



ÉTUDE DES TECHNOLOGIES DE L'HYDROGÈNE-ÉNERGIE APPLIQUÉES AUX BÂTIMENTS À FAIBLE IMPACT CARBONE

Projet PATH (Pave the way To Hydrogen energy)

Mathieu Patin, Sylvie Begot, Valérie Lepiller, Frédéric Gustin

mathieu.patin@femto-st.fr



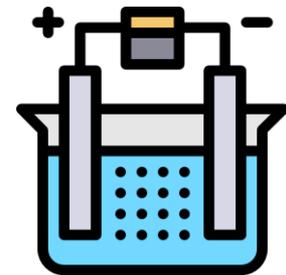
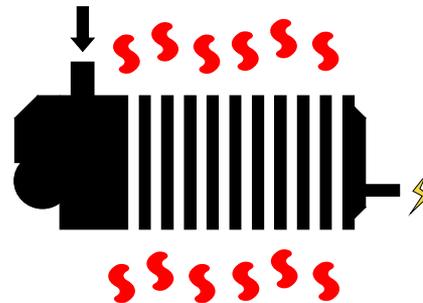
PLAN

- Définition du sujet
- Simulation d'habitations
- Systèmes énergétiques

DÉFINITION DU SUJET

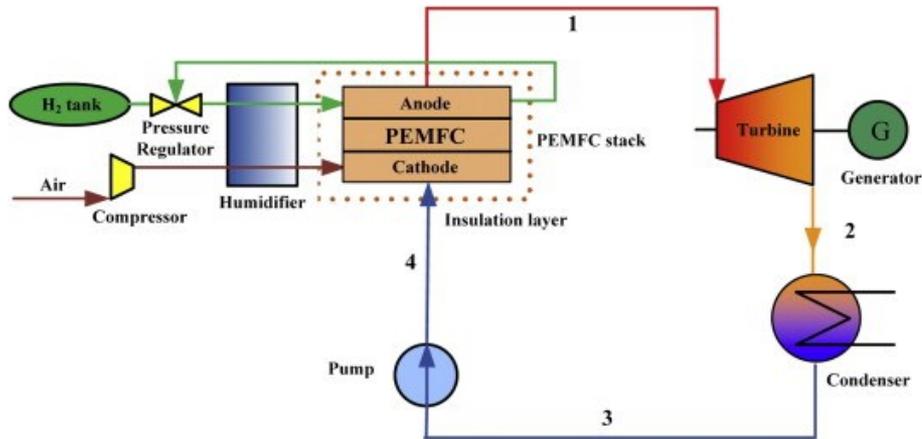
Étude des technologies de l'hydrogène-énergie appliquées aux bâtiments à faible impact carbone

- Milieu résidentiel (bâtiments à faible impact carbone)
- Production locale d'énergie (photovoltaïque)
- Système à hydrogène (Pile à combustible)
- Présence de stockage d'énergie (électrolyse/batterie)
- Prise en compte et valorisation de l'aspect thermique de la pile

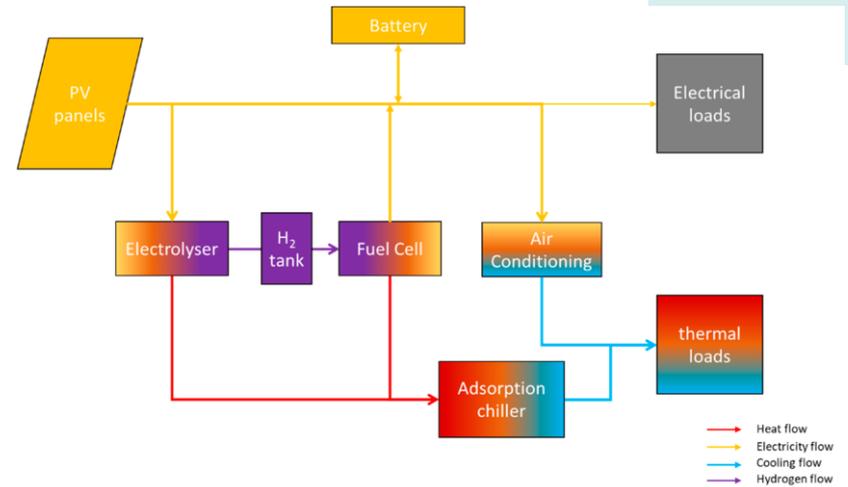


DÉFINITION DU SUJET

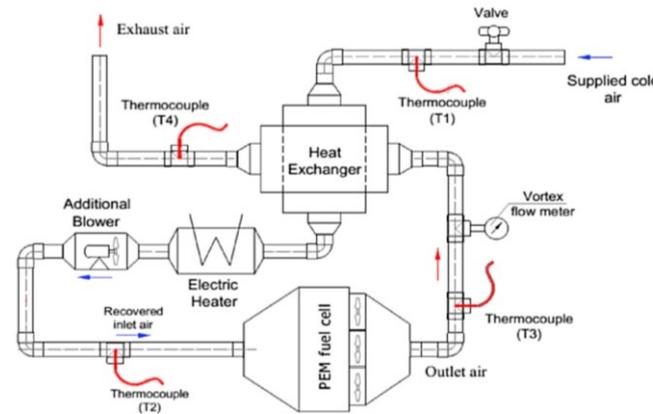
- Utilisation de la chaleur de la pile



(Zhao, Wang, Gao, & Dai, 2012)

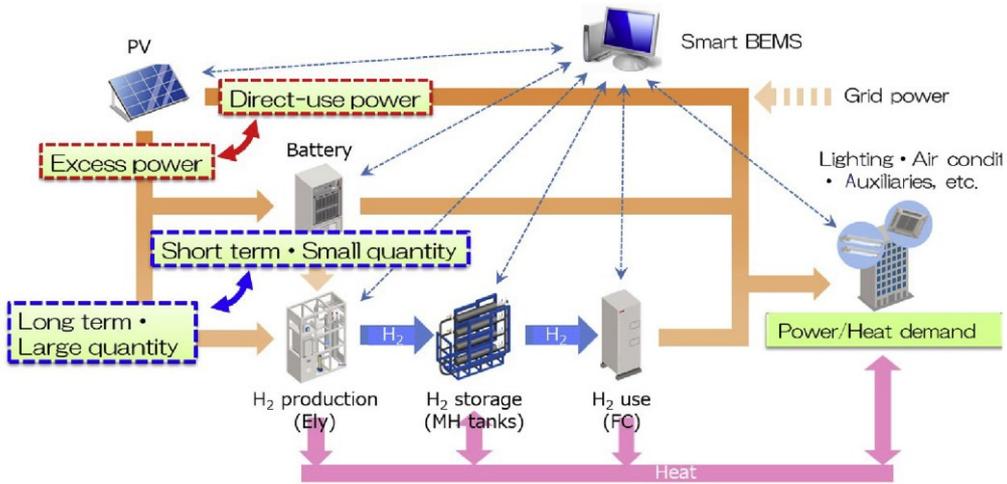


(Lambert, Roche, Jemeï, Ortega, & Hissel, 2021)

