



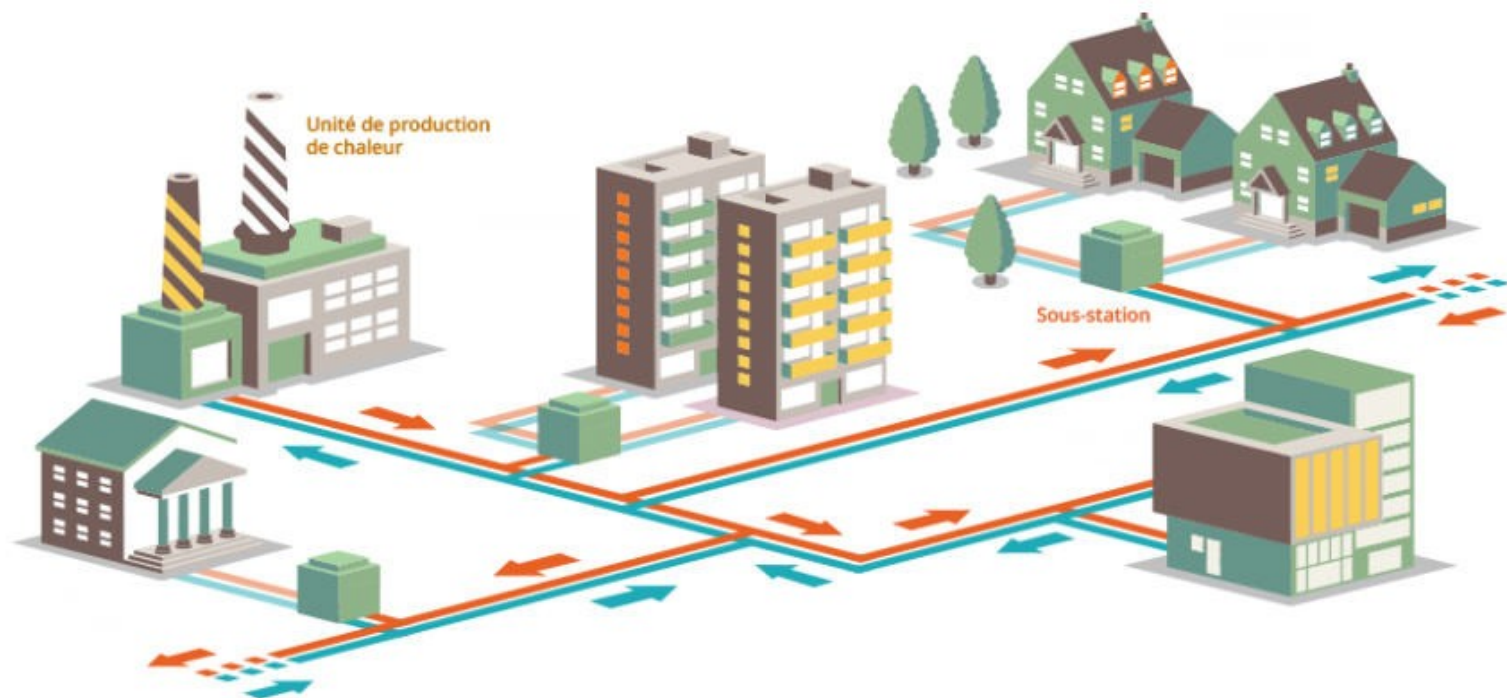
Thermique et IA

Mickaël Bettinelli, Faiza Loukil, Boris Nérot

Méthodologie de comparaison des pilotages conventionnel et par apprentissage profond en sous-station de réseaux de chaleur urbains

Présentation du sujet

Réseau de chaleur urbain (RCU)



