Estimation du volume consommé à partir de capteurs de température

Sacha Alidadi Heran

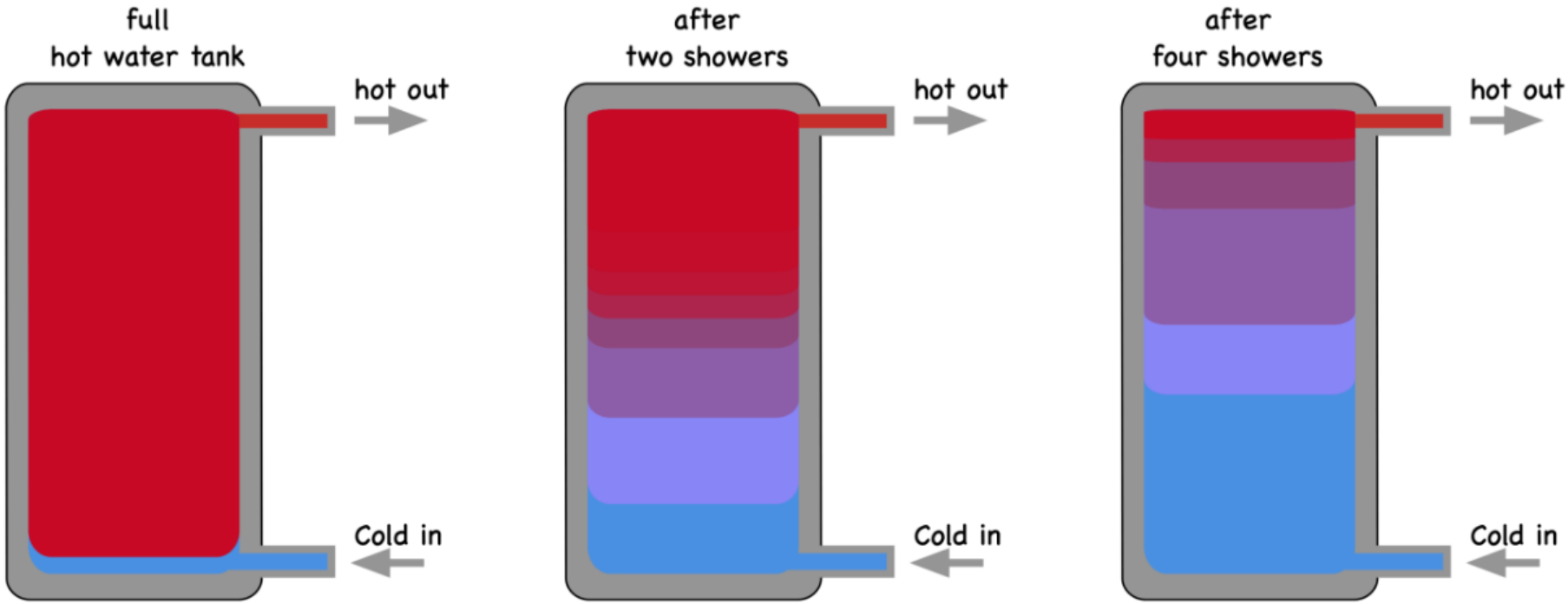
24 août 2023

Sommaire

Contexte du projet

- Les ingénieurs de BDR Thermea France, en particulier ceux travaillant sur le chauffe-eau Elensio, cherchent à connaître le volume d'eau consommé par leurs produits.
- Les débitmètres sont très chers et ont une empreinte carbonne très élevé
- Le but est de créer un modèle d'apprentissage automatique qui prédit le volume consommé à partir des températures dans le ballon d'eau chaude

Pourquoi utiliser des capteurs de températures ?



Objectifs

- Prédire de manière précise la consommation d'eau en se basant sur les températures du ballon d'eau chaude "Elensio"

Contraintes

- Le matériel informatique embarqué dans le chauffe-eau Elensio impose des limites en termes de puissance de calcul
- Malgré leurs puissances, les modèles d'apprentissage profond seront à écarter.

