

# PROJET Pc2TES

## NEWSLETTER

Contact : Fouzia ACHCHAQ

Tel (secrétariat) : +33(0) 5 56 84 54 02

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>



octobre 2019

1/3



### Avant-propos

Aujourd'hui, l'Humanité se retrouve dans la situation des astronautes d'une station spatiale. Ils n'ont pas d'autres choix que de vivre ensemble dans un circuit fermé dans les meilleures dispositions possibles. Ils doivent d'une part, protéger leur environnement en utilisant les ressources disponibles sur place d'où le recyclage des eaux usées, de l'air conditionné, des déchets solides... et d'autre part, anticiper les solutions pour la pérennité de leur expédition. L'expédition de la station spatiale de l'Humanité : la Terre n'étant pas garantie, une transition énergétique rapide et réussie est devenue une obligation.

### La motivation

Cette métaphore n'en est pas une. Suivant une étude réalisée en 2015, plus de 50% de l'énergie produite est perdue dans la Nature sous forme de chaleur en continuant malgré tout à polluer l'atmosphère. Cette même étude estime qu'en 2040 la population mondiale atteindra le seuil des 10 milliards d'êtres humains. La consommation d'électricité augmentera de 65% pour les pays membres de l'OCDE (pays les + riches) et de 85% pour les pays hors OCDE, entraînant (si l'on ne change rien à nos habitudes) une pénurie totale des ressources fossiles dans un délai extrêmement bref [I, II].

Avant d'imaginer la découverte d'une nouvelle source d'énergie ou d'une nouvelle technologie "miraculeuse" et "providentielle", il est plus que temps d'essayer de s'attaquer à ces 50% dilapidés en ciblant particulièrement l'industrie et le transport : consommateurs énergivores notables. Toutes ces raisons ont initié le projet Pc2TES afin de contribuer à la récupération de cette manne gigantesque gaspillée, de donner un sens éthique à notre recherche, de permettre aux industriels d'être plus économiquement productifs et de voir plus sereinement notre avenir en matière de production d'énergie.

### L'idée

La solution à tous ces maux doit impérativement passer par le stockage [II, III] ! Bien sûr beaucoup d'autres y pensent à travers le monde, plusieurs pistes sont évoquées, des plus anciennes comme le stockage par chaleur sensible aux plus performantes : la thermochimie en passant par le stockage par chaleur latente [IV]. Malheureusement aucune de ces techniques n'est vraiment efficace et / ou fiable. En dehors des coûts de mise en place, certains de ces procédés s'avèrent très peu productifs, difficiles à mettre en place ou même dangereux. Sans doute par manque d'alternative (au mieux) ou d'imagination (au pire), de nombreux distributeurs d'énergie à travers le monde se lancent dans des initiatives pour le moins risquées, l'extraction du gaz de schiste ou la production d'hydrogène, par exemple. Dans ces deux cas, la volonté de faire vite, à moindre coût sans se soucier de l'impérative nécessité de réorganiser nos sociétés prédomine.

### Le problème

Aujourd'hui, on considère l'intégration des énergies "renouvelables" comme la solution face à la disparition annoncée des énergies fossiles et on pense que "ressource renouvelable = ressource infinie". Elles sont renouvelables, oui mais ces sources d'énergie sont toutes soumises aux contraintes climatique et / ou géographique qui impactent directement la régénération et la disponibilité de la matière première [V].

### La solution

Utiliser des composés péritectiques comme matériaux de stockage de l'énergie thermique. Les péritectiques sont des composés qui (en théorie) permettent de combiner de l'énergie sous forme de chaleurs sensible, latente et thermochimique et de la restituer de façon réversible. Il ne s'agit donc pas de traditionnels matériaux à changement de phases.

