Module 5_x000B_SYSTÈMES AVANCÉS DE CHAUFFAGE URBAIN

Version pour la formation professionnelle intensive

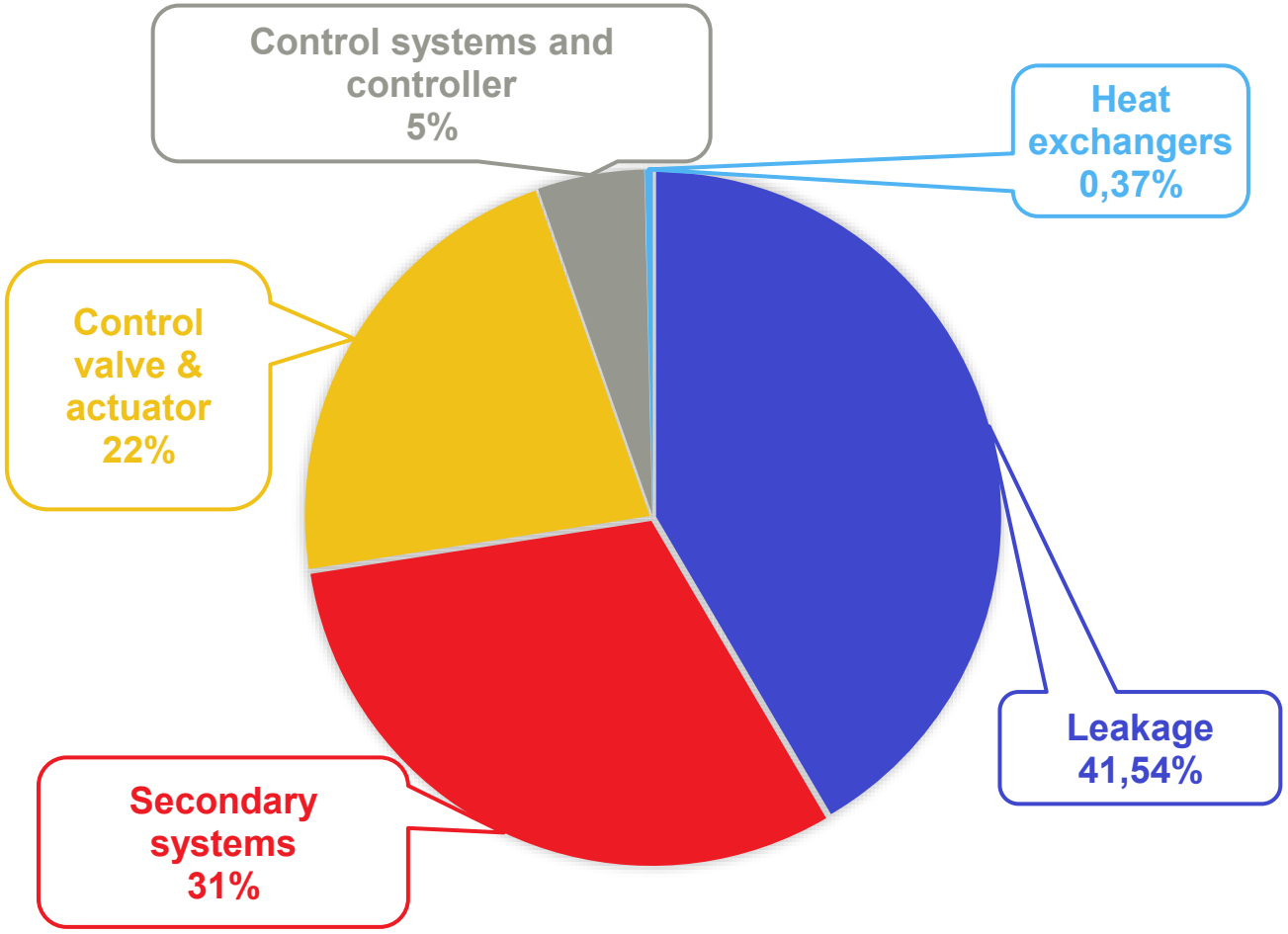
Détection des dysfonctionnements

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B_Erasmus+ KA220-HED Partenariats de coopération dans l'enseignement supérieur_x000B_Établissement responsable : Mines Paris – PSL_x000B_Auteur : Dr. Antoine Fabre_x000B_Date : juillet 2026_x000B_Version 1.1

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



Introduction



[Mansson & al, 2019]



Seulement 26 % des sous-stations fonctionnent correctement.