Présentation du dataset

- Le dataset contient des données d'un ballon d'eau chaude d'un client de BDR Thermea. Elles ont été enregistrées chaque seconde, du 28 février 2023 au 13 avril 2023.
- On y retrouve entre autres des variables comme la température à différents niveaux du ballon, la consommation d'eau ...

Capteurs de températures

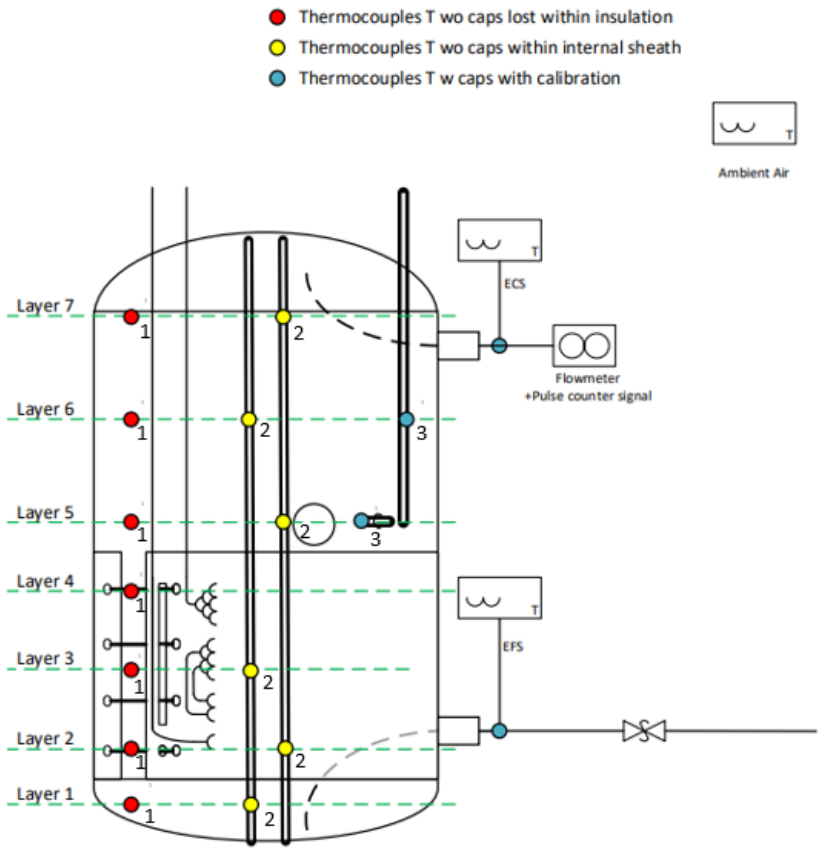


Figure – Répartition des différents capteurs de température dans le ballon

Approche utilisée

- Prédire le volume sur une tranche horaire
- Tranche horaire : période de temps non glissante (e.g 16 :20 $\sim$ 16 :40)

Présentation des variables

- Notre dataset contient 29 colonnes initialement
- Pour optimiser le temps de calcul de notre modèle, nous avons créé 22 nouvelles features à partir des données existantes
- Entre autres : différence entre le début et la fin ou le max et le min de la tranche horaire ...

