

# Vers une frugalité numérique participative: impliquer les utilisateurs dans la réduction de l'impact environnemental des applications cloud

**Anas Mokhtari**, Baptiste Jonglez, Thomas Ledoux

STACK / IMT-Atlantique / LS2N / Inria  
OTPaaS

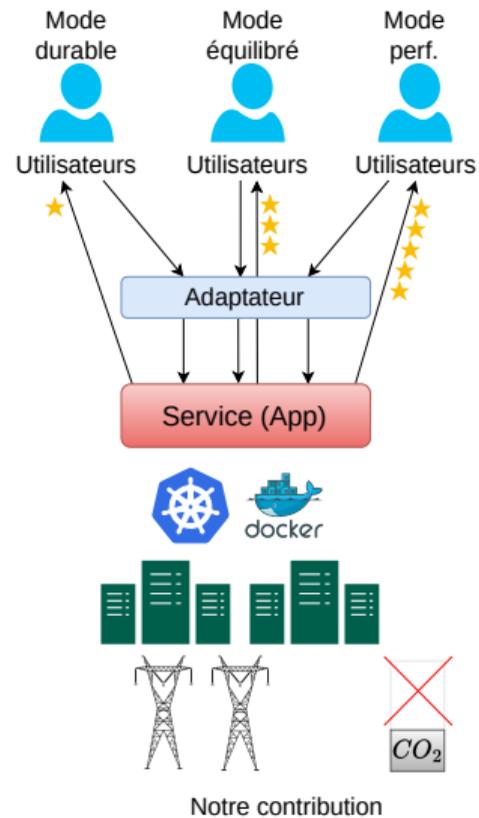
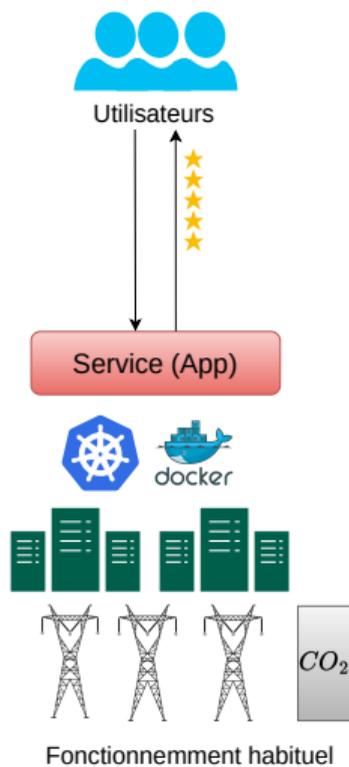
*Green Days*  
27 mars 2024



# Contexte et problématique

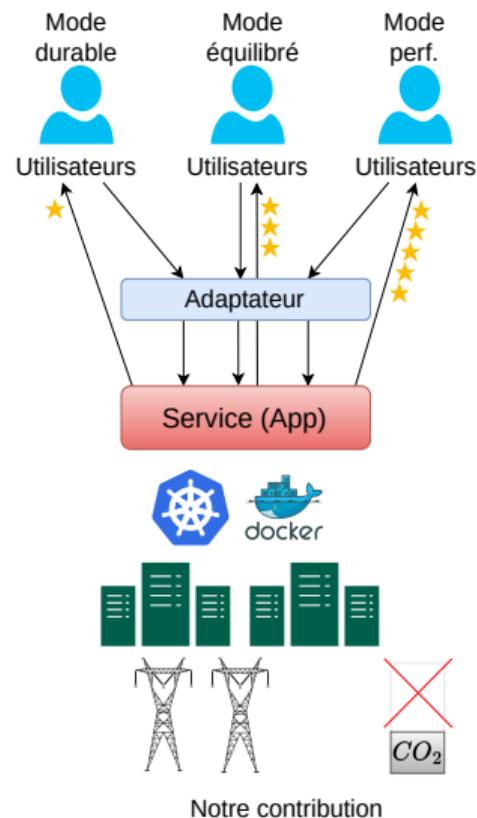
- Contexte : empreinte carbone et consommation énergétique des services numériques (cloud),
- État de l'art : les solutions proposées
  - ▶ traitent surtout les aspects infrastructures,
  - ▶ considèrent l'application comme boîte noire,
  - ▶ ignorent le rôle des utilisateurs des applications.
- Notre but :
  - ▶ Prendre en considération le fonctionnement des applications hébergées,
  - ▶ Faire entrer les utilisateurs d'applications dans la boucle.