[Gadd et Werner, 2015]

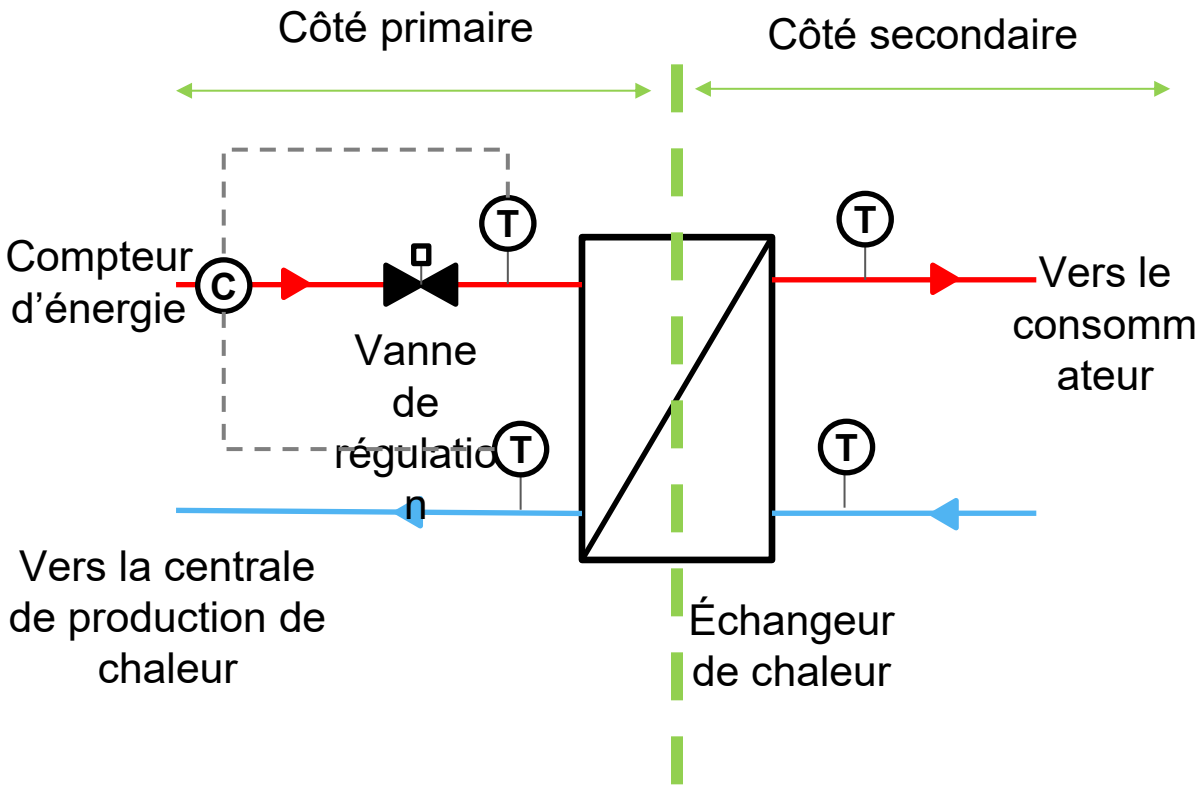


Les dysfonctionnements les plus importants sont :

- Vannes de régulation défectueuses
- Réseaux secondaires inadaptés
- Système de production d'ECS inadapté

[Zinko et Al, 2005]

Qu’est-ce qu’un dysfonctionnement ?



Comment détecter les dysfonctionnements ?

Données disponibles :

Réglementaires :
- Températures de départ et retour primaire
- Température de départ secondaire
- Débit massique primaire
- Puissance thermique échangée dans la sous-station

MUST HAVE
- Fortement nécessaires :
  - Température de retour secondaire
  - Débit massique secondaire

- Utiles :
  - Température de retour à chaque émetteur

Qu’est-ce qu’un dysfonctionnement ?

