



HAL
open science

Modélisation dynamique et validation expérimentale d'une batterie thermique à base de matériaux à changement de phase

Diane Le Roux, Sylvain Serra, Sabine Sochard, Ryad Bouzouidja, Anas Maftah, Alain Sempey, José Lara Cruz, Zakaria Aketouane, Tessa Hubert,
Jean-Michel Reneaume

► To cite this version:

Diane Le Roux, Sylvain Serra, Sabine Sochard, Ryad Bouzouidja, Anas Maftah, et al.. Modélisation dynamique et validation expérimentale d'une batterie thermique à base de matériaux à changement de phase. 32ème Congrès Français de Thermique, Jun 2024, Strasbourg, France. hal-04627906

HAL Id: hal-04627906

<https://univ-pau.hal.science/hal-04627906>

Submitted on 27 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

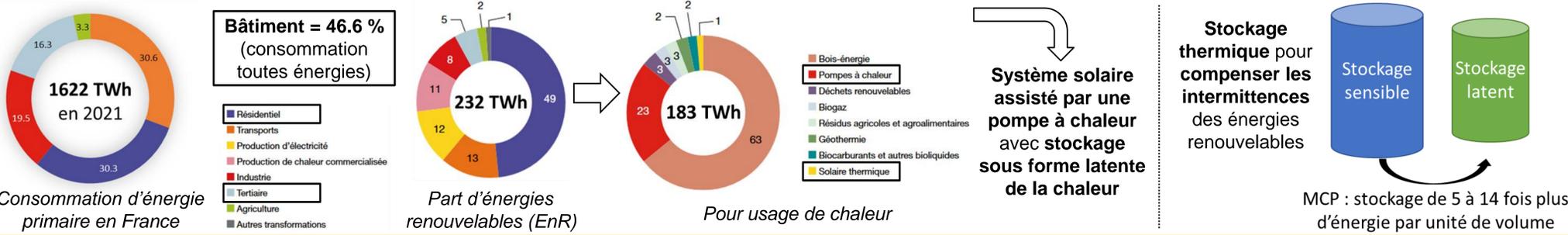
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation dynamique et validation expérimentale d'une batterie thermique à base de matériaux à changement de phase

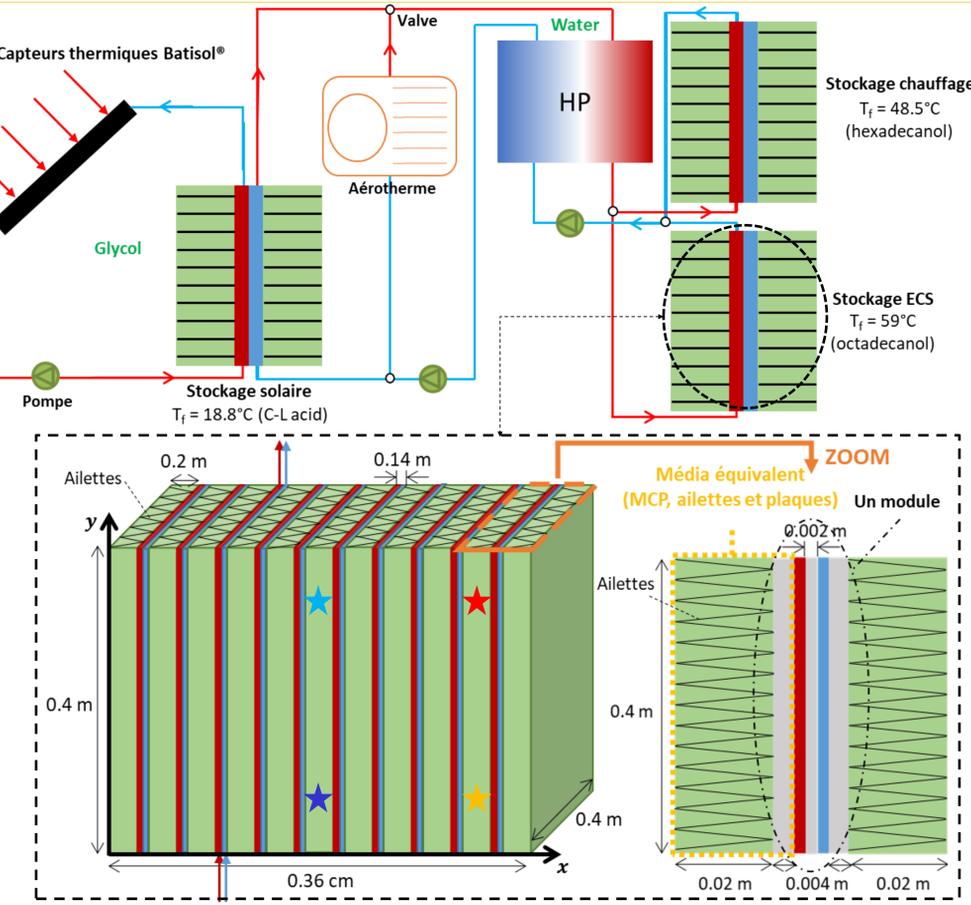


Diane Le Roux (1*), Sylvain Serra (1), Sabine Sochard (1), Ryad Bouzouidja (2,3), Anas Maftah(2,3), Alain Sempey (2,3), José Lara Cruz(1), Zakaria Aketouane (4), Tessa Hubert(3) & Jean-Michel Reneaume (1)