# Principe de base



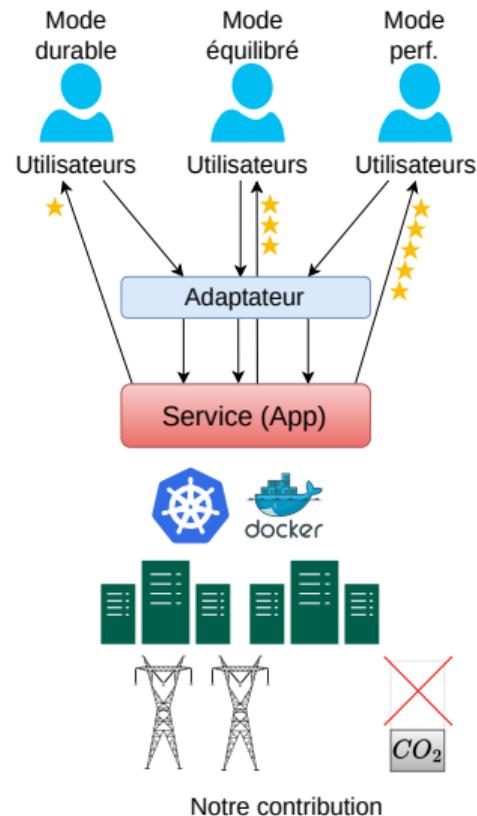
# Principe de base

- Trois modes utilisateurs :
  - 1 **Performance** : Maximiser la qualité des résultats
  - 2 **Durable** : Minimiser l'empreinte carbone
  - 3 **Équilibré** : Entre les deux



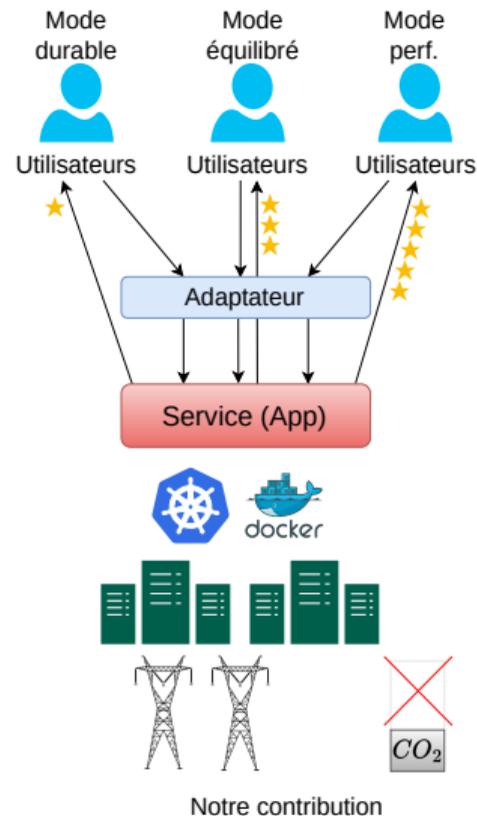
# Principe de base

- Trois modes utilisateurs :
  - 1 **Performance** : Maximiser la qualité des résultats
  - 2 **Durable** : Minimiser l'empreinte carbone
  - 3 **Équilibré** : Entre les deux
- L'adaptation des requêtes est réalisée selon
  - ▶ le mode choisi par l'utilisateur,
  - ▶ l'empreinte carbone.



# Principe de base

- Trois modes utilisateurs :
  - 1 **Performance** : Maximiser la qualité des résultats
  - 2 **Durable** : Minimiser l'empreinte carbone
  - 3 **Équilibré** : Entre les deux
- L'adaptation des requêtes est réalisée selon
  - ▶ le mode choisi par l'utilisateur,
  - ▶ l'empreinte carbone.
- Nos objectifs :
  - 1 Montrer l'impact de l'adaptation sur la consommation énergétique,
  - 2 Proposer une technique d'adaptation automatique.



# Principe de base

- 1 Estimer la consommation énergétique par requête,
- 2 Se baser sur les critères QoS ou QoE pour évaluer la qualité des réponses,
- 3 Adapter dynamiquement les requêtes.

# Configurations et qualité des résultats

- Cas d'application de redimensionnement d'images.
- Paramètres : ① taille de l'image et ② méthode de filtrage.
- Qualité privilégiée : QoE.
- Critère d'évaluation : perception visuelle de l'image.



(a) 54p en hauteur, Filtre 0



(b) 1080p en hauteur, Filtre 3

# Configurations et qualité des résultats

- Configurations :

- ① Taille de l'image (px) : 144, 360, 480, 720, 1080

- ② Filtrage : 0, 1, 2, 3

⇒ 20 configurations.