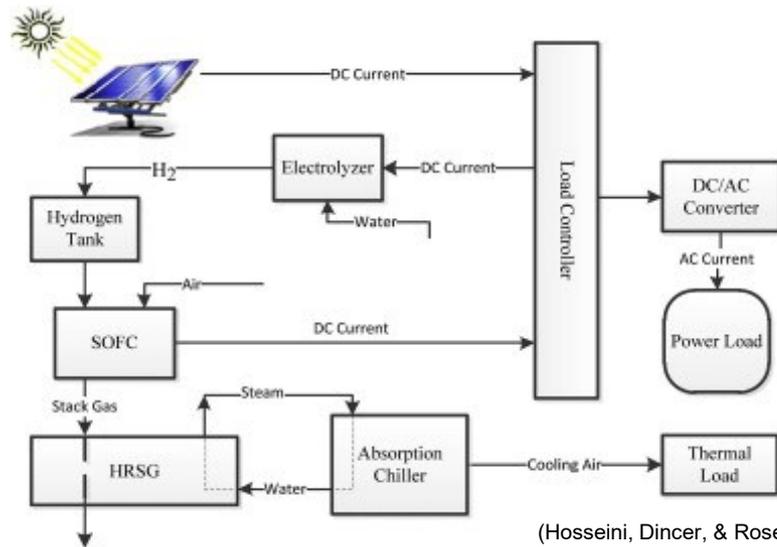


(Nguyen, Aris, & Shabani, 2016)

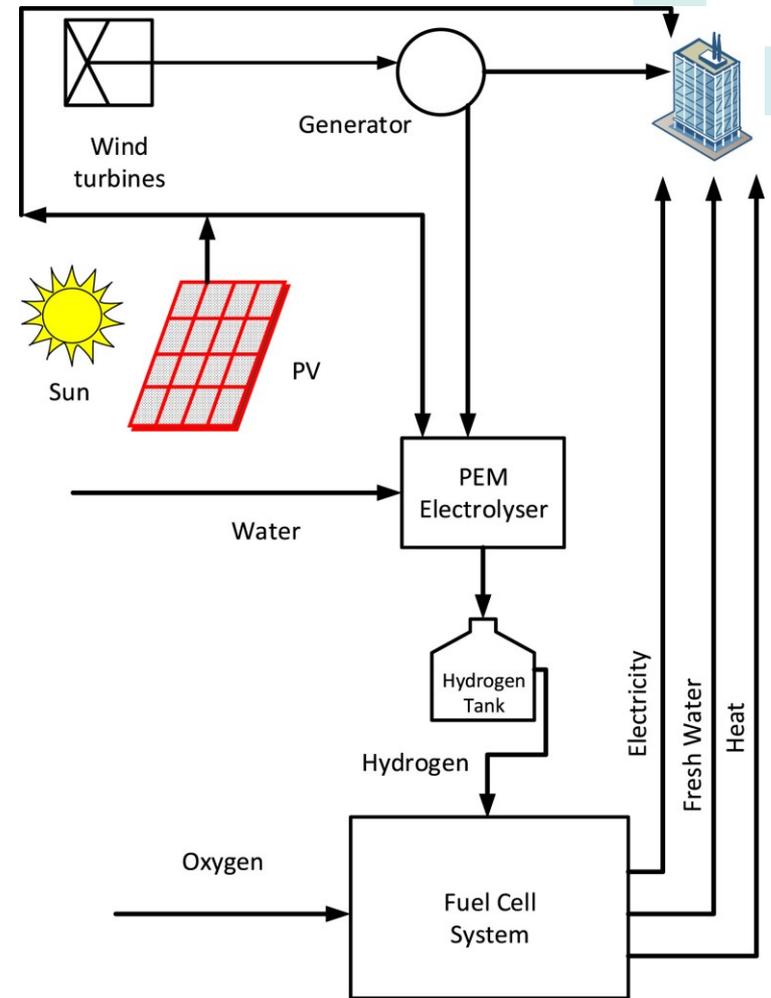
DÉFINITION DU SUJET



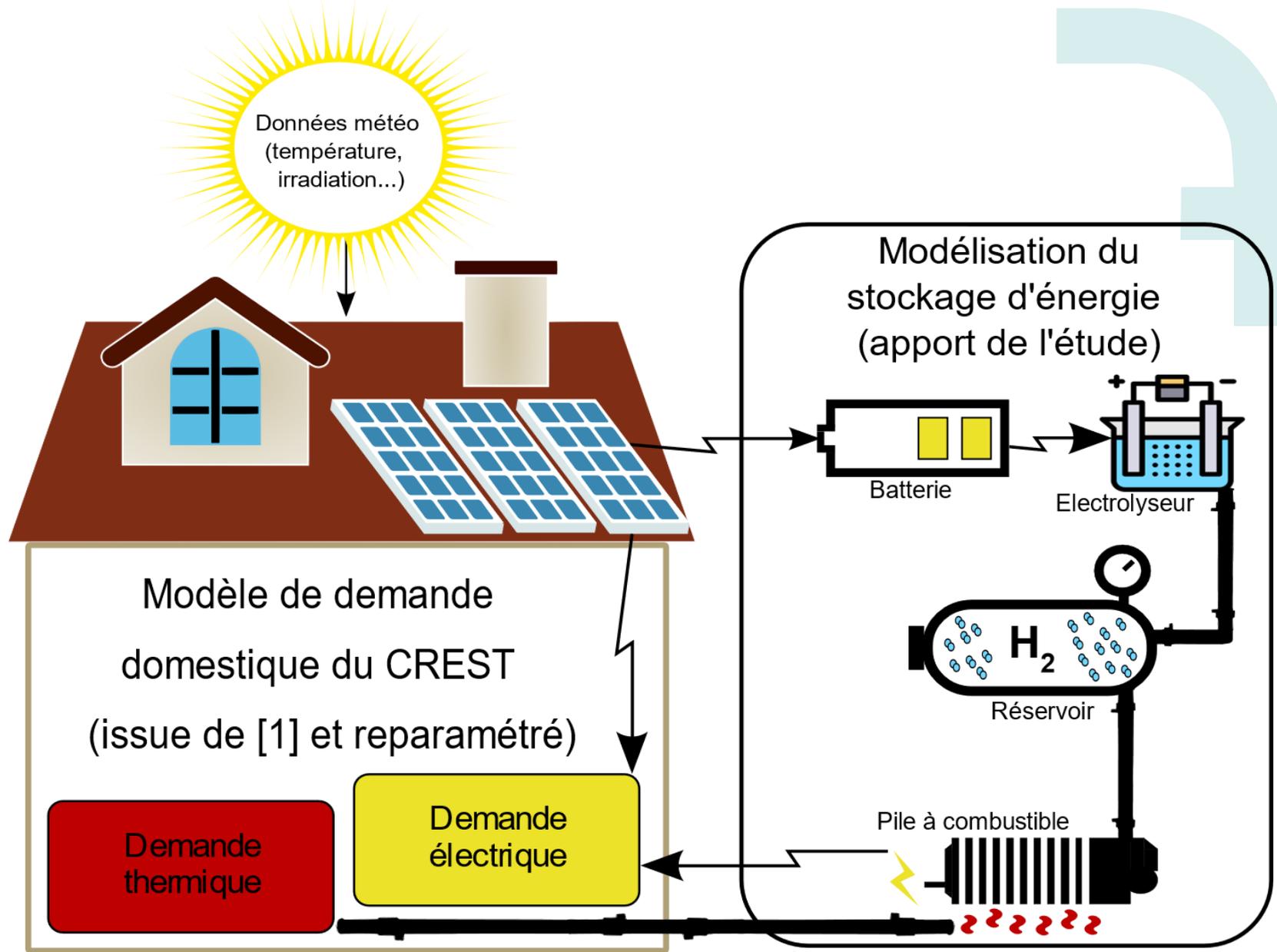
(Endo, et al., 2019)



(Hosseini, Dincer, & Rosen, 2013)



(Khalid, Dincer, & Rosen, 2016)



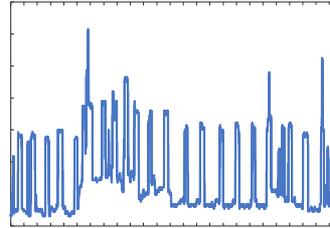
SIMULATION D'HABITATIONS

- Charge résidentielle
- Prise en compte de la charge thermique et électrique
- Norme française RE2020
 - Efficacité énergétique
 - Cycle de vie du bâtiment
 - Confort d'été
- Introduction/amplification de nouveaux usages (climatisation, véhicule électrique...)
- Échelle flexible ou à définir