LE STOCKAGE LATENT, ALLIÉ DU CONFORT THERMIQUE DANS UN BÂTIMENT



MÉTHODOLOGIE - DÉFINITION ET MODÉLISATION DYNAMIQUE DE LA BATTERIE



Hypothèses :

- Convection naturelle négligée → **Conduction pure**,
- Pas de refroidissement, ni resurchauffe,
- Changement de phase isotherme**,
- Propriétés thermo-physiques **indépendantes de la température** et différentes pour les phases liquide et solide,
- Variations de densité du MCP négligées** pendant le changement de phase,
- Parois du stockage parfaitement isolées.

Conductivité thermique équivalente dans le MCP (α) et aux limites (α_{BC})

$$\lambda_{eff} = \alpha \cdot \lambda_{MCP} + (1 - \alpha) \cdot \lambda_{alu} = \alpha \cdot (\lambda_s + f_l \cdot (\lambda_l - \lambda_s)) + (1 - \alpha) \cdot \lambda_{alu}$$

1. Échanges entre les fluides caloporteurs chaud (C), froid (H) et le MCP

$$\rho_C \cdot V \cdot c_{p,C} \cdot \frac{\partial T_C}{\partial t} + \dot{m}_C \cdot c_{p,C} \cdot \frac{\partial T_C}{\partial y} \cdot P = h_C \cdot A \cdot (T_{MCP} - T_C) - h_{CF} \cdot A \cdot (T_F - T_C)$$

$$\rho_F \cdot V \cdot c_{p,F} \cdot \frac{\partial T_F}{\partial t} + \dot{m}_F \cdot c_{p,F} \cdot \frac{\partial T_F}{\partial y} \cdot P = -h_F \cdot A \cdot (T_{MCP} - T_F) + h_{CF} \cdot A \cdot (T_C - T_F)$$

2. Échanges dans le MCP (phases liquide l et solide s)

$$\frac{\partial (H_{MCP} \cdot V_{MCP} + H_{alu} \cdot V_{alu})}{(V_{MCP} + V_{alu}) \cdot \partial t} = \left(\frac{\partial \lambda_{eff}}{\partial x} \cdot \frac{\partial T_{MCP}}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_{eff}}{\partial y} \cdot \frac{\partial T_{MCP}}{\partial y} + \lambda_{eff} \cdot \left(\frac{\partial^2 T_{MCP}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{MCP}}{\partial y^2} \right) \right)$$

$$H_{MCP} = f_l \cdot H_l + (1 - f_l) \cdot H_s \text{ et } H_{alu} = \rho_{alu} \cdot c_{p,alu} \cdot (T_{MCP} - T_f)$$

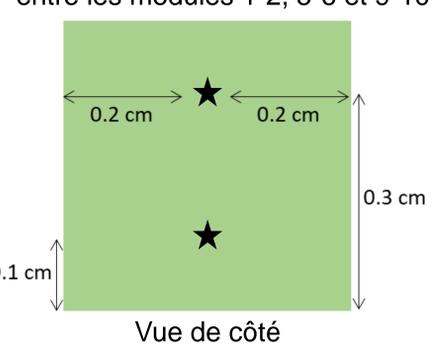
$$f_l = \begin{cases} 0 & \text{pour } H_{MCP} < H_s \\ \frac{H_{MCP} - H_s}{H_l - H_s} & \text{pour } H_s < H_{MCP} < H_l \\ 1 & \text{pour } H_{MCP} > H_l \end{cases}$$