- Qualité d'expérience :

- ▶ Définir cinq niveaux de qualités :

- ★★★★★ Excellent

- ★★★★★ Très bien

- ★★★★★ Bien

- ★★★★★ Moyen

- ★★★★★ Mauvais

- ▶ Classifier les 20 configurations en ces niveaux

- ▶ Méthode : comparer entre les images redimensionnées deux à deux pour l'ensemble des configurations.

- ★ [ 1080 x 3
- ★ [ 1080 x 2
- ★ [ 1080 x 1
- ★ [ 1080 x 0

- ★ [ 720 x 3
- ★ [ 720 x 2
- ★ [ 720 x 1
- ★ [ 720 x 0

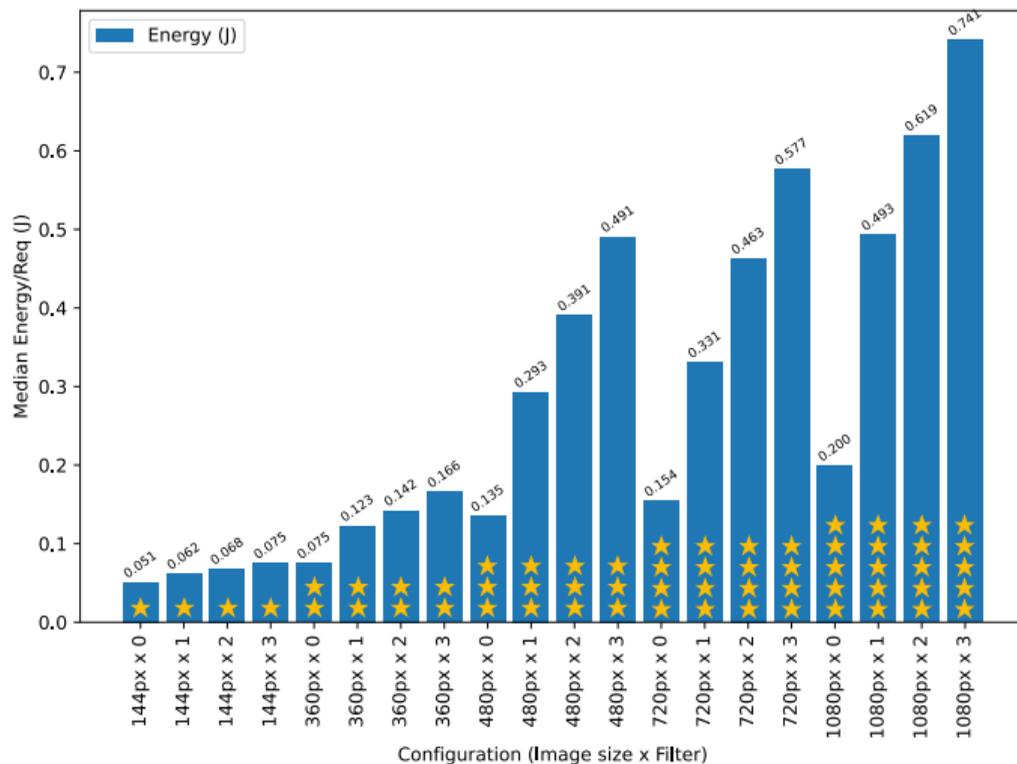
- ★ [ 480 x 3
- ★ [ 480 x 2
- ★ [ 480 x 1
- ★ [ 480 x 0

- ★ [ 360 x 3
- ★ [ 360 x 2
- ★ [ 360 x 1
- ★ [ 360 x 0

- ★ [ 144 x 3
- ★ [ 144 x 2
- ★ [ 144 x 1
- ★ [ 144 x 0

# Configurations et qualité des résultats

- L'énergie consommée pour le traitement d'une requête dépend de la configuration utilisée.



# Algorithme d'adaptation

- Cas étudié : infrastructure alimentée par
  - ▶ le réseau électrique : énergie 'illimitée', mais brune
  - ▶ les panneaux solaires : énergie verte mais limitée et variable

