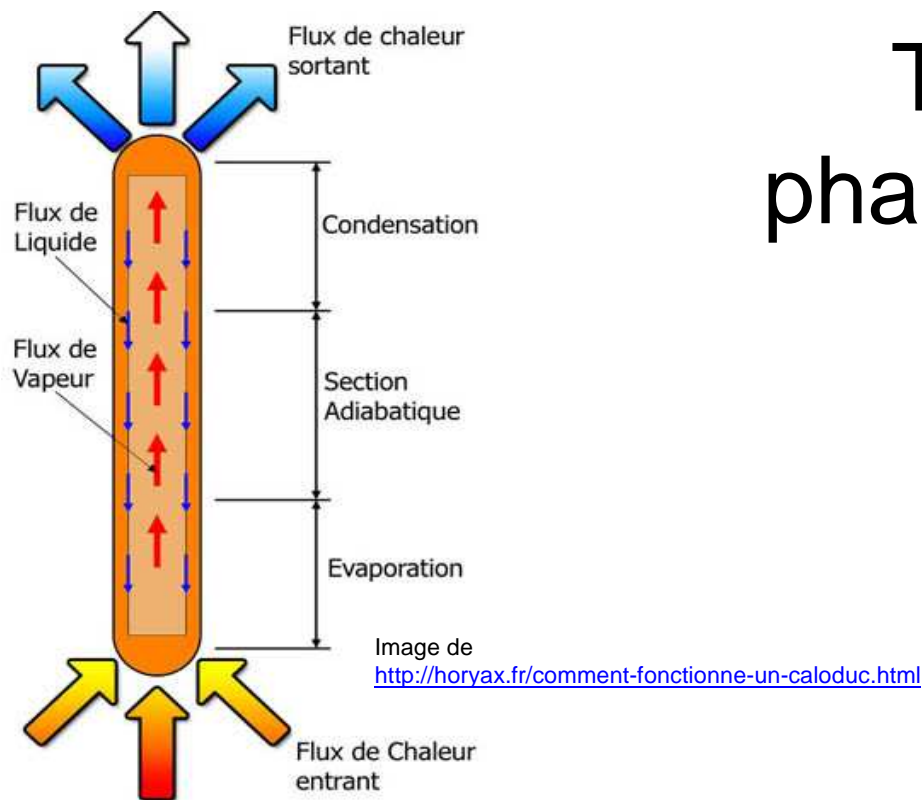
Un caloduc traditionnel est un cylindre creux rempli d'un liquide vaporisable et fonctionne de la manière suivante:

- A-** de la chaleur est absorbée (dans la section d'évaporation).
- B-** le fluide passe à la phase vapeur.
- C-** la chaleur est transférée à l'environnement depuis la partie supérieure du cylindre (section de condensation) où la vapeur se condense en phase liquide.
- D-** le liquide retourne par gravité à la partie inférieure du cylindre (section d'évaporation).

[http://www.manorenterprises.com/product\\_heat\\_pipe.html](http://www.manorenterprises.com/product_heat_pipe.html)



# Thermosiphons à deux phases assistés par la gravité



Dans un caloduc, un fluide de travail liquide est vaporisé à la source chaude par la chaleur fournie à la partie inférieure (l'évaporateur). La vapeur se déplace vers la partie supérieure du thermosiphon qui est la source froide (le condenseur), où il se condense. En raison de la pression partielle interne la vapeur se transforme à nouveau en liquide libérant ainsi la chaleur latente. Le liquide retombe alors vers le fond du tube par gravité, et le cycle se répète. En raison de la chaleur latente de vaporisation très élevée une grande quantité de chaleur peut être transférée très rapidement. Un caloduc peut transférer jusqu'à 100 fois plus d'énergie thermique, que le cuivre, l'un des meilleurs conducteurs métalliques, et avec une faible perte de température par mètre



Les caloducs utilisés pour empêcher la fonte du pergélisol et refroidir l'oléoduc trans-Alaska font **12 m de haut**. Des thermosiphon beaucoup plus longs (93 m) ont été proposées, par ex. pour l'extraction d'énergie géothermique. (93 m long propane

thermosiphon, carrying 6 kW of heat by T. Storch et al., "Wetting and Film Behavior Of Propane Inside Geothermal Heat Pipes", 16th Int. Heat Pipe Conference, Lyon, France, May 20-24, 2012.

# Un thermosiphon est un dispositif de transfert de chaleur

Les caloducs peuvent transporter de grandes quantités de chaleur avec une très petite différence de température entre les interfaces chaude et froide.

Les caloducs utilisent le refroidissement par évaporation pour transférer l'énergie thermique d'un point à un autre au moyen de la vaporisation, puis de la condensation d'un fluide de travail. La chaleur latente d'évaporation absorbée par la vaporisation du fluide de refroidissement permet de réduire la température à l'extrémité chaude du tube. La chaleur latente de condensation libérée au sommet à la source froide est alors évacuée au moyen des ailettes .

## **Avantages :**

Dispositifs passifs autonomes de récupération d'énergie.

Peuvent transférer jusqu'à 100 fois plus d'énergie thermique que le cuivre, pourtant déjà un excellent conducteur, avec une très faible différence de température.

Ils n'ont pas de pièces mobiles et donc nécessitent très peu d'entretien.

Totalement silencieux et réversibles en fonctionnement.