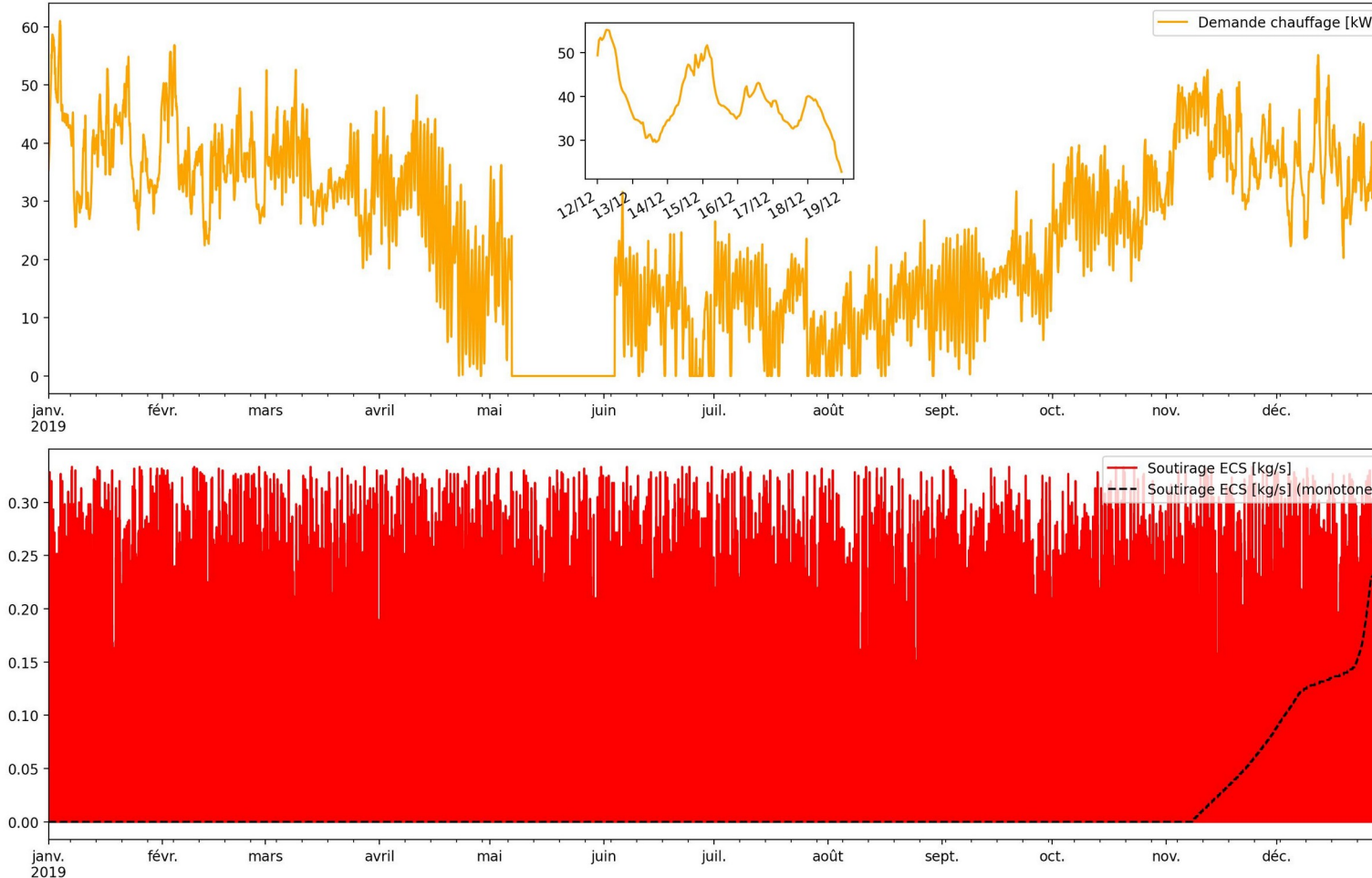
La chaleur produite en centrale est distribuée sous forme d'eau liquide dans le réseau primaire



D'autres réseaux connectent le RCU à l'immeuble via la sous-station :
chauffage, eau chaude sanitaire

Présentation du sujet

Enjeu principal du pilotage



Respecter les demandes :

1. En chauffage: appels de débit/puissance
2. En ECS: débit soutirage et températures légionnelles

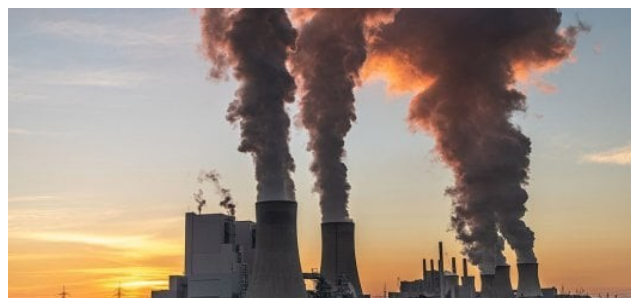
Présentation du sujet

Effets globaux d'un mauvais pilotage local

- Température retour élevée
- Variations de puissances
- ...