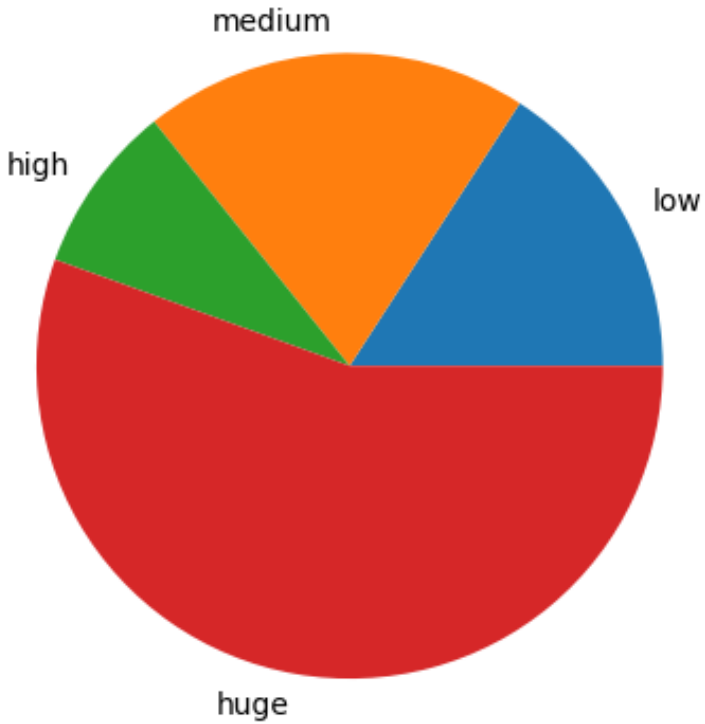
Identification des valeurs manquantes

- Aucune valeurs manquantes dans nos variables
- On retrouve des NaN lors de la création des features

Statistiques de nos soutirages

- 85% de nos tranches horaires n'ont pas de sous tirages
- La plupart de nos soutirages sont des soutirages faibles.
- Certaines journées ne contiennent que des soutirages faibles ou énormes.

Statistiques de nos soutirages

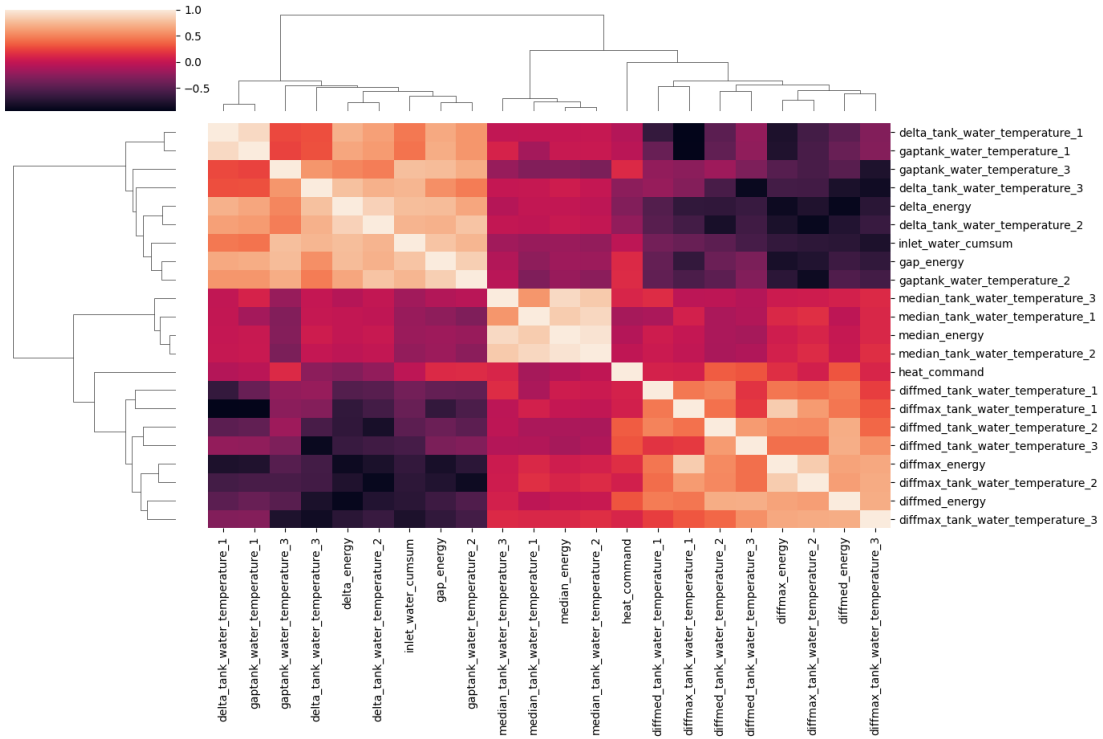


- En cumulé, plus de la moitiée du volume vient des énormes soutirages

Sélection des meilleures features

- Pour des raisons d'efficacité, nous avons décidé de retirer les features les moins corrélées à notre variable target lors de l'entraînement
- Dressons une matrice de corrélation pour nos différentes features

Sélection des meilleures features



- Clustermap de la matrice de corrélation (regroupe les features les plus corrélées entre elles)
- Les features les plus corrélées sont les delta et les gap.