Ils ne nécessitent aucune énergie extérieure autre que l'énergie thermique qu'ils transfèrent.

Leur construction robuste leur permet de résister à beaucoup de mauvais traitements.

## **Inconvénients :**

Doit être parfaitement adapté aux conditions de refroidissement.

Lorsqu'il est chauffé au-dessus ou en-dessous d'une certaine température, la conductivité thermique du caloduc est effectivement réduite.

En pratique, la vitesse de la vapeur à travers le tube creux est limitée par la vitesse de condensation à l'extrémité froide et est beaucoup plus faible que la vitesse moléculaire. La vitesse des molécules dans un gaz est approximativement la vitesse du son , et en l'absence de gaz différents (s'il n'y a qu'un seul gaz présent, i.e. pas d'air résiduel), c'est en théorie la limite supérieure à la vitesse avec laquelle ils peuvent se déplacer dans le caloduc.

# L'effet de serre est dû au rayonnements de **grande longueur d'onde (infrarouges)**

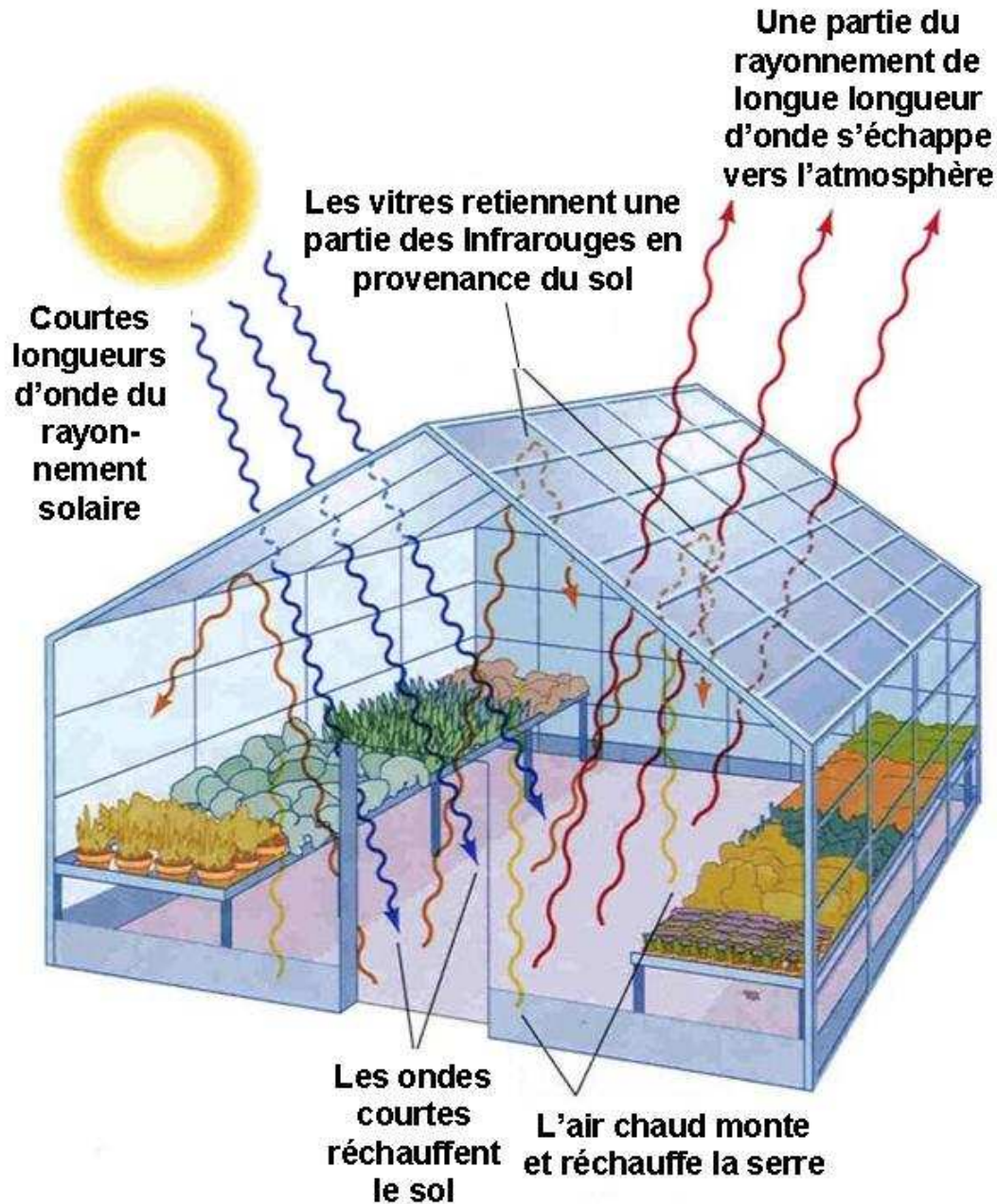


Image de [http://tiki.oneworld.net/global\\_warming/climate3.html](http://tiki.oneworld.net/global_warming/climate3.html)

