

## COMMENT MESURER ET VÉRIFIER SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

*9H30 – ACCUEIL CAFE*

*Démarrage à 9H45*



# SOMMAIRE

INTRODUCTION

SYNTHÈSE DES INTERVIEWS DES INDUSTRIELS

OBLIGATIONS DE MISE EN OEUVRE D'UN PLAN DE MESURAGE

LA MESURE DANS L'INDUSTRIE

LE CHOIX DES APPAREILS DE MESURE

VISITES DES INSTALLATIONS ET ATELIERS

EXPLOITER LES DONNEES DE MESURE

RETOURS D'EXPÉRIENCE INDUSTRIELS



## COMMENT MESURER ET VÉRIFIER SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

### 9H45 – Introduction

**Jean-François LUCAS**

*CETIAT Responsable Marché Décarbonation Industrielle*

**Paule NUSA**

*ATEE Déléguée régionale AuRA*







Présentation CETIAT Industrie

# Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques



cetiat  
*ensemble, innover et valider*



# Nous sommes un CTI : Centre Technique Industriel

## CENTRE D'EXPERTISES

Spécialisé en **aéraulique, thermique, acoustique** et **métrologie** pour les marchés du bâtiment, de l'industrie et des transports.

## MISSIONS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

Une **référence** en France et en Europe qui **mutualise des moyens** au profit des industriels du **Chauffage**, de la **Ventilation** et de la **Climatisation**.

## MOTEUR D'INNOVATION

Une équipe multidisciplinaire partageant les valeurs d'**Expertise**, et d'**Intégrité** pour accompagner l'industrie dans ses projets

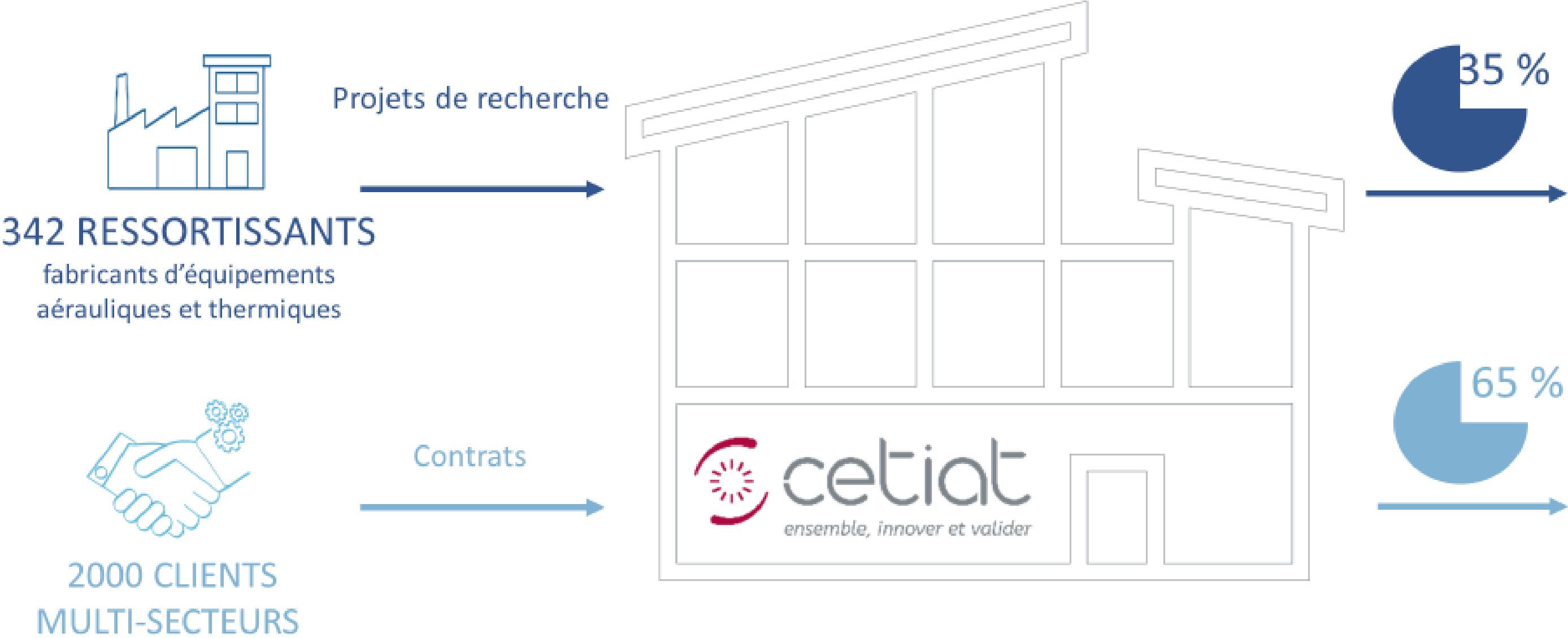
## INDÉPENDANT

Depuis 1960, une organisation indépendante, de droit privé, offrant **impartialité** et **confidentialité** pour tous ses services dans un système qualité exigeant (ISO 9001, ISO 17025).



# Activités et Gouvernance

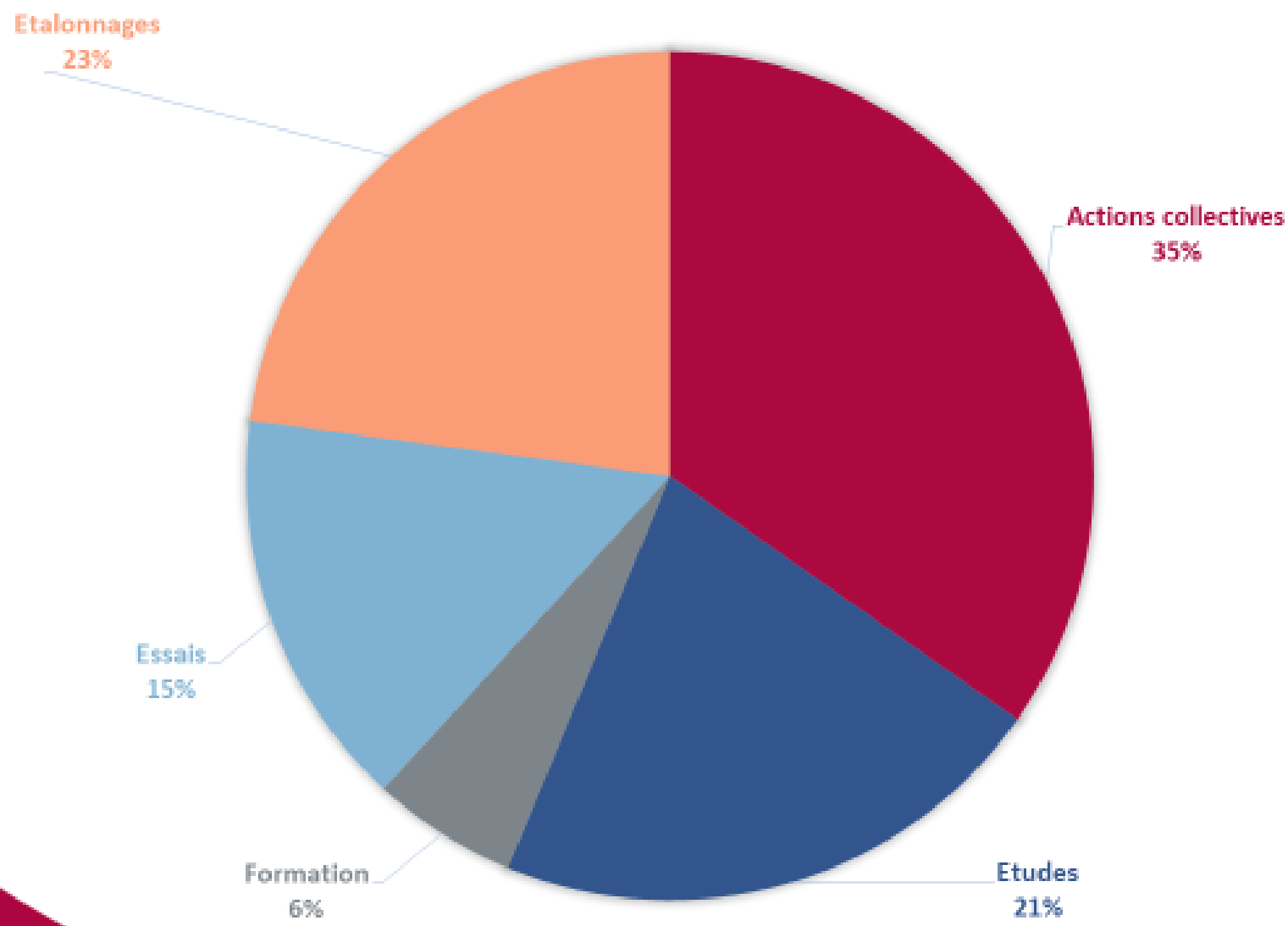
14,3 M€  
C.A 2024



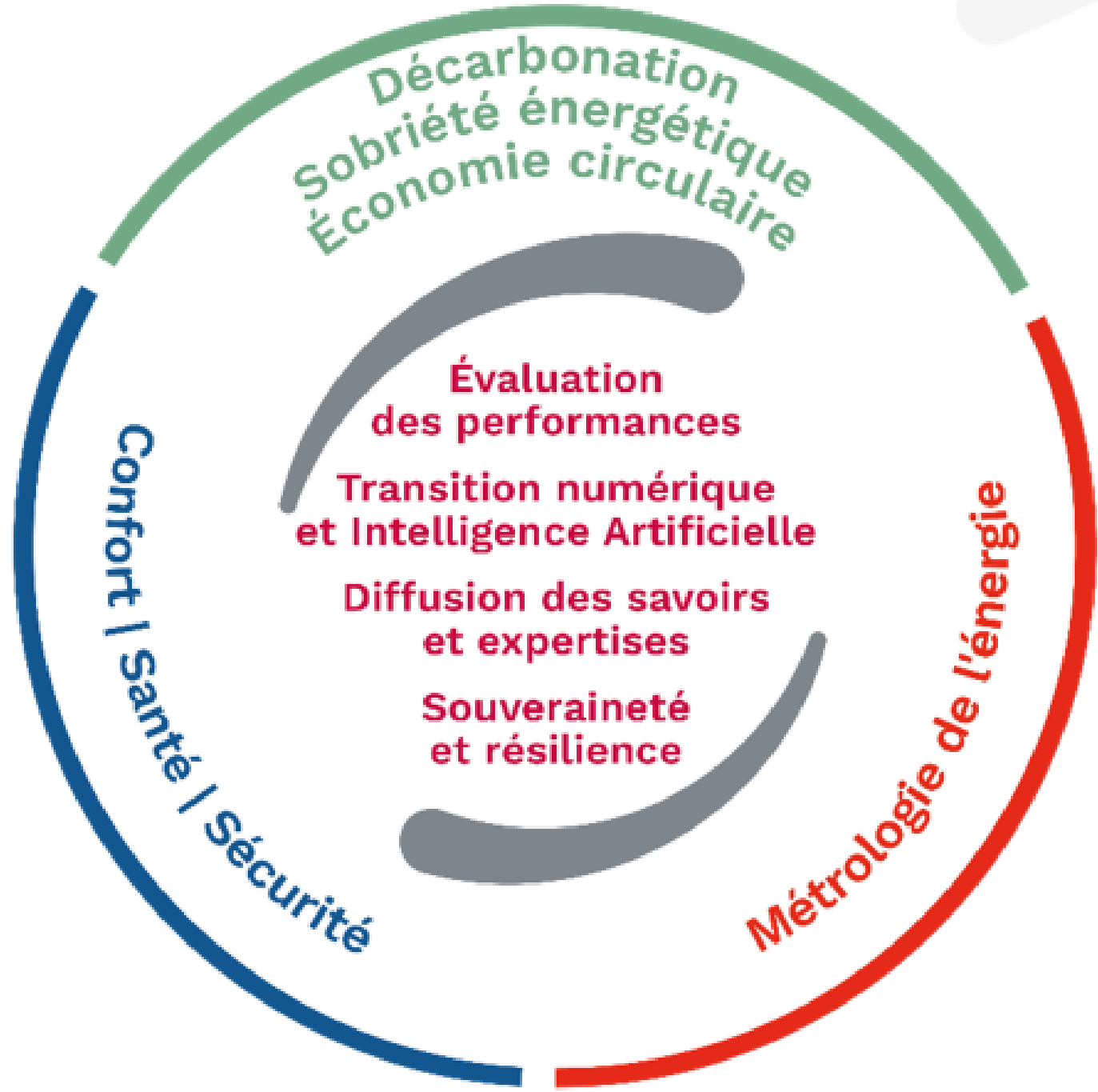


# Nos expertises pour accompagner le développement des industries

Nos métiers



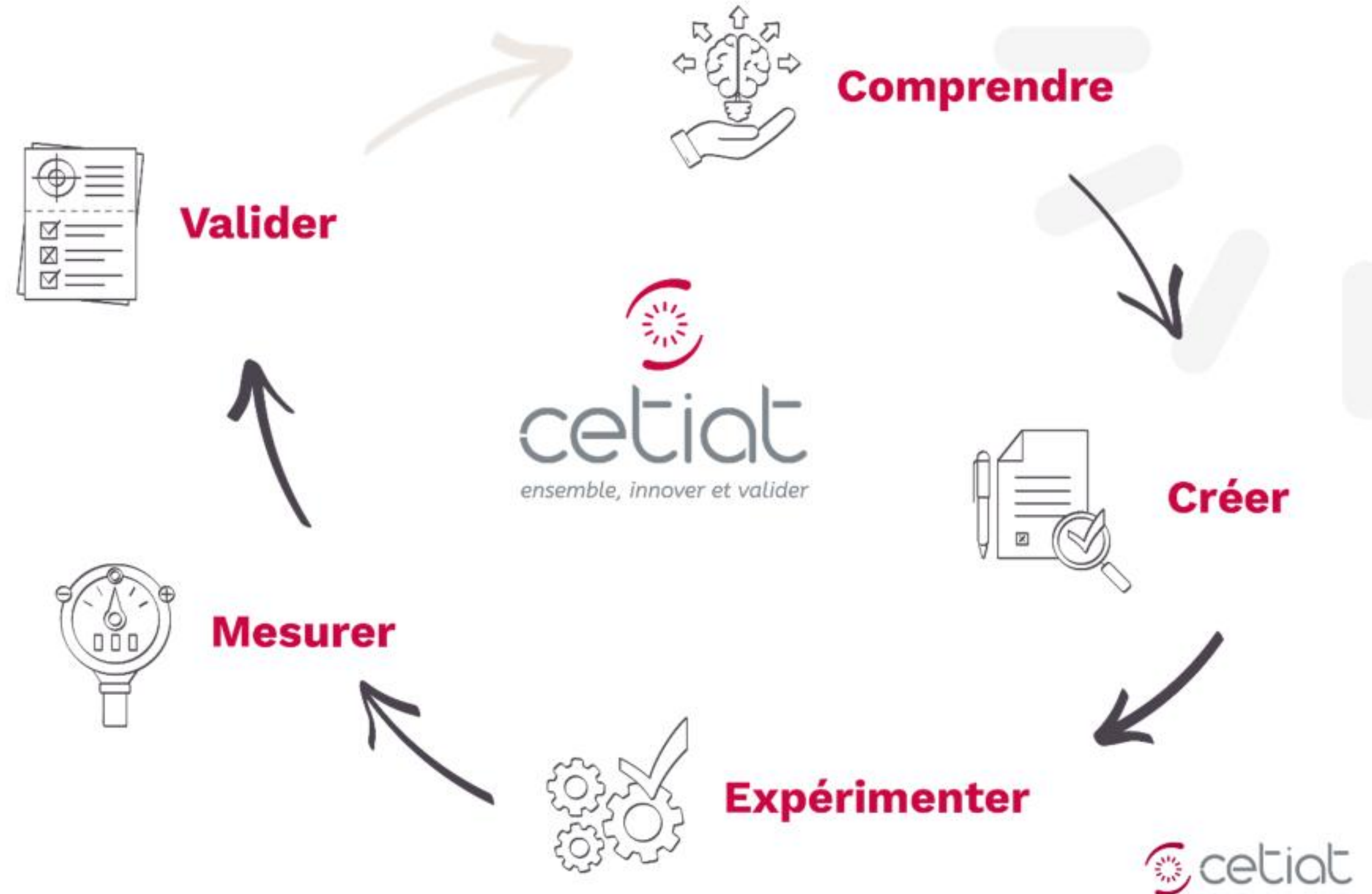
Nos domaines d'application





# Notre démarche, innover et valider

Nous considérons votre problématique dans son ensemble pour vous aider à aller plus loin et vous accompagner sur-mesure en gardant pour objectif votre performance.