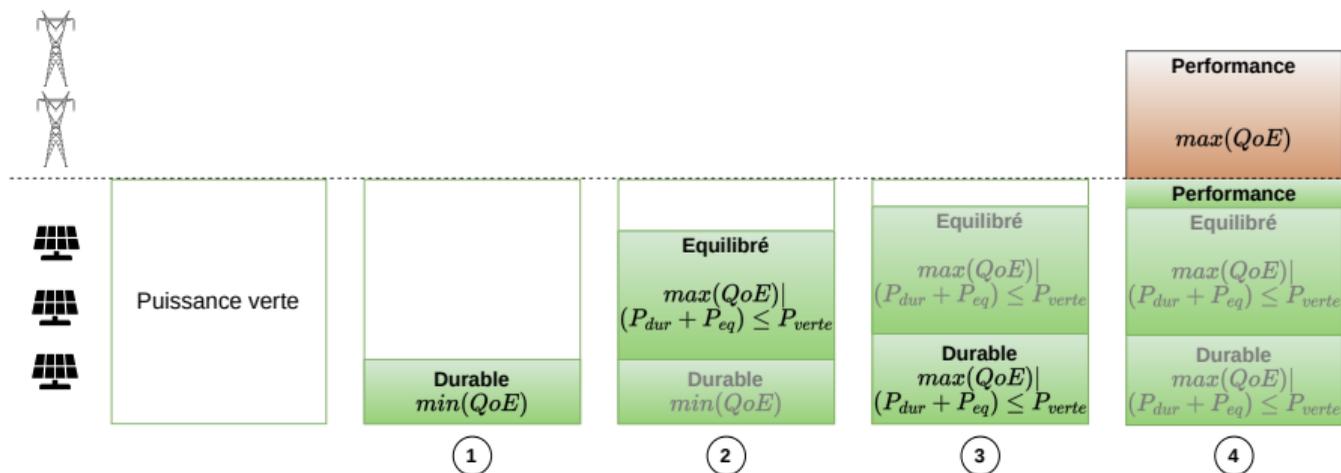
# Algorithme d'adaptation

- Cas étudié : infrastructure alimentée par
  - ▶ le réseau électrique : énergie 'illimitée', mais brune
  - ▶ les panneaux solaires : énergie verte mais limitée et variable
- Scénario (inputs) :
  - ▶ Charge en nombre de requêtes,
  - ▶ Répartition de cette charge entre les modes utilisateurs,
  - ▶ Puissance de l'énergie verte disponible.
- Objectif (output) : Trouver la configuration optimale en QoE pour chaque mode utilisateur tout en minimisant l'empreinte carbone.

# Algorithme d'adaptation

- 1 Mode durable : choisir la configuration qui minimise la  $QoE$
- 2 Mode équilibré : trouver la configuration qui maximise la  $QoE$  en n'utilisant que la puissance verte restante. Sinon, choisir celle qui minimise la  $QoE$
- 3 Mode durable : choisir une nouvelle configuration qui maximise la  $QoE$  en n'utilisant que la puissance verte restante. Sinon, rester sur la configuration précédente
- 4 Mode performance : choisir la configuration qui maximise la  $QoE$ .

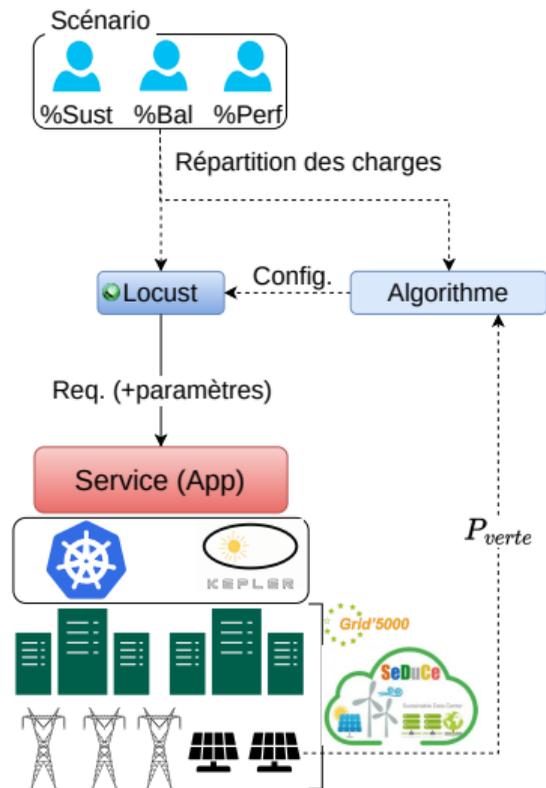
**N.B.** L'algorithme supporte tous les cas possibles (absence d'énergie verte, etc.).