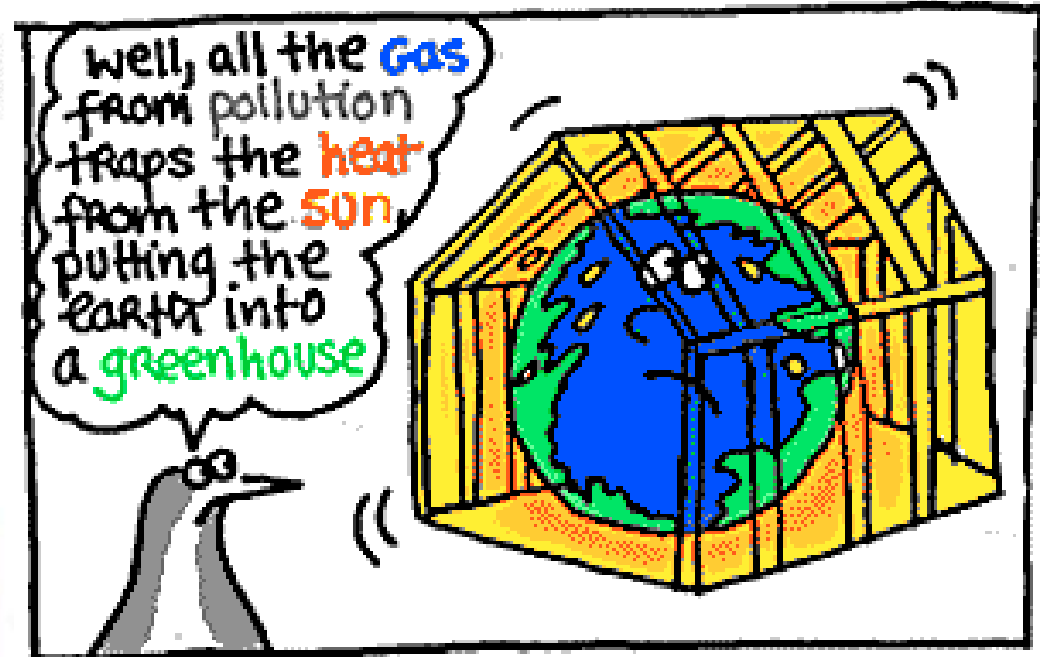
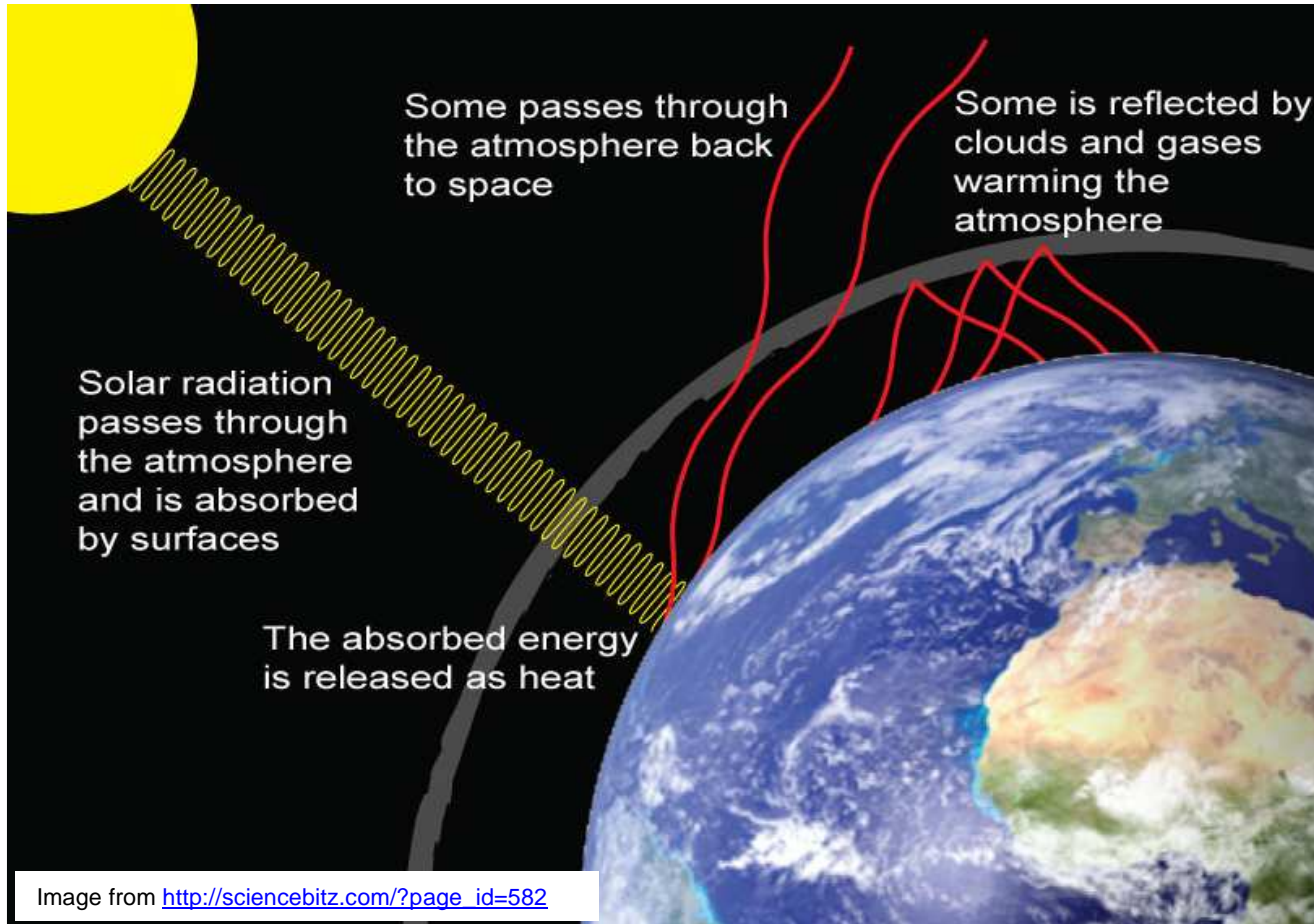


Image de <http://www.realscience.org.uk/science-discussion-climate-change-clouds.html>

Les GES (gaz à effet de serre) emprisonnent la chaleur envoyée par la soleil, plaçant la planète dans une serre.