Détection d’anomalies

Motifs de données qui s’écartent d’un comportement attendu ou « normal » prédéfini

- Valeurs aberrantes
- Écarts
- Comportement atypique
- Motifs anormaux

Détection des défauts

Modification d’un système l’empêchant de fonctionner correctement et de répondre aux exigences de l’utilisateur

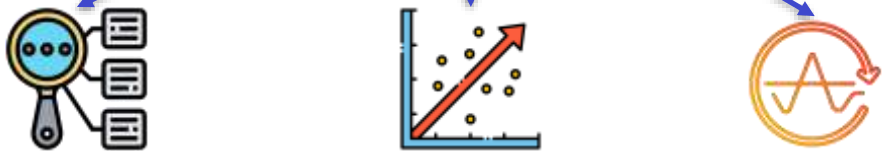
- Nécessité d’une action corrective
- Recherche des causes



Défauts ? Usage inefficace ? Changement de comportement des usagers ?

Qu’est-ce qu’un dysfonctionnement ?

Détection d’anomalies



Classification Régression Seuils

Détection des défauts



Visualisation Regroupement (clustering)

Ces méthodes de détection d’anomalies et de défauts peuvent être employées séparément ou conjointement.

Détection d’anomalies

Toutes ces méthodes comparent les données mesurées à des données de fonctionnement normal pour repérer les écarts.

Quelle est la qualité des données ?

Qu’est-ce qu’un comportement normal ?

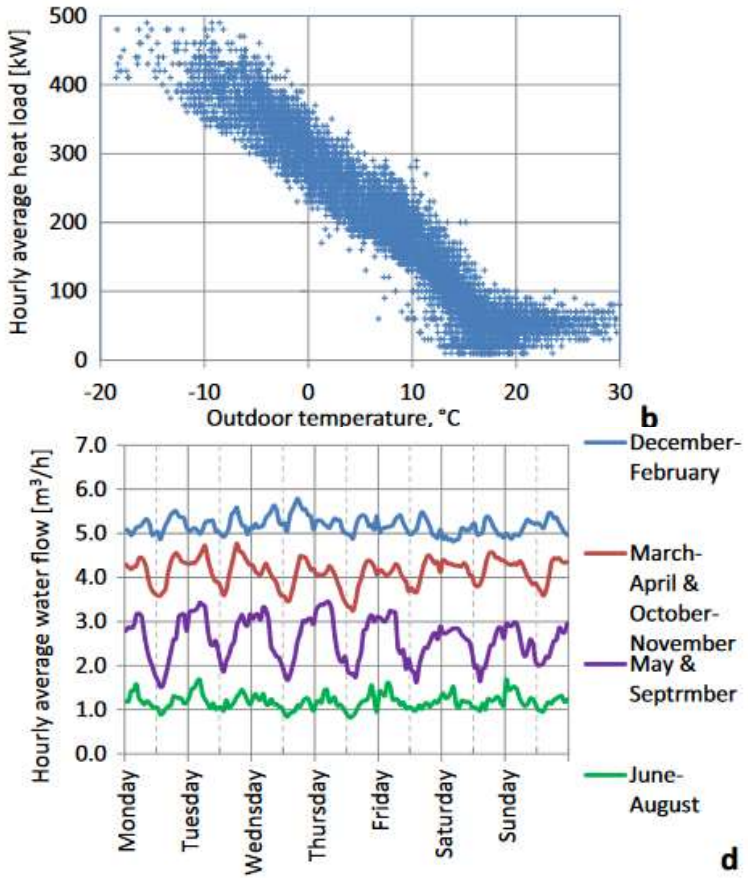


Quelles sont les causes du défaut ?

Quel est le seuil de détection ?