# Expérimentation et résultats

## Banc de test

- Centre de données *SeDuCe* :
  - ▶ *Grid'5000*
  - ▶ Panneaux solaires
  - ▶ Expérimentation reproductible<sup>1</sup> grâce à *EnOSlib*

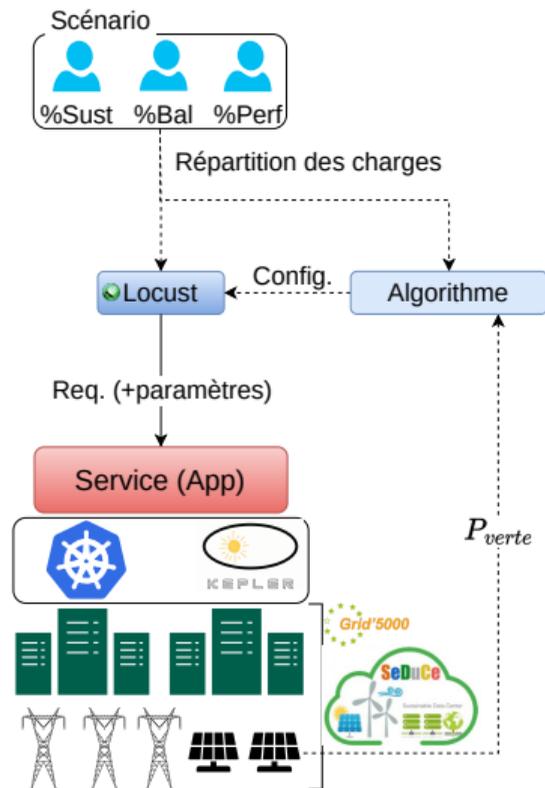


a. <https://gitlab.imt-atlantique.fr/fil-a3-frontback-2023-energy>

# Expérimentation et résultats

## Banc de test

- Centre de données *SeDuCe* :
  - ▶ *Grid'5000*
  - ▶ Panneaux solaires
  - ▶ Expérimentation reproductible<sup>1</sup> grâce à *EnOSlib*
- Application
  - ▶ Redimensionnement d'images
  - ▶ Déployée en utilisant *Kubernetes*

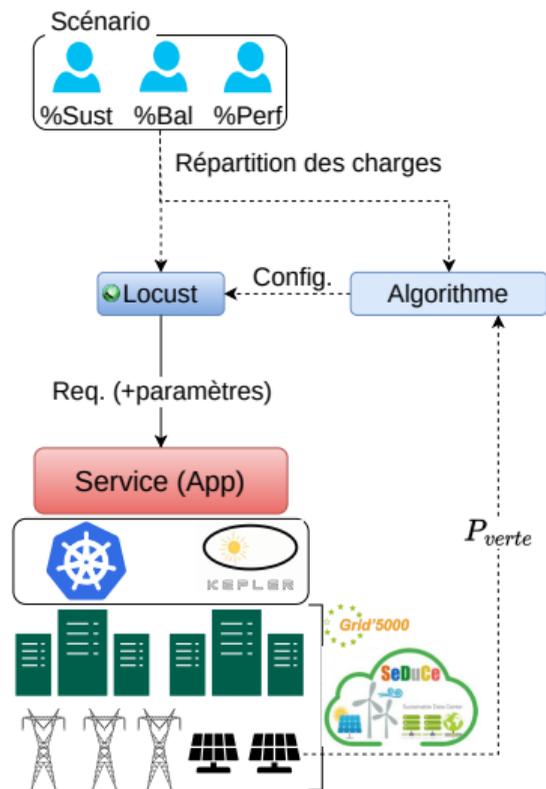


<sup>1</sup> <https://gitlab.imt-atlantique.fr/fil-a3-frontback-2023-energy>

# Expérimentation et résultats

## Banc de test

- Centre de données *SeDuCe* :
  - ▶ *Grid'5000*
  - ▶ Panneaux solaires
  - ▶ Expérimentation reproductible<sup>1</sup> grâce à *EnOSlib*
- Application
  - ▶ Redimensionnement d'images
  - ▶ Déployée en utilisant *Kubernetes*
- Sonde logicielle *Kepler*
  - ▶ Mesure l'énergie consommée par l'application