Modèles utilisées

- Régression linéaire
- Random Forest
- AdaBoost
- GradientBoosting

Métriques utilisées

- R^2 score
- Erreur Moyenne Quadratique
- Erreur Moyenne Absolue
- Erreur Max
- Erreur relative
- Erreur cumulée

Métriques utilisées

Nous avons regroupé ces métriques selon 7 catégories

- global : Toutes tranche horaires confondues
- usage : Toutes les catégories sauf "none"
- none : Pas de soutirages
- low : Soutirages faibles
- medium : Soutirages moyens
- high : Soutirages gros
- huge : Soutirages énormes

Problèmes rencontrés

- Répartition inégale des catégories à cause de la définition arbitraire
- Bien répartir les catégories entre les données d'entraînement et de test

Meilleurs modèles

- Modèle (1) : GradientBoostingRegressor(n estimators=50)
- Avantages : R2 score proche de 1, somme des erreurs presque nulle et erreur relative à peu près égale entre les catégories

Meilleurs modèles

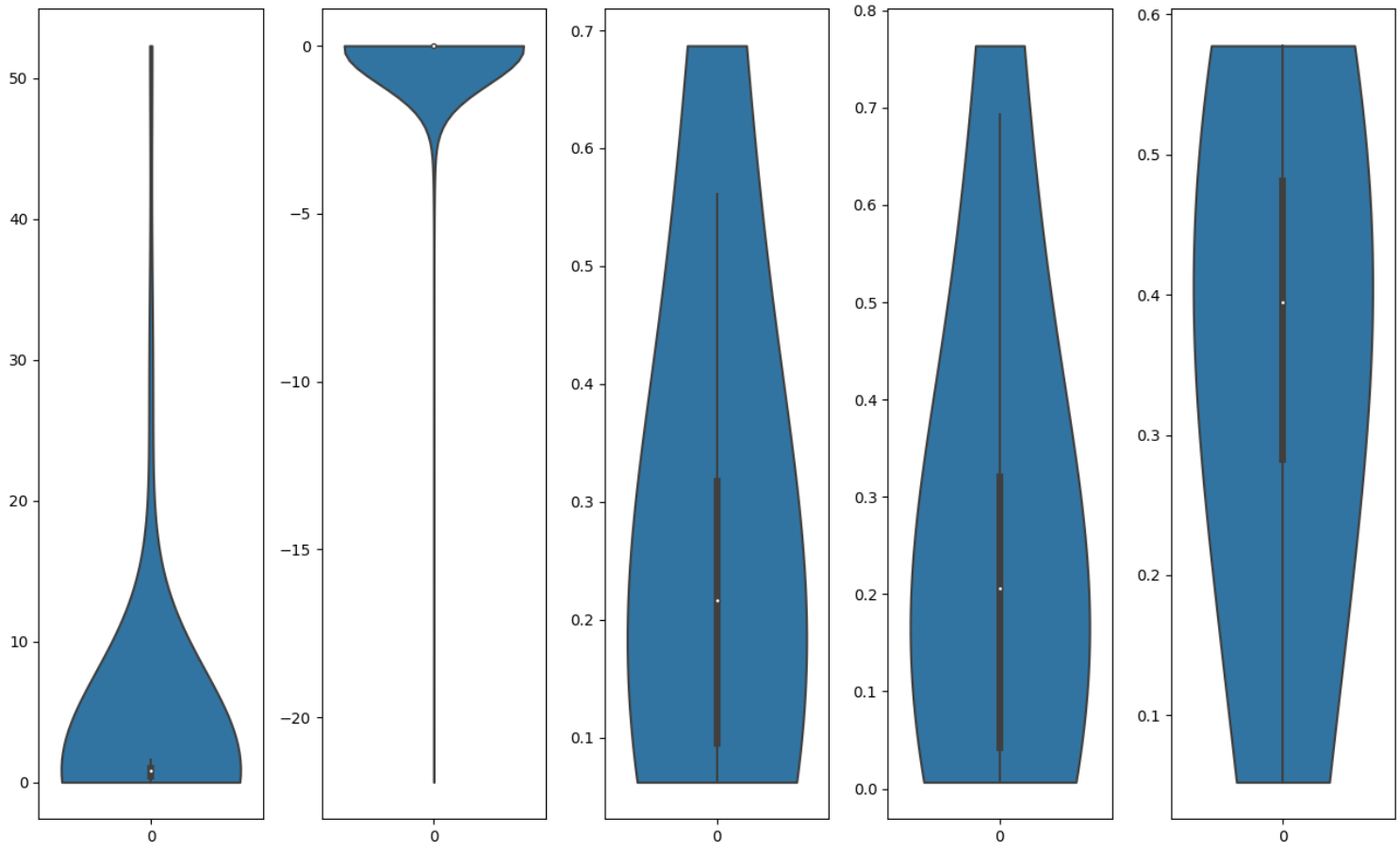


Figure – Diagramme en violon de l'erreur relative du modèle 1

Meilleurs modèles

- Modèle (2) : AdaBoostRegressor(estimator=RandomForestRegressor(n estimators=200))
- Avantages : Erreur relative très faible et à peu près identique entre les catégories
- Inconvénients : Somme des erreurs très élevée.