Dans un immeuble ou une maison les nombreuses interruptions de l'isolation par les éléments de charpente, les fenêtres ou les étages agissent comme des "ponts thermiques" directs entre l'intérieur et l'extérieur, empêchant de bien chauffer le bâtiment. Pour éviter que la planète se réchauffe c'est ce qu'il faudrait créer : des ponts thermiques !

# Isolant thermique



L'augmentation de la concentration de GES dans l'atmosphère agit comme une isolation continue qui empêche les ponts thermiques et agit comme si on remplaçait du simple vitrage par du double puis du triple...



Afin de refroidir la Terre, nous proposons de créer volontairement des « raccourcis thermiques » ou des « ponts de dissipation de la chaleur » depuis la surface de la planète vers l'espace.

Nous dénommons cette stratégie « gestion de la radiation terrestre » (Earth radiation Management ERM) par analogie à la Géo-ingénierie qui propose la gestion du rayonnement solaire (SRM).

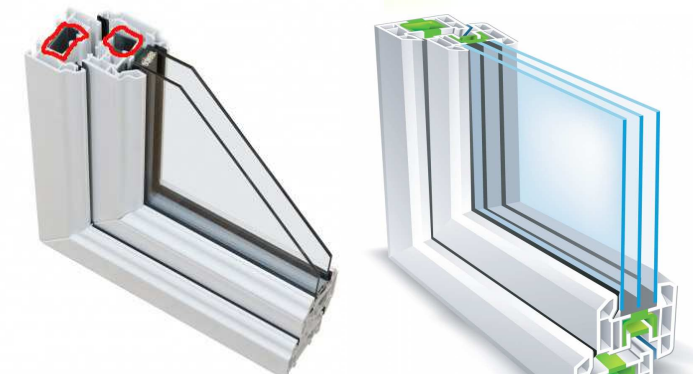


Image de <http://ozclimatesense.com/wp-content/uploads/2013/07/019-green-house-gases.jpg>



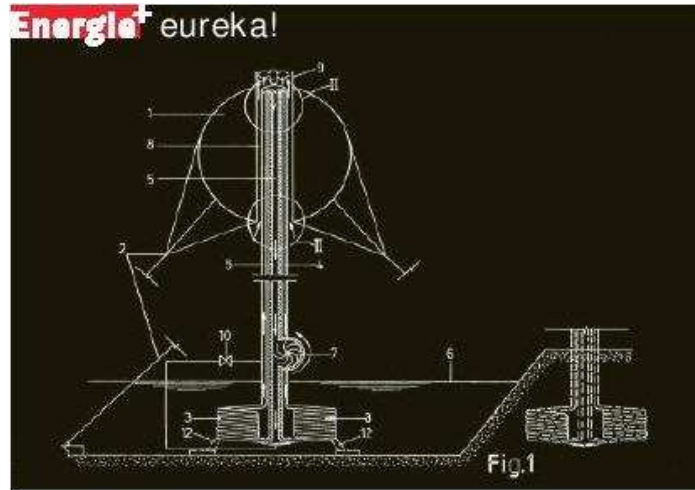
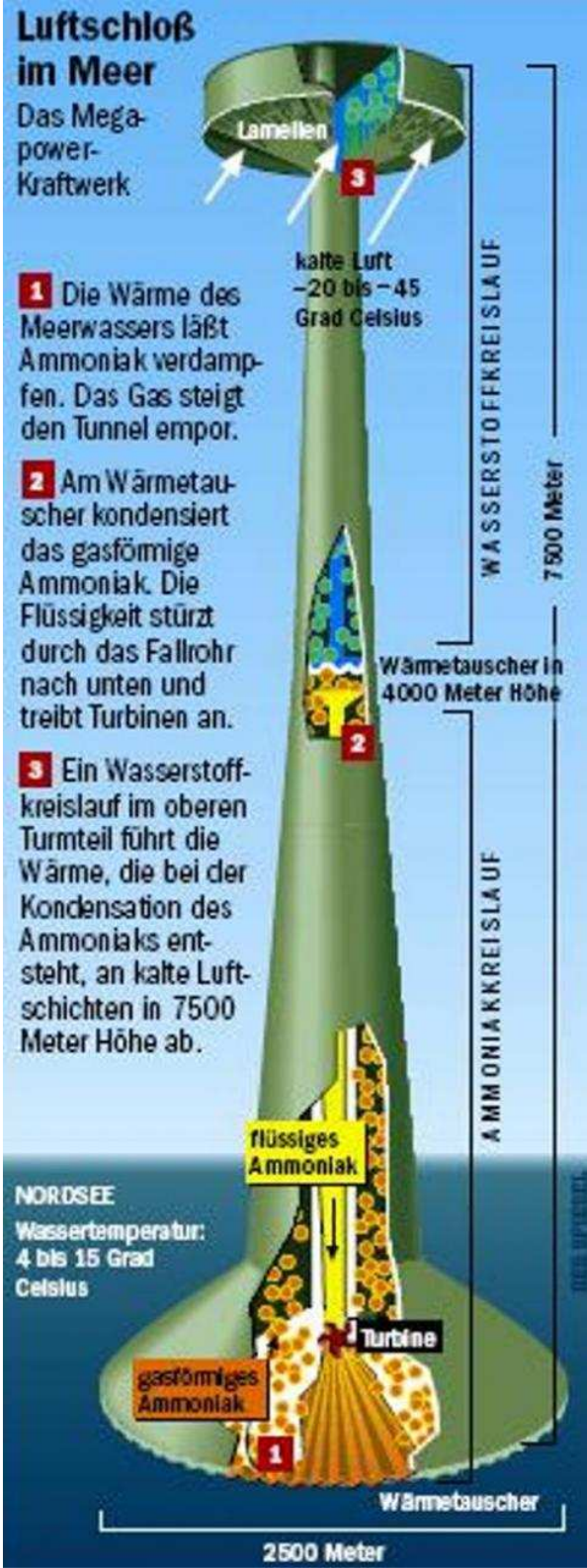
# Des Mega caloducs pour refroidir la Terre ?