# Nos moyens

153 collaborateurs - 10 000 m<sup>2</sup> de laboratoires - 1,1 M€ d'investissements

50 plateformes d'essais polyvalentes - 3 références nationales en métrologie



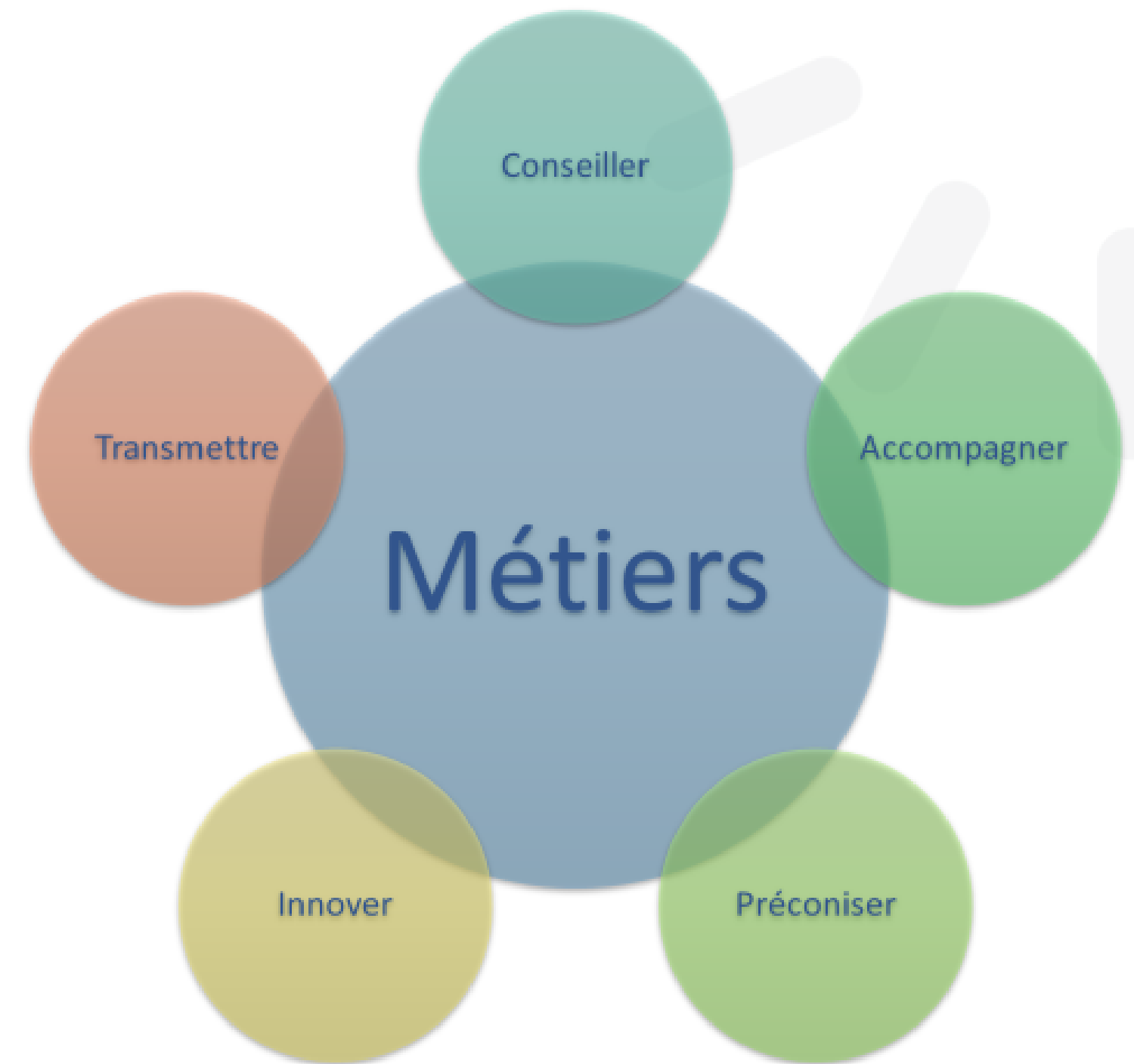
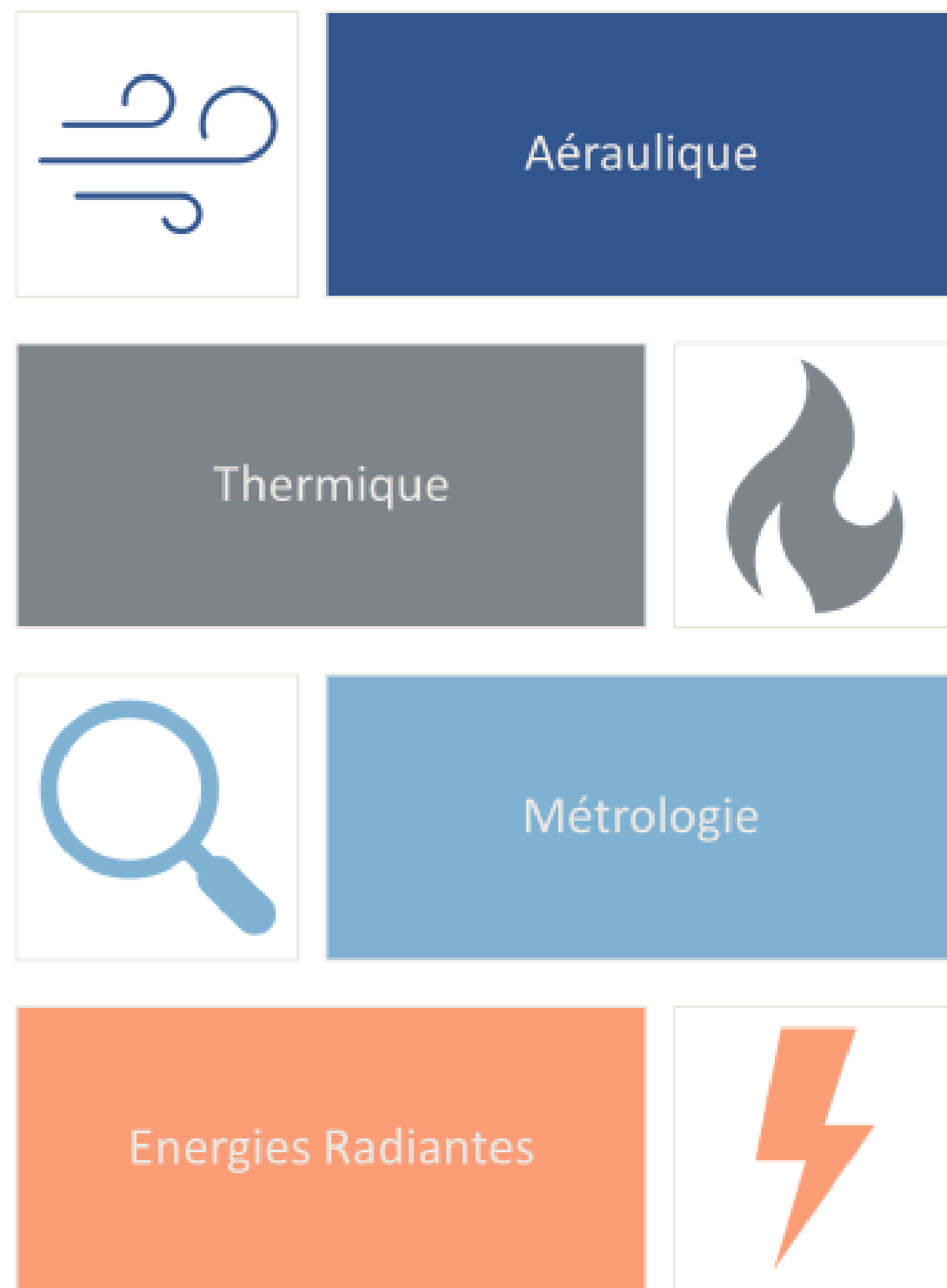


# Le CETIAT au service de l'Industrie



# Procédés et Décarbonation industrielle

## Des métiers associés à des compétences



# Etudes procédés

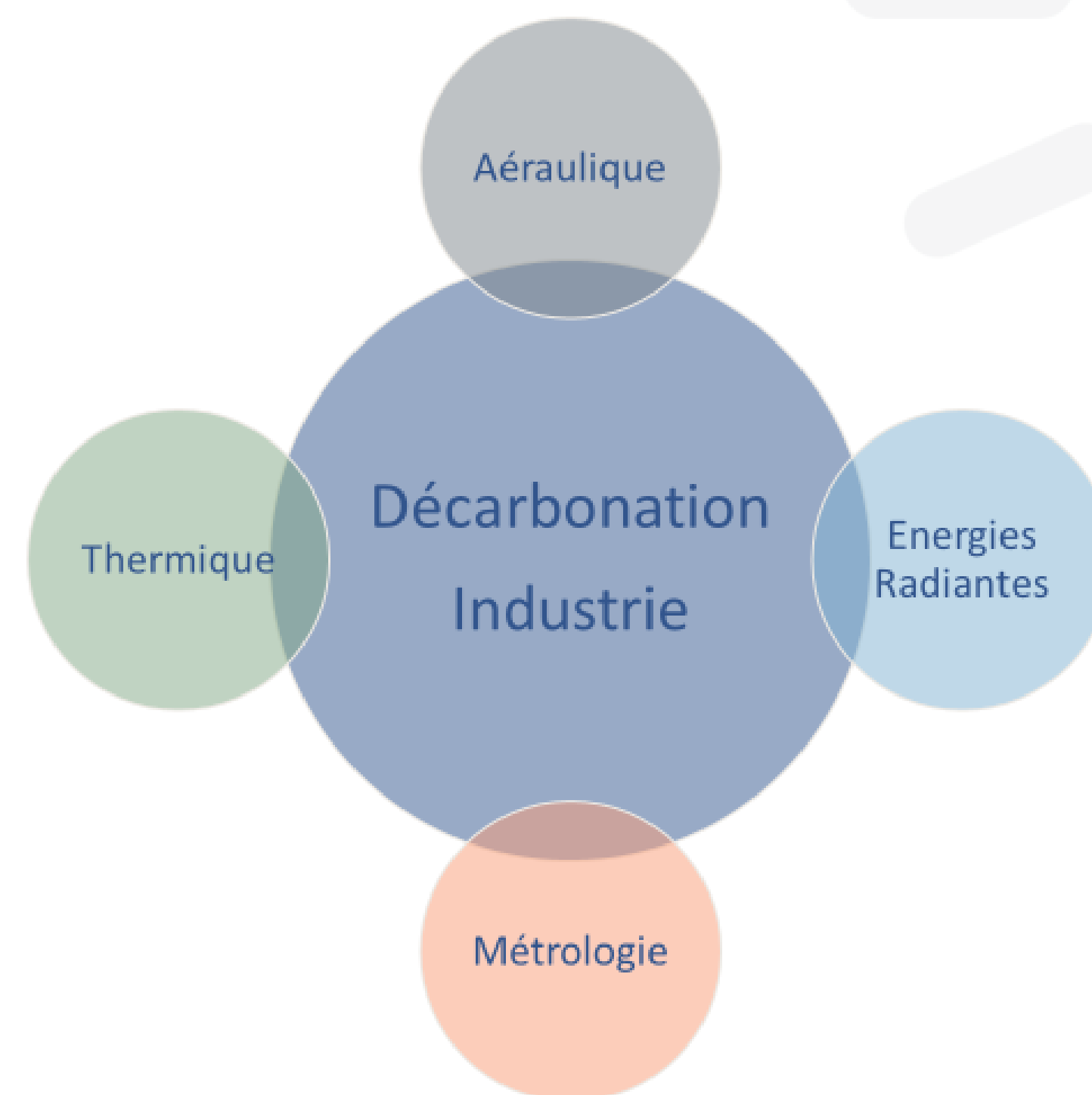
Conseil et expertise

Diagnostic de procédés:

- > Productique
- > Trouble shooting
- > Energétique

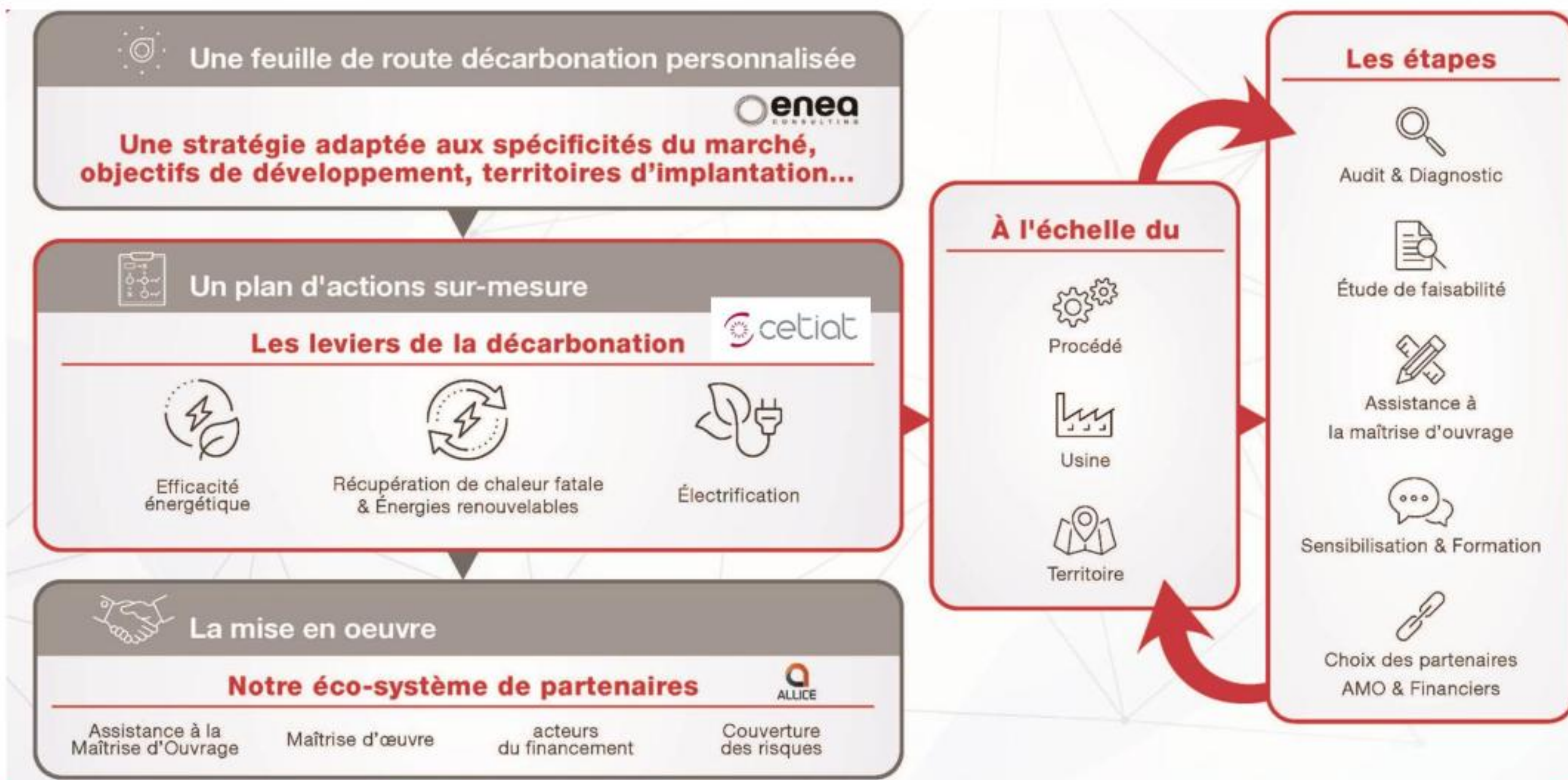
Feuille de route décarbonation

Accompagnement R&D : Etudes d'optimisation  
ou de faisabilité pour de nouveaux process





# Des prestations tournées vers la décarbonation





## Des prestations tournées vers la décarbonation

### Etudes énergétiques

- Audit énergétique réglementaire
- Étude thermique pour un meilleur confort thermique
- Etude d'optimisation des CTAs
- Audit décarbonation
- Etude d'évolution du mix énergétique
- ...





# Des prestations tournées vers la décarbonation

## Récupération de chaleur

Enjeux : récupérer la chaleur de 5 fours de fonderie en amont de la filtration

Étude du gisement : mesure sur une semaine : 32GWh disponible

Étude des technologies de récupération

- Chauffage des locaux
- Chauffage de l'aluminium
- Conversion électrique
- Chauffage process
- Chauffage urbain



# Constellium



# Des prestations tournées vers la décarbonation

## Électrification des procédés

### Contexte :

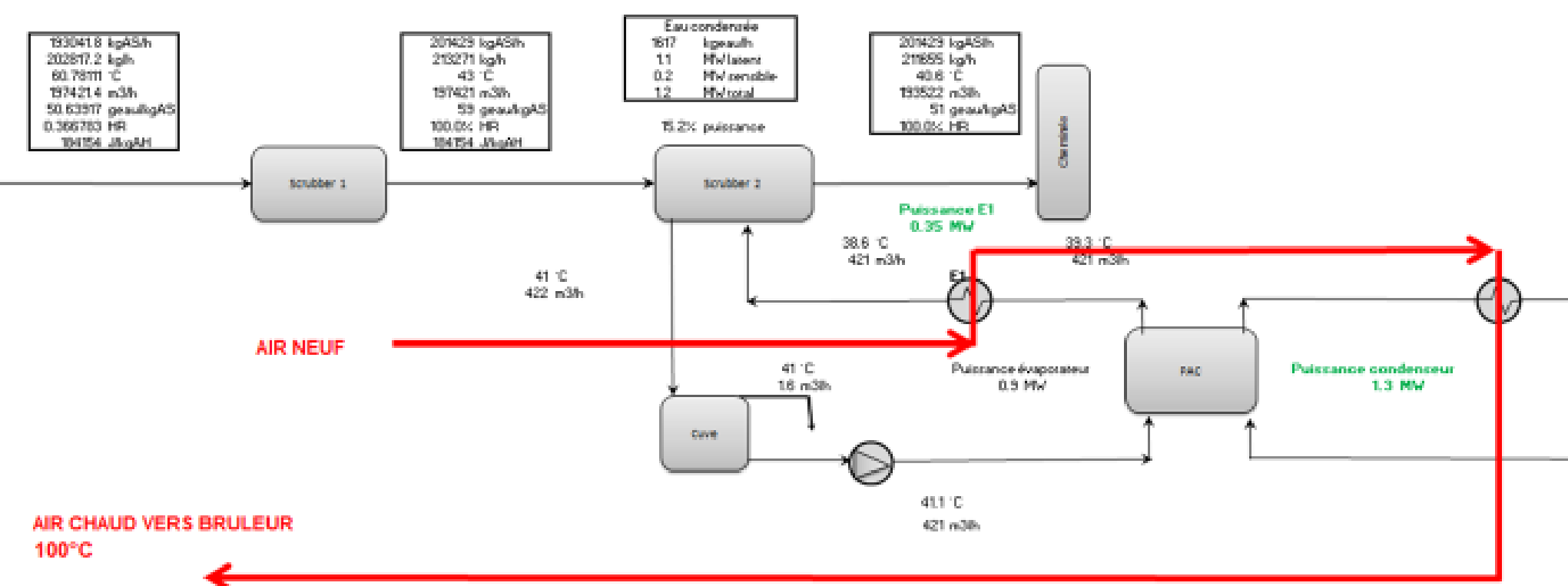
- Industriel spécialisé dans le séchage de poudre alimentaire
- Séchoir à tapis, air traversant, en continu 180°C
- Chauffage par bruleur gaz veine d'air
- Traitement des buées dans deux laveurs avant rejet dans l'atmosphère

Objectif : réduire la consommation de gaz via l'utilisation d'une PAC avec récupération sur buées

→ Produire de l'air à 100°C via une PAC THT

### Proposition :

- Différentes solutions envisagées avec une ou plusieurs PAC HT et THT
- Solution retenue : PAC THT + échangeur
- PAC 1.4 MW avec de l'eau 42/38 à l'évaporateur et 105/75 au condenseur





# Des expertises fortes

## Le séchage

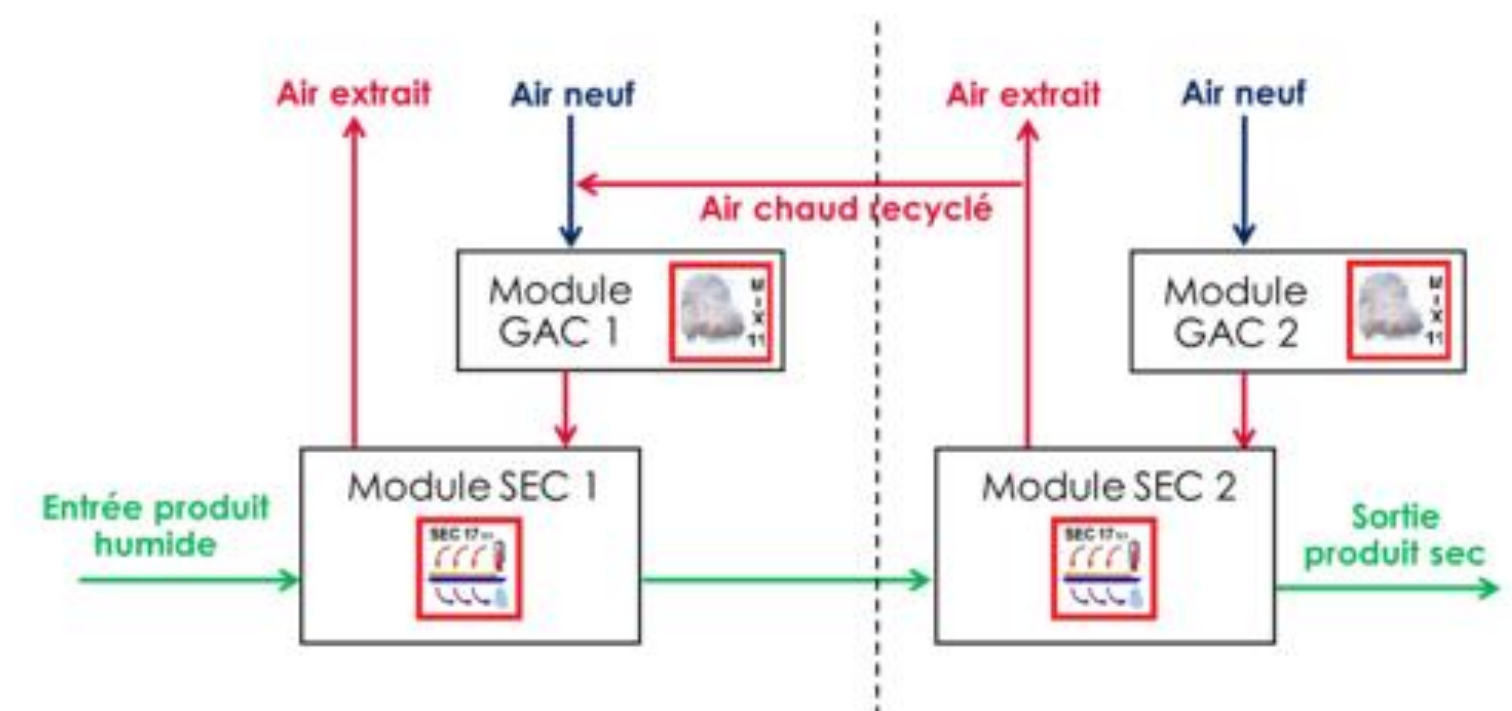
Expertises aéraulique et thermique

Référence nationale en mesure de l'humidité

Rédaction du guide des procédés de séchage dans l'industrie

Actions collectives auprès de nos ressortissants

- > Modélisation
- > Pilote



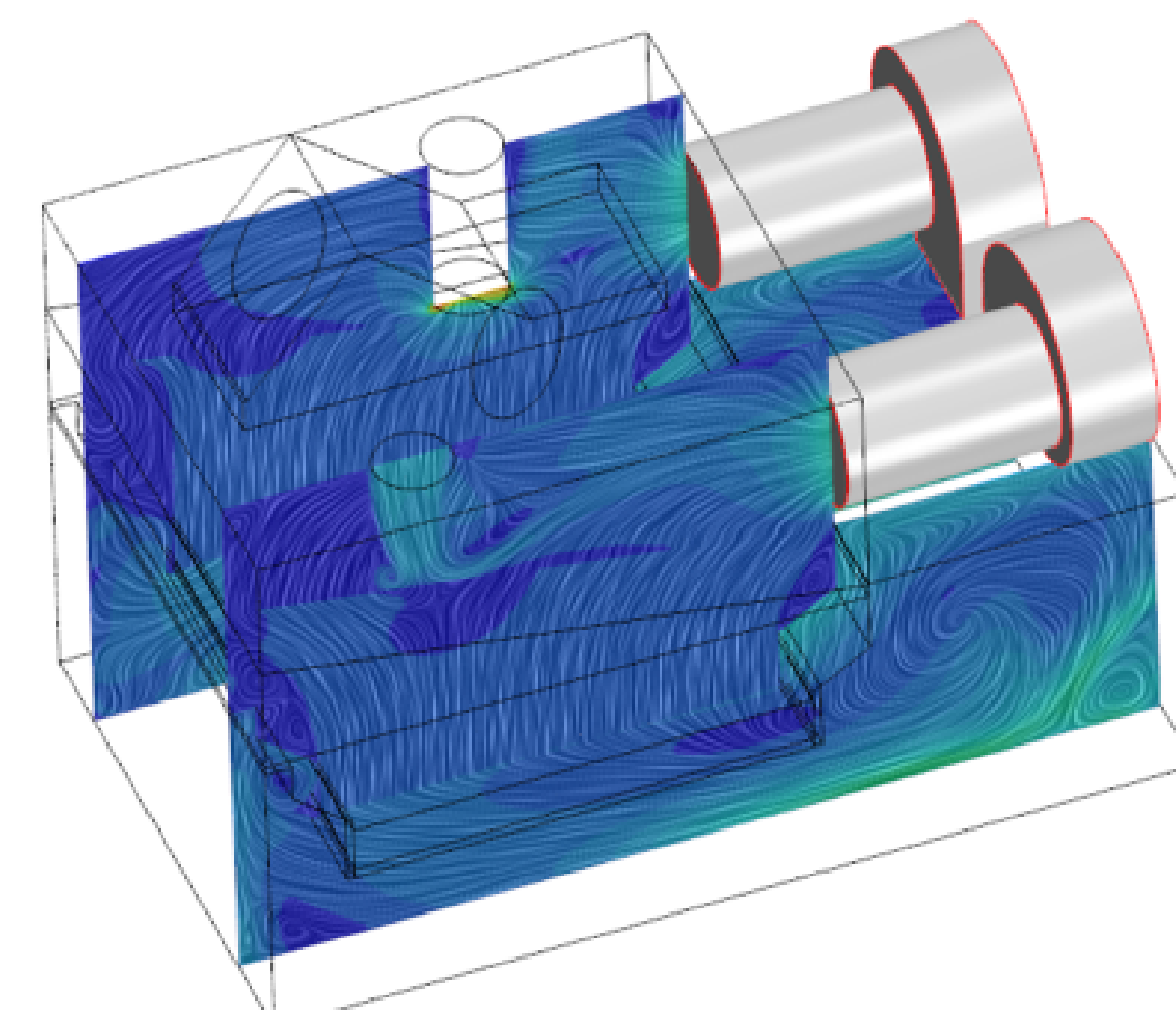
# Des expertises fortes

## Le séchage – Les travaux pour CLEXTRAL

Souhait de développer un nouveau sécheur modulaire en remplacement de l'EVOLUM

Phasage de la mission d'assistance :

