



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom



# IMPLIQUER LES UTILISATEURS DANS LA RÉDUCTION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES APPLICATIONS CLOUD

Thomas LEDOUX  
équipe Stack LS2N-INRIA  
IMT Atlantique

# PLAN

1. CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE
2. ILLUSTRATION
3. SOLUTION & RÉSULTATS

Ce travail a été mené avec Anas Mokhtari (IMT Atlantique) et Baptiste Jonglez (Inria) dans le cadre du projet PIA4 OTPaaS (2021-2024)



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom

# CONTEXTE & PROBLÉMATIQUE

## Empreinte carbone du Cloud

Contexte : empreinte carbone et consommation énergétique des services numériques hébergés dans le Cloud

Etat de l'art : les solutions proposées

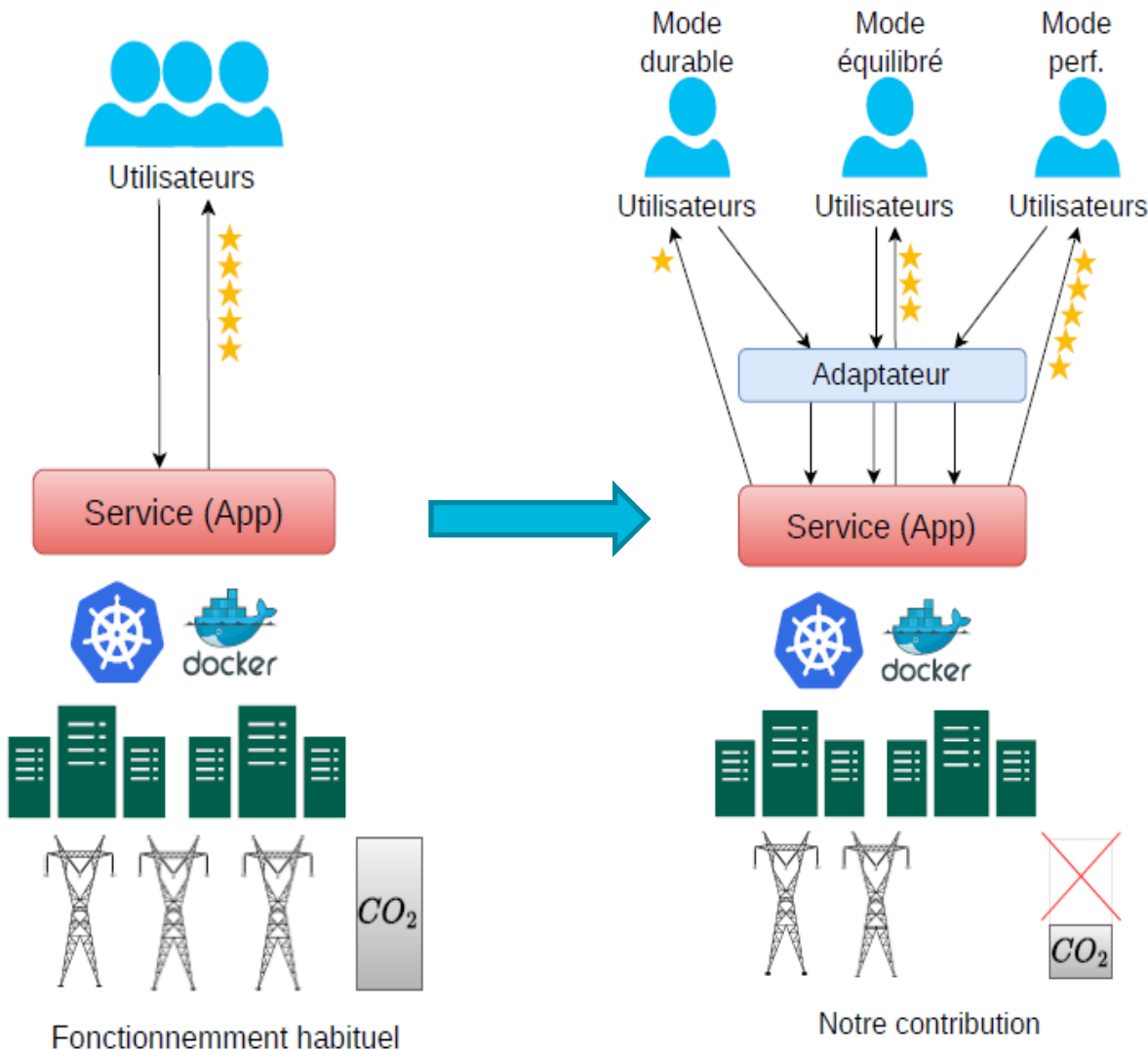
- ▶ traitent surtout les aspects infrastructures (optimisation)
  - ▶ considèrent l'application Cloud comme une « boîte noire »
  - ▶ ignorent les besoins des utilisateurs des applications (exigences différentes) :
    - le nombre de résultats d'une recherche
    - la qualité d'une image
    - le temps de réponse à une requête
    - etc.
- Notion de qualité d'expérience (QoE) ou qualité de service (QoS)*