Des chercheurs aux Pays-Bas, ont proposé en 1996 un caloduc qu'ils ont dénommé MegaPower. Il s'agissait d'une énorme centrale électrique qui, selon eux pourrait un jour devenir une importante source d'énergie sans pollution. Bien que le système puisse sembler fou, le cycle de travail de cette gigantesque tour qui produirait de l'électricité, est semblable au cycle qui sous-tend l'énergie hydroélectrique. Les turbines dans une centrale hydroélectrique exploitent l'énergie potentielle de l'eau qui tombe d'un lac ou d'un réservoir vers la mer. Mais ce n'est que la moitié de l'histoire. L'eau a gagné de l'énergie potentielle quand elle s'est évaporée de l'océan et lorsque elle se condense dans les nuages lors du refroidissement, pour former la pluie qui réapprovisionne les lacs. Le caloduc MegaPower consisterait à enfermer un système similaire à l'intérieur d'une tour géante, où l'eau (énergie hydroélectrique) serait remplacée par un autre fluide de travail.

En haut, le fluide se condense dans le froid de la haute atmosphère. De là, en tombant le fluide de travail va faire fonctionner des turbines au bas de la tour où la chaleur de la mer évapore le fluide et redémarre un nouveau cycle. Il avait été annoncé que le coût du programme pourrait être équivalent à celui d'une production d'énergie classique équivalente. Les thermosiphons ou caloducs peuvent être très utiles pour sauver l'Arctique et empêcher une libération massive de méthane. Les thermosiphons évacuent la chaleur du sol et la transfèrent à l'air pendant l'hiver. Le concept est qu'un thermosiphon supprime autant de chaleur que possible en hiver, afin que le sol puisse rester gelé jusqu'à la fin de l'été.



Un caloduc Megapower peut créer un **“pont thermique”** depuis la surface de la planète vers l'espace et évacuer des radiations infrarouges (ondes longues)



# ‘Megapower’

BRON: De Ingenieur nr. 20 - 6 december 1995

<http://www.lgwkater.nl/energie/megapower/megapower.htm>

29.01.1996 DER SPIEGEL 5/1996

<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-8871103.html>

Aufbau und Funktionsweise eines Megapower-Kraftwerkes im Meer / DER SPIEGEL / Frank HOOS

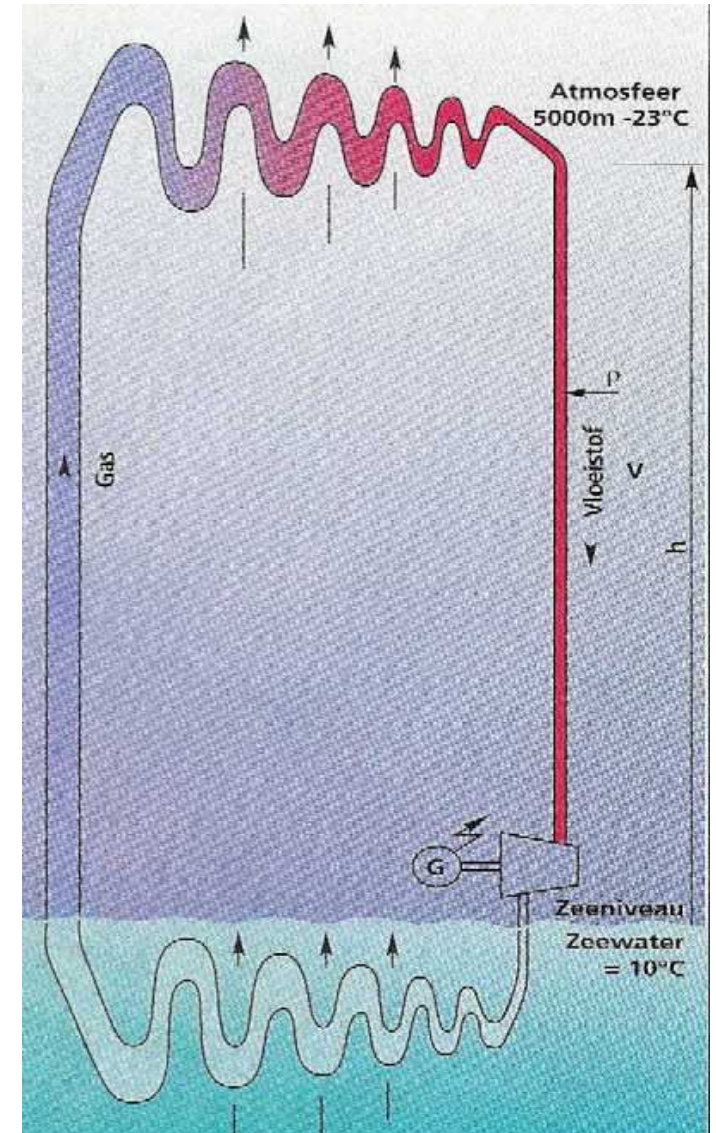
<http://wissen.spiegel.de/wissen/image/show.html?did=8871103&aref=image017/SP1996/005/SP199600501510151.pdf>