- Conseil et orientation  
→ Concept de sécheur
- Mesures de pertes de charge des différents produits
- Cinétiques de séchage et de refroidissement des différents produits
- Modélisation numérique à partir de ces éléments  
→ Détails de conception
- Audit énergétique du prototype



<https://www.cetiat.fr/fr/le-cetiat-une-approche-scientifique-et-technique-au-service-de-l-industrie>







## Des expertises fortes

### Les énergies radiantes

Assistance à la conception d'un procédé de cuisson micro-ondes de pain de mie sans croûte

- Réduction de 40% des **pertes matière** (procédé concurrent par découpe de croûte)
- Réduction de **temps de cuisson** de 35 minutes à 100 secondes
- Réduction de la **consommation d'énergie** de 40%



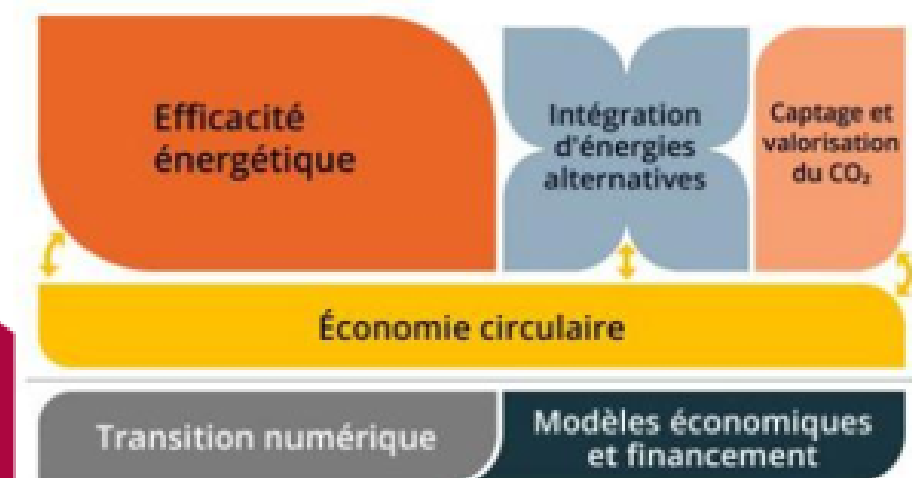
# Alliance ALLICE

Fédérer et innover pour décarboner l'industrie

## Nos missions

- ✓ **Rassembler** l'ensemble des acteurs de la filière pour innover collectivement au service de la décarbonation de l'industrie
- ✓ **Soutenir** le développement d'une offre de solutions de décarbonation performante et différenciante, en France et à l'international
- ✓ **Soutenir** les industriels dans l'accélération de leur décarbonation

## Nos domaines d'intervention



## Notre structure

- ✓ Un modèle reposant sur des adhésions
- ✓ Une structure d'animation indépendante
- ✓ Une gouvernance répondant aux besoins des adhérents et assurant une vision stratégique des enjeux de l'industrie
- ✓ Plus de 120 membres et partenaires

## Nos fondateurs



## Nos activités



Études collectives & veille



Animation du réseau ALLICE



Valorisation de la filière décarbonation

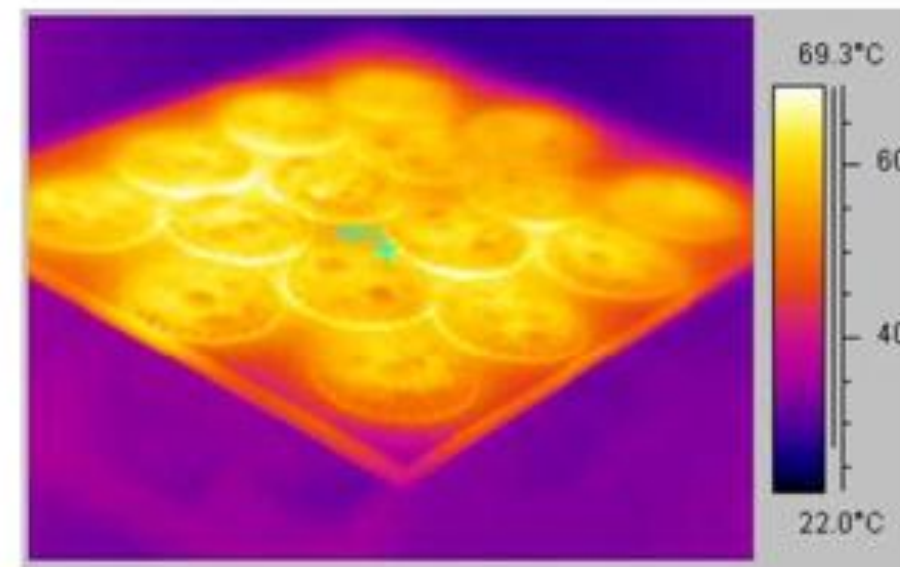


Prestations & interventions



## Nos forces

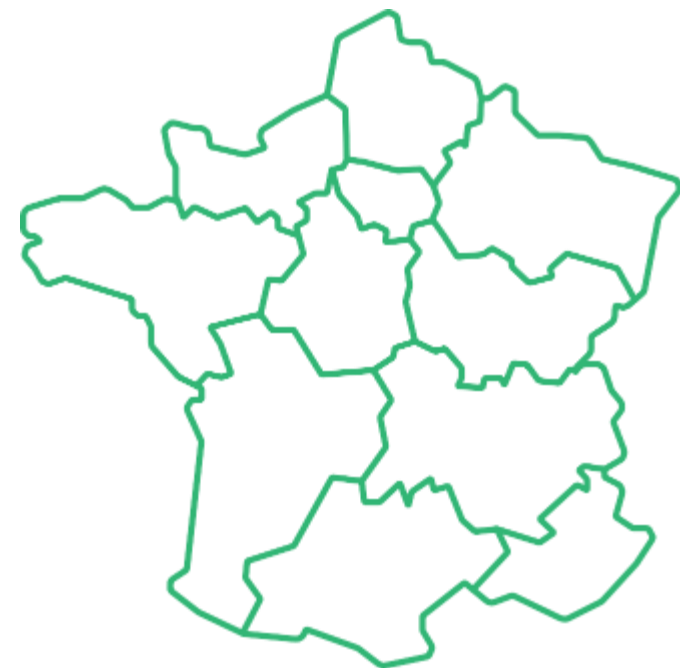
- Plus de **60 ans** d'existence
- **Compétences expertes** en :
  - Aéraulique
  - Thermique
  - Energétique
  - Thermodynamique
  - Energies Radiantes
  - Métrologie
- **Indépendance** et impartialité
- Plateformes d'**essais** pour études
- L'expérience des **procédés industriels**



# Association Technique Energie Environnement

Loi 1901

Agir ensemble pour une énergie durable, maîtrisée et respectueuse de l'environnement



- **2 500 adhérents**
- **11 délégations régionales** : un réseau de professionnels de l'énergie **mobilisé au service de ses adhérents** (*industriels et collectivités*) pour les informer des actualités du secteur et favoriser les échanges entre acteurs locaux (+ de 100 événements par an).
- **7 domaines d'expertise répartis en 2 pôles** :



## EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- Département **Maîtrise de l'Energie** qui anime une **Communauté des Référents Energie**
- Club **C2E** (Certificats d'Economies d'Energie)
- Club **Cogénération**
- 3 programmes nationaux :  
**OSCAR – FEEBAT** (*bâtiment*) –  
**PACTE INDUSTRIE**



## ENERGIES RENOUVELABLES

- Club **Biogaz**
- Club **Stockage d'Energies**
- Club **Power-to-gas**
- Club **Pyrogazéification**



- **Energie Plus** : la revue de la maîtrise de l'énergie



# La communauté des référents énergie



## Des responsables énergie industrie en réseau

- ◆ Accompagne les Référents énergie de tous niveaux, tous secteurs et tous horizons
- ◆ Espace documentation et outils d'analyse :
  - ✓ [suivi plan d'actions](#)
  - ✓ [veille réglementaire](#)
  - ✓ [veille technologique](#)
  - ✓ [retours d'expérience](#)
  - ✓ [webinaires](#)
  - ✓ [lettres d'information](#)
  - ✓ [espace évènements](#)
  - ✓ [guides techniques](#)
  - ✓ [questionsCRE@atee.fr](mailto:questionsCRE@atee.fr)
- ◆ Accès gratuit



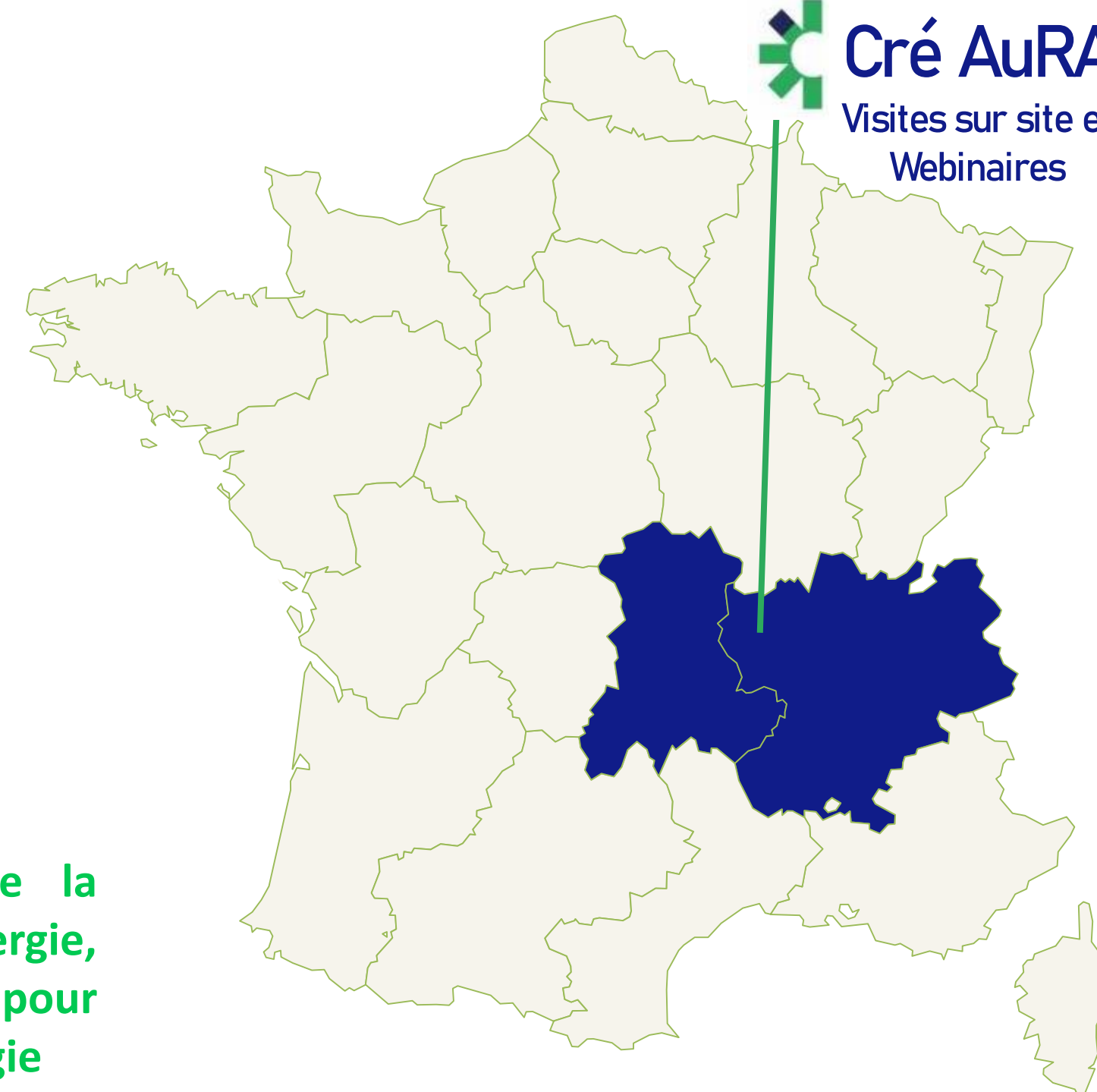
Inscription sur



Ce qui unit les membres de la Communauté des Référents énergie, c'est l'intérêt commun partagé pour réduire la consommation d'énergie

## ◆ Des clubs locaux :

## Nos partenaires :



# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)



## COMMENT MESURER ET VÉRIFIER SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

### *Synthèse des interviews réalisées auprès des industriels*

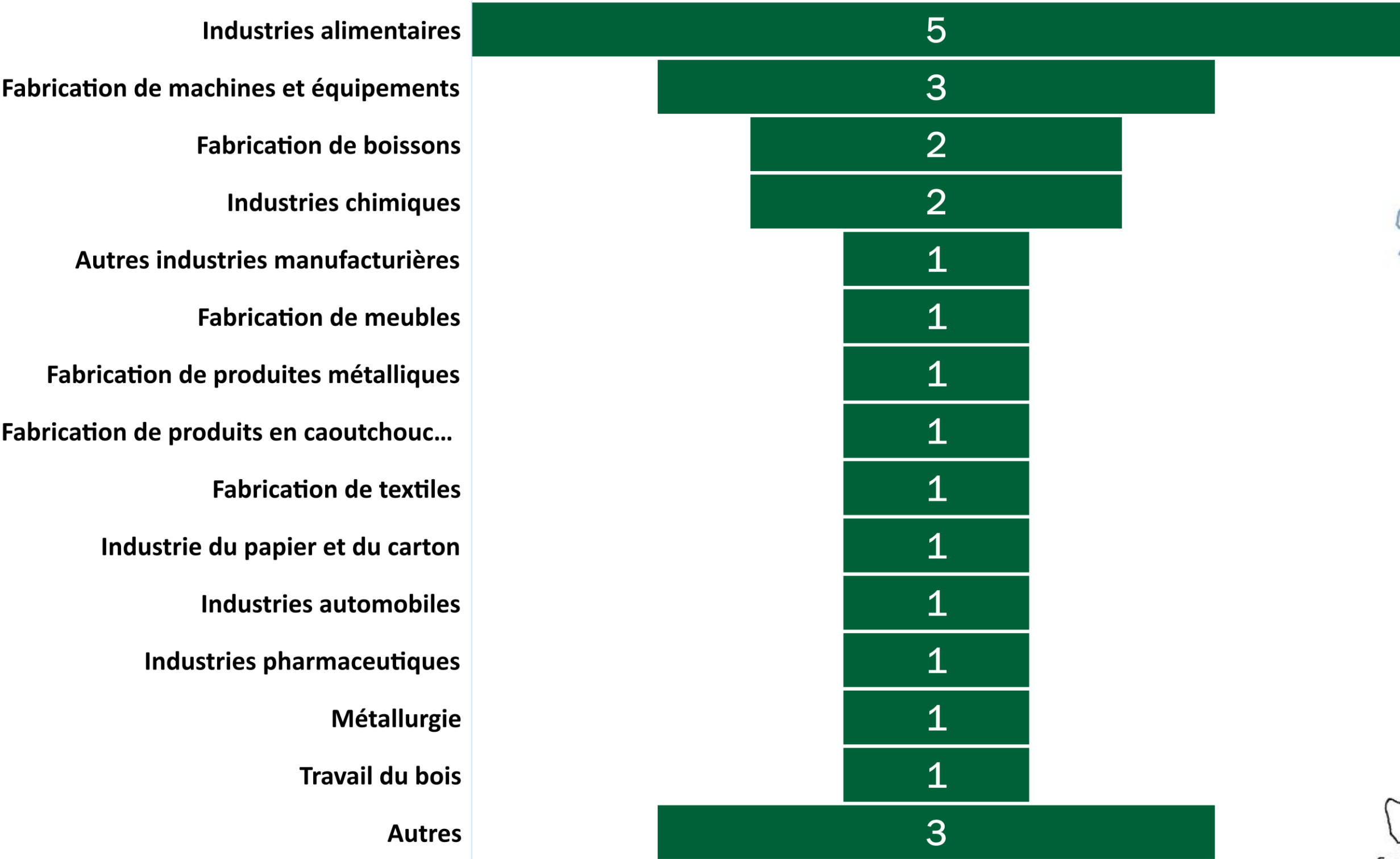
*Gaël LANDRIEUX  
ATEE Chef de Projet département MDE*