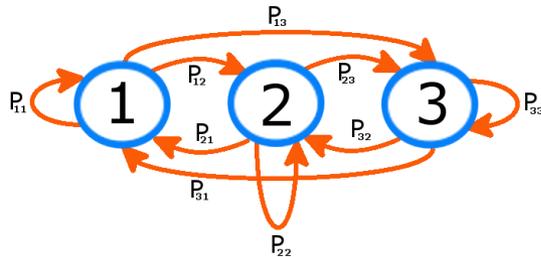


SIMULATION D'HABITATIONS

- Partie électrique du modèle du CREST



Courbe de charge électrique pour un bâtiment



Chaînes de Markov



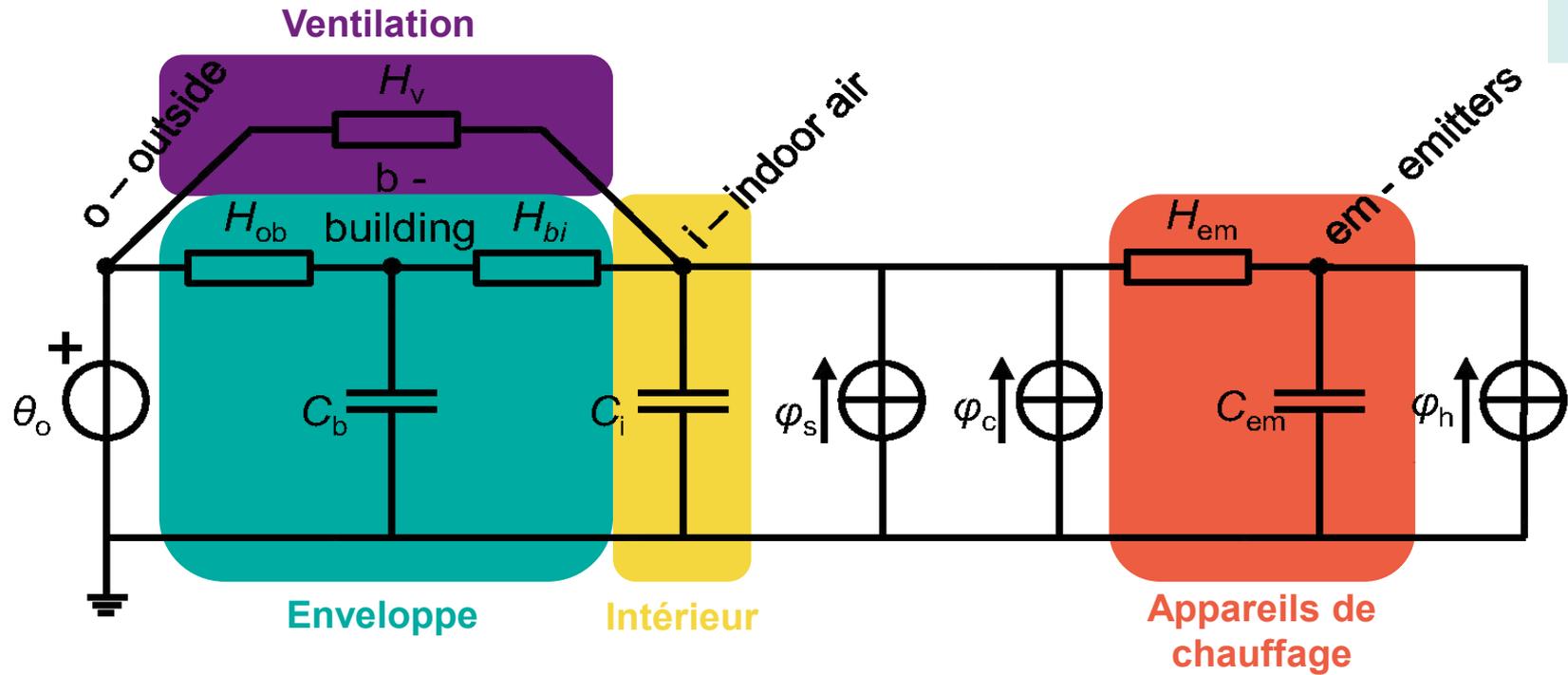
Caractéristiques des appareils électriques



Statistiques sur l'emploi du temps

SIMULATION D'HABITATIONS

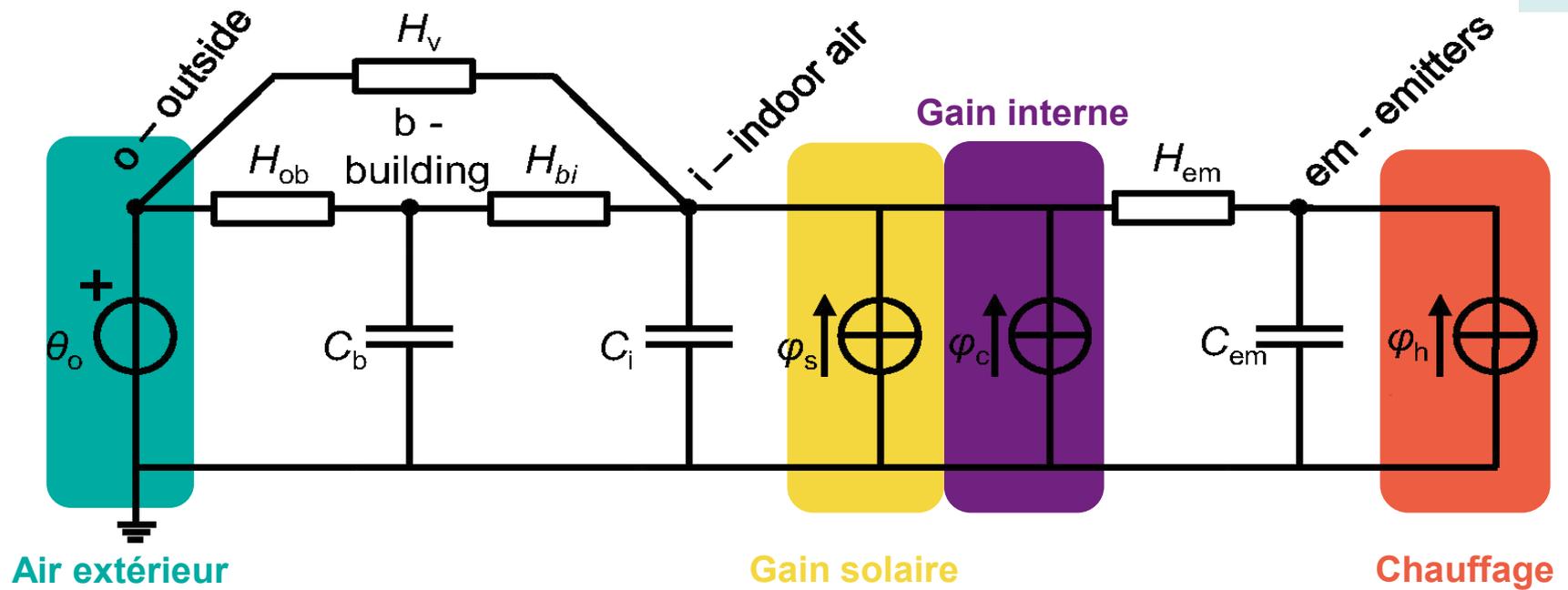
- Partie thermique



(McKenna & Thomson, 2016)