Meilleurs modèles

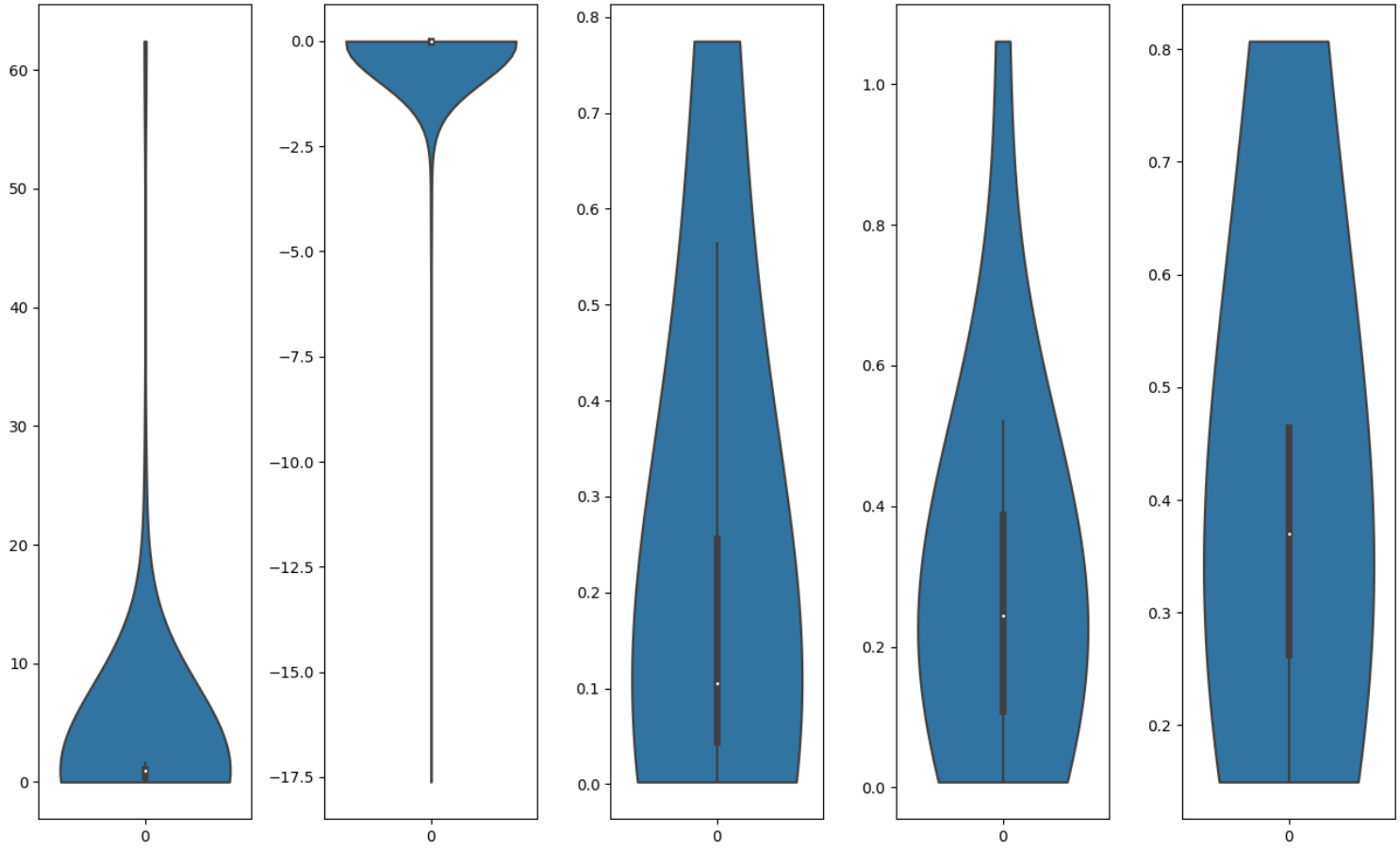


Figure – Diagramme en violon de l'erreur relative du modèle 2

Meilleurs modèles

- Modèle (3) : AdaBoostRegressor(estimator=RandomForestRegressor(n estimators=50),n estimators=100)
- Avantages : R2 score élevé, MAE faible
- Inconvénients : Erreur relative à 75% inégale entre les catégories