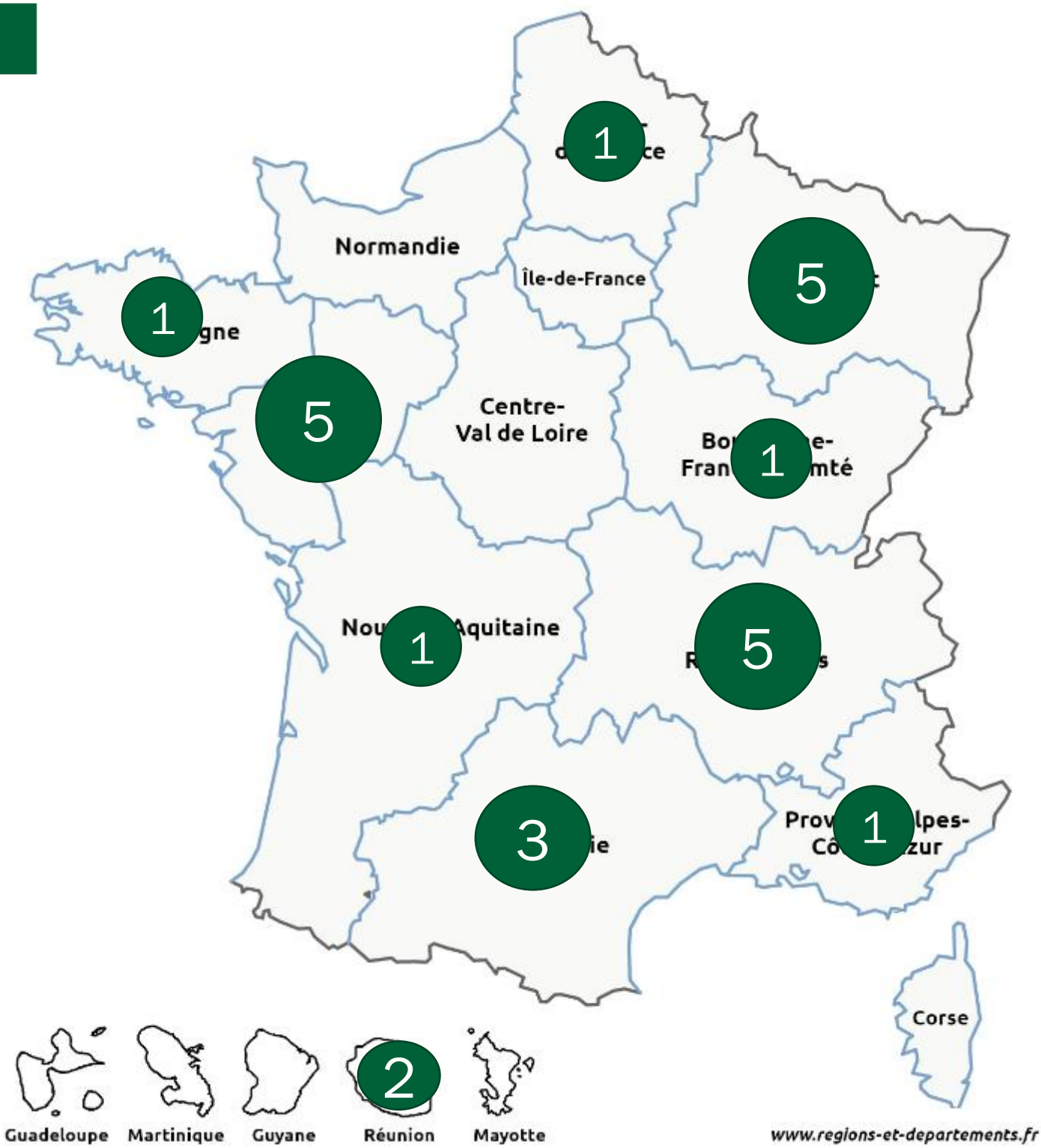
# Synthèse Interviews des industriels

## Secteurs d'activité



Total de 25 répondants

## Répartition géographique

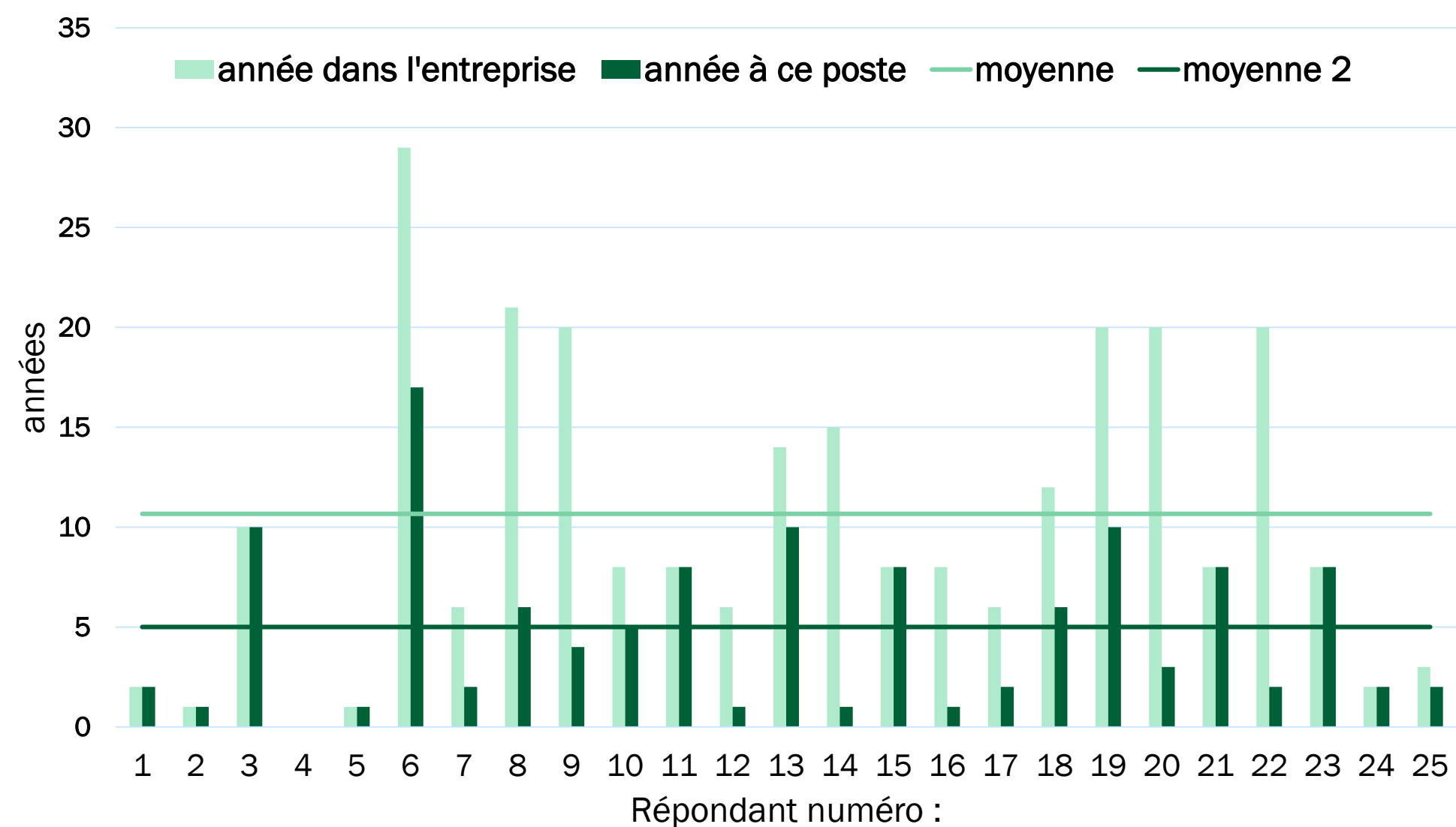


[www.regions-et-departements.fr](http://www.regions-et-departements.fr)



# Synthèse Interviews des industriels

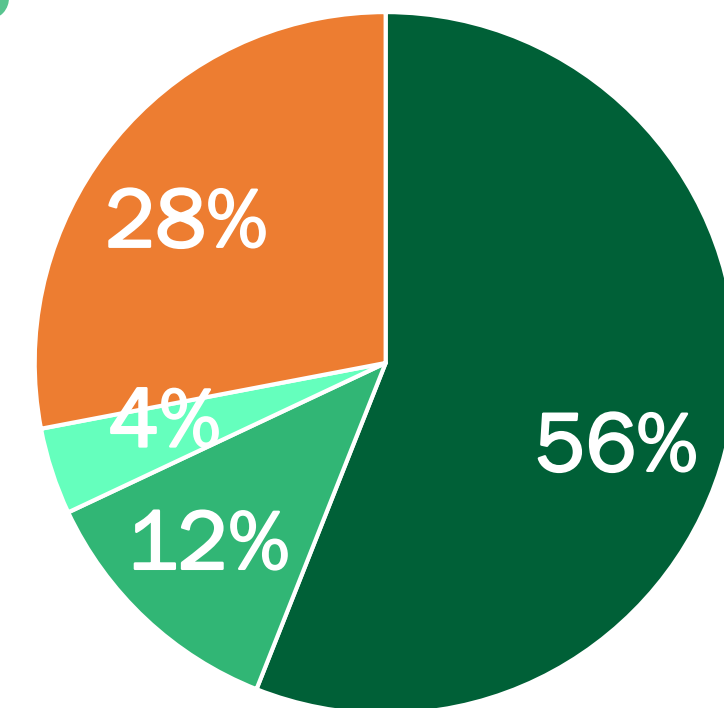
Depuis quand êtes-vous dans l'entreprise  
et au poste de référent énergie ?



En moyenne, les personnes sont **en poste** dans leur entreprise depuis environ **10 ans** et portent des responsabilités liées aux **sujets énergétiques** depuis environ **5 ans**.

## ISO 50 001 ?

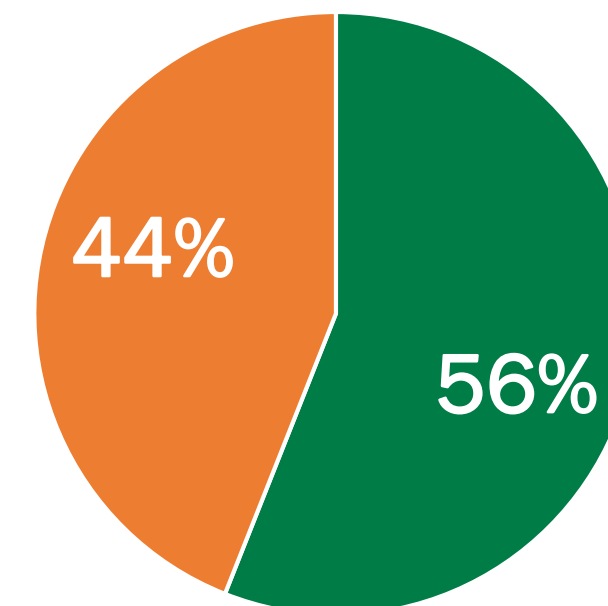
■ oui  
■ en cours  
■ oui mais pas certifié  
■ non



Sur 25 répondants

## Formation PROREFEI ?

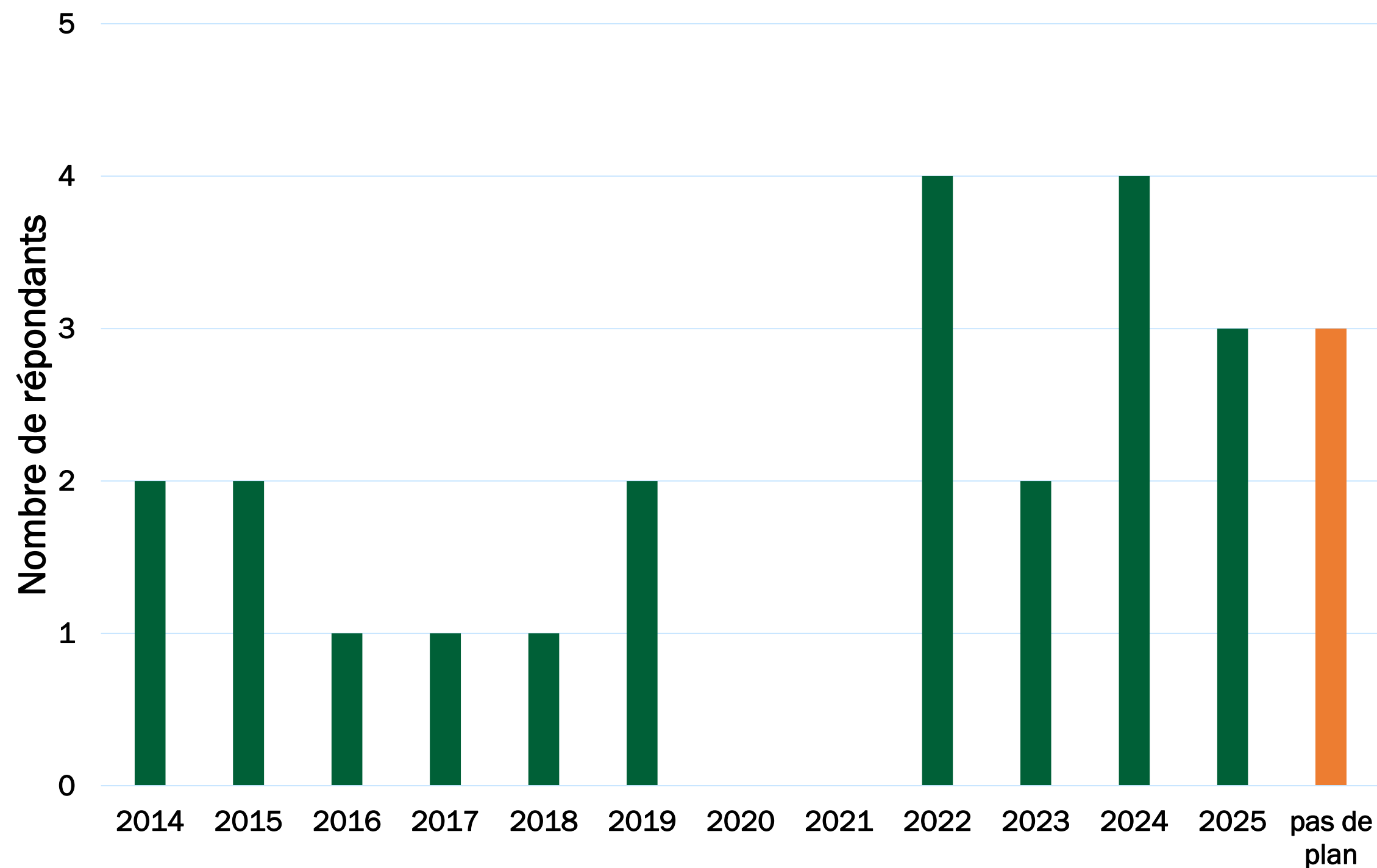
■ oui  
■ non



Sur 25 répondants

# Synthèse Interviews des industriels

Depuis combien de temps le plan de mesurage et de surveillance de l'énergie est-il mis en œuvre ?