Sky-high tower of power may ride the waves, NewScientist magazine N2012, January 1996

<http://www.newscientist.com/article/mg14920123.800-sky-high-tower-of-power-may-ride-the-waves.html>

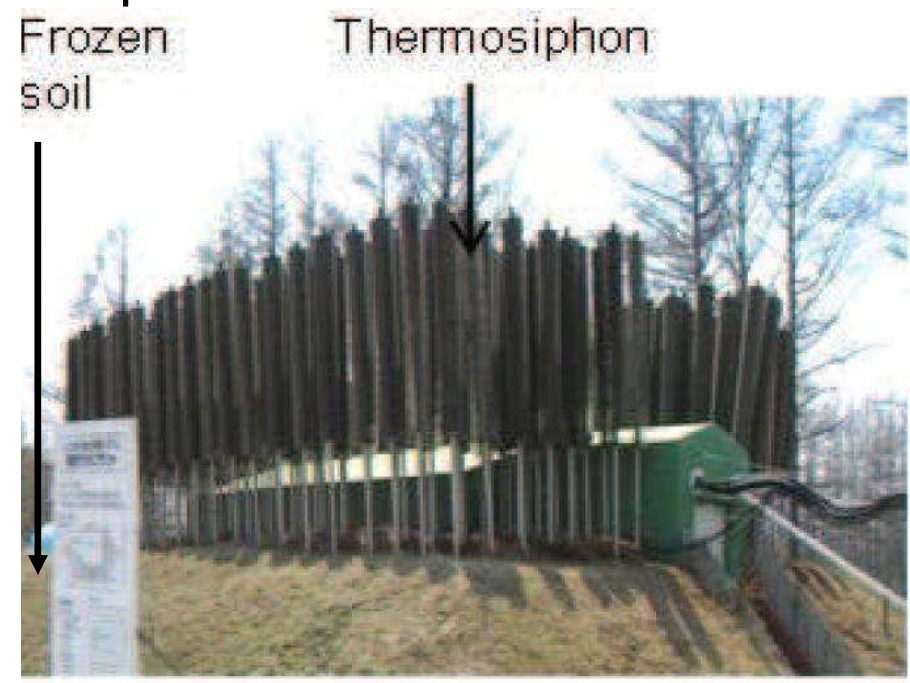
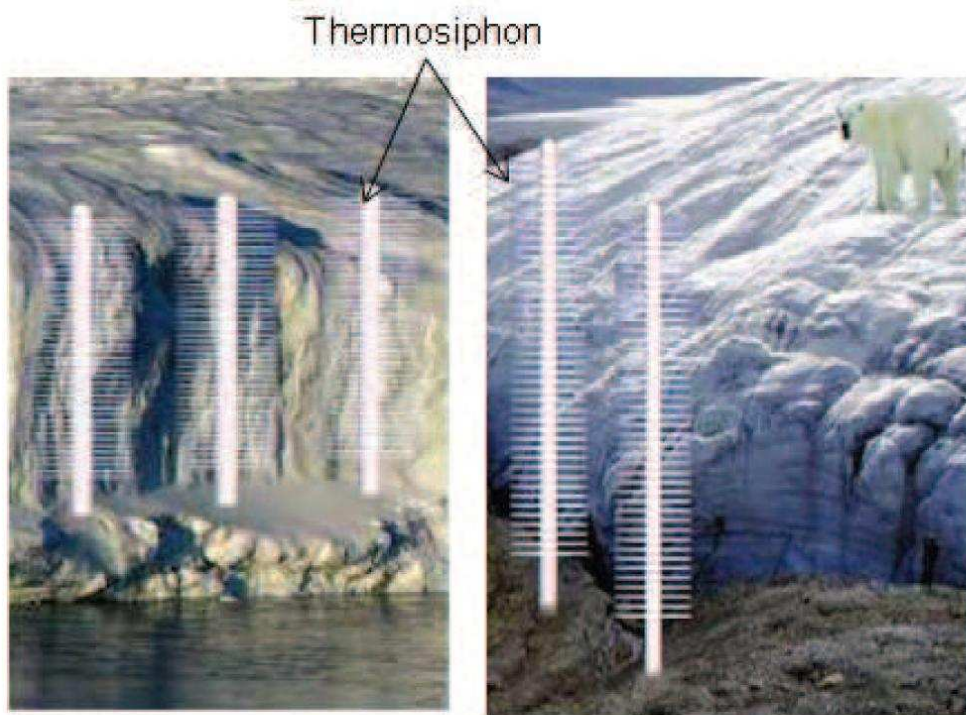
‘Megapower’ produceerde slechts publiciteit, Energie+ 2006/4