Détection d'anomalies

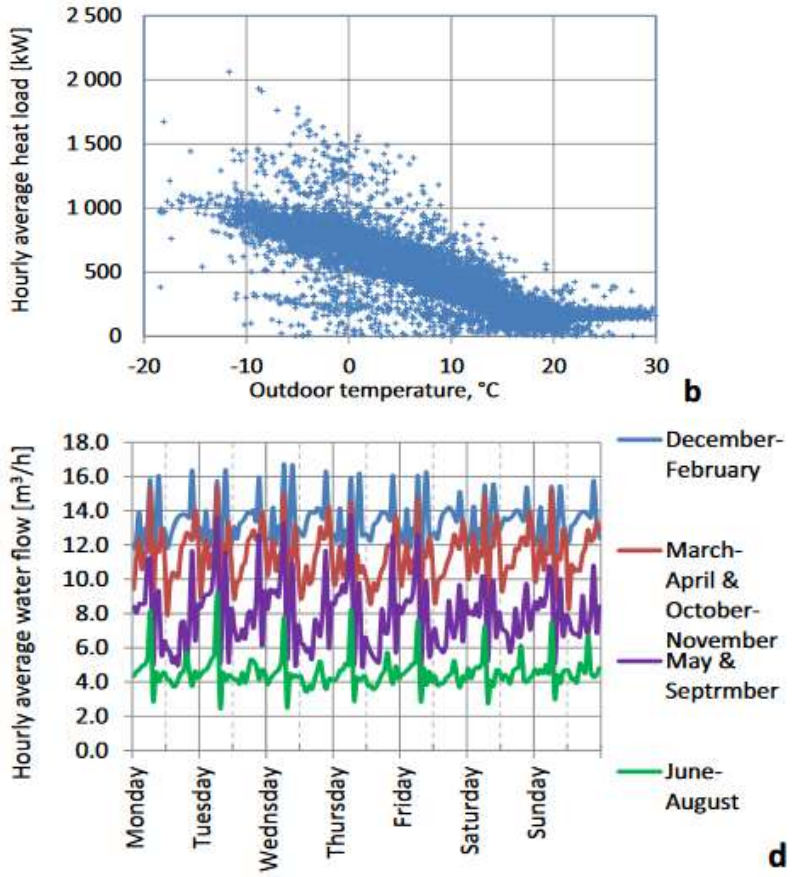
Comportement correct



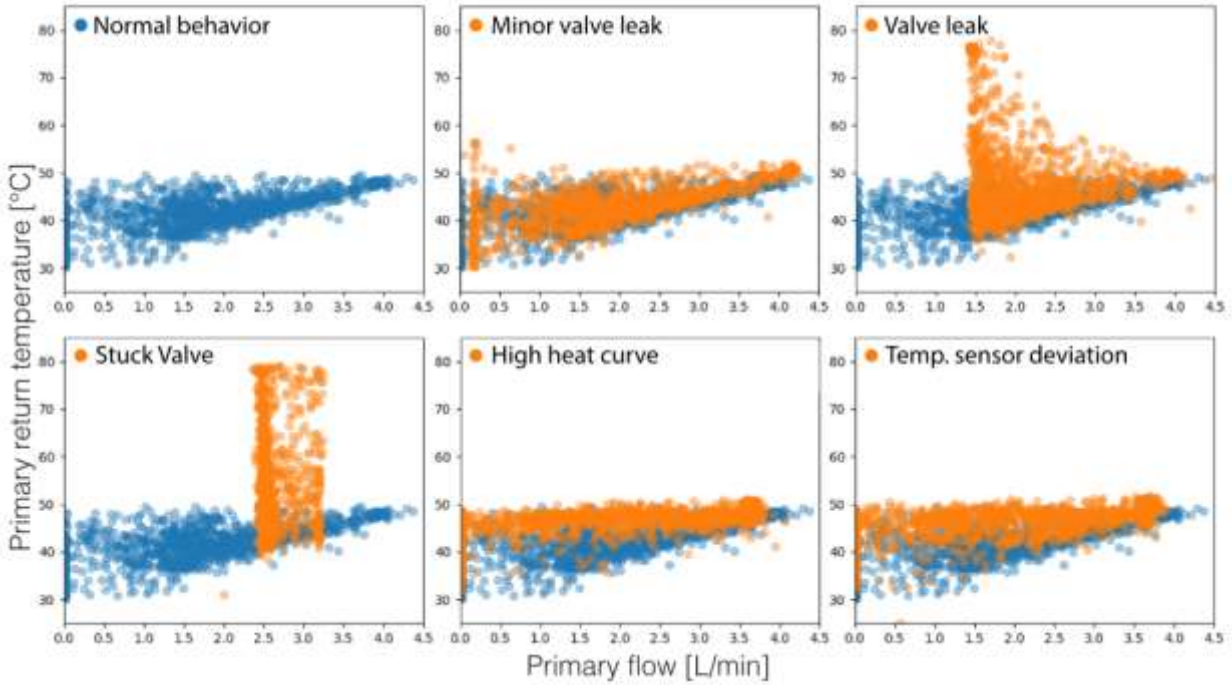
Comportements d'une sous-station comparés à une sous-station de référence

[Gadd & Werner, 2015]

Comportement incorrect



Détection des défauts



Un algorithme d'apprentissage automatique est utilisé pour :

- Apprendre le comportement normal (données expérimentales de laboratoire)
- Apprendre les signatures de plusieurs défauts (motifs et valeurs statistiques)

[Van Dreven & al, 2024]