- La plupart du temps des compteurs sont déjà en place depuis longtemps. Cependant, leur utilisation et leur intégration dans une démarche de mesurage et de surveillance de l'énergie est plutôt récente.



# Synthèse Interviews des industriels

Qu'est-ce qui a constitué le principal moteur ou levier pour sa mise en œuvre ?

Principaux moteurs	% réponses*
Détecter les dérives et les gisements d'économie	25%
Amélioration continue (ISO)	18%
Constater les économies des AEE	16%
Politique entreprise	14%
Variabilité des prix de l'énergie	9%
Réglementaire (Audit niv2, décret tertiaire, DREAL, exigence CSRD...)	9%
Autres (gain de temps, recommandation audit, CEE)	9%

\*Sur un total de 44 réponses

# Synthèse Interviews des industriels

Quelles difficultés avez-vous rencontrées lors de la mise en œuvre ou lors de l’exploitation du plan de mesurage et de surveillance de l’énergie ?

Principaux freins	% réponses*
Manque de temps	17%
Consolidation et fiabilité des données	15%
Financement	15%
Alignement des protocoles, remontée des données et architectures SI	11%
Nombre important de données	9%
Choix des compteurs et leur position	9%
Convaincre la direction	9%
Connaissance de l'existant	4%
Nouvelles compétences	4%
Autres (limite de prestation, disponibilité équipements, calcul des IPE, implication des équipes)	9%

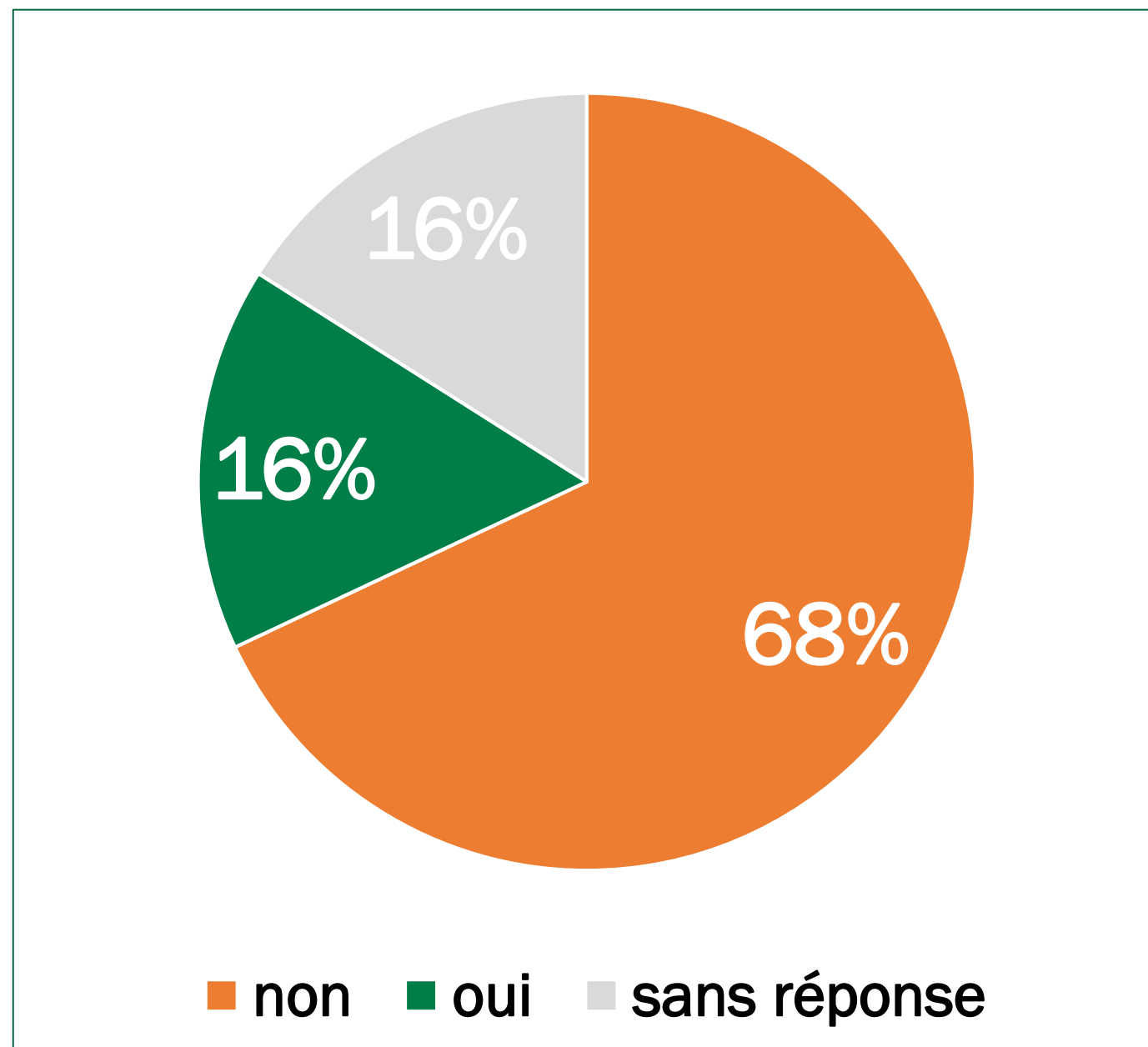
- Formation PROREFEI – équipe énergie
- Replay webinaire : Sensibilisation à la M&V (Apemeve)
- Fiche CEE IND-UT-134
- e-learning PACTE Industrie : Convaincre et argumenter un projet d’efficacité énergétique et de décarbonation

\*Sur un total de 47 réponses



# Synthèse Interviews des industriels

## Avez-vous une bonne connaissance de la norme NF EN 17267 ?



Sur 25 répondants

### Rappels :

- Les 6 étapes de la norme :

Fiche mémo disponible dans la boîte à outils de la communauté

PROREFEI  
Les formations des référents  
énergie dans l'industrie

atee  
Association Technico-Économique  
Énergie Environnement

PACTE  
industrie  
Accompagnement et Coopération

CEE  
Les certificats  
d'économies  
d'énergie

Formation Thématique : Le plan de mesurage et de surveillance

À qui s'adresse cette fiche mémo ?

- ✓ Aux référents énergie dans les entreprises qui sont en charge de gérer l'énergie.
- ✓ Aux personnels des services opérationnels, production, maintenance, hygiène, qualité et environnement.
- ✓ Aux personnes souhaitant appréhender une méthodologie pour la mise en place d'un plan de mesurage.
- ✓ Aux stagiaires ayant suivi la formation thématique sur le plan de mesurage de la formation PROREFEI.

Pourquoi mettre en place un plan de mesurage et de surveillance ?

Pour construire un état des lieux de l'usine ou du bâtiment sous l'angle énergie permettant de :

- ✓ Détecter des surconsommations et des dérives,
- ✓ Définir des indicateurs de performance énergétique,
- ✓ Déceler des problèmes d'entretien ou de maintenance,
- ✓ Faire un suivi et des comptes rendu aux techniciens, responsables énergie et à la direction,
- ✓ Répondre aux exigences réglementaires de l'audit énergétique, décret tertiaire, SMEn,
- ✓ Faciliter la mise en oeuvre d'un contrat de performance énergétique.

Comment mettre en place un plan de mesurage et de surveillance ?

La norme NF EN 17267 (août 2019) définit les éléments constitutifs du plan de mesurage et de surveillance de la performance énergétique et permet d'en détailler le contenu ainsi que les 6 étapes clés de mise en oeuvre :

  
Audio : Le plan de mesurage en 3min

Etape 1 – définir le contexte, les objectifs et les contraintes

Etape 2 – évaluer la situation existante

Etape 3 – classer les actions par ordre de priorité pour améliorer le système

Etape 4 – mettre en oeuvre le système de mesure

Etape 5 – exploiter les données de mesure

Etape 6 – maintenir le système de mesure

- Pour être **éligible** à la fiche CEE standardisée **IND-UT-134**, permettant une aide au financement au système de mesurage, il est demandé que **l'étude préalable** reprenne à minima les 6 étapes de cette norme.

# Synthèse Interviews des industriels

## Consommation et comptage gaz et électricité des sites industriels :

### Gaz :

Pour un total de 43 sites industriel : environ 900 GWh de consommation de gaz par année pour environ 1000 compteurs installés.

- Soit un ratio de 1 compteur de gaz par GWh de consommation.

### Electricité :

Pour un total de 43 sites industriel : environ 1000 GWh de consommation d'électricité par année pour environ 2000 compteurs installés.

- Soit un ratio de 2 compteurs électriques par GWh de consommation.



# Synthèse Interviews des industriels

Logiciels utilisés pour visualiser les remontées du plan de mesurage :



- La plupart des répondants sont satisfaits des logiciels utilisés.
- Il est souvent apprécié que le logiciel permette un développement ouvert (open).

# Synthèse Interviews des industriels

Quelle fréquence de communication du résultat du plan de mesurage ?

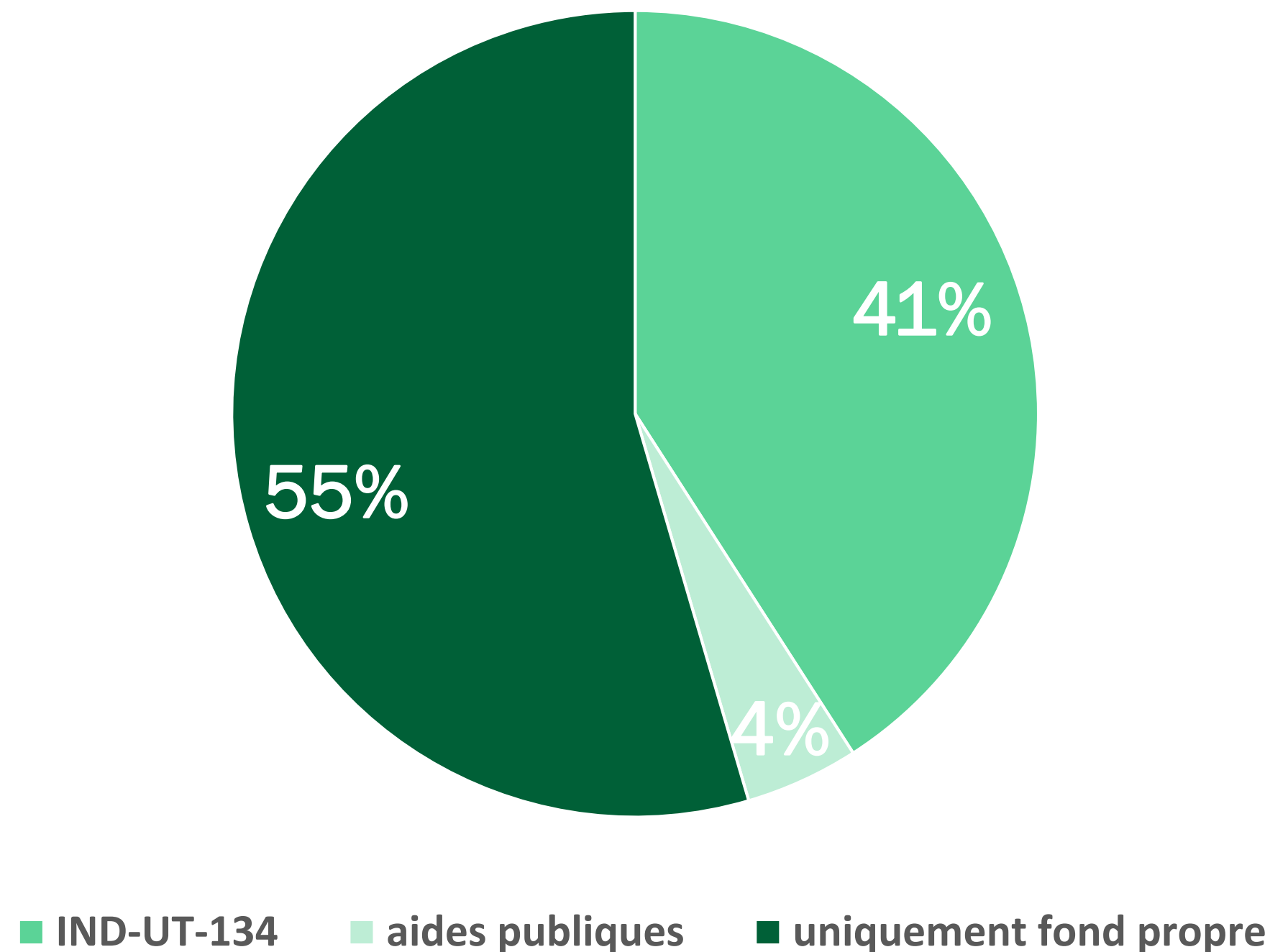
Fréquence de communication du suivi énergétique	réponses
accessible en continu	7%
quotidienne pour les équipes	7%
mensuelle lors de la revue énergétique avec la direction	28%
mensuel pour les équipes	7%
affichage trimestriel ensemble site	7%
annuelle auprès de la direction	3%
ponctuellement affichée sur site pour les équipes	14%
pas encore, en cours de développement pour les équipes	21%
Pas de communication	7%

*\*Sur un total de 29 réponses*



# Synthèse Interviews des industriels

## Quels Financements ?



*\*Sur un total de 22 réponses*

- Bonne connaissance de la fiche.
- Pour ceux qui arrivent à la valoriser elles semblent indispensables.
- Plusieurs retours comme quoi la fiche IND-UT-134 n'a pas abouti car complexité du montage du dossier (et durée de mise en œuvre)
- Bonnes pratiques : penser à financer les compteurs à chaque nouveau projet.