[http://www.energieplus.nl/megapower\\_produceerde\\_slechts\\_publiciteit](http://www.energieplus.nl/megapower_produceerde_slechts_publiciteit)



Cycle Butane / Ammoniac NH<sub>3</sub>

Les thermosiphons ou caloducs peuvent être très utiles pour sauver l'Arctique et empêcher un relargage massif de méthane. Une nombre considérable de thermosiphons a deux phase est actuellement utilisé pour empêcher la fonte du pergélisol le long des oléoducs, des routes et des chemins de fer en l'Alaska, en Sibérie et en Mongolie. Ils permettent de diminuer plus de 3°C les températures de pergélisol. Les thermosiphons évacuent la chaleur du sol et la transférer à l'air pendant l'hiver. Le concept est que thermosiphon supprime autant de chaleur que possible en hiver, afin que le sol puisse rester gelé jusqu'à la fin de l'été. L'utilisation à grande échelle de nombreux caloducs, plus efficaces et meilleur marché pourrait aider réduire les effets secondaires du réchauffement climatique ainsi que les problèmes induits, ainsi bien pour éviter la fonte des glaciers, que celle de l'Arctique.

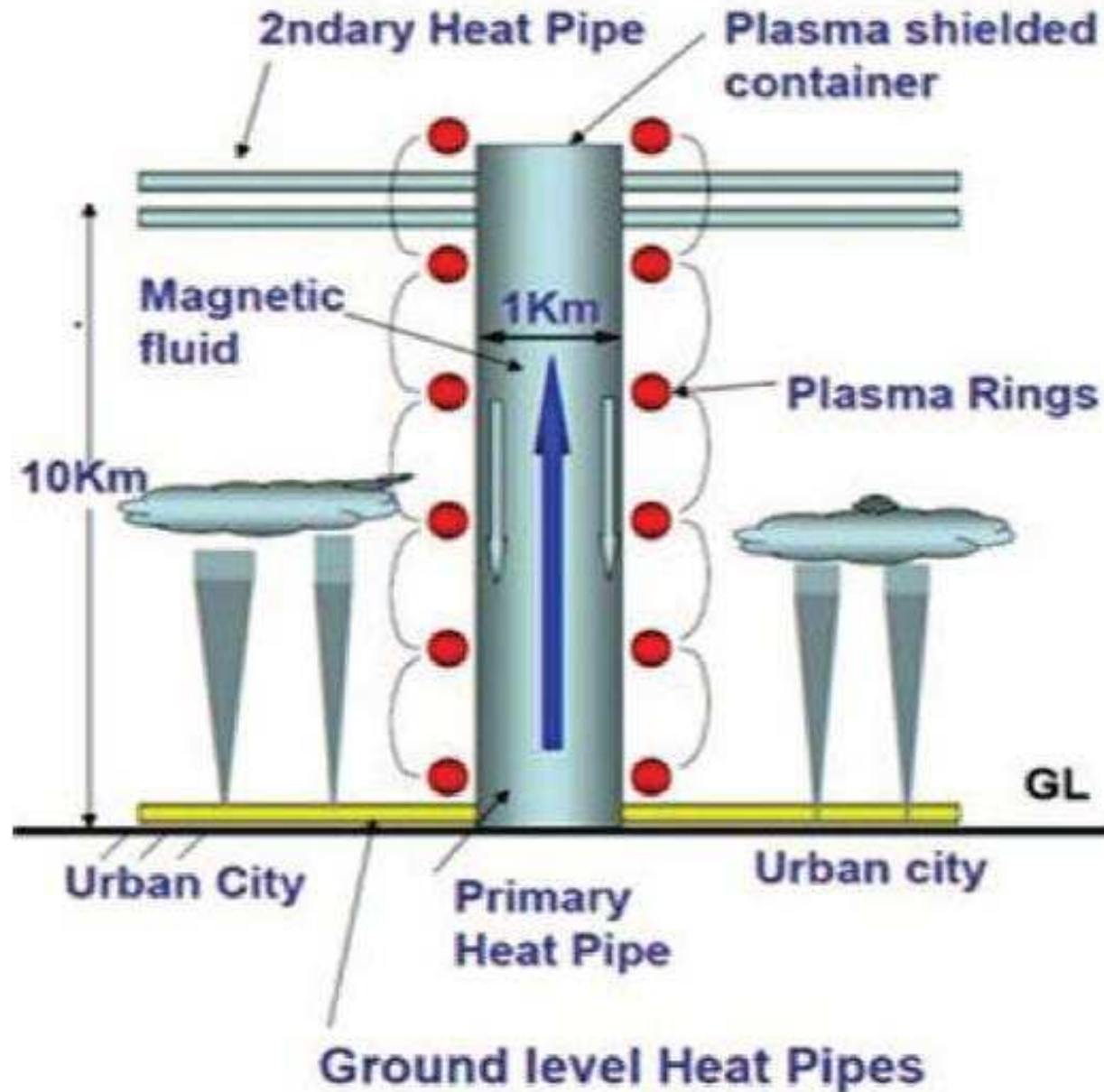


Figures from Mochizuki et al

Use of thermosiphon to prevent iceberg and glacier melting

Permafrost storage system

# Des thermosiphon de très grandes tailles peuvent aider à refroidir la planète



Mochizuki et al ont proposé des caloducs de très grande taille pour refroidir la Terre