Détection rapide des anomalies

Diagnostic de l'anomalie

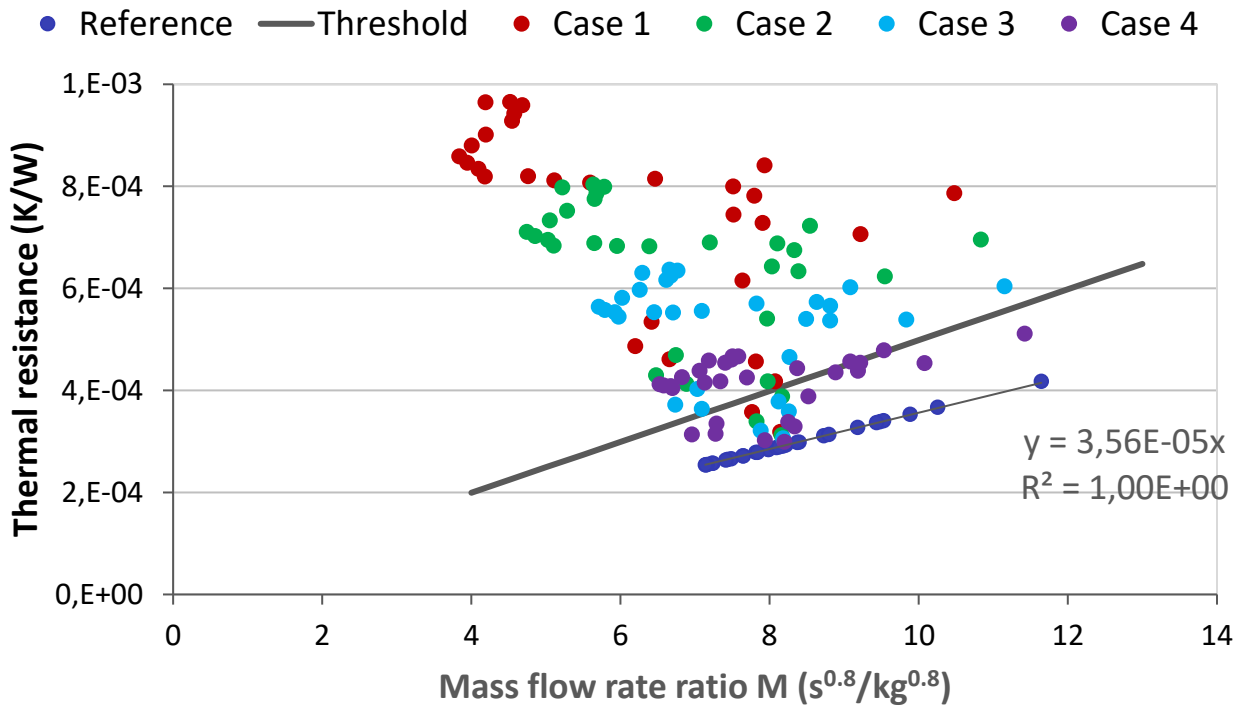


Nécessite des données de qualité

Nécessite des données de défauts étiquetées

Détection des défauts

Encrassement de l'échangeur thermique



Observation : augmentation de la résistance thermique en fonction du rapport des débits massiques

Calculation of the thermal resistance after a cleaning:

$$R_{HEX,without\ fouling} = DTLM/\dot{Q}$$

$$R_{HEX,without\ fouling} = \mathrm{A}\,\dot{M} + \mathrm{B}$$

$$\dot{M} = \frac{\dot{m}_p^{0,8} + \dot{m}_s^{0,8}}{\dot{m}_p^{0,8}\dot{m}_s^{0,8}}$$

Criteria: for a given $\dot{M}$ if

$$R_{HEX} > 1{,}4\ R_{HEX,without\ fouling}$$

[Fabre, 2020]

Conclusion

1

Improve and fix the hydronic element of the secondary side

2

Improve and fix the hydronic element of the primary side

3

Optimize the DHC operation

Merci !_x000B_x000B_Module 5 – ADVANCED DISTRICT HEATING SYSTEMS_x000B_SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B__x000B_https://www.shakeproject-dhc.eu/_x000B__x000B_Developed by Mines Paris – PSL_x000B_Antoine Fabre | antoine.fabre@minesparis.psl.eu_x000B_Pascal Stabat | pascal.stabat@minesparis.psl.eu_x000B_

Co-funded by the European Union

