



Le stockage d'énergie thermique: enjeux et état de l'art

Marc Frère

Plan de l'exposé



- Introduction
- Définitions, indicateurs de performance et cahier des charges d'un système de stockage d'énergie thermique
- Technologies et état de l'art
- Les recherches à l'UMONS
- Conclusions

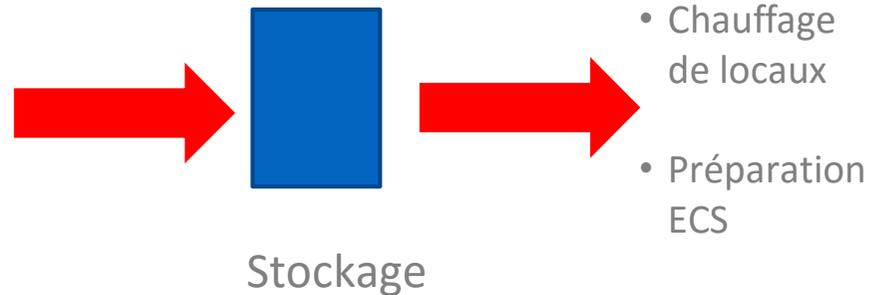
Introduction



- Electrification du système énergétique, production d'électricité verte, sources intermittentes, besoins de capacité de stockage d'électricité.
- Actuellement, plus de 50% de l'énergie finale (hors électricité) sert à la production de chaleur (16% de l'énergie finale est de l'électricité).
- Pourquoi le problème de stockage de chaleur semble-t-il être moins prioritaire ?
 - Faible contribution de sources d'énergie intermittentes (solaire thermique) dans la production de chaleur.
 - « Pas » de problématique de type « réseaux ».
 - Electrification.

Introduction

Et pourtant...



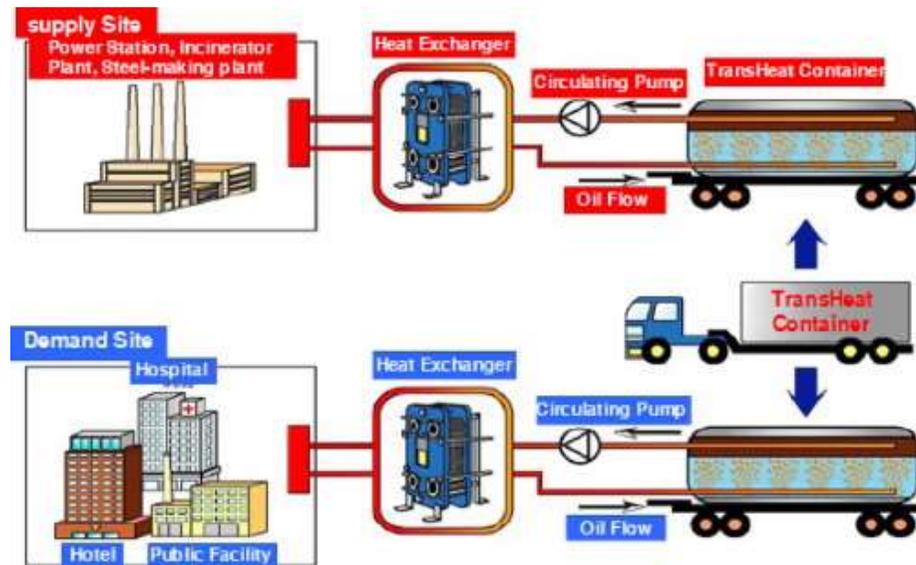
La ressource solaire thermique est tout à fait appréciable. Son utilisation permettrait de limiter l'électrification (besoins de stockage).

énergie

INSTITUT DE RECHERCHE EN ENERGIE
DE L'UMONS

Introduction

Et pourtant...

