



Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

La chaleur latente

Xavier PY

Professeur – Université de Perpignan Via Domitia

Le stockage thermique à chaleur latente est un stockage qui est encore adapté aux sources d'énergie notamment thermiques, que ce soit la biomasse issue de la combustion soit du solaire une fois converti en chaleur et partiellement adapté aux problématiques de protection ou d'optimisation de procédés notamment procédés à énergie renouvelable.

- Alors, le principe est différent du principe de stockage à chaleur sensible puisque là, on va stocker la chaleur avec un changement d'état de la matière utilisée.
- ⇒ Soit un changement d'état liquide/solide comme dans le cas des glaçons que l'on utilise à la maison.
- ⇒ Soit un changement d'état liquide/vapeur, quelque part c'est ce que l'on fait aussi l'été quand on a trop chaud et que l'on se place de l'eau sur la peau qui s'évapore et qui va prendre de la chaleur sur son support, donc stocker quelques part de la chaleur en elle-même intrinsèquement et nous rafraîchir.
- Voilà, donc deux grands modes de stockage à chaleur latente :
 - Le stockage à chaleur latente liquide / solide, le plus utilisé d'ailleurs et de très loin ;
 - Et le stockage à chaleur latente liquide/vapeur, moins utilisé parce que, comme la vapeur occupe un volume très important, c'est assez difficile à gérer. Mais ce n'est pas impossible.

Alors, quels sont les avantages de cette technique de stockage ?

- Tout d'abord, comparé au stockage en chaleur sensible, ça permet de stocker des quantités beaucoup plus importantes d'énergie par quantité de matière.
- Ensuite, un autre avantage par rapport à la chaleur sensible, c'est qu'autant la chaleur sensible nécessite des grosses variations de température entre le stockage et le déstockage, la chaleur latente permet de travailler à un Δt , une différence de température beaucoup plus réduite puisque le stockage lui-même, lorsqu'on a les deux phases en présence, se fait à température quasi constante. Pourquoi ?
 - ⇒ Tout simplement à cause de la règle des phases de la thermodynamique qui stipule que dès lors que la pression est imposée, si l'on a deux phases, et bien l'autre variable qui est la température est imposée elle-même au moins pour les corps purs et les eutectiques.
 - ⇒ Et donc le stockage, lorsque l'on est en mode de chaleur latente avec deux phases en présence - liquide, solide par exemple -, se fait à température quasi constante.
 - ⇒ Quasi constante puisque, il y a quand même une nécessité de transférer la chaleur et donc là on a des gradients de température qui s'installent dans le système.
- Donc c'est quand même un avantage intéressant puisque ce stockage va permettre non seulement de stocker de la chaleur, mais d'imposer une température intrinsèquement, une température qui est spécifique du corps utilisé.
- Donc on voit bien là l'intérêt par rapport aux problématiques de protection thermique, lorsqu'on a des équipements qui sont fragiles par rapport à la température.
 - ⇒ Une puce électronique par exemple ne peut pas monter au-delà d'une certaine température, lorsqu'elle fonctionne, elle chauffe, il suffit - c'est vite dit -, mais il suffit en théorie d'y placer un matériau à changement de phase liquide/solide à une température qui correspond à sa limite haute en température et dès que la puce électronique va monter en température, elle va être bridée et protégée par ce matériau à champ de phase.
- On va faire exactement la même chose pour les récepteurs des centrales solaires à concentration où là aussi, souvent, lorsque l'on est sur des centrales à tour à haute température, dans les 800°C par exemple, le matériau utilisé a des propriétés qui se dégradent au-delà d'une certaine température et on va placer derrière le récepteur un stockage à chaleur latente qui va brider en température le système.
- Alors, l'avantage, c'est que la gamme de températures possibles est très large, ça peut aller des températures négatives (donc c'est utilisé aussi en froid alimentaire et en congélation), jusqu'aux très hautes températures, jusqu'à plusieurs milliers de degrés et selon le matériau que l'on utilise - ça peut être des solutions salines, ça peut être des matériaux organiques comme les paraffines, ou les corps gras et ça peut être des sels

fondus comme le sel NaCl de cuisine -, fond à 800°C et peut être un matériau de stockage à ces niveaux de température.