3. Interface caloporteur / MCP : échanges convectifs (caloporteur) et conductifs (MCP)

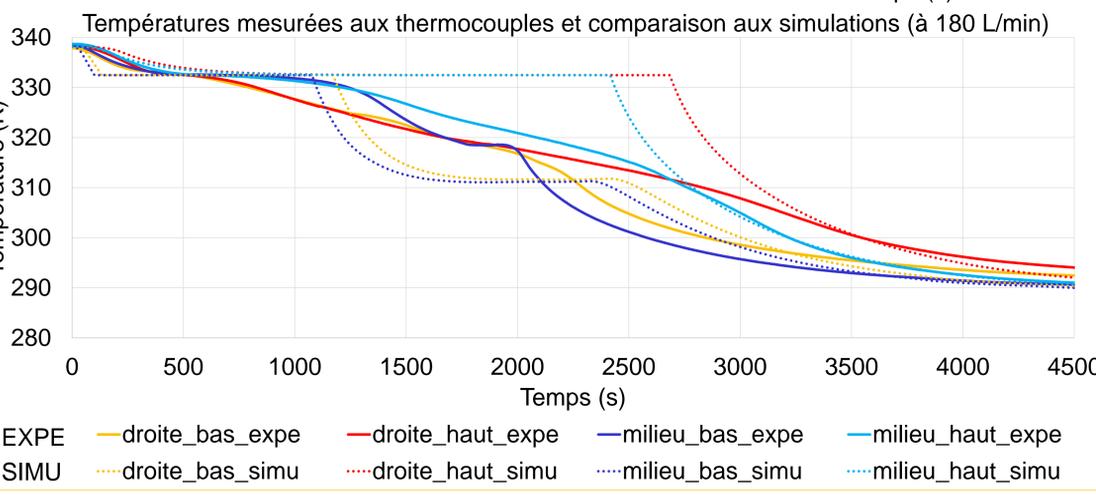
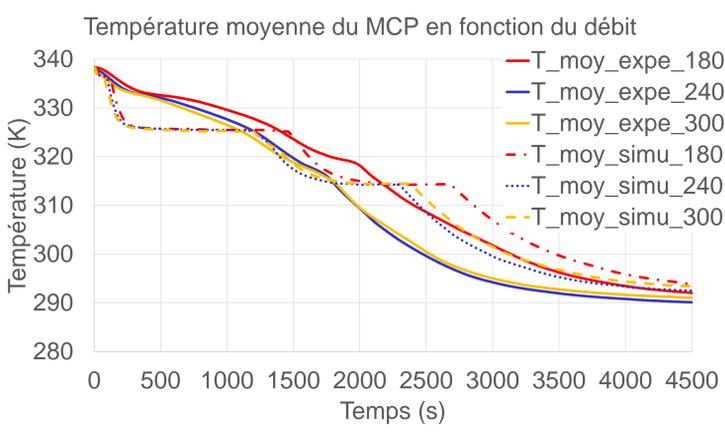
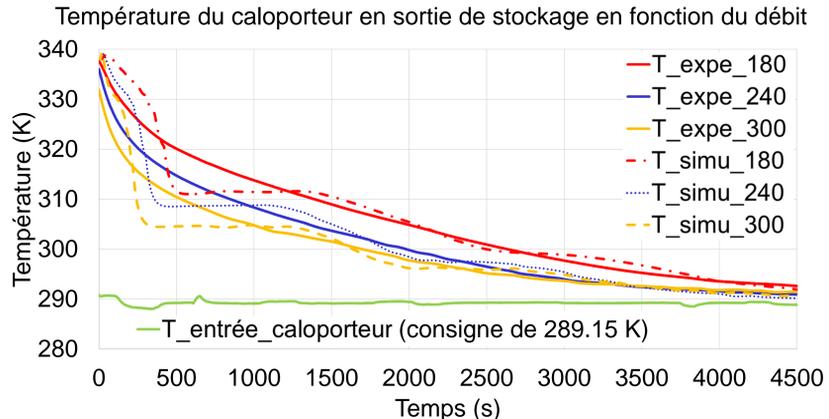
- Schéma de **discrétisation explicite du second ordre** (différences finies)
- Simulations sur **OpenModelica v1.18.0** & intégrateur DASSL (tolérance 10^{-6})

RÉSULTATS – VALIDATION EXPÉRIMENTALE

➤ Placement des thermocouples entre les modules 1-2, 5-6 et 9-10



➤ Études expérimentales de la **décharge** pour plusieurs débits : 180, 240 et 300 L/min (0.05, 0.066 et 0.083 kg/s)



CONCLUSIONS

➤ **Validation expérimentale** réalisée avec un **modèle macroscopique**

$$\alpha = 0.999 \text{ \& } \alpha_{BC} = 0.997$$

	180 L/min	240 L/min	300 L/min
Énergie théorique stockée (Wh)	3945.5	4293.9	4258.1
Énergie stockée (Wh)	3966.6	4310.3	4253.0
Énergie stockée expérimentalement (Wh)	3697.5	4214.5	3960.9
Capacité réelle – MCP (kWh/m³)	56.3	61.2	60.4
Capacité théorique – MCP (kWh/m³)	56.0	61.0	60.5
Capacité théorique sensible (kWh/m³)	36.3	44.4	43.4