Notre but : proposer une approche holistique où

- ▶ Le développeur de l'application Cloud propose une « boîte grise »
- ▶ L'utilisateur est impliqué dans sa consommation logicielle

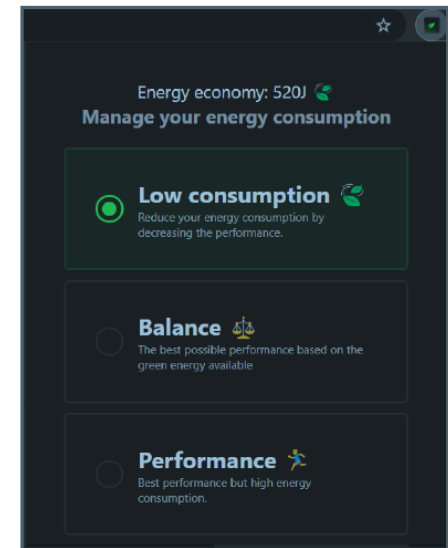
# PRINCIPE DE BASE

## Overview



## Trois modes utilisateurs :

- ✓ Performance : maximiser la qualité des résultats
- ✓ Durable : minimiser l'empreinte carbone
- ✓ Équilibré : entre les deux



# PREUVE DE CONCEPT

## Objectifs

### Quoi ?

**Faire des utilisateurs de l'informatique en nuage des acteurs clés**

**Montrer l'impact des choix des utilisateurs sur la consommation énergétique et l'empreinte carbone**

### Comment ?

**Proposer une technique d'adaptation automatique de la QoS/QoE en fonction du mode choisi par l'utilisateur et de la nature de l'énergie**

# CAS D'ÉTUDE

## Redimensionnement d'images

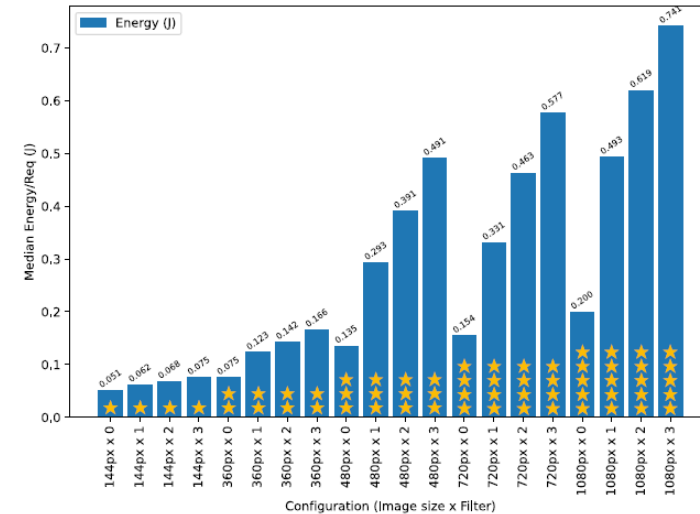
### Service de redimensionnement d'images