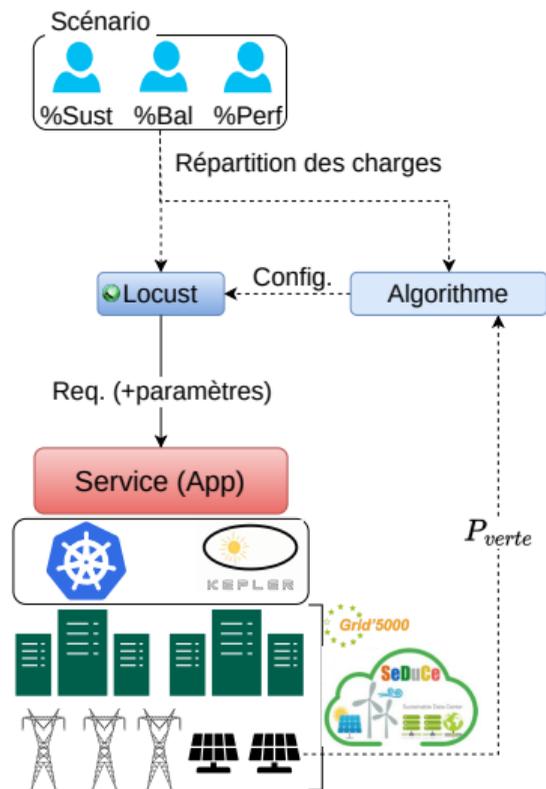
a. <https://gitlab.imt-atlantique.fr/fil-a3-frontback-2023-energy>

# Expérimentation et résultats

## Banc de test

- Centre de données *SeDuCe* :
  - ▶ *Grid'5000*
  - ▶ Panneaux solaires
  - ▶ Expérimentation reproductible<sup>1</sup> grâce à *EnOSlib*
- Application
  - ▶ Redimensionnement d'images
  - ▶ Déployée en utilisant *Kubernetes*
- Sonde logicielle *Kepler*
  - ▶ Mesure l'énergie consommée par l'application
- Injecteur de charge *Locust*
  - ▶ Génère les requêtes utilisateurs du scénario
  - ▶ Ajoute les paramètres proposés

