

1ère partie
Production
de la vapeur

2ème partie
Utilisation
de la vapeur

3ème partie
Production
de glace

4ème partie
Memento
Technologique

**5ème partie
vers d'autres
horizons**



5ème Partie "Vers d'autres horizons"

La 5ème partie de la documentation de soleil-vapeur.org regroupe diverses rubriques relatives à l'énergie solaire



Accédez à la
documentation
complète de

www.soleil-vapeur.org

PROPOSITION :

MACHINE à GLACE ET GAZ D'ÉCHAPPEMENT

La machine à glace à adsorption et à zéolite présentée en 3ème partie de la documentation fonctionne par cycles, avec une alternance des phases d'adsorption et de désorption. Ces deux phases sont bien découplées dans le temps.

De même ses composants, notamment le réacteur et l'évaporateur, peuvent être découplés dans l'espace.

Ainsi en 2015 la machine à glace, après avoir été désorbée au soleil de Bretagne, a été transportée à plus de mille kilomètres, afin de faire deux ou trois semaines plus tard une démonstration de production de glace. Désorber de la zéolite, c'est stocker de l'énergie.

Les moteurs thermiques et notamment ceux utilisés pour les transports routiers ont un rendement déplorable, rejetant en chaleur la plus grande partie de l'énergie qu'ils consomment

Il serait donc envisageable d'installer temporairement un réacteur de zéolite sur un véhicule de transport routier afin de profiter de la chaleur perdue pour effectuer la désorption, alors que la production de glace proprement dite serait effectuée dans un atelier à poste fixe.

Cette proposition a été établie compte tenu de l'expérience acquise avec la machine à glace (voir le cas échéant la présentation générale, au Chapitre I de la 3ème partie), mais elle n'a pas été mise en oeuvre par soleil-vapeur.org

Cette proposition est en accès libre sous licence
"Creative Commons – Attribution /Share Alike",



SECTION I DESCRIPTION

§ 1 LE PRINCIPE

Le réacteur, d'une capacité de plusieurs centaines de kilogrammes de zéolite, est chargé sur le véhicule de transport à l'atelier de fabrication de la glace, et installé par exemple:

- entre la cabine et la caisse de chargement, là où parfois est installé un mat hydraulique de chargement,
- sous la caisse de chargement, à suivre les réservoirs de combustible, là où sont parfois chargées les palettes vides,
- sur le toit du véhicule
- à l'arrière du véhicule, dans le cas de véhicules de transport en commun dont le moteur est situé à l'arrière.

Une fois la zéolite désorbée, le réacteur est à déchargé à l'atelier de glace.

Un enregistreur de température permet de contrôler la qualité de la désorption (durée et température) et de facturer le service fourni.

§ 2 UN REACTEUR ADAPTE

La forme exacte du réacteur est à adapter aux exigences d'installation sur les véhicules.

Le réacteur comprend essentiellement

- **une partie basse**, qui est une chaudière à tubes verticaux, où les gaz chauds d'échappement produisent de la vapeur, comme dans une chaudière classique.
- **une partie haute**, qui contient la zéolite. Les tubes verticaux de la chaudière se prolongent dans la partie haute, où ils sont garnis d'ailettes, comme dans le réacteur de la machine à glace "stationnaire" de la 3ème partie de la documentation. Les ailettes ne sont pas horizontales, mais en forme de "V" de façon à ce que la zéolite vienne bien s'appliquer contre elles y compris en sous-face pour favoriser le transfert thermique. Entre les tubes à ailettes sont disposés d'autres tubes verticaux formés avec du grillage laiton et obturés aux deux extrémités, pour le passage des vapeurs d'adsorption et désorption.
- **une enveloppe isolée.**
- **des entrées-sorties** de gaz d'échappement, d'eau en tant que fluide thermique, et de vapeur en tant que fluide frigorigène.