SIMULATION D'HABITATIONS

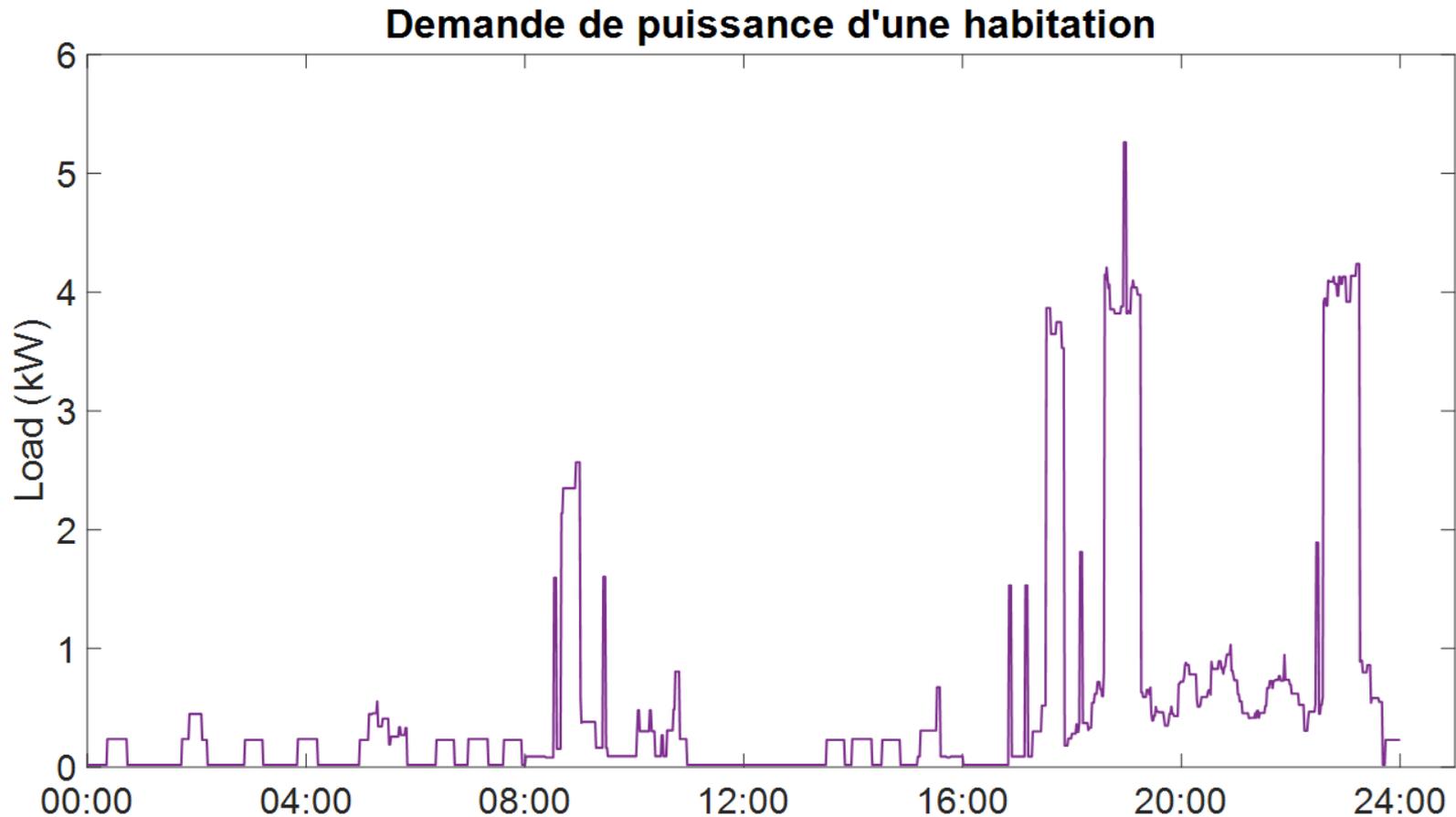
- Partie thermique



(McKenna & Thomson, 2016)