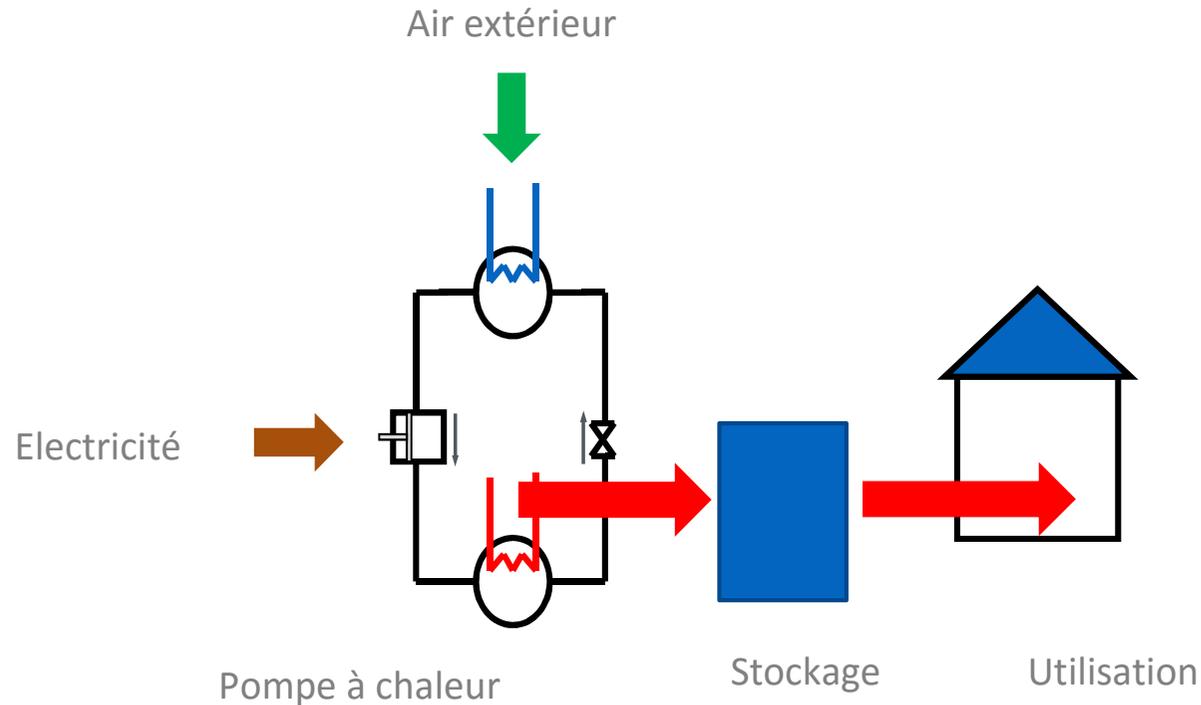


A review on transportation of heat energy over long distance: Exploratory
Development
Q. Maa, L. Luo, R.Z. Wang, G. Sauce

Valorisation des rejets énergétiques de l'industrie.

Introduction

Et pourtant...