# Synthèse Interviews des industriels

Quels conseils pour un industriel qui débute dans la mise en œuvre d'un plan de mesurage ?

## 1. Définir clairement les objectifs et le périmètre

- ❖ Connaître son site, ses réseaux et ses usages énergétiques. (savoir interne ou audits détaillés)
- ❖ Identifier en priorité les usages énergétiques significatifs (UES) via un audit énergétique préalable.
- ❖ Déterminer ce que l'on veut mesurer et pourquoi (quels indicateurs, quelles décisions en découleront).
- ❖ Éviter de vouloir tout mesurer d'emblée : cibler les points à fort levier, puis étendre et affiner progressivement. Sinon ça peut devenir « une usine à gaz ».
- ❖ Limiter le nombre de prestataires ou définir finement les périmètres d'intervention pour éviter les conflits de responsabilités (ou les oublis).
- ❖ Prévoir dès le départ les ressources à mobiliser pour le plan de mesurage (CAPEX et OPEX).



# Synthèse Interviews des industriels

Quels conseils pour un industriel qui débute dans la mise en œuvre d'un plan de mesurage ?

## 2. Construire un plan de mesurage solide et évolutif

- . Co-construire le plan avec des experts du comptage et des acteurs terrain connaissant les usages énergétiques réels du site.
- . Prévoir l'évolutivité du dispositif : extensions futures, modifications de process, nouveaux bâtiments.
- . Structurer le plan pour valider les estimations et évaluer les économies issues des actions mises en œuvre.
- . Intégrer le comptage dans les investissements des nouveaux projets ou renouvellements d'équipements.

# Synthèse Interviews des industriels

Quels conseils pour un industriel qui débute dans la mise en œuvre d'un plan de mesurage ?

## 3. Choisir et installer les bons équipements

- Sélectionner les types de compteurs adaptés (fixes, mobiles, câblés, sans fil, fréquence de mesure, niveau de précision selon les besoins).
- Bien réfléchir à l'emplacement des compteurs pour éviter les doublons ou les données inutiles.
- Dans certains cas, du comptage temporaire peut être pertinent (consommations stables ou ponctuelles)



# Synthèse Interviews des industriels

Quels conseils pour un industriel qui débute dans la mise en œuvre d'un plan de mesurage ?

## 4. Soigner la supervision et la gestion des données

- Choisir une plateforme de supervision adaptée à l'industrie, après benchmark des solutions.
- Aligner les protocoles de communication et bien paramétrer le système pour éviter les pertes ou incohérences.

# Synthèse Interviews des industriels

Quels conseils pour un industriel qui débute dans la mise en œuvre d'un plan de mesurage ?

## 5. Mobiliser les bonnes compétences

- . Bien choisir les collaborateurs impliqués dans le projet (techniques, maintenance, énergie).
- . Ne pas rester seul sur le sujet : s'appuyer sur des experts externes si nécessaire.
- . Sensibiliser le personnel à la démarche et au bon usage du système de comptage.



# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)

COMMENT MESURER ET VÉRIFIER  
SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

## OBLIGATIONS DE MISE EN ŒUVRE D'UN PLAN DE MESURAGE

*Pierre RICHARD*  
*Chargé d'études énergie au CETIAT*

*Gaël LANDRIEUX*  
*ATEE Chef de Projet département MDE*



## 10H20 : OBLIGATIONS DE MISE EN ŒUVRE D'UN PLAN DE MESURAGE

Loi DADDUE et Audit énergétique de niveau 2

- Pierre RICHARD, CETIAT

Système de Management de l'énergie, Contrat de Performance énergétique et CEE spécifiques

- Gaël LANDRIEUX, ATEE



# Les textes

## 1. Initialement :

- Directive 2012/27/UE efficacité énergétique
- Décret 2014-1393 et Arrêté du 24-11-2014 modalités d'application de l'audit énergétique

## 2. Nouvellement :

- Révision 2024 des conditions d'audit
- Refonte Directive 2023/1791 efficacité énergétique
- Loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 (Loi DDADUE)
- [Arrêté du 10-07-2025](#), relatif aux modalités de réalisation de l'audit énergétique en entreprise et aux modalités de reconnaissance de la compétence des auditeurs énergétiques

## 3. Prochainement :

- Rédaction d'un nouveau décret en cours pour la directive de 2023
- Mise à jour d'autre texte réglementaire à venir

Code de l'énergie

Partie Législative : Articles L233-1 à 4

Partie Réglementaire : Articles R233-1 à D233-9



# Évolution des seuils



## Avant

### Seuil audit

Étaient soumises à audit énergétique réglementaire, les entreprises ayant soit :

- Plus de 250 salariés
- Un CA > 50 millions € et un bilan > 43 millions €

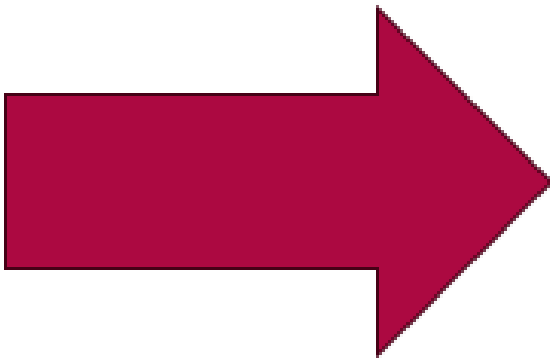
À renouveler tous les 4 ans.

### Seuil ISO50001

Pas de contrainte, l'ISO est purement volontaire.

### Exemption

- Exemption d'audit si dispose de l'ISO50001



## Maintenant

### Seuil audit

Sont soumises à audit énergétique réglementaire les entreprises dont :

- La conso d'énergie est supérieure ou égale à **2,75 GWh/an**

**À renouveler tous les 4 ans.**

### Seuil ISO50001

Sont soumises à ISO50001 les entreprises dont :

- La conso d'énergie est supérieure ou égale à **23,6 GWh/an**

### Exemptions

- Pour audit : si ISO50001
- Pour ISO50001 : soit ISO14001 « plus » avec audit tous les 4 ans, soit contrat de performance énergétique couvrant plus de 80% des consommations d'énergie finales.

En attente de Validation par décret

# Précision sur la définition des seuils et périmètres

## Seuil :

- Énergie finale = Facture énergétique + **ENR auto-consommée** (attente de validation par décret)
  - Ne pas oublier les flottes de véhicules (achat d'essence)
  - Les productions ENR devront être bien comptées ! (pas de précision pour l'instant)
- Consommations annuelles moyennes sur les 3 dernières années civiles

## Périmètre :

- L'audit énergétique doit couvrir **80% des consommations** d'énergie finale.

Rappel : on travaille au niveau SIREN



# Nouvelles contraintes

## Sur l'audit énergétique :

- Audit doit être au minimum de niveau 2 (cf. diapo suivante)
  - C'est-à-dire : Audit de niveau 1 n'est plus accepté.
- Classification des actions d'amélioration de la performance énergétique en 4 temporalités :
  - < 1 ans ; 1-3 ans ; 3-5 ans ; > 5 ans
- Pour les procédés industriels, thermiques :
  - Niveaux de température du procédé (pour récupération de chaleur et ENR)
- Point sur la chaleur fatale et les possibilités d'ENR :
  - Niveau de température des rejets de chaleurs fatales.
  - Possibilité de recours à la chaleur fatale ou une ENR.

Peut-être complété par  
étude mix





# Les niveaux d'audit

Extrait de la norme NF 16247-1\_2022, annexe B, tableau B.1

## En plus de la norme l'arrêté précise que :

- Un minimum de trois usages énergétique significatif est retenu dans tous les cas (et donc à mesurer).
- Justifier la non prise en compte de certains usages (impossibilité de mesure, arrêt de l'usage sur la période...).

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Intention générale	Audit standard conforme aux exigences de la norme EN 16247	Audit détaillé	Audit détaillé avec coûts étayés par des devis
Situation ou type de sites adaptés	Tous les sites ; sites exigeant une analyse complète des opportunités susceptibles de générer des économies d'énergie		Tous les sites ; sites exigeant une analyse complète des opportunités susceptibles de générer des économies d'énergie et des informations détaillées sur le calcul des coûts d'investissement
Visite de site	Exigée ; entretien avec les membres clés du personnel, détermination d'un plan de surveillance et de mesurage		
Recueil des données	Utilisation des données significatives pertinentes (factures, paiements, données site), avec mesurage	Les usages énergétiques significatifs doivent être mesurés (et non estimés)	
Répartition de la consommation d'énergie annuelle	Il convient de tenir compte des usages énergétiques significatifs tels que reflétés par les exigences de la législation locale ou des bonnes pratiques de l'objet audité ou de l'organisme, conformément au champ d'application de l'audit énergétique	Il convient de tenir compte de tous les usages énergétiques qui représentent plus de 10 % de la consommation énergétique de l'objet audité ou de l'organisme, conformément au champ d'application de l'audit énergétique	
Fiabilité des recommandations	À partir des évaluations des économies d'énergie attendues et des estimations des dépenses de fonctionnement et d'investissement (OPEX et CAPEX)	Fiabilité des économies d'énergie attendues à partir du calcul détaillé intégrant les dépenses de fonctionnement et d'investissement (OPEX et CAPEX)	Fiabilité des économies d'énergie attendues avec des coûts d'investissement étayés par des devis



# Nouvelles contraintes

## Après l'audit énergétique :

- Déclaration d'un plan d'actions mises en place :
  - Ce plan d'action découle des recommandations de l'audit (ou de l'ISO)
  - Publication du plan dans le rapport annuel de l'entreprise, avec le taux d'exécution des mesures (publique, dans le respect du secret des affaires).
  - Si action avec temps de retour inférieur à 5 ans non pris en compte : le justifier.
  - Pour entreprises soumises à quotas (SEQE1) : réduction des quotas gratuits de 20% si actions avec TRI < 3 ans non mises en place.
- Déclaration des consommations annuelles d'énergie :
  - Modification de la plateforme de dépôt à venir.
  - Si comme décret tertiaire, une automatisation est envisageable.
- Dépôt en ligne obligatoire sur plateforme ADEME : <https://audit-energie.ademe.fr/>





# Qualifications de l'auditeur

## Fait en interne

- Personnel respectant toutes les conditions de l'annexe 3 de l'arrêté du 10 juillet.
  - Justification de formation et d'expérience
- Le rapport doit contenir :
  - Justification de moyen mis en place pour respecter la méthodologie,
  - Un organigramme de l'entreprise ou du groupe d'entreprises identifiant le positionnement du personnel d'audit énergétique; les curriculums vitae recensant les formations initiales, les formations professionnelles et les expériences professionnelles des référents techniques, sont annexés à ce rapport.

## Fait par un externe

- À terme, le prestataire devra être titulaire d'une certification (et non plus la qualification) :
  - Pour l'instant (jusqu'au 30 juin 2026), les prestataires disposant d'une qualification (AFNOR, LNE, OPQIBI)
- Le rapport doit contenir le numéro de certificat.



# Délais de mise en conformité

## 3 cas de figure

- Entreprises déjà soumises à l'obligation, continuent de l'être
  - Renouvellement de l'audit à l'issue de l'audit en cours de validité
- Entreprises nouvellement assujetties, soit les entreprises :
  - Réalisent leur **premier audit énergétique** le **11 octobre 2026** au plus tard,
  - Disposent d'un système de management de l'énergie certifié au plus tard le 11 octobre 2027.
- Entreprise entrant postérieurement dans le champ de l'obligation :
  - Mise en conformité dans un délai d'un an, suivant les 3 dernières années civiles pour lesquelles la moyenne de leur consommation est supérieure au seuil.



## 10H20 : OBLIGATIONS DE MISE EN ŒUVRE D'UN PLAN DE MESURAGE

Loi DADDUE et Audit énergétique de niveau 2

- Pierre RICHARD, CETIAT

Système de Management de l'énergie, Contrat de Performance énergétique et CEE spécifiques

- Gaël LANDRIEUX, ATEE



# Obligations de mise en œuvre d'un plan de mesurage

## Cas du système de management de l'énergie (SME)

### Rappels :

- La Loi n° 2025-391 du 30 avril 2025 (transposant la directive UE 2023/2864) **rend obligatoire** pour les entreprises dont la consommation annuelle moyenne d'énergie a été supérieure à 85 TJ au cours des trois dernières années écoulées, en tenant compte de tous les vecteurs énergétiques, **la mise en œuvre d'un système de gestion de l'énergie certifié**.
- La norme **NF EN ISO 50001** spécifie les exigences liées à un système de management de l'énergie et fournit des recommandations de mise en œuvre. Elle impose la mise en place d'un plan de collecte de données énergétiques (chapitre 6.6) :

*« L'organisme doit s'assurer que les caractéristiques clés de son fonctionnement ayant une incidence sur la performance énergétique sont identifiées, mesurées, surveillées et analysées à intervalles planifiés (voir 9.1). L'organisme doit définir et mettre en œuvre un plan de collecte de données énergétiques adapté à sa taille, sa complexité, ses ressources et ses équipements de mesurage et de surveillance. Le plan doit préciser les données nécessaires pour surveiller les caractéristiques clés, et indiquer comment et à quelle fréquence les données doivent être collectées et conservées. »*

# Obligations de mise en œuvre d'un plan de mesurage

## Cas du contrat de performance énergétique (CPE)

- La directive européenne relative à l'efficacité énergétique (2023/1791 du 13 septembre 2023) définit le contrat de performance énergétique comme « *un accord contractuel entre le bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure d'amélioration de l'efficacité énergétique, vérifiée et surveillée pendant toute la durée du contrat, aux termes duquel les travaux, fournitures ou services prévus dans cette mesure sont rémunérés en fonction d'un niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique qui est contractuellement défini ou d'un autre critère de performance énergétique convenu, tel que des économies financières* ».
- l'annexe XV de la directive européenne sur l'efficacité énergétique (2023/1791 du 13 septembre 2023), impose dans les éléments minimaux à inclure dans les CPE : « *des dispositions claires et transparentes concernant la mesure et la vérification des économies garanties réalisées, les contrôles de la qualité et les garanties* ».

# Obligations de mise en œuvre d'un plan de mesurage

## Cas des certificats d'économie d'énergie (CEE) spécifiques

➤ Extrait du Guide technique pour le montage d'un dossier CEE dans le cadre d'une opération spécifique (version avril 2025) :

### PARTIE 2 DOSSIER TECHNIQUE TYPE

#### 6 DESCRIPTION DE LA SITUATION APRÈS TRAVAUX ET MESURAGE

##### B Les mesures ex-post

Les mesures ex-post doivent obligatoirement être présentes dans le dossier et permettront de valider les économies d'énergie théoriques, inscrites dans le dossier.

Cette demande permet :

- De corroborer le niveau de performance énergétique (via l'analyse de la consommation énergétique unitaire ou de tout autre indicateur de performance énergétique pertinent et permettant de se libérer des facteurs d'influence) ;
- D'identifier certains paramètres impactant la consommation énergétique.