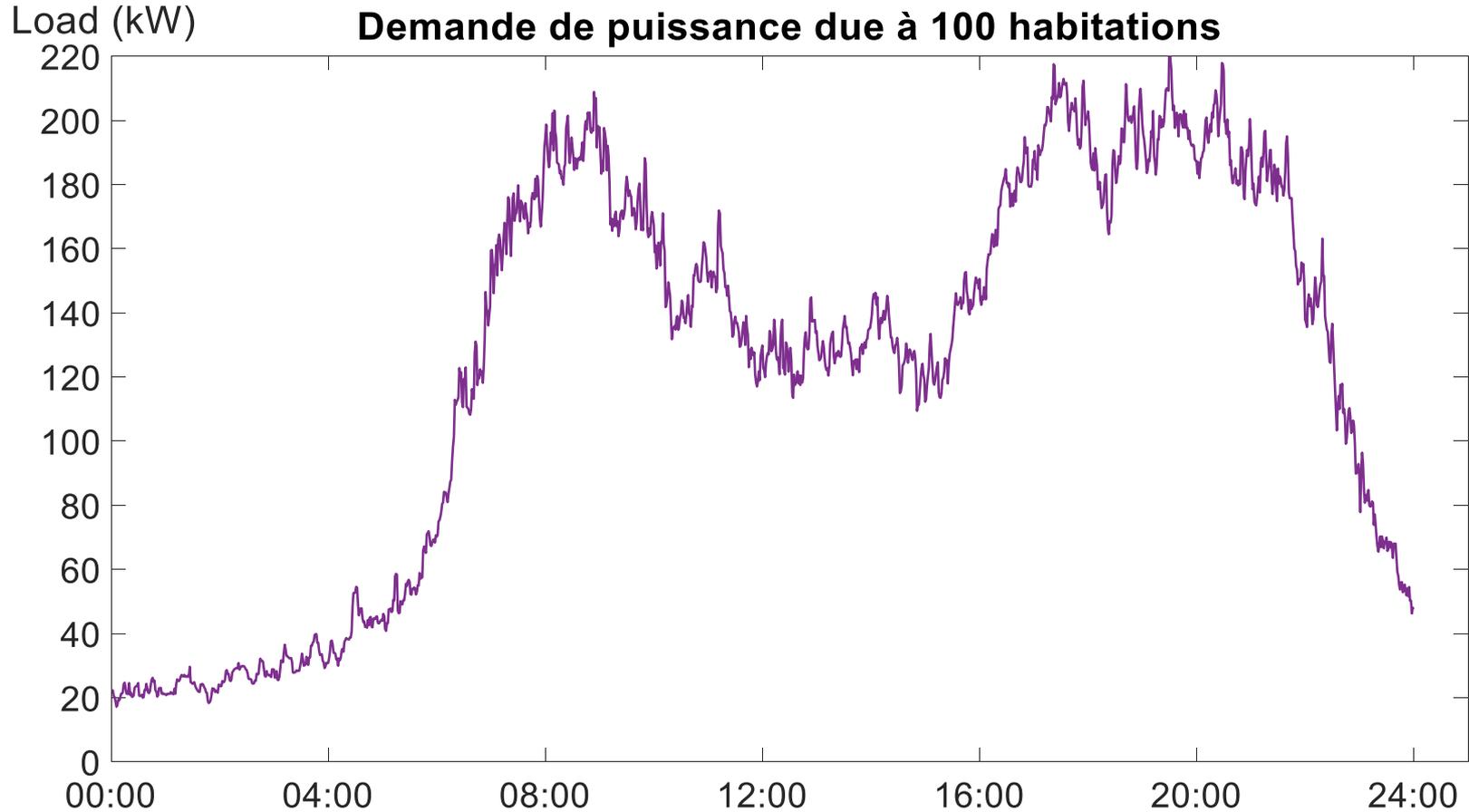
SIMULATION D'HABITATIONS

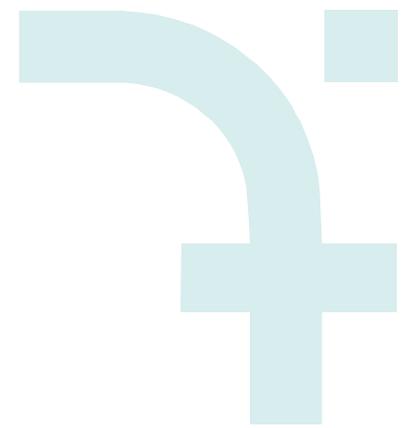
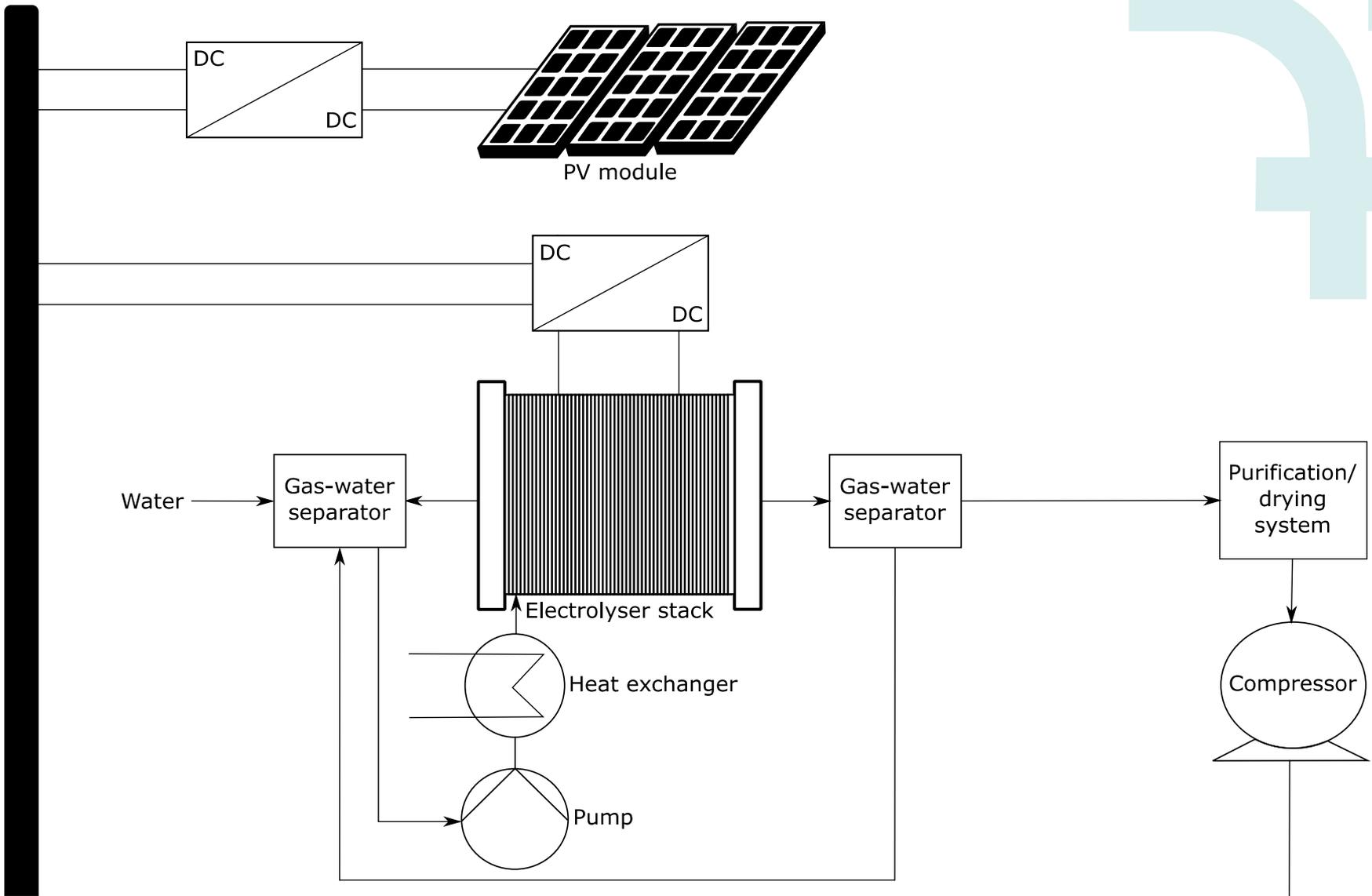
- Courbe de charge électrique (appareils et éclairage) obtenue pour une habitation
- On observe des pics le matin et en début de soirée

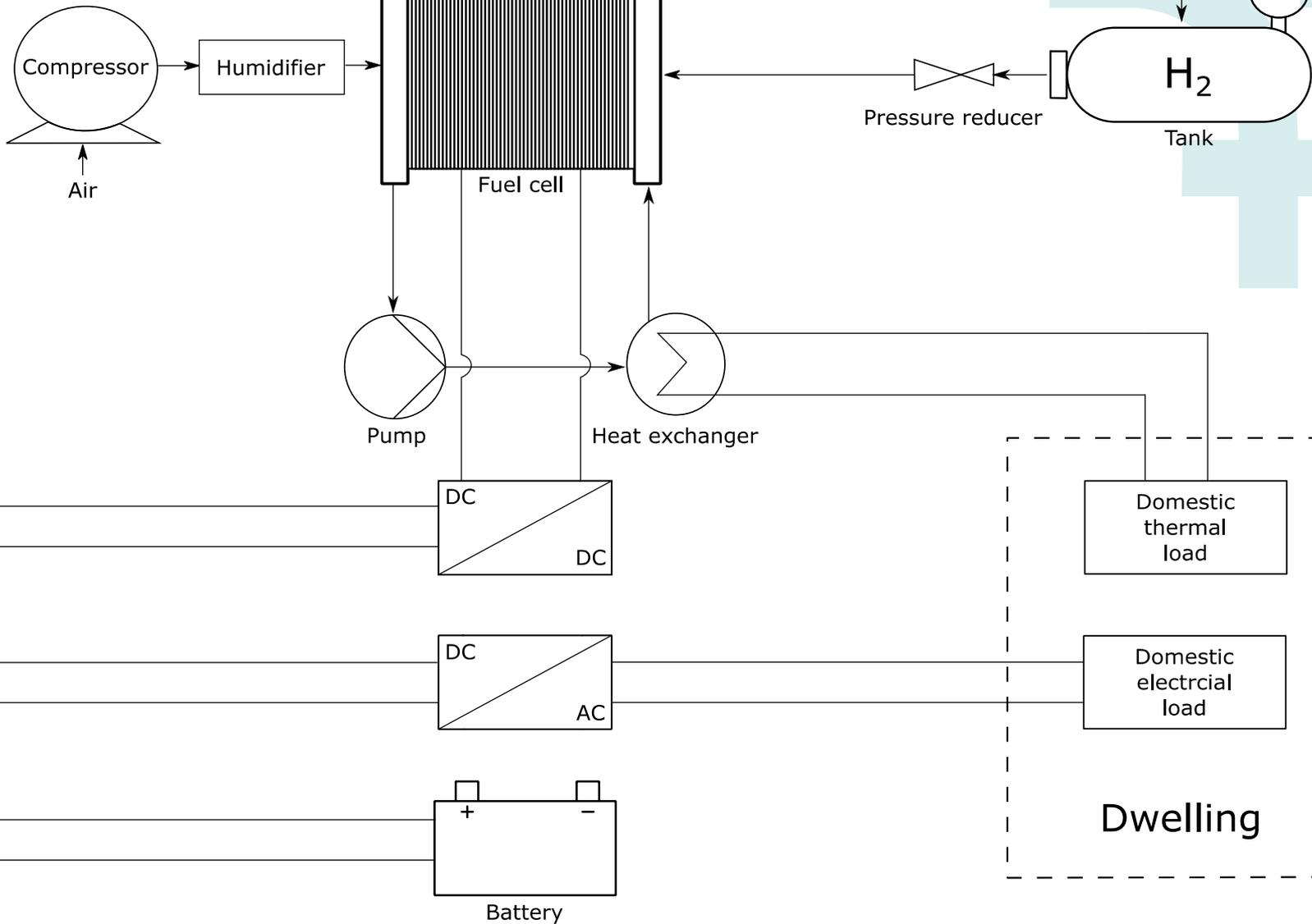


SIMULATION D'HABITATIONS

- Courbe de charge électrique et CVC pour 100 habitations agrégées
- Les formes dues à la base stochastique du modèle sont observables