§ 3 LES AUTRES COMPOSANTS

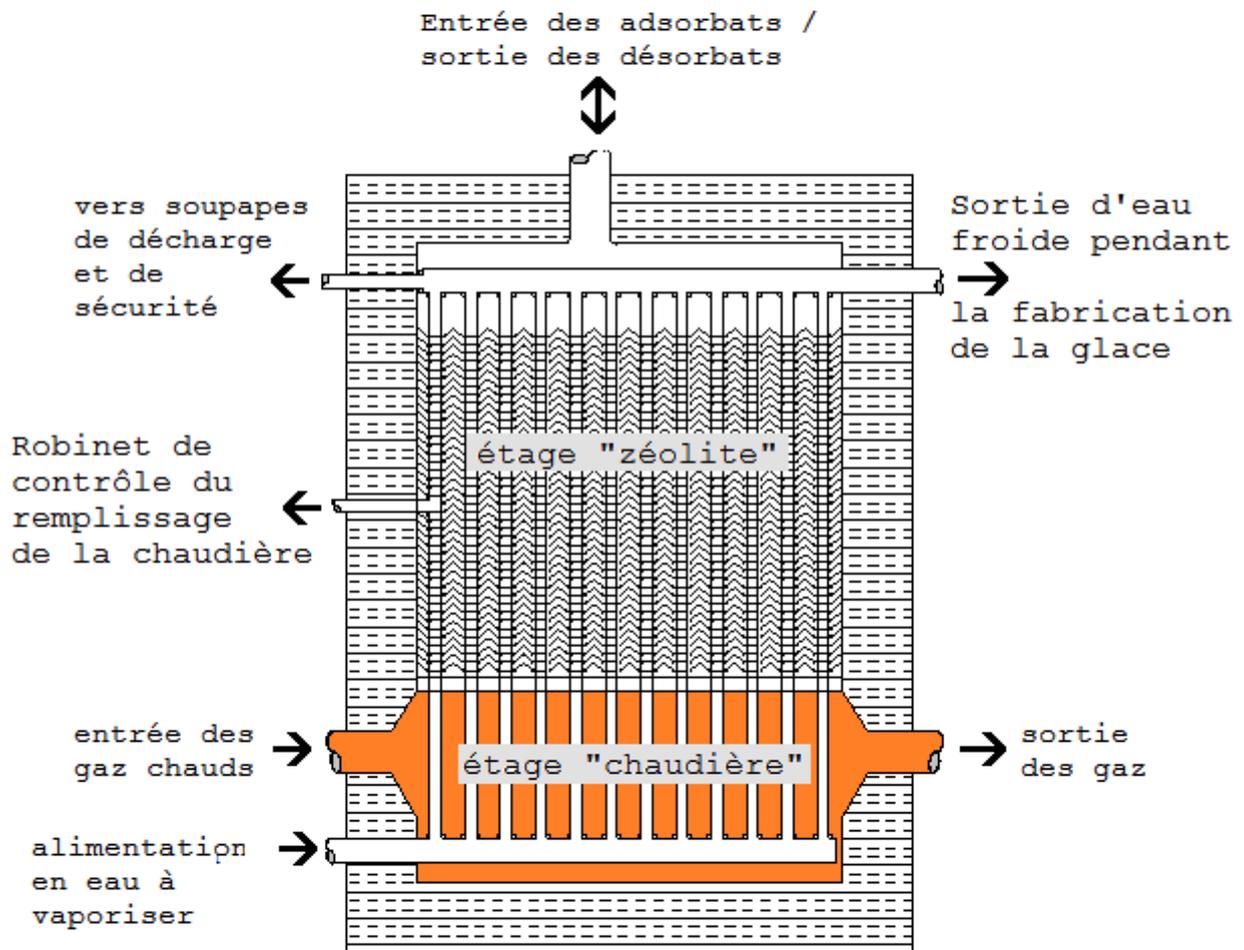
La pompe à vide, de quelques centaines de Watt, reste à demeure sur le véhicule.

Le condenseur à air pour refroidir les désorbats reste également à demeure sur le véhicule; c'est le "vent de la course" du véhicule qui accélère le refroidissement. En raison de la nécessité de désorber sous vide, les condensats sont accumulés dans un ballon associé au condenseur.

Schéma de principe du réacteur

sans dimensions ni proportions

Les tubes grillagés verticaux pour le passage des adsorbats / désorbats ne sont pas représentés



§ 4 LES ACCESSOIRES

Les raccords pourraient être, pour la plupart, du type "raccord Clamp"

Le contrôle du niveau de remplissage de la chaudière, lors du chargement du réacteur mobile sur le véhicule, s'effectue à l'aide d'un robinet de trop plein placé à bonne hauteur.

La quantité de chaleur fournie à la chaudière par les gaz d'échappement n'étant pas régulée, il faut réguler la pression de vapeur avec une **soupape de décharge**.