Pertes transport



Production carbonée

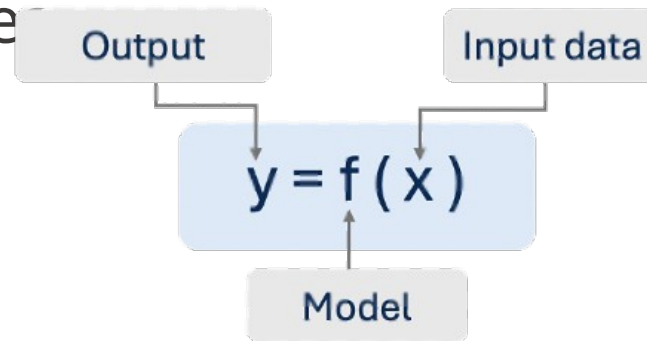


Sollicitation forte pompage

Essayer un pilotage par IA pour atteindre une performance multi-objectifs

Définition de l'IA

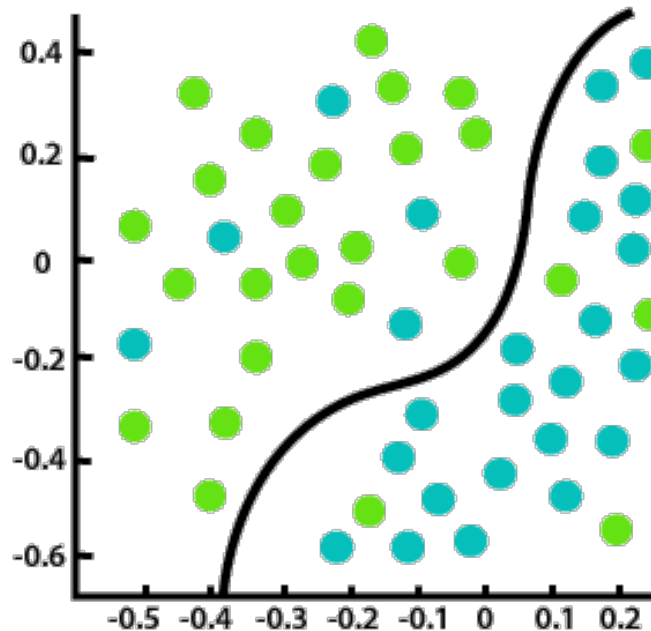
- **L'intelligence artificielle (IA)** est un ensemble de technologies permettant aux machines d'apprendre, de prédire et de décider.
- **L'apprentissage automatique** est un sous-domaine de l'IA permettant aux machines d'apprendre à partir de données via des modèles mathématiques



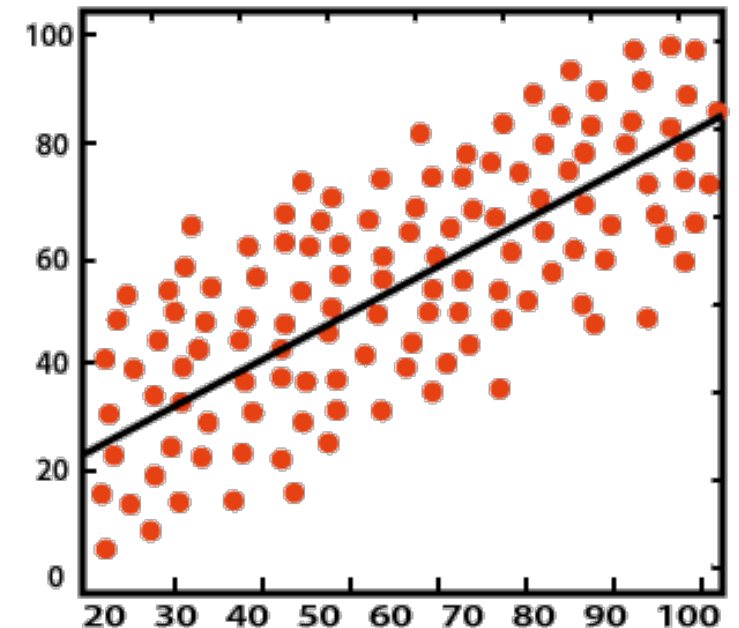
Techniques d'intelligence artificielle

Apprentissage supervisé

- Classification
- Régression



Classification



Regression

Potentiel de l'IA pour les réseaux de chaleur



Prédiction fine

Anticipation de la demande selon plusieurs variables.



Optimisation automatique

Adaptation intelligente des régulations dans les sous-stations.



Gestion des pics

Amélioration de la stabilité grâce à des modèles avancés.

Techniques d'intelligence artificielle

LSTM : Théorie

Long Short-Term Memory (LSTM) : se souvient du passé pour prédire l'avenir.