DC Bus

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

- Modélisation des composants basés sur leurs efficacités système
 - Constante pour la batterie, les convertisseurs électriques et les échangeurs thermiques
 - En fonction de l'irradiation (température) pour le système photovoltaïque
 - En fonction du facteur de charge pour les systèmes pile à combustible et électrolyseur

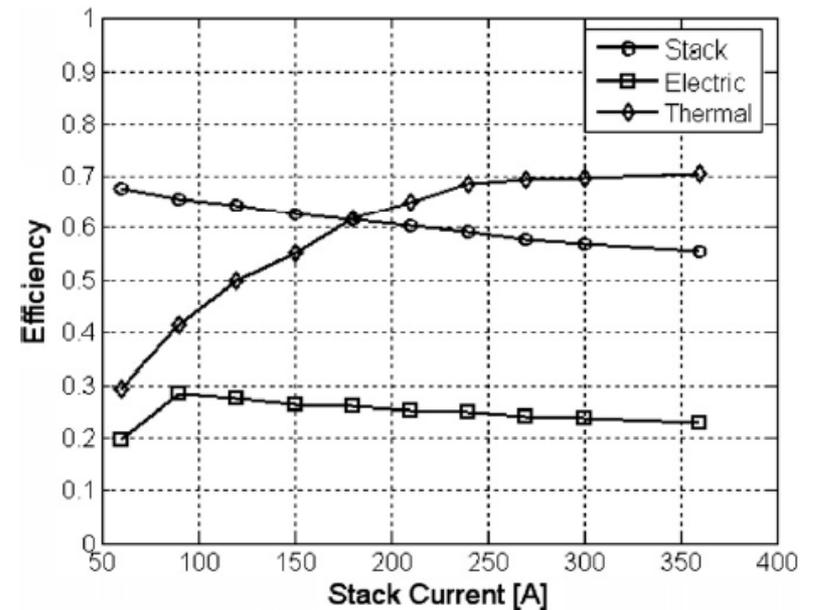
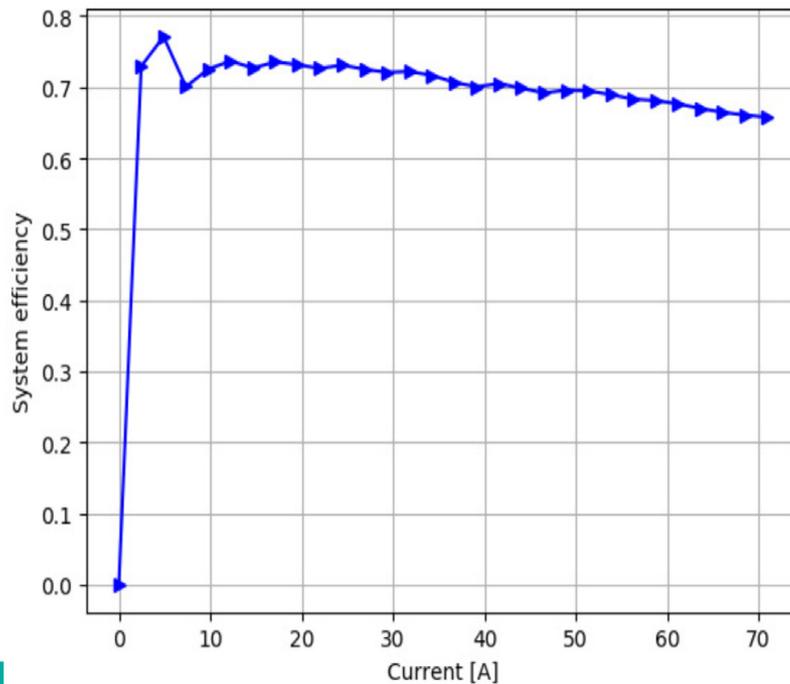


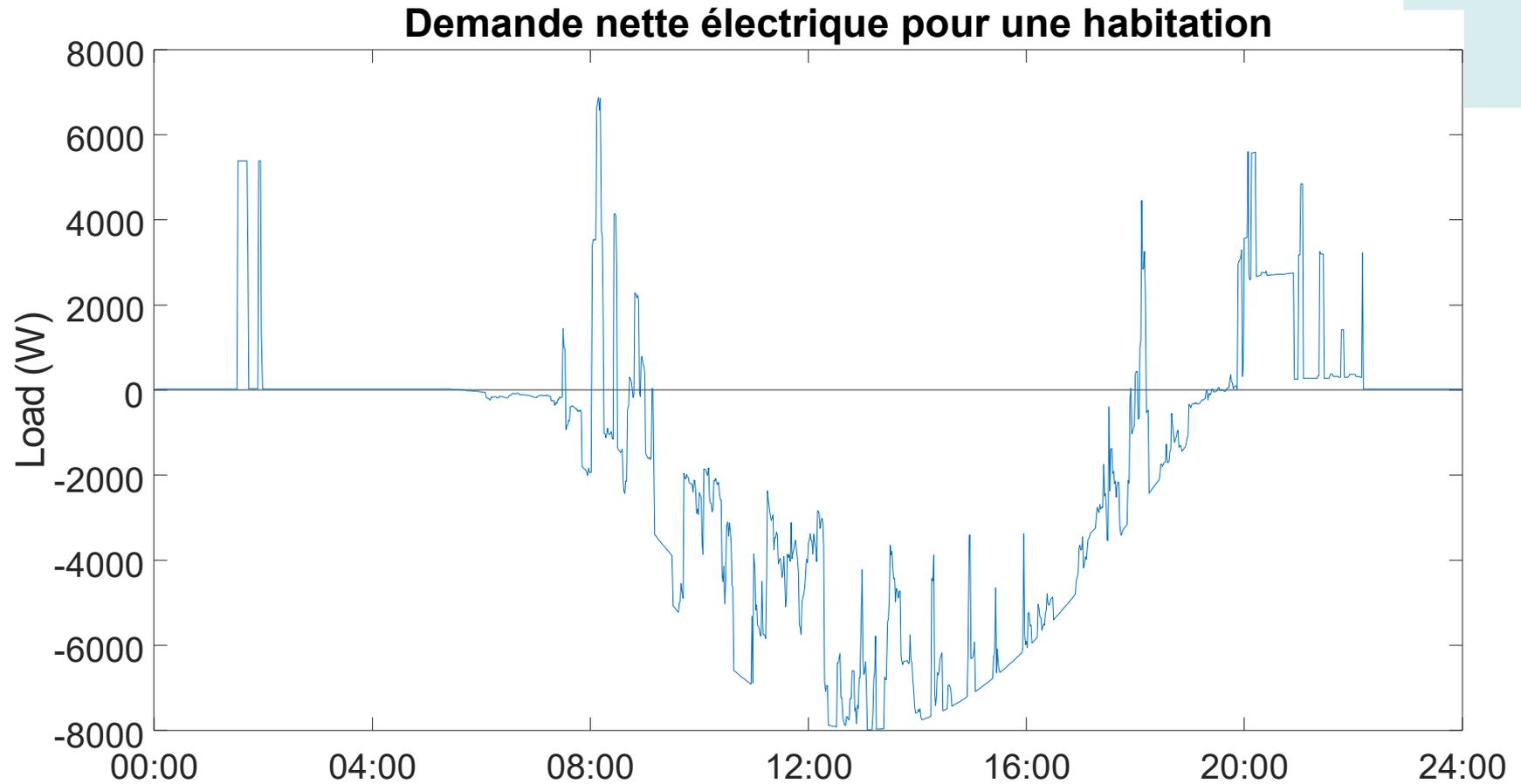
Fig. 6. Stack efficiency and FCS thermal and electric efficiencies versus stack current in stationary application at $T = 346 \text{ K}$ and $P_{\text{air}} = 250 \text{ kPa}$.