a. <https://gitlab.imt-atlantique.fr/fil-a3-frontback-2023-energy>



# Expérimentation et résultats

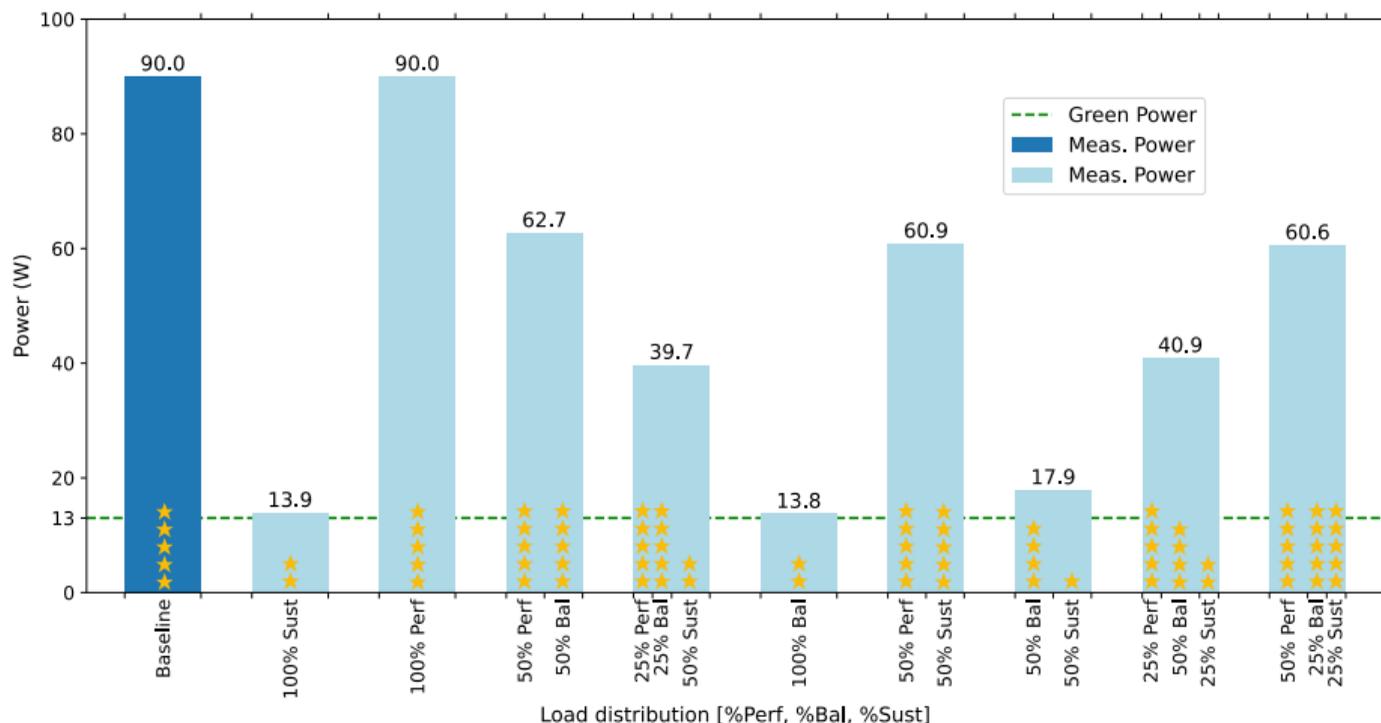
## Scénarios

- Durée de l'expérimentation : 60 secondes
- Puissance verte disponible : 13W
- Charge totale des requêtes : 120 *Req/s*
- 9 scénarios avec des répartitions de charge différentes entre modes utilisateurs

# Expérimentation et résultats

## Résultats

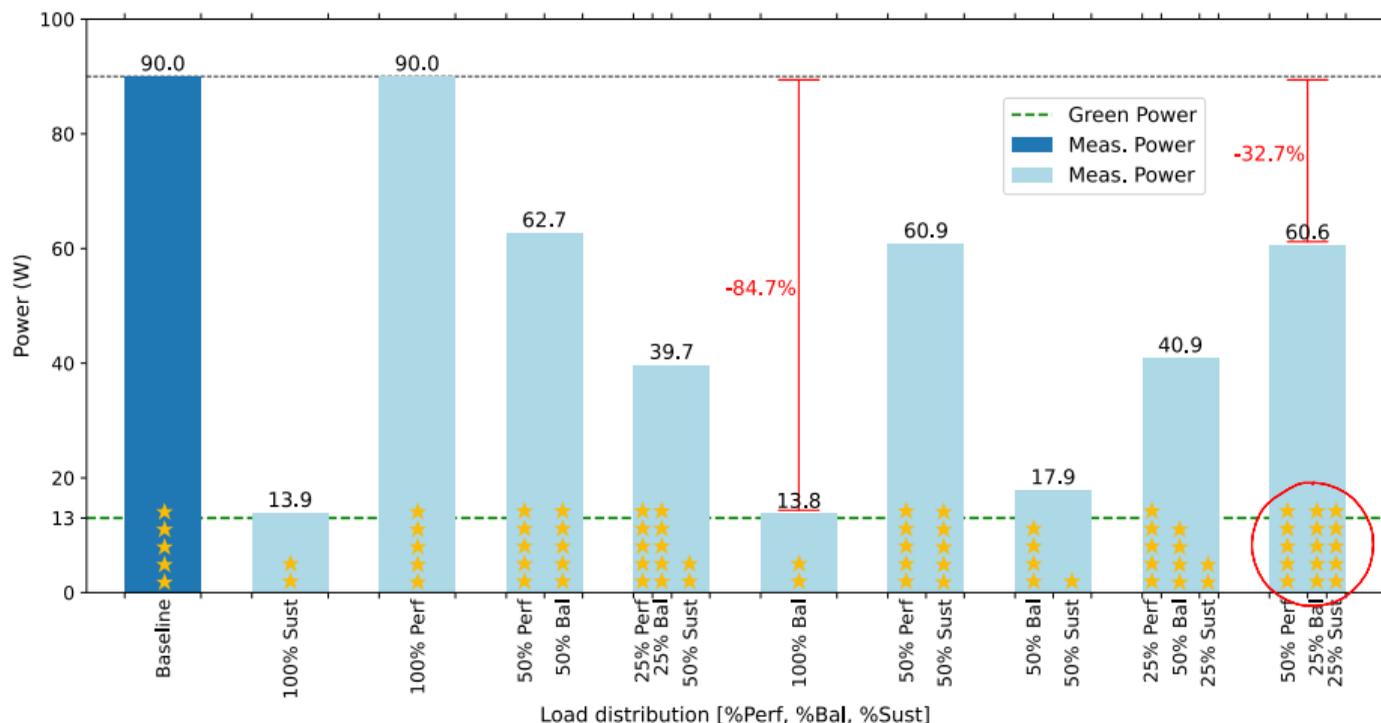
- La participation des utilisateurs permet de réduire l'énergie jusqu'à 84.7%



# Expérimentation et résultats

## Résultats

- La participation des utilisateurs permet de réduire l'énergie jusqu'à 84.7%



# Conclusion et perspectives

- Conclusion

- ▶ Frugalité numérique par la participation des utilisateurs,
- ▶ Cas de l'empreinte carbone des applications *SaaS* dans le cloud,
- ▶ ⇒ La participation des utilisateurs peut réduire l'empreinte carbone.