- **Entrée** : il reçoit une séquence de données.
- **Mémoire interne** :
 - Il décide quoi garder et quoi oublier.
 - Il met à jour sa mémoire à chaque étape.
- **Sortie** : il produit une prédiction.

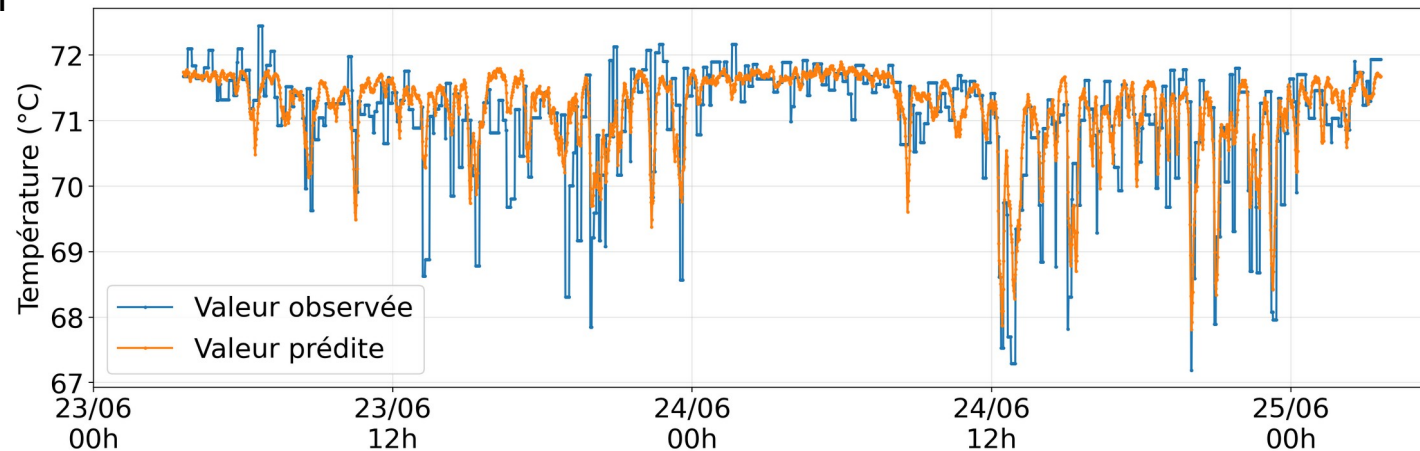
*Fonctionnement de la porte
d'entrée d'un LSTM*

Applicabilité à la physique thermique

LSTM: application

- **Prédire la demande en chauffage**