(Meiling Yue, Hugo Lambert, Elodie Pahon, Robin Roche, Samir Jemei, Daniel Hissel, 2021)

(Pasquale Corbo *, Fortunato Migliardini, Ottorino Veneri , 2007)

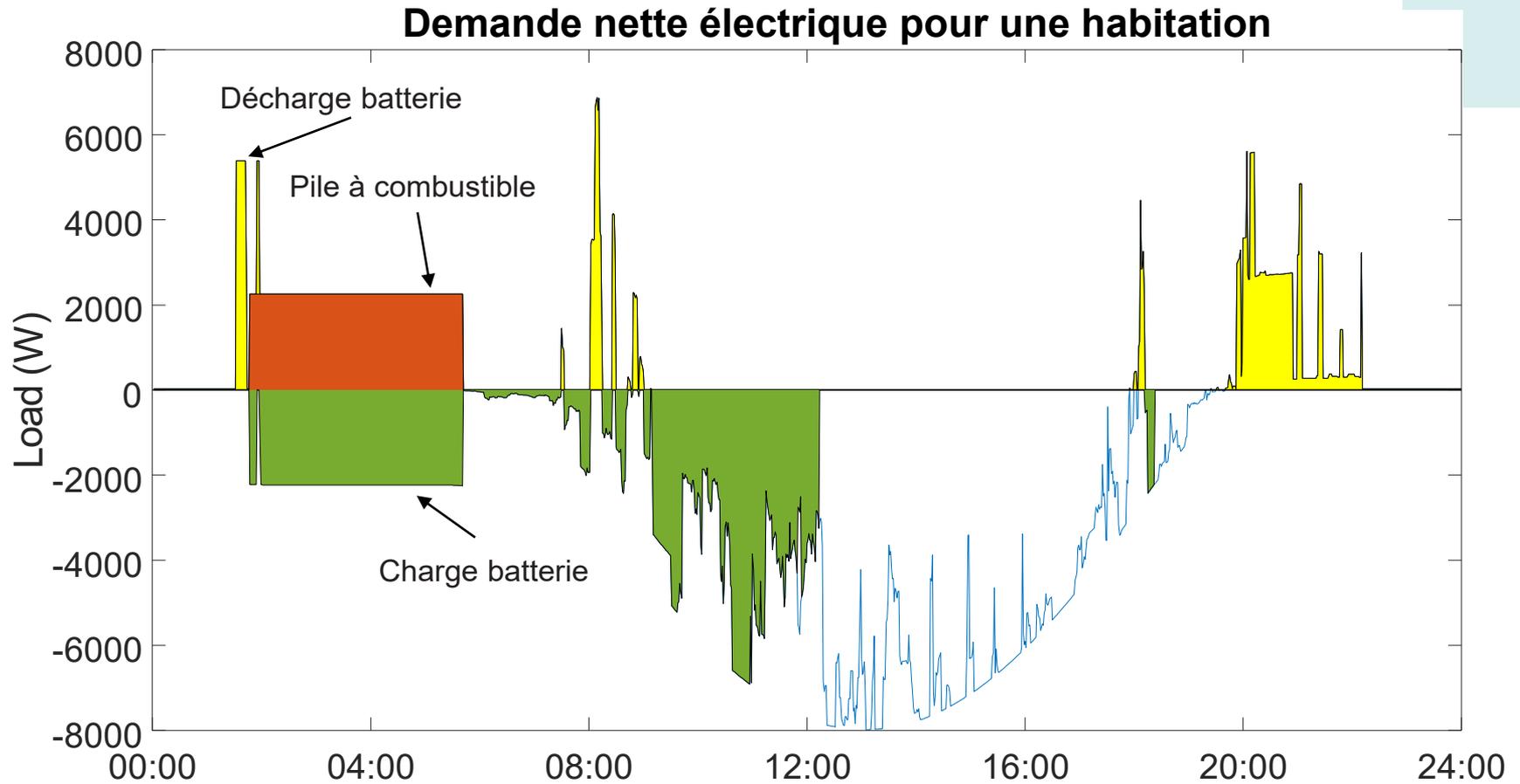
SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

- Commande de la pile sur l'électricité et priorité de déstockage sur la batterie



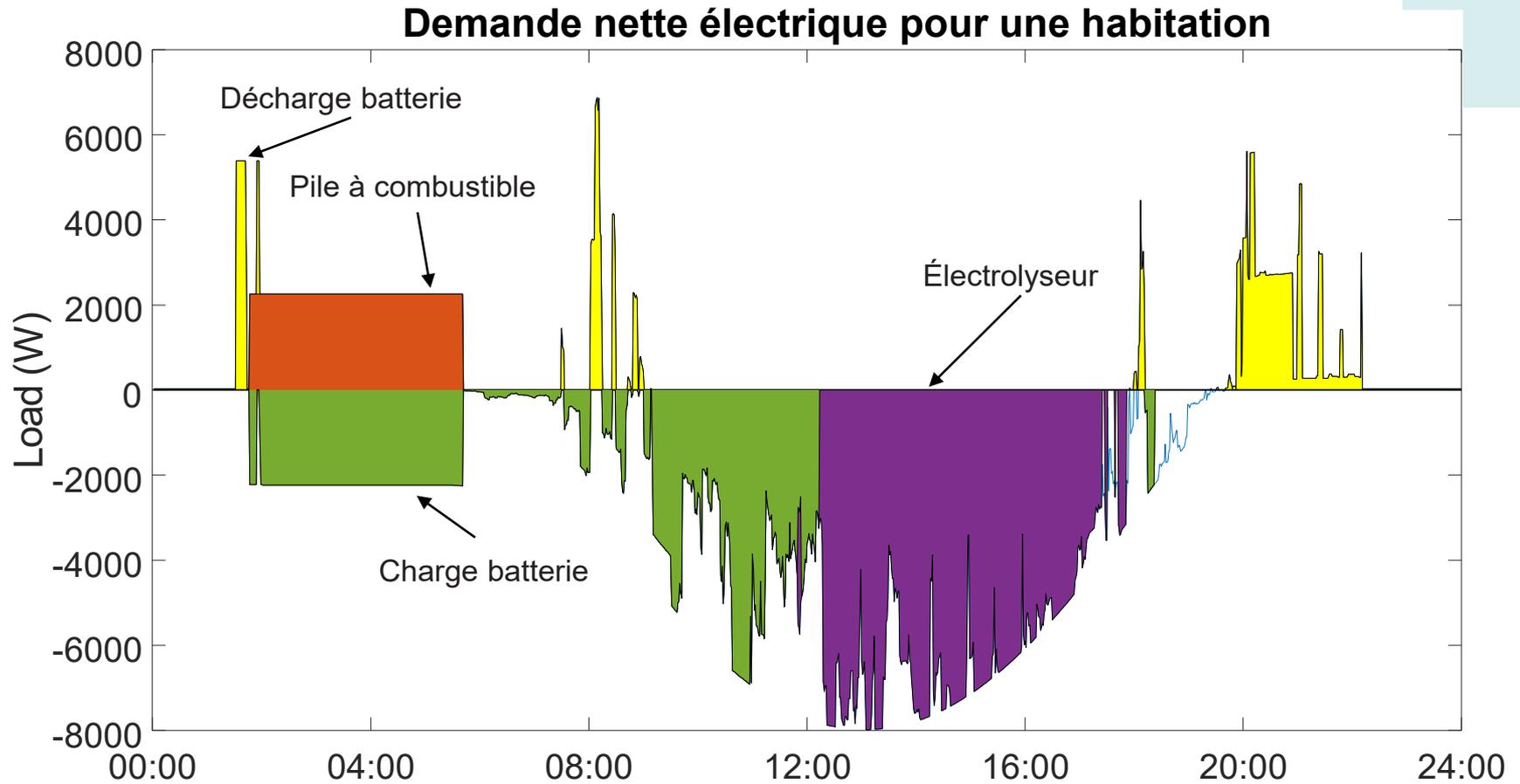
SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