Enfin, comme de règle sur les chaudières, **soupape de sûreté et manomètre** complètent l'équipement.

SECTION II FONCTIONNEMENT ET REGULATION

§ 1 FONCTIONNEMENT

A) AU DEPART, A L'ATELIER DE FABRICATION DE GLACE

Après avoir chargé le réacteur sur le véhicule routier, l'opérateur branche

- le flexible des gaz d'échappement (depuis l'échappement du moteur thermique)
- le flexible de vide (vers la pompe à vide installée à demeure sur le véhicule)
- le flexible des désorbats (vers le condenseur à air installé à demeure sur le véhicule).

Puis l'opérateur charge en eau la chaudière.

Ensuite toutes les vannes de la chaudière sont fermées, ainsi que la vanne d'évacuation du ballon de condensats.

B) PENDANT LA CIRCULATION DU VEHICULE

Dans un premier temps l'eau chauffe et se vaporise dans les tubes verticaux, qui travaillent comme des caloducs.

En cas d'excès de vapeur, la soupape de décharge laisse s'échapper l'eau dans l'environnement, comme c'est le cas pour les écoulements provenant des climatisations embarquées.

Pour la pompe à vide: prévoir un automatisme avec pressostat / vacuostat ?

Les désorbats sont accumulés, après condensation, dans le ballon de stockage.

C) AU RETOUR, A L'ATELIER DE PRODUCTION DE GLACE

L'opérateur

- débranche les trois flexibles
- vide les condensats contenus dans le ballon
- décharge le réacteur

§ 2 REGULATION ET DANGEROUSITE

A) UNE REGULATION PAR L'AVAL ET NON PAR L'AMONT

La chaudière en dessous du réacteur doit accepter toute l'énergie thermique qui lui est fournie, sans aucune régulation. Si le niveau de température et donc de pression devient trop élevé, par exemple au dessus de 183° C / 10 bar manométriques, la soupape de décharge laisse échapper dans l'environnement l'excès de vapeur jusqu'à éventuellement la mise à sec de la chaudière. Une telle régulation par l'aval est totalement inusuelle dans les installations de vapeur classiques, tant pour des raisons de coût de l'énergie que par sécurité. La réglementation sur les appareils à vapeur ne le permettrait pas.

B) QUEL DANGER ?

La différence fondamentale entre la chaudière du réacteur et la chaudière d'une installation classique est que la chaudière du réacteur n'est pas un récipient soumis à la flamme. En cas d'à-sec de la chaudière, l'ensemble du réacteur s'établit à une température de stagnation de l'ordre de quelques centaines de degrés, exactement comme les capteurs solaires à tubes sous vide et à caloducs qui, en absence d'extraction de chaleur, s'installent sans danger à une température de stagnation de 200° C environ, supportée sans dommage par les matériaux utilisés.

Le seul inconvénient d'une température de stagnation trop élevée dans le réacteur serait une désagrégation de la zéolite - au dessus de 400° C ? Un agencement adéquat du réacteur pourrait y remédier.

Dans les anciennes chaufferies à vapeur à conduite manuelle, en cas d'absence d'eau dans la chaudière, le métal soumis à la flamme montait rapidement en température jusqu'au rouge. En cas de réalimentation précipitée, toute l'eau était instantanément vaporisée, ce qui entraînait inéluctablement l'explosion de l'installation. Ici, compte tenu des niveaux de température en jeu, et... de l'absence de réalimentation, un tel cas de figure est hors de propos.

La "récupération de chaleur sur moteurs thermiques" est actuellement (2016) l'objet d'intenses travaux, il suffit de consulter un moteur de recherche sur ces mots-clés pour s'en convaincre s'il en était besoin. La production de froid à partir des gaz d'échappement des véhicules est quant à elle un vieux serpent de mer, mais la production embarquée de froid d'origine thermique est trop délicate à mettre en oeuvre, surtout au regard des facilités de la production embarquée de froid d'origine mécanique, que ce soit pour la climatisation ou pour les transports frigorifiques. La déshydratation de la zéolite pourrait être une voie intermédiaire à explorer pour limiter quelque peu le gaspillage (scandaleux ?) des hydrocarbures.

Des premiers essais sur un moteur thermique stationnaire, par exemple sur un moteur de groupe électrogène de secours d'un entrepôt frigorifique, permettraient de mieux appréhender la faisabilité du dispositif.