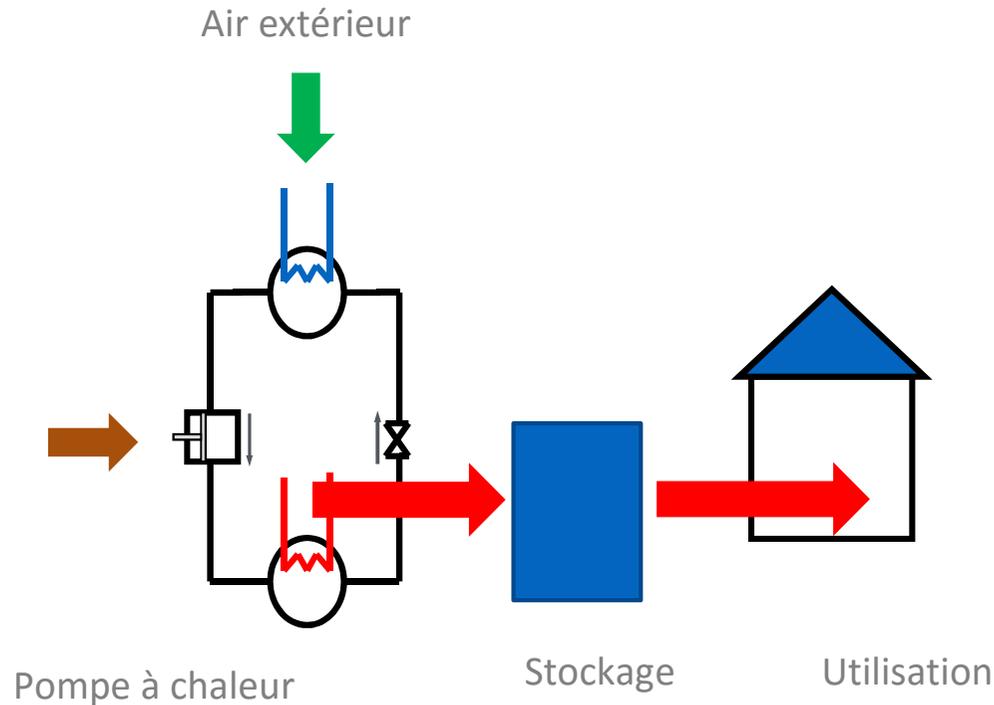
Optimisation du fonctionnement des pompes à chaleur (COP)

Introduction

Et pourtant...



Electricité verte



Optimisation du fonctionnement des pompes à chaleur (utilisation d'électricité verte)

Introduction



- Le stockage d'énergie thermique peut jouer un rôle essentiel dans le système énergétique du futur:
 - Réduire les « besoins d'électrification » - utilisation du solaire thermique, valorisation des rejets thermiques industriels, optimisation du COP des pompes à chaleur.
 - Augmenter la flexibilité de la gestion des réseaux électriques (stockage « d'électricité » sous forme d'énergie thermique, flexibilité des systèmes de cogénération, centrales solaires thermiques).

Définitions, indicateurs de performance et cahier des charges d'un système de stockage d'énergie thermique



Cahier des charges d'un système de stockage:

- Puissance thermique maximale/moyenne à stocker ?
- Puissance thermique maximale/moyenne à produire ?
- Quantité d'énergie thermique à stocker (pendant une période de stockage) ?
- Quantité d'énergie thermique à produire (pendant une période de production) ?
- Durée d'une période de stockage/production ?
- Nombre de cycles de stockage/production sur la durée de vie ?
- Température et débit du fluide caloporteur entrant dans le système de stockage ?
- Température et débit du fluide caloporteur à produire en sortie du système de stockage (période de production) ?

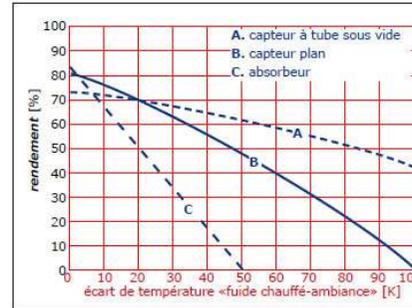
Définitions, indicateurs de performance et cahier des charges d'un système de stockage d'énergie thermique



Indicateurs de performance.

- Densité énergétique: quantité d'énergie par unité de volume.
- Puissance thermique volumique: puissance thermique stockée/produite par unité de volume.
- Rendement.
- Ces performances dépendent des conditions de fonctionnement (température, débit).

Définitions, indicateurs de performance et cahier des charges d'un système de stockage d'énergie thermique



- Définition des indicateurs de performance à l'échelle du système dans son ensemble.
- Taux de couverture renouvelable.
- Coût.
- Consommation des auxiliaires.