### RÉFÉRENCES :

#### GÉNÉRALES

- [I] <https://www.transitionsenergies.com/consommation-energie-50-2050/>
- [II] L. Waltersmann, S. Kiemela, Y. Amanna, A. Sauer. Defining sector-specific guiding principles for initiating sustainability within companies. *Procedia CIRP* 81, 2019, pp.1142-1147. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.282>
- [III] S. Chu, Y. Cui, N. Liu, The path towards sustainable energy, *Nature Materials*, 16: 4834, 2017, pp.1-7. <https://www.nature.com/articles/nmat4834>
- [IV] Arthur L. Robinson. Energy Storage (I): Using Electricity More Efficiently. *Science*, 1974, 184: 4138, pp.785-787. DOI: 10.1126/science.184.4138.785. <https://science.sciencemag.org>
- [V] Alva G., Lin Y., Fang G. An overview of thermal energy storage systems. *Energy* 144, 2018, pp. 341-378. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.037>
- [VI] C. Clauser, M. Ewert. The renewables cost challenge: Levelized cost of geothermal electric energy compared to other sources of primary energy – Review and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, 2018, pp.3683-3693. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.095>

### À VENIR :

Le Stockage de l'Énergie Thermique «Les Composés Péritectiques». Le FILM Part. 1

## Comment ça marche ?



université  
de BORDEAUX



### PARTENAIRES :

ANR

<https://anr.fr/Project-ANR-16-CE06-0012>

I2M

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>

ICMCB

<http://www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?rubrique26>

PLACAMAT

<http://www.placamat.cnrs.fr/spip.php?rubrique7>

IJL

<https://ijl.univ-lorraine.fr/le-laboratoire/presentation/>

# PROJET Pc2TES

## NEWSLETTER

Contact : Fouzia ACHCHAQ

Tel (secrétariat) : +33(0) 5 56 84 54 02

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>



octobre 2019

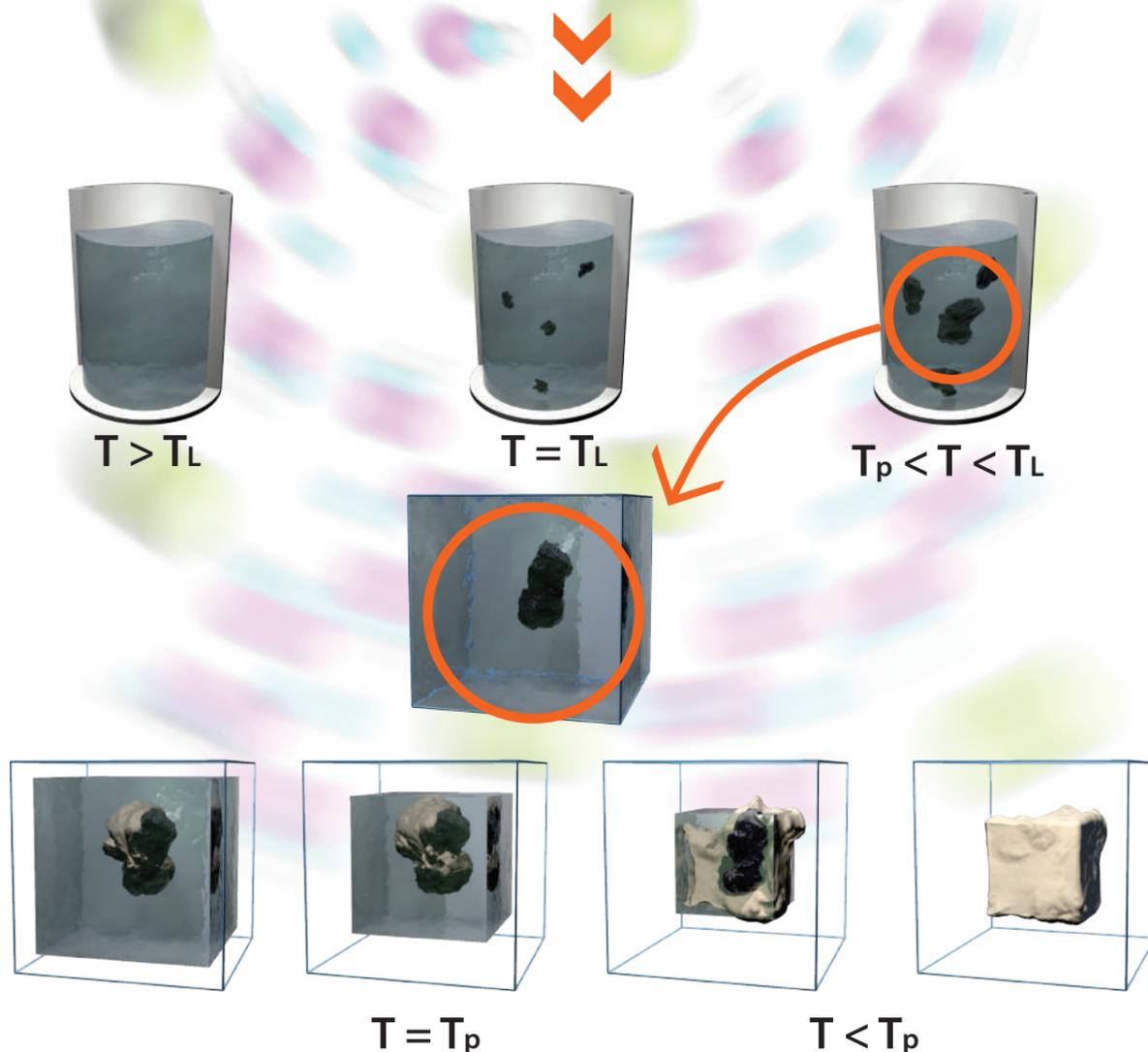
2/3