- Perspectives

- ▶ Étudier d'autres cas d'utilisation,
- ▶ Améliorer la méthode d'évaluation *QoE*,
- ▶ Ajouter l'option prédictive de la charge et de l'énergie verte,
- ▶ Considérer le mix énergétique du réseau électrique du pays.

# Vers une frugalité numérique participative: impliquer les utilisateurs dans la réduction de l'impact environnemental des applications cloud

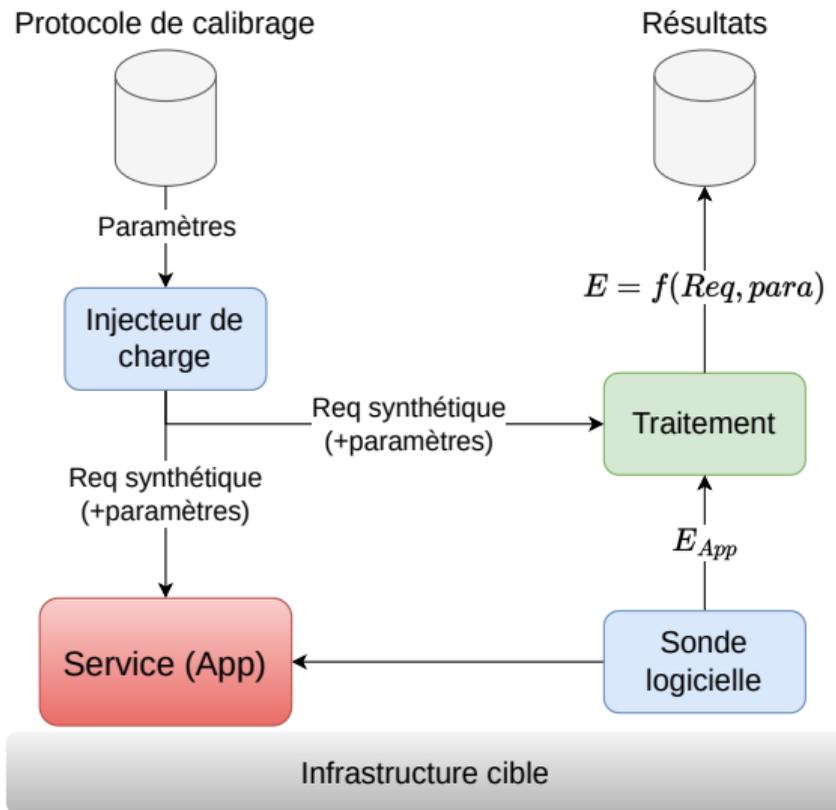
**Anas Mokhtari**, Baptiste Jonglez, Thomas Ledoux

STACK / IMT-Atlantique / LS2N / Inria  
OTPaaS

*Green Days*  
27 mars 2024



# Calibrage



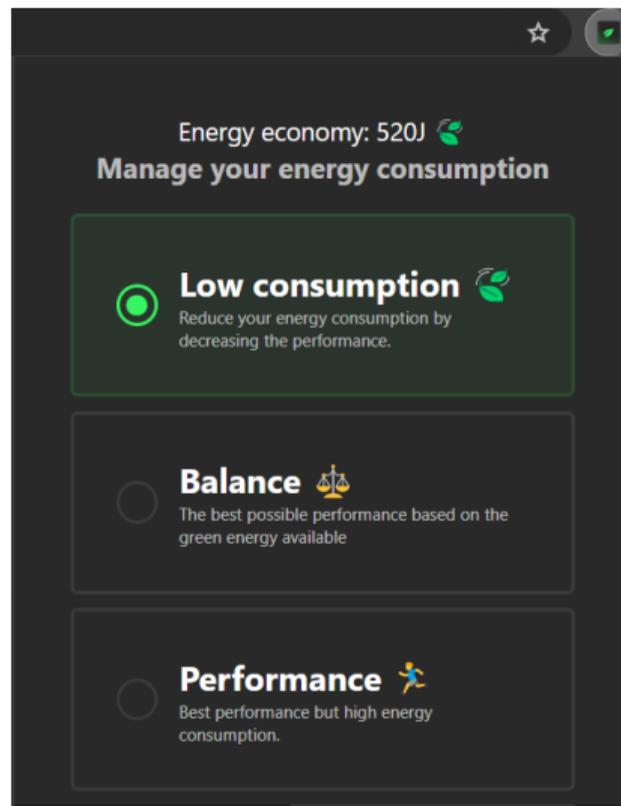


Figure – Extension du navigateur pour choisir le mode