(Mochizuki, M., Akbarzadeh, A., & Nguyen, T. (2013). A Review of **Practical Applications of Heat Pipes and Innovative Application of Opportunities for Global Warming**. Chapter 5 p145-. In "Heat Pipes and Solid Sorption Transformations: Fundamentals and Practical Applications", Editors L.L Vasiliev, Sadik Kakaç, CRC Press, 536 pages)

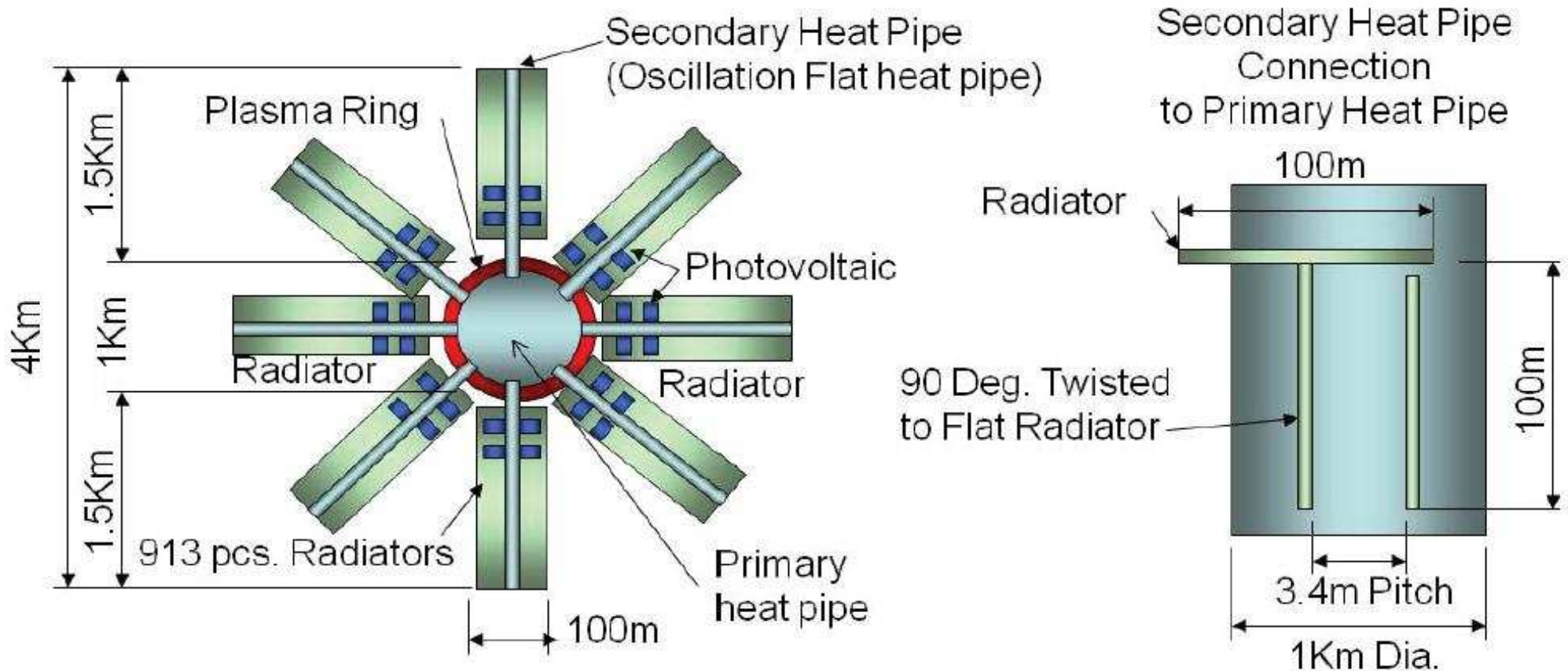
En 2009, Daniel Asturias and Isaac Harwell ont proposé des "générateurs thermiques sans mouvement" (motion less thermal generators MoTGens) qui sont aussi des thermosiphons.

BBC 23 December 2009  
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/8417192.stm>

Concept of ultralarge-scale heat pipe for cooling the earth.

# Des thermosiphon de très grande taille peuvent freiner le changement climatique

Mochizuki et al ont proposé des thermosyphons géants pour combattre le réchauffement climatique



$Q = 1 \times 10^3 \text{ W}$ ,  $T_{\text{radiator}} = 273\text{K}$ ,  $T_{\text{black body}} = -273\text{K}$   
 Stefan-Boltzmann Eq.  $q = 73\text{Kw/m}^2$   
 Radiator Size:  $100\text{mW} \times 1,500\text{m L}$ , 913 pcs.

Mochizuki, M., Nguyen, T., Mashiko, K., Saito, Y., Nguyen, T., & Wuttijumnong, V. (2011). A Review of Heat Pipe Application Including New Opportunities. *Frontiers in Heat Pipes (FHP)*, 2(1).

Design of ultralarge-scale heat pipe for cooling the earth.