- ⇒ Alors après, ça peut poser des problèmes de corrosion, de stabilité au cours du recyclage, de prix et de toxicité bien entendu.
- Alors, dans la vie de tous les jours, on connaît très bien ce genre de mode de stockage :
 - J'ai cité effectivement les glaçons que l'on utilise pour nos boissons l'été ;
 - C'est le cas aussi des pains eutectiques, les pains bleus que l'on place dans le congélateur, ce sont des eutectiques liquides / solides qui procèdent d'un changement d'état par changement de phase ;
 - C'est utilisé par des industriels français, nous avons la chance en France d'avoir le leader mondial du froid, donc du stockage en froid en chaleur latente qui est Cristopia et dont la spécialité c'est d'installer des gros stockages à chaleur latente liquide/solide dans les gratte-ciel en Asie. Alors pourquoi ?
- ⇒ Tout simplement parce que la demande en froid pendant la journée suit la chaleur et donc avec une courbe cloche de demande en puissance en froid, si on installe des groupes de production de froid, des climatisations, pour répondre à cette demande, il va falloir installer l'équivalent de la puissance crête demandée en journée et la plupart du temps, les groupes froids vont fonctionner en sous-régime.
- ⇒ Donc au lieu de faire ça, Cristopia installe des grosses cuves de stockage en froid à chaleur latente, installe 50 % du parc en froid que l'on aurait eu en puissance crête, fait fonctionner ça la nuit à tarif avantageux puisque c'est le tarif de nuit électrique, stocke pendant toute la nuit du froid à régime nominal, donc les groupes fonctionnent tout le temps de manière optimale et l'on réduit ainsi la maintenance et on augmente leur durée de vie, et pendant la journée, déstocke ce froid selon la demande au niveau des bâtiments climatisés et ça permet aussi de ne pas avoir la nuisance du bruit des groupes froids.
- Donc c'est exactement le même mode de fonctionnement que le stockage que l'on a en chaleur sensible dans les centrales électro solaires, sauf que là c'est dans le domaine du froid et bien sûr applicable au froid que l'on peut produire par énergie renouvelable comme par exemple par production de froid en rayonnement radiatif infrarouge nocturne.
- ⇒ Donc c'est un système de stockage qui est particulièrement adapté à la gestion des procédés, à l'optimisation de procédés, au contrôle des températures et à la protection thermique.

- Alors, il y a quand même des limitations bien entendu et c'est ce qui explique d'ailleurs qu'il y a beaucoup moins de stockage de chaleur latente industriellement que de stockage à chaleur sensible. Les principales limitations, c'est que souvent on a ce qu'on appelle de la surfusion, c'est à dire que la température de cristallisation et de solidification du matériau est quelquefois inférieure à la température de fusion.
- L'eau tout simplement. L'eau, comme chacun sait, va fondre à 0°C, par contre elle va cristalliser quelquefois à -2, -5, -12°C selon le volume utilisé et aussi selon la pureté de l'eau.
- ⇒ Ce retard à la cristallisation pose des gros problèmes sur le plan technologique.
- Autre problème, c'est le fait que les puissances de stockage et déstockage ne sont symétriques, parce que les conductivités thermiques de la phase solide et liquide ne sont pas équivalentes.
- ⇒ Et tous ces phénomènes-là ont bridé en fait le développement industriel du stockage à chaleur latente.
- Alors, depuis un certain nombre d'années, les laboratoires et les industriels développent des matériaux composites qui vont certainement permettre d'aller au-delà de ces problématiques et de mieux les intégrer notamment aux énergies renouvelables.