- Commande de la pile sur l'électricité et priorité de déstockage sur la batterie



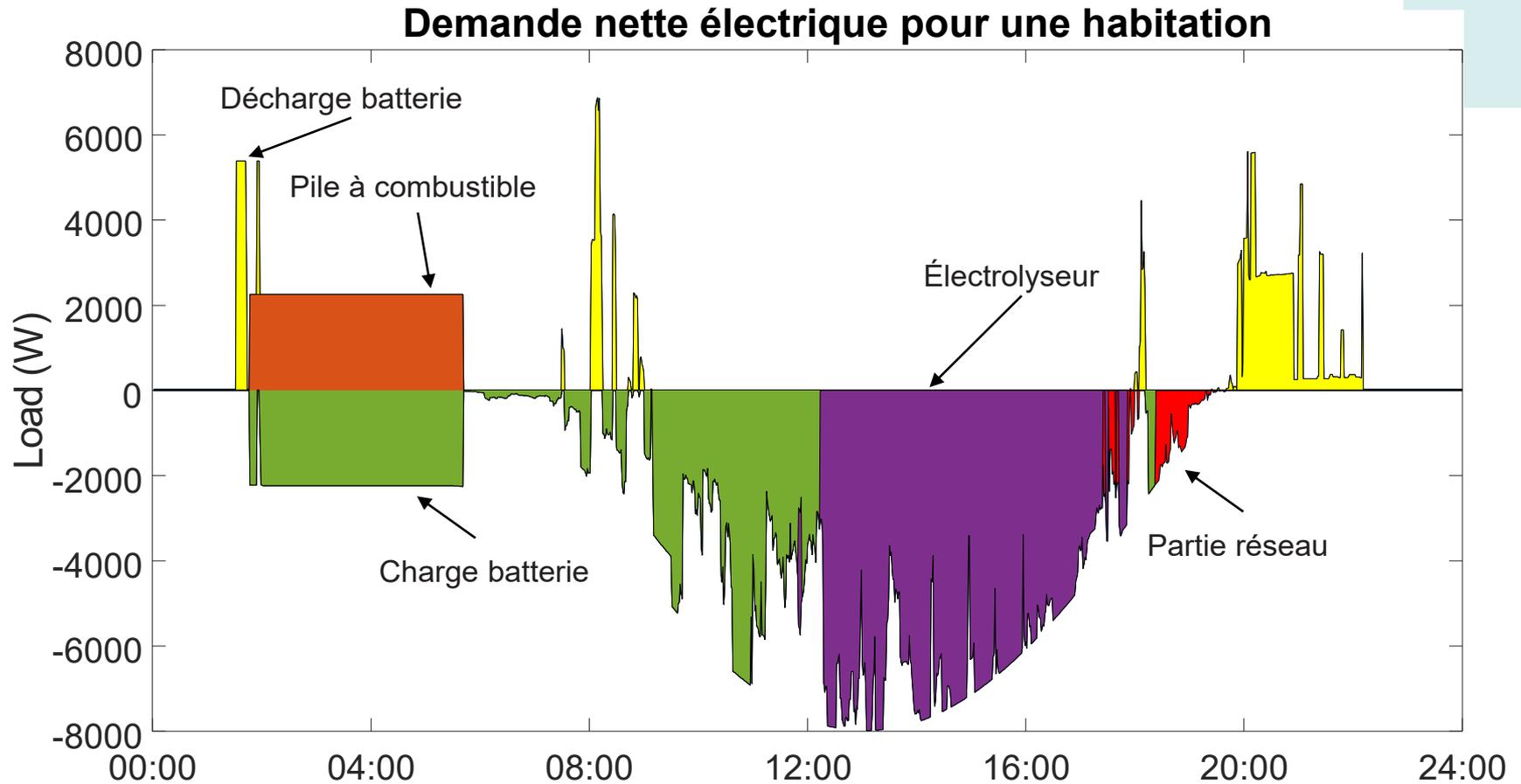
SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

- Commande de la pile sur l'électricité et priorité de déstockage sur la batterie



SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

- Commande de la pile sur l'électricité et priorité de déstockage sur la batterie



PERSPECTIVES/TRAVAUX FUTURS

- Paramétrage du modèle de bâtiments pour des habitations françaises et construites avec la norme RE2020 (voir avec d'autres normes internationales)
- Étude des coûts associés au système
- Optimisation (coût, réduction des émissions, exergy...)
- Échange avec des acteurs du domaine (Territoire habitat, Engie...)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

RÉFÉRENCES

- Zhao, P., Wang, J., Gao, L., & Dai, Y. (2012). Parametric analysis of a hybrid power system using organic Rankine cycle to recover waste heat from proton exchange membrane fuel cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 37, 3382–3391. doi:10.1016/j.ijhydene.2011.11.081
- Lambert, H., Roche, R., Jemeï, S., Ortega, P., & Hissel, D. (2021). Combined Cooling and Power Management Strategy for a Standalone House Using Hydrogen and Solar Energy. *Hydrogen*, 2, 207–224. doi:10.3390/hydrogen2020011
- Nguyen, H. Q., Aris, A. M., & Shabani, B. (2016). PEM fuel cell heat recovery for preheating inlet air in standalone solar-hydrogen systems for telecommunication applications: An exergy analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 2987–3003. doi:10.1016/j.ijhydene.2015.12.108
- Ou, K., Yuan, W.-W., & Kim, Y.-B. (2021). Development of optimal energy management for a residential fuel cell hybrid power system with heat recovery. *Energy*, 219, 119499. doi:10.1016/j.energy.2020.119499
- Endo, N., Shimoda, E., Goshome, K., Yamane, T., Nozu, T., & Maeda, T. (2019). Construction and operation of hydrogen energy utilization system for a zero emission building. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 14596–14604. doi:10.1016/j.ijhydene.2019.04.107
- Hosseini, M., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2013). Hybrid solar-fuel cell combined heat and power systems for residential applications: Energy and exergy analyses. *Journal of Power Sources*, 221, 372–380. doi:10.1016/j.jpowsour.2012.08.047
- Khalid, F., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2016). Analysis and assessment of an integrated hydrogen energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 7960-7967. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.12.221

RÉFÉRENCES

McKenna, E., & Thomson, M. (2016). High-resolution stochastic integrated thermal–electrical domestic demand model. *Applied Energy*, 165, 445-461. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.089>

Yue M., Lambert H., Pahon E., Roche R., Jemei S., Hissel D. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111180>

Corbo P., Migliardini F., Veneri O., (2007). Experimental analysis and management issues of a hydrogen fuel cell system for stationary and mobile application. *Energy Conversion and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.03.009>.

Part of the images in this documents are designed by pch.vector / Freepik



COMMANDE DU SYSTÈME ET RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

- Commande de la pile sur l'électricité et priorité de déstockage sur la batterie

Demande nette électrique pour une habitation