### Le procédé

Considérons l'étape de déstockage d'un composé péritectique, étape qui correspond à sa solidification. Initialement, le composé est à l'état liquide (chaleur sensible). Une phase dite propéritectique va ensuite germer dès que la température du liquidus  $T_L$  sera atteinte. La phase propéritectique va continuer à germer et croître avec la diminution de la température (chaleurs sensible et latente) dans le composé liquide restant jusqu'à ce que la température dite de transition péritectique  $T_p$  soit à son tour atteinte. A cette température  $T_p$ , la réaction chimique, isotherme, démarre et dure tant que la phase propéritectique n'est pas isolée de la mixture liquide restante (chaleur thermochimique). Dans le même temps, des phénomènes de diffusion des atomes du péritectique à travers la phase liquide restante et à travers le solide formé prennent place et continuent même lorsque la réaction chimique est terminée pour obtenir le composé final péritectique. Cette combinaison d'énergies disponibles : énergie sensible, énergie latente et énergie chimique dans un seul et même matériau les rend particulièrement intéressants, voire compétitifs. En effet, les valeurs de densité énergétique effective pourraient atteindre jusqu'à  $650 \text{ kWh/m}^3$ , soit autant, voire plus, que celles des réactions gaz-solide typiquement comprises entre  $200$  et  $500 \text{ kWh/m}^3$  une fois les contraintes scientifiques et techniques prises en compte [1]. L'utilisation de ces composés péritectiques pourrait mener à une technologie de stockage bien plus performante et économique. Ces nouveaux matériaux présentent ainsi des densités énergétiques deux à trois fois supérieures à celles des matériaux utilisés (sels fondus) dans les centrales solaires à concentration déjà existantes, comme Archimede en Italie.

Ci-dessous l'illustration de chaque étape liée au déstockage du matériau péritectique d'après la théorie.



### RÉFÉRENCES :

#### ARTICLES Pc2TES

[1] F. Achchaq, E. Palomo del Barrio. A proposition of peritectic structures as candidates for thermal energy storage. Energy procedia 139, 2017, pp. 346-351. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.219> 3693.