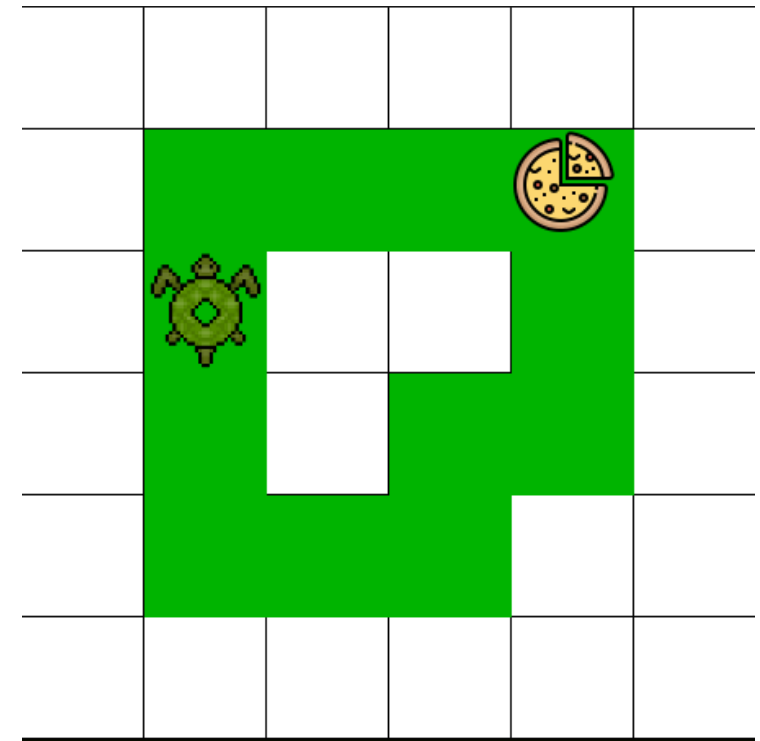
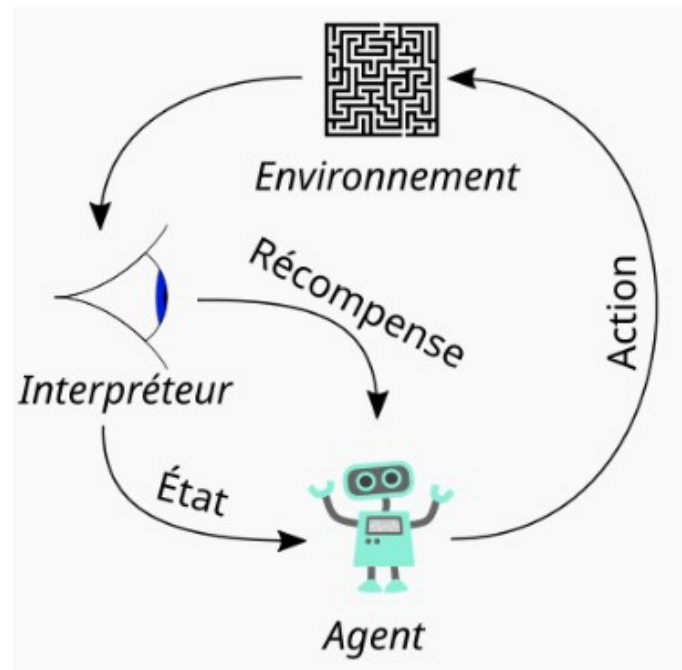
- Source de données : sous-station de l'ensemble résidentiel Arlequin, à Grenoble entre 11/2016 et 07/2017.
- Variables prédictives : données météo, températures et débits.
- La tendance d'évolution est comprise par le modèle, malgré sa dépendance en la demande ECS peu prévisible