#### Deux Paramètres

- ▶ taille de l'image (144, 360, 480, 720, 1080 px)
- ▶ méthode de filtrage (0, 1, 2, 3)

#### Vingt configurations

- ▶ critère pour l'utilisateur : perception de l'image
- ▶ 5 niveaux de qualité estimés : 1 à 5 étoiles
- ▶ 20 consommations différentes



(a) 54p en hauteur, Filtre 0



(b) 1080p en hauteur, Filtre 3

# ADAPTATION

## Algorithme

Contexte de l'expérience : micro-datcenter alimentée par

- ▶ le réseau électrique : énergie illimitée mais brune
- ▶ les panneaux solaires : énergie verte mais limitée et variable

Objectif de l'algorithme

**Trouver la configuration optimale en QoS/QoE pour chaque profil d'utilisateur tout en minimisant l'empreinte carbone**

# EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS

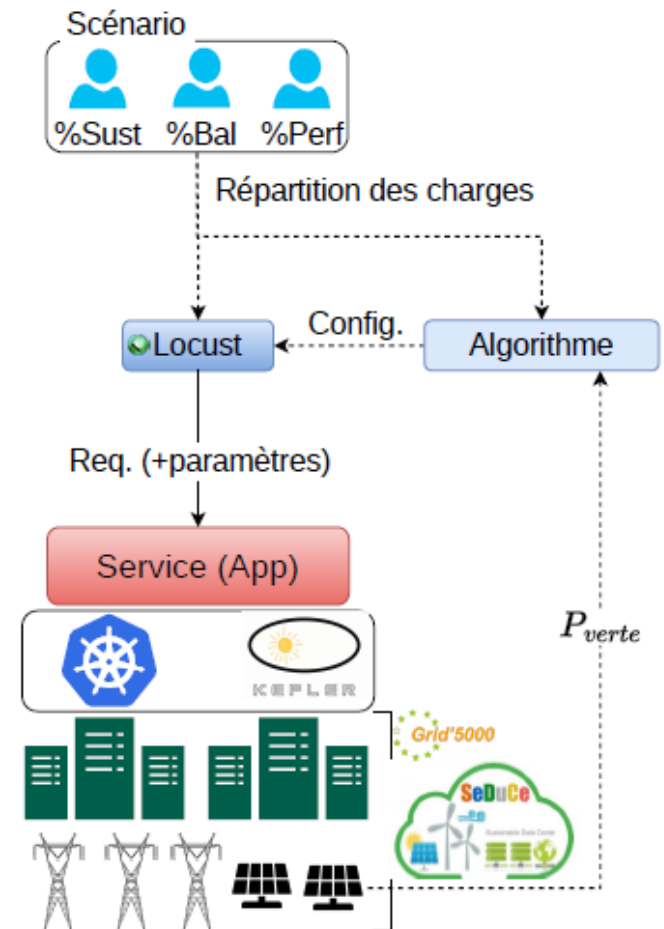
Banc de tests

## Dispositif expérimental

- ▶ Centre de données avec panneaux solaires
- ▶ Application déployée en utilisant Kubernetes
- ▶ Sonde logicielle Kepler
- ▶ Injecteur de charge Locust