### À VENIR :

Le Stockage de l'Énergie Thermique «Les Composés Péritectiques». Le FILM Part. 1

### PARTENAIRES :

ANR

<https://anr.fr/Project-ANR-16-CE06-0012>

I2M

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>

ICMBC

<http://www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?rubrique26>

PLACAMAT

<http://www.placamat.cnrs.fr/spip.php?rubrique7>

IJL

<https://ijl.univ-lorraine.fr/le-laboratoire/presentation/>



université  
de BORDEAUX



# PROJET Pc2TES

## NEWSLETTER

Contact : Fouzia ACHCHAQ

Tel (secrétariat) : +33(0) 5 56 84 54 02

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>



octobre 2019

3/3



Ce procédé a pour principale vertu de capter l'énergie quand elle est disponible et de la restituer quand elle manque. De fait, le stockage de l'énergie thermique participe à la réussite d'une transition énergétique performante. C'est le chaînon manquant à une transition réussie.

### La méthode

A partir de la littérature scientifique et de nos études théoriques, le projet Pc2TES, soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche et sous la tutelle de l'Université de Bordeaux, a "concentré" ses efforts sur un composé péritectique identifié comme étant un matériau de stockage d'énergie thermique à très haut potentiel pour des applications hautes températures (300-600°C), gamme de températures correspondant aux industries reconnues très énergivores.

Parmi les nombreux candidats étudiés, nous avons sélectionné  $\text{Li}_4\text{Br}(\text{OH})_3$  pour ses performances : densité énergétique de plus de 400 kWh/m<sup>3</sup> pour une température de fonctionnement autour de 300°C. Après plusieurs années d'étude, nous avons d'une part réussi à le synthétiser, d'autre part à confirmer son potentiel énergétique avec le fort pressentiment que ses coûts de fabrication et d'utilisation seront beaucoup moins importants que les études théoriques le laissent penser [2, 3].

Dans l'état actuel de nos recherches, nous avons réussi à :

- valider sa conformité par DRX
- synthétiser  $\text{Li}_4\text{Br}(\text{OH})_3$  en quantité plus importante pour une caractérisation thermophysique future
- confirmer son potentiel énergétique théorique
- caractériser son comportement *via* des expérimentations *in situ* et en temps réel à l'échelle microscopique permettant une optimisation des protocoles à l'échelle macroscopique...

Nos études expérimentales ont mis en évidence la pertinence de ce choix. Nous avons la conviction que  $\text{Li}_4\text{Br}(\text{OH})_3$  a un avenir prometteur.

### Prochaines étapes

- définir les conditions de fonctionnement de ce nouveau matériau de stockage
- définir ses limites
- définir un premier protocole pour sa future utilisation à une échelle industrielle.

### Le FILM partie 1



Film produit et réalisé par «25 Images Communication»  
<https://www.25-images.com/>

### RÉFÉRENCES :

#### ARTICLES Pc2TES

- [2] F. Achchaq, E. Palomo del Barrio, E. Lebraud, S. Pechev, J. Toutain. Development of a new LiBr/LiOH-based alloy for thermal energy storage. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 131, 2019, pp.173-179.  
[10.1016/j.jpcs.2019.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2019.04.001)  
[hal-02138899](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02138899)
- [3] F. Achchaq, E. Risueño, I. Mahroug, P. Legros, E. Lebraud, B. Karakashov, E. Palomo del Barrio, A. Celzard, V. Fierro, J. Toutain. Development of a Carbon Felt/Salt-Based Hybrid Material for Thermal Energy Storage Applications. *Journal of Energy and Power Engineering* 12, 2018, pp.356-364. doi: 10.17265/1934-8975/2018.07.004  
<https://www.semanticscholar.org>

### À VENIR :

Le Stockage de l'Énergie Thermique «Les Composés Péritectiques». Le FILM Part. 1

### PARTENAIRES :

ANR

<https://anr.fr/Project-ANR-16-CE06-0012>

I2M

<https://www.i2m.u-bordeaux.fr/Projets/Projets-ANR/Pc2TES>

ICMBC

<http://www.icmcb-bordeaux.cnrs.fr/spip.php?rubrique26>

PLACAMAT

<http://www.placamat.cnrs.fr/spip.php?rubrique7>

IJL

<https://ijl.univ-lorraine.fr/le-laboratoire/presentation/>



université  
de BORDEAUX