Techniques d'intelligence artificielle

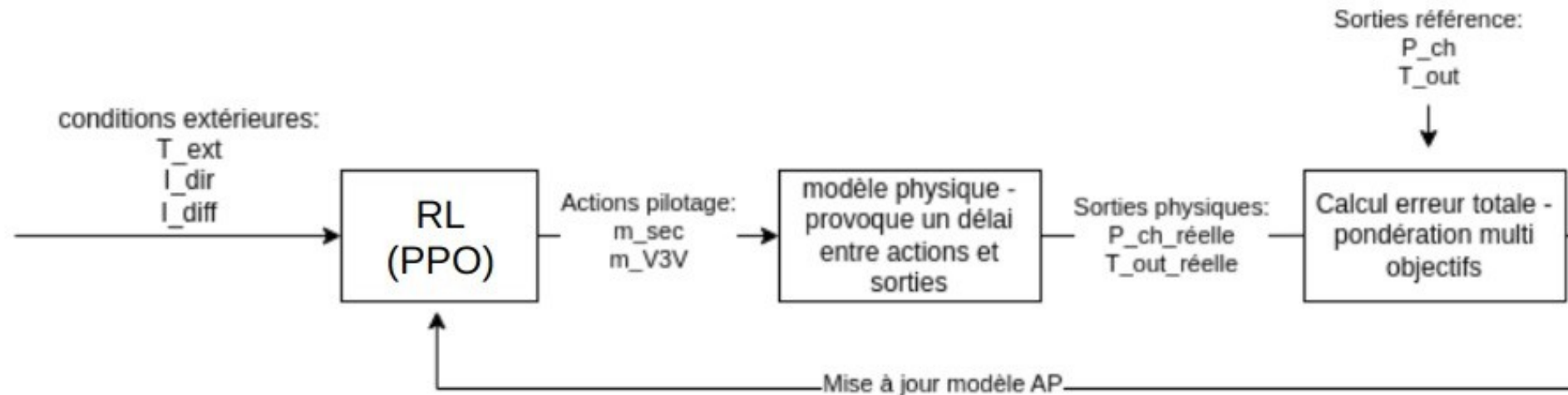
Apprentissage par renforcement

- Planification



Applicabilité à la physique thermique

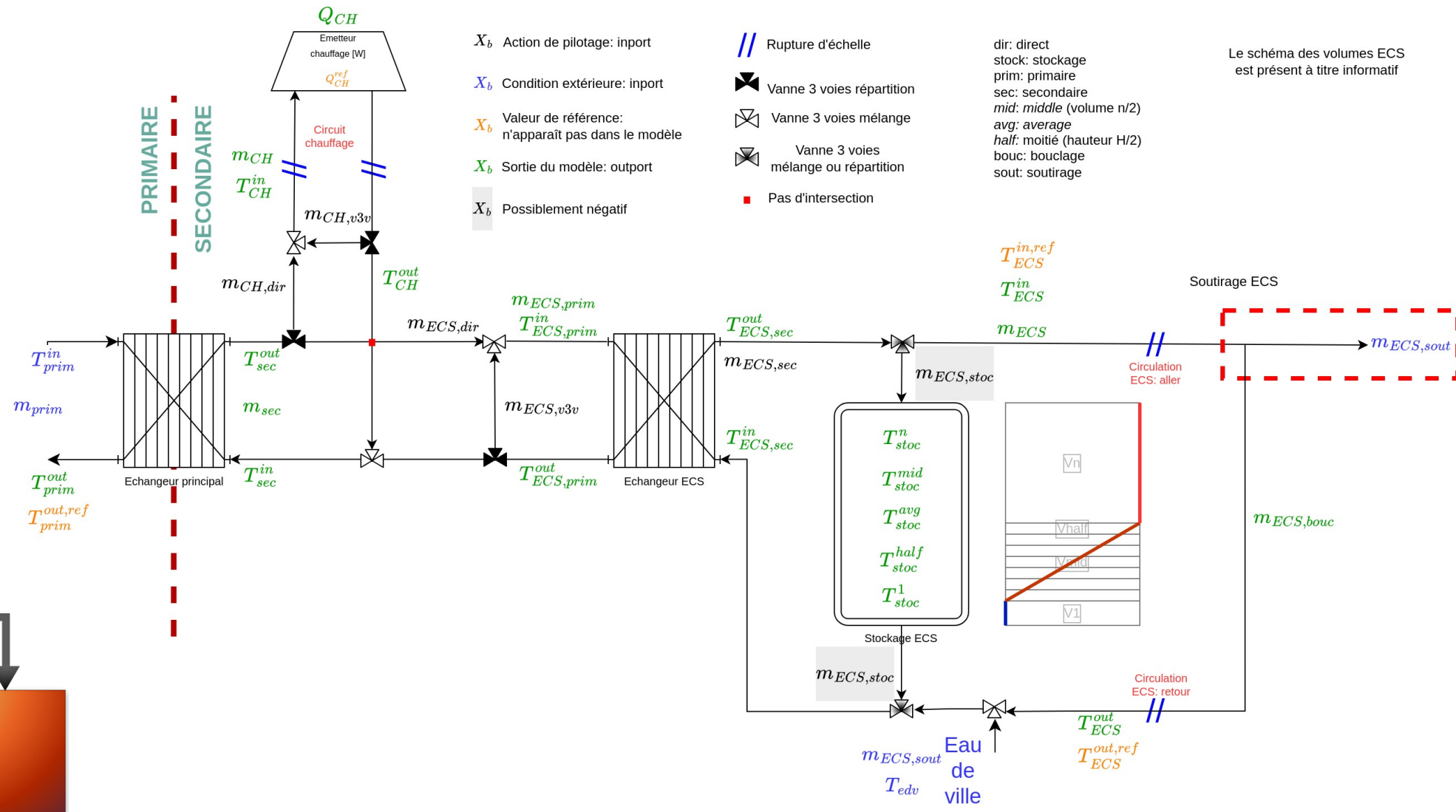
Piloter le réseau de chaleur



Possibilité d'un modèle AP intermédiaire
qui prédit P_{ch} (et T_{out})
à partir des conditions extérieures