Définitions, indicateurs de performance et cahier des charges d'un système de stockage d'énergie thermique



Stockage	Définition	Indicateur
Court terme	Quelques heures	Puissance thermique volumique
Long terme	Quelques mois	Densité énergétique
Moyen terme	Quelques semaines	Puissance thermique et densité

Technologies et état de l'art

Technologie de stockage	Principe	Remarques	Applications principaux et/ou état de maturité
Chaleur sensible	Augmentation/diminution de la température d'un matériau	Densités énergétiques faibles (qq kWh/m ³), puissances volumiques potentiellement importantes, pertes.	Disponible sur le marché, surtout pour le stockage à court terme.
Chaleur latente	Fusion/solidification d'un matériau	Densités énergétiques moyennes (jusque 100 kWh/m ³), problèmes de puissance thermique volumique.	Disponible sur le marché mais améliorations encore souhaitées
Stockage thermochimique	Réaction chimique	Densité énergétiques théoriques potentiellement élevées (qq centaines de kWh/m ³).	En développement (TRL4-6). Stockage à long terme

Technologies et état de l'art



Chaleur sensible:

- Optimisation.
- Matériaux pour les applications à haute température.
- Application au stockage à long terme.

Chaleur latente:

- Encapsulation des PCM.
- Augmentation de la conductivité thermique.
- Compétitivité / chaleur sensible (applications de stockage à court terme).
- Concurrence avec le stockage thermo-chimique (applications de stockage à long terme);

Recherches menées à l'UMONS

Réaction (A, AB: solides or liquides)-(B: vapeur) :

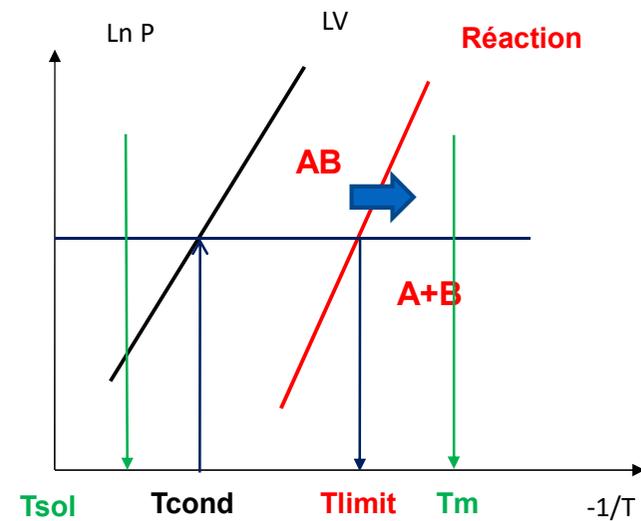
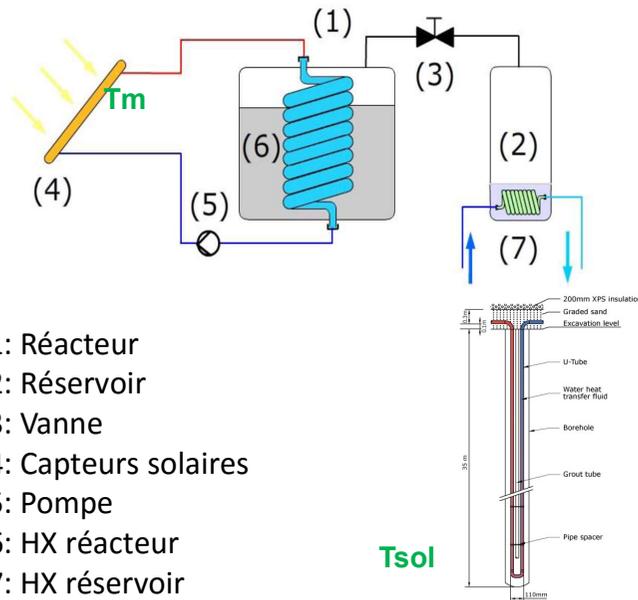


Stockage:

Désorption de B: $AB + \text{chaleur} \rightarrow A + B$

Production :

Adsorption : $A + B \rightarrow AB + \text{chaleur}$



Recherches menées à l'UMONS

Réaction (A, AB: solides or liquides)-(B: vapeur) :