## Expérience

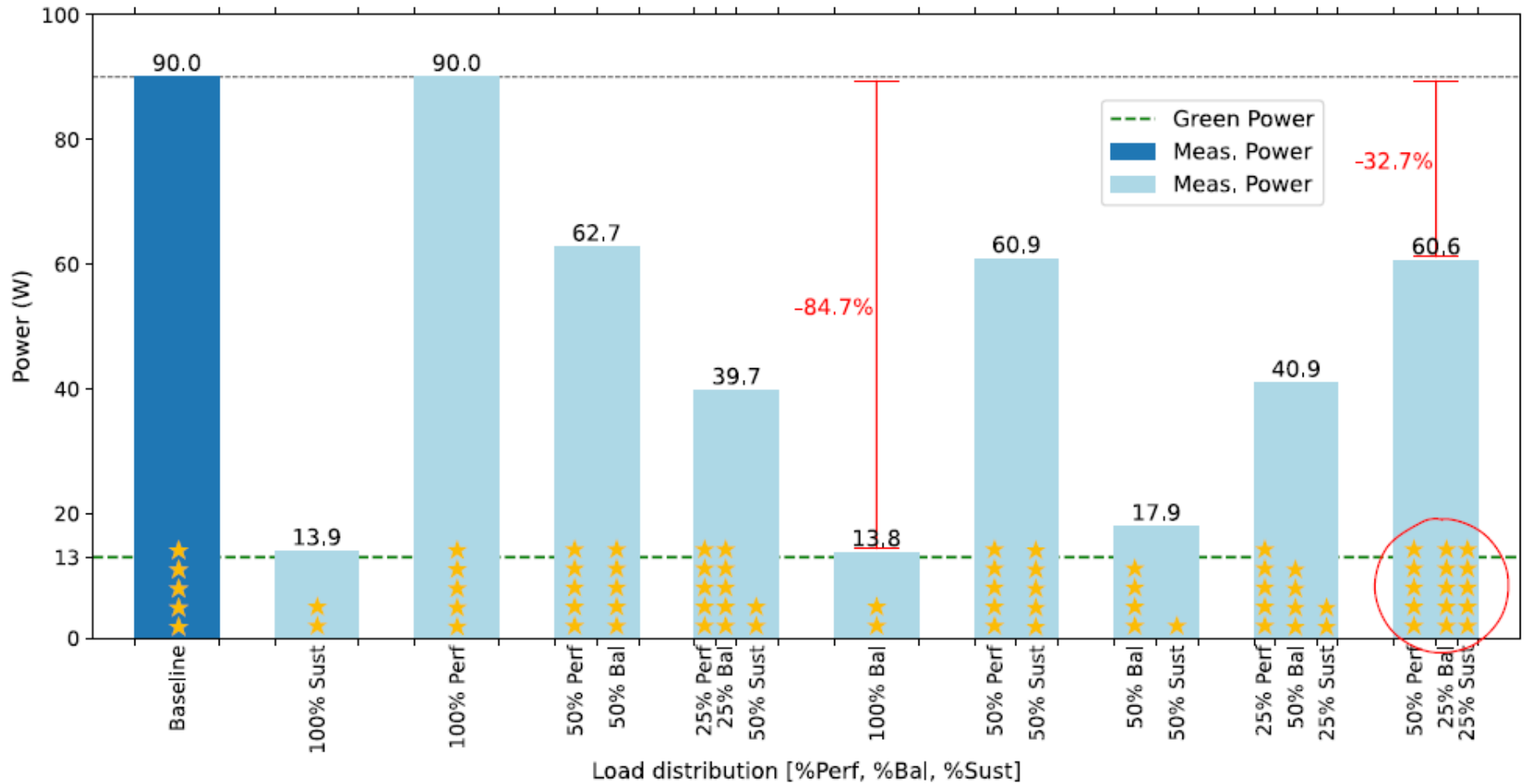
- ▶ Durée de l'expérimentation : 60 secondes
- ▶ Puissance verte disponible : 13W
- ▶ Charge totale des requêtes : 120 Req/s
- ▶ 9 scénarios avec des répartitions de charge différentes entre modes utilisateurs





# EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS

## Résultats



# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A suivre...

## Conclusion

**Frugalité numérique par la participation des utilisateurs**

**Cas de l'empreinte carbone des applications SaaS dans le Cloud**

**⇒ La participation des utilisateurs permet de réduire l'empreinte carbone**

## Perspectives

**Etudier d'autres cas d'utilisation : IA générative, streaming vidéo**

**Considérer le mix énergétique du réseau électrique du pays dans l'adaptation**

### Passage à l'échelle

- ▶ Auto-calibrer chaque configuration
- ▶ Travailler avec des développeurs Cloud (architecture microservices)
- ▶ Améliorer la méthode d'évaluation de la QoS/QoE