Méthodologie

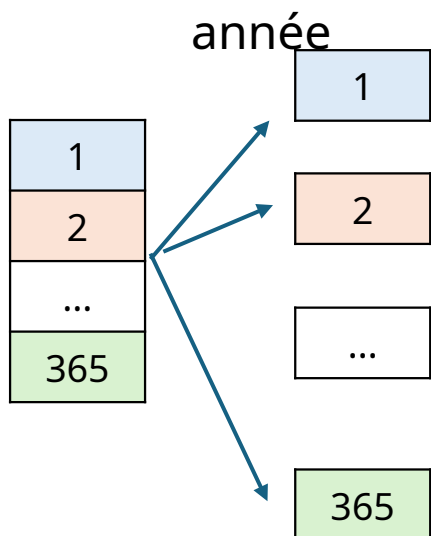
Modélisation des sous-stations



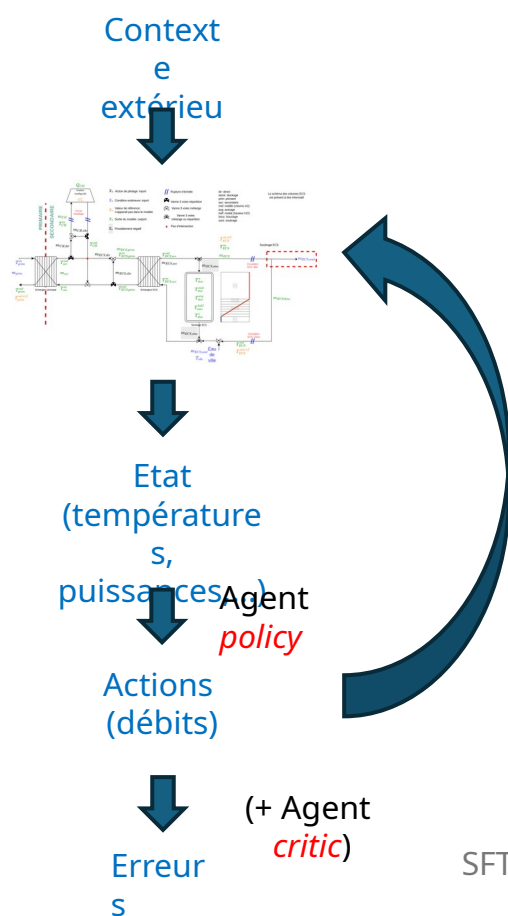
Méthodologie

Pilotage: première piste avec un algorithme PPO

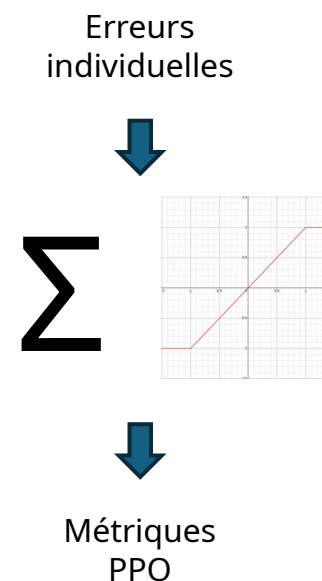
1. Découpage



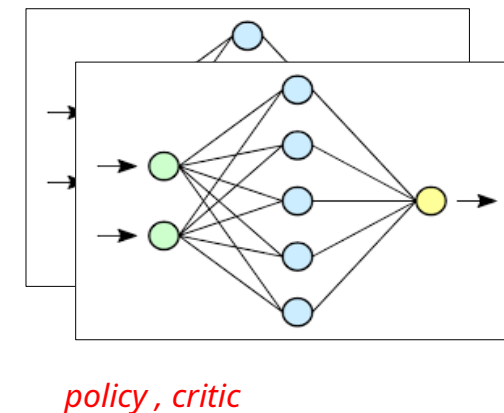
2. Parcours
trajectoires



3. Agrégation
erreurs



4. MAJ
agents

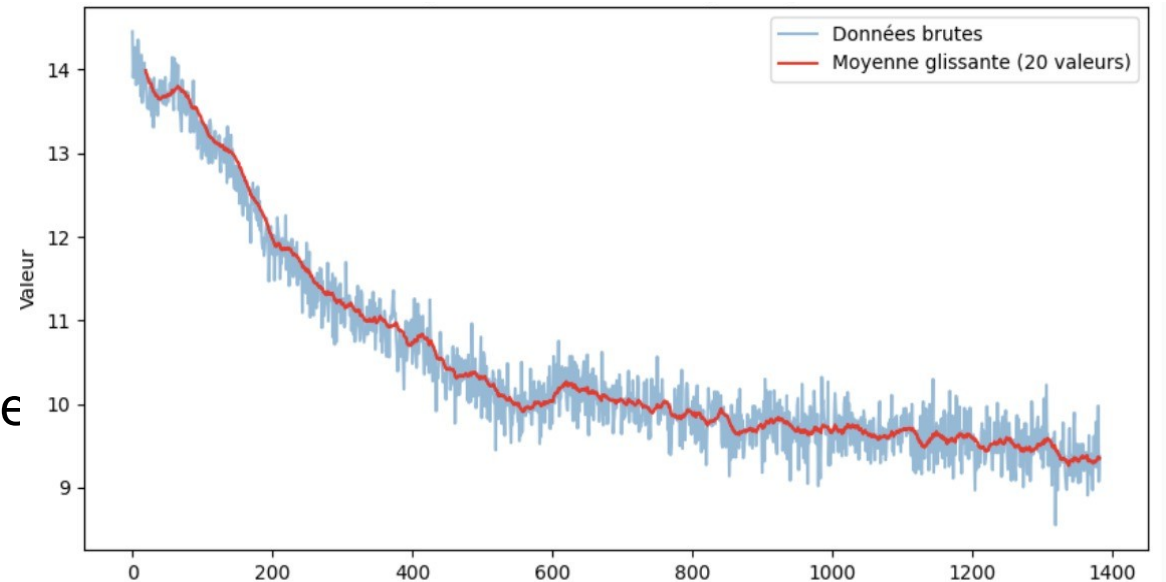


Méthodologie

Pilotage: première piste avec un algorithme PPO

- Premier résultat : diminution de l'erreur au fur et à mesure de l'apprentissage

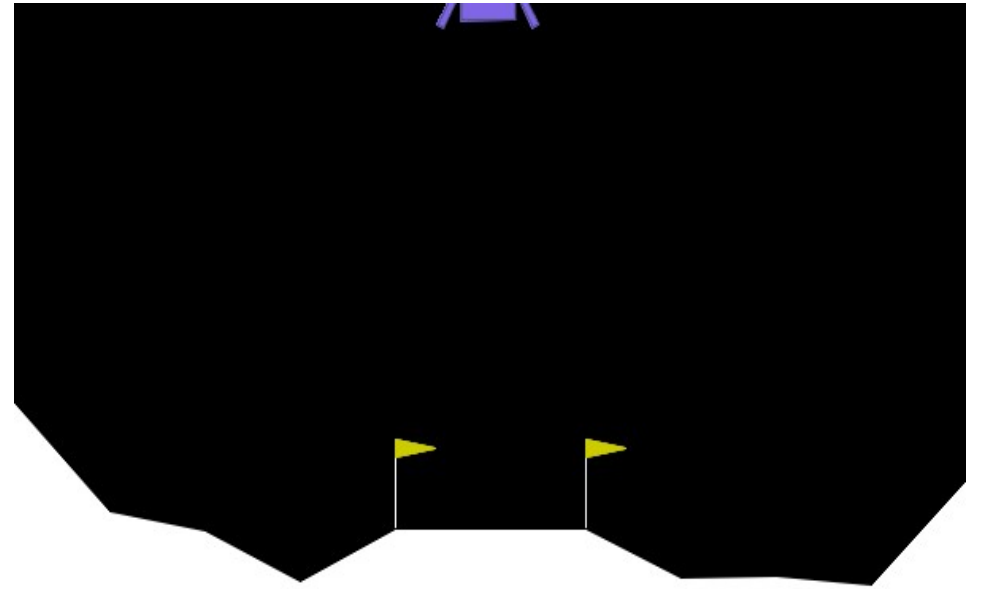
- Questionnements :
 1. Constitution du vecteur état
 2. Mode de calcul de la récompense
 3. Architecture des agents
 4. Durée des trajectoires



Erreur moyenne au cours de l'apprentissage

Difficultés courantes

- Capacité à simuler le réel
 - Réalisme des simulateurs
- Ressources computationnelles
 - Surcoût des simulateurs
 - Taille des modèles d'IA



Difficultés courantes

- Manque de données
 - Récolte de données difficile dans certains contextes
 - Données confidentielles
- Qualité des données
 - Précision / fiabilité des sources
(*e.g.*, capteurs, systèmes d'information, sondages, *etc.*)
 - Homogénéité des données

OK pour faire 2 tâches ?	▼
OUI	
NON	
OK	
OUI	
NON	
OUI	
NON	
NON	
N/A	
oui	
oui	

Conclusion

1. Le pilotage des réseaux de chaleur implique beaucoup de variables et doit être **multi-objectifs**.
2. L'**IA** pourrait proposer des actions de pilotage cohérentes, en complément d'une approche avec du sens physique.
3. Des premiers résultats sont concluants (**prédiction**: LSTM).
4. Un modèle plus complet doit encore être travaillé (**renforcement**: PPO).

Questions ?

Méthodologie

Export de code et interfaçage

```
/*  
 * Code generated for Simulink model  
 'sous_station'.  
 */  
  
#include "sous_station.h"  
#include "rtwtypes.h"  
#include "sous_station_types.h"  
#include "sous_station_private.h"  
#include <math.h>  
#include <stddef.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <string.h>  
#include "rt_nonfinite.h"  
#include <emmintrin.h>
```



1. Interface sur mesure
2. Compilation



sous_station.so