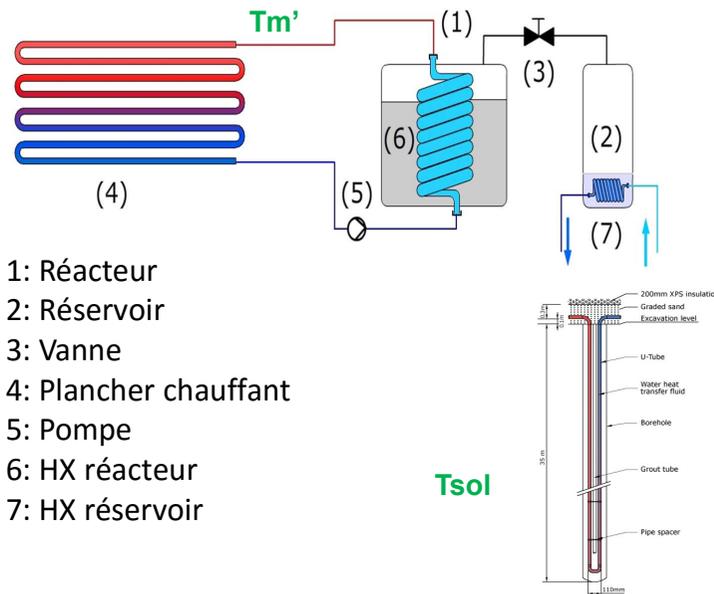


Stockage:

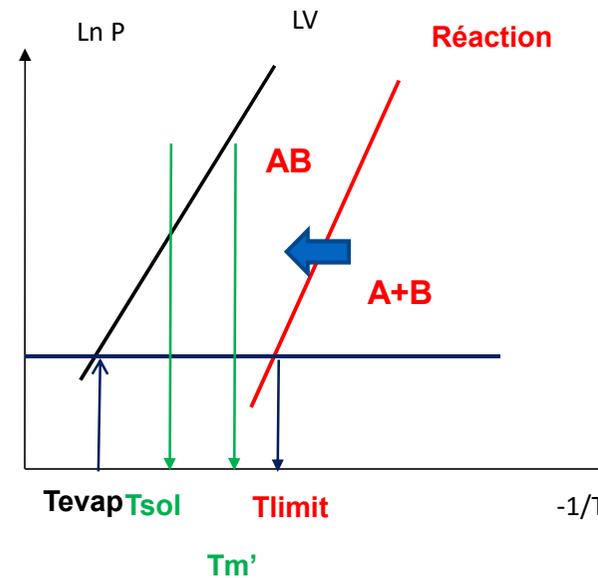
Désorption de B: $AB + \text{chaleur} \rightarrow A + B$

Production :

Adsorption : $A + B \rightarrow AB + \text{chaleur}$



- 1: Réacteur
- 2: Réservoir
- 3: Vanne
- 4: Plancher chauffant
- 5: Pompe
- 6: HX réacteur
- 7: HX réservoir



Recherches menées à l'UMONS

Enjeux en termes de R&D:

- Identification de la réaction la plus adaptée (domaines de température et de pression, densité énergétique).
- Stabilité du matériau
- Etude de la cinétique réactionnelle.
- Design du réacteur.
- Intégration dans le système complet.
- Production.
- Contrôle et régulation.
- Coût.
- ACV.



Recherches menées à l'UMONS

Résultats:

- Développement d'un nouveau matériau actif+caractérisation
- Etude du comportement cinétique (en prototype)
- Plusieurs propositions de technologie de stockage
- Design du réacteur.
- Intégration dans le système complet.
- Test en cours.



Conclusions

- Importance potentielle des technologies de stockage d'énergie thermique dans le système énergétique du futur.
- Barrière technologique: stockage saisonnier (valorisation de l'énergie solaire thermique): stockage thermo-chimique.
- Validation du concept grâce à un prototype (taille réelle) testé en conditions réelles – densité énergétique réelle ?
- Fiabilisation, coût, optimisation (TRL au-delà de 6)
- Stockage thermo-chimique pour d'autres applications.