Meilleurs modèles

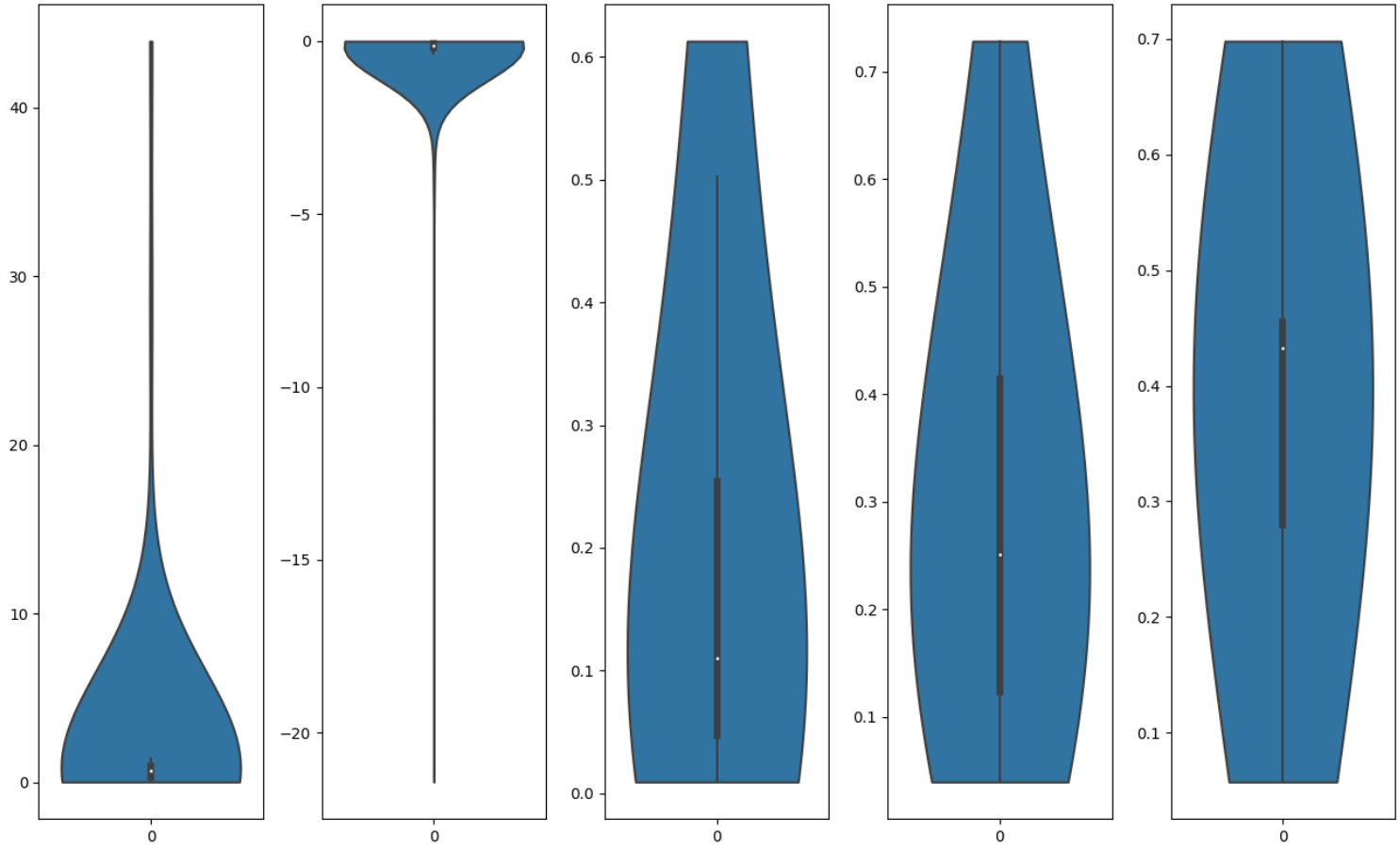


Figure – Diagramme en violon de l'erreur relative du modèle 3

Le meilleur modèle

- Des 3 modèles, le modèle (1) est le meilleur.
- Malgré quelques défauts de prédiction sur la catégorie "low"

Analyse des erreurs

```
gaptank_water_temperature_3     0.826338
gap_energy                     10.166163
diffmax_energy                  -0.04437
heat_command                         0.0
actual                               3.8
predict                         3.485864
Name: 2023-03-02 11:20:00, dtype: Float64
gaptank_water_temperature_3     0.710451
gap_energy                      3.055346
diffmax_energy                 -0.012588
heat_command                      1200.0
actual                               3.2
predict                         0.124686
Name: 2023-03-01 09:40:00, dtype: Float64
```

Figure – En haut, prédiction du modèle 1 avec une erreur de 8%. En bas, prédiction du modèle 2 avec une erreur de 96%

Analyse des erreurs

```
gaptank_water_temperature_3    0.669077
gap_energy                     8.138509
diffmax_energy                -0.046161
heat_command                        0.0
actual                             2.65
predict                        2.390605
Name: 2023-03-10 16:20:00, dtype: Float64
gaptank_water_temperature_3    0.714435
gap_energy                     3.297329
diffmax_energy                 -0.00923
heat_command                      558.0
actual                             2.25
predict                        0.006337
Name: 2023-03-02 19:20:00, dtype: Float64
```

Figure – En haut, prédiction du modèle 1 avec une erreur de 11%. En bas, prédiction du modèle 2 avec une erreur de 99%

Pistes d'amélioration

- Récolter plus de données du client
- Récolter des données d'autres clients
- Redéfinir nos catégories

Bilan

- Compétences acquises : Statistiques, apprentissage automatique, data science
- La plupart du stage s'est passé en remote, je suis juste allé à l'entreprise une fois pour récupérer l'ordinateur de travail et une autre fois pour le rendre.

Bibliographie

- [1] Documentation de scikit-learn pour le choix des modèles et des hyperparamètres
- [2] Documentation de scikit-learn sur les Random forest
- [3] Documentation de scikit-learn sur AdaBoost
- [4] Documentation de scikit-learn sur les GradientBoosting
- [5] Documentation de scikit-learn sur la régression linéaire
- [6] G.Tazin - Private communication