Le mesurage est effectuée sur une durée minimale de 6 mois représentative de l'activité des installations concernées par l'opération d'économies d'énergie.  
Cette durée est réduite à 2 mois pour une opération d'économies d'énergie donnant lieu à une demande de certificats d'économies

d'énergie inférieure à 20 millions de kilowattheures d'énergie finale cumulés actualisés (cumac)<sup>11</sup>.  
Dans le cadre d'une ligne directrice (LD-ETS), la durée de mesurage est spécifique à cette dernière et est spécifiée dans la ligne directrice concernée.



#### Le demandeur doit indiquer – a minima – dans son dossier :

- Le bilan synthétique des mesures réalisées (les paramètres mesurés et les appareillages associés, la période exacte de mesure excluant les périodes de démarrage / de calage / d'arrêt, les conditions de mesurage (en continu ou non, le pas de temps...). La mesure et les points de mesure seront à justifier ;
  - La conclusion argumentée (écart entre le gain d'énergie théorique et le gain d'énergie réel).
- Cette restitution doit être exploitable et au format numérique (e.g. sous Excel).



#### LE CONSEIL DE L'INSTRUCTEUR

Vérifier l'atteinte de la performance énergétique visée par une campagne de mesure représentative après l'opération (mesure ex-post) et via l'analyse de la consommation énergétique unitaire ou de tout autre indicateur de performance énergétique pertinent et permettant de se libérer des facteurs d'influence.  
Ces mesures ex-post permettent de corroborer le niveau de performance énergétique réellement atteint par rapport au dossier théorique déposé mais ne doivent pas être utilisées dans le calcul d'économies d'énergie menant au montant CEE valorisable. Si l'écart entre les économies théoriques et les économies mesurées est significatif<sup>12</sup>, alors  
1 - soit la situation de référence n'est pas appropriée,  
2 - soit le gain énergétique est mal estimé.  
**Il est alors nécessaire de reprendre le dossier en conséquence.**



# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)

## COMMENT MESURER ET VÉRIFIER SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

### *La mesure dans l'industrie Bonnes pratiques de mesure et d'étalonnage des capteurs*

*Pierre RICHARD, CETIAT  
Benoit SAVANIER, CETIAT*





25 novembre 2025



CETIAT  
25 AVENUE DES ARTS  
69 100 VILLEURBANNE

Une journée organisée par



En partenariat avec





# Introduction

**Question :** *C'est quoi la métrologie ?*



# Introduction

Définition : Métrologie : [VIM3] 2.2

Science des mesurages et ses applications

NOTE: La métrologie comprend tous les aspects théoriques et pratiques des mesurages, quels que soient l'incertitude de mesure et le domaine d'application.



# COMPRENDRE LA MESURE





# Bon à savoir :

Institut important :

**BIPM** (Bureau International des Poids et Mesures)

- <https://www.bipm.org/fr/home>

Documents importants :

**VIM** (Vocabulaire international de Métrologie)

➤ JCGM 200, ISO/IEC Guide 99

- <https://www.iso.org/sites/JCGM/VIM-introduction.htm>

**GUM** (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure)

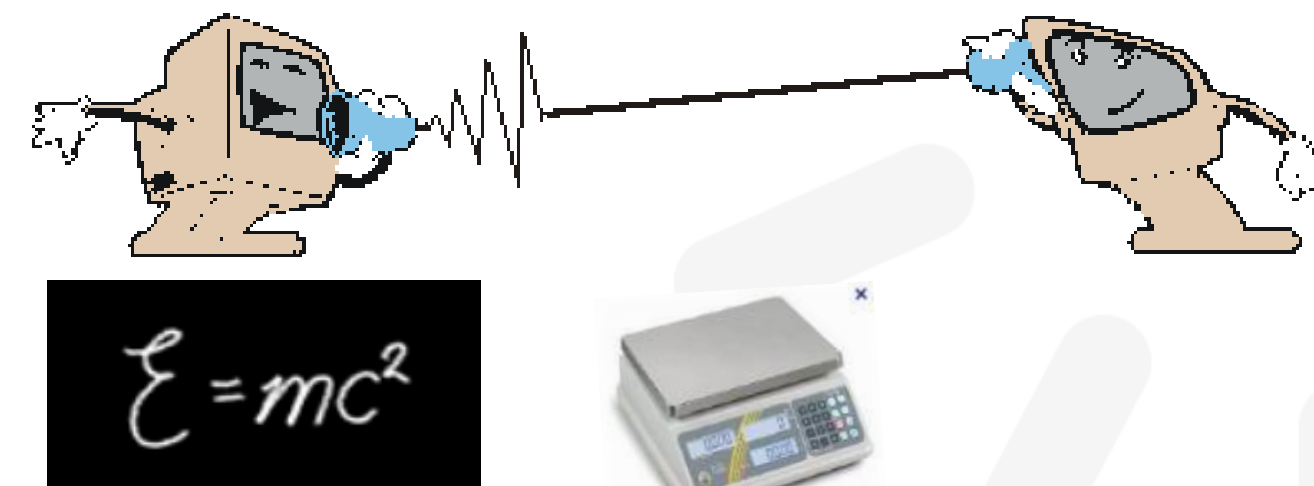
➤ JCGM 100, ISO/IEC Guide 98-3

- <https://www.iso.org/sites/JCGM/GUM-JCGM100.htm>

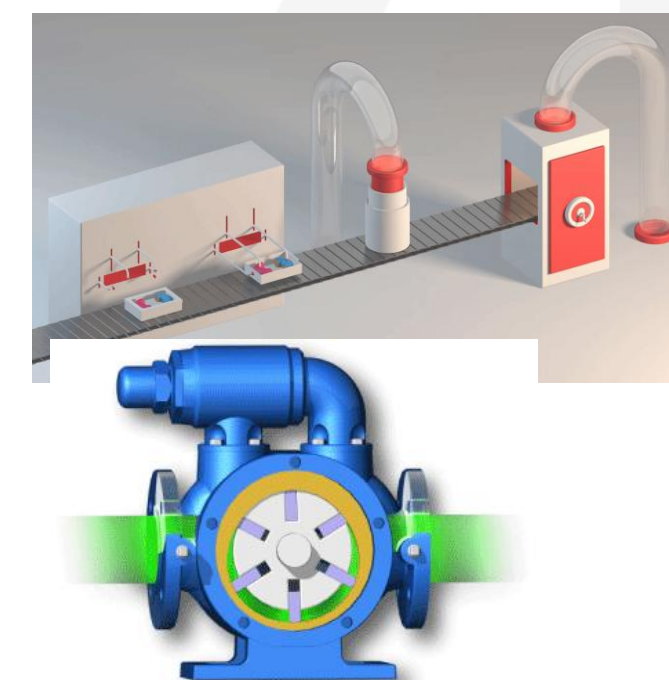


# Comprendre la mesure

POURQUOI FAIT-ON DES MESURES ?



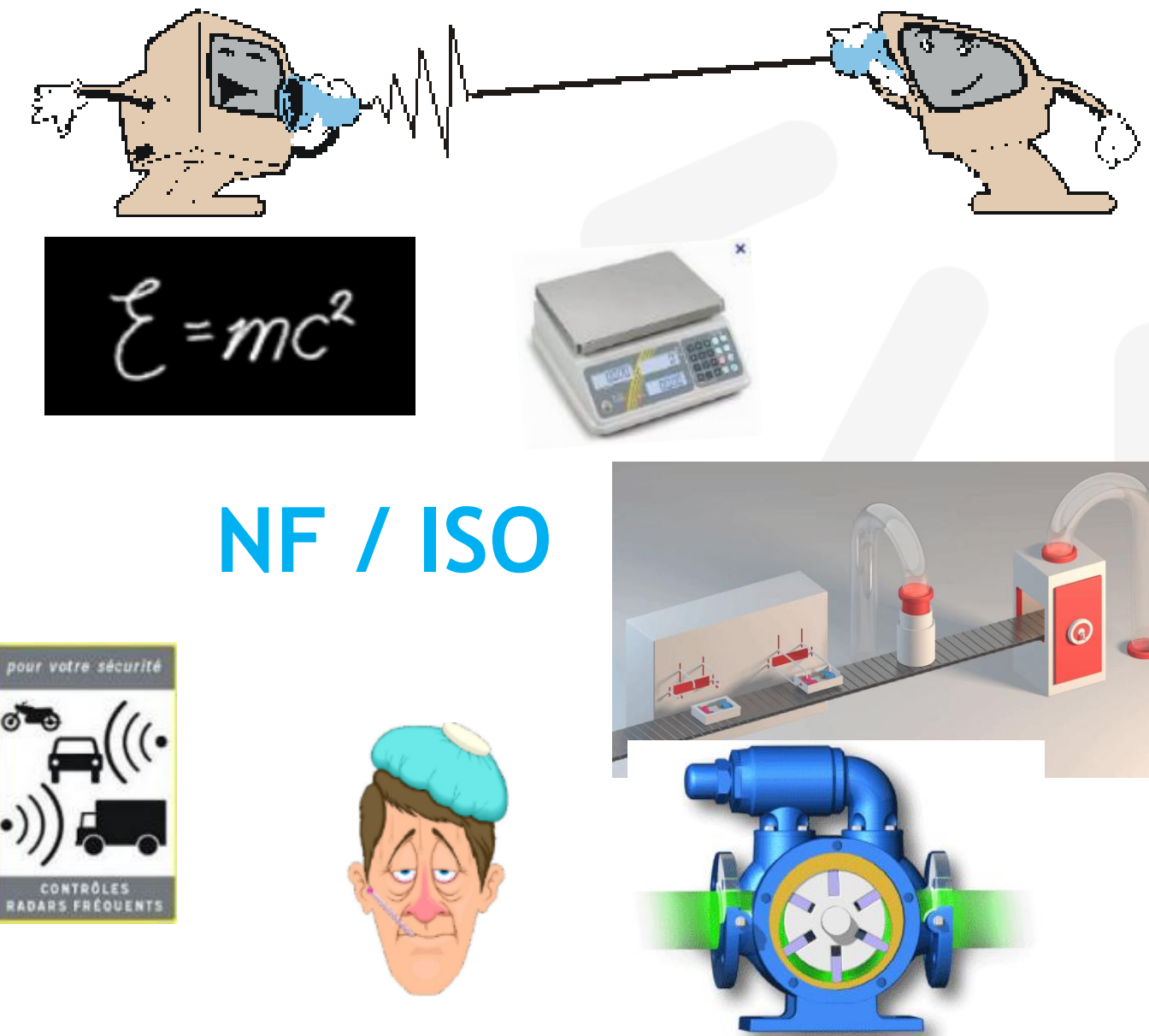
NF / ISO



# Comprendre la mesure

## POURQUOI FAIT-ON DES MESURES ?

- Communiquer
- Échanger des résultats scientifiques
- Garantir les échanges commerciaux
- Garantir une spécification client / norme
- Garantir la qualité de production
- Respecter une réglementation
- Poser un diagnostic médical
- Permettre la régulation des systèmes



NF / ISO

**POUR COMPARER !**



# Comprendre la mesure

## MESURAGE / MESURE : VIM 2.1

Processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs **valeurs** que l'on peut raisonnablement attribuer à une **grandeur**



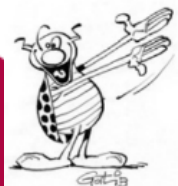
- > NOTE 1 : Les mesurages ne s'appliquent pas aux propriétés qualitatives.
- > NOTE 2 : Un mesurage implique la comparaison de grandeurs ou le comptage d'entités.
- > NOTE 3 : Un mesurage suppose une description de la grandeur compatible avec l'usage prévu d'un résultat de mesure, une procédure de mesure et un système de mesure étalonné fonctionnant selon la procédure de mesure spécifiée, incluant les conditions de mesure.

# Comprendre la mesure

## RÉSULTAT DE MESURE VIM 2.9 :

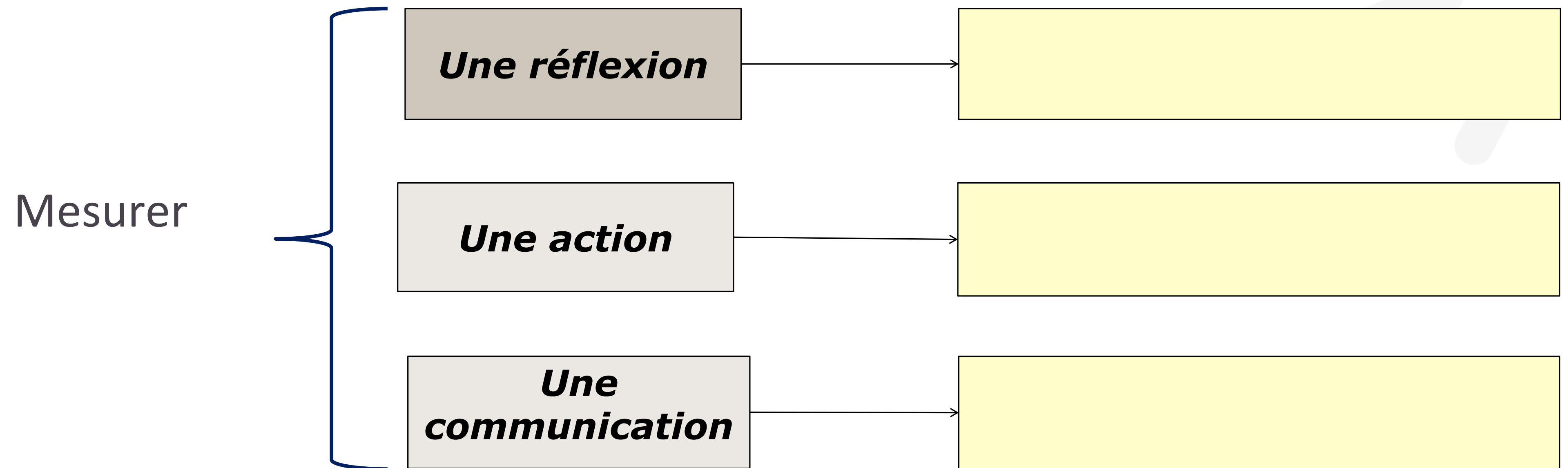
Ensemble de valeurs attribuées à un mesurande, complété par toute autre information pertinente disponible.

- > NOTE 1 : Un résultat de mesure contient généralement des informations pertinentes sur l'ensemble de valeurs, certaines pouvant être plus représentatives du mesurande que d'autres. Cela peut s'exprimer sous la forme d'une fonction de densité de probabilité.
- > NOTE 2 : Le résultat de mesure est généralement exprimé par une valeur mesurée unique et une incertitude de mesure. Si l'on considère l'incertitude de mesure comme négligeable dans un certain but, le résultat de mesure peut être exprimé par une seule valeur mesurée. Dans de nombreux domaines, c'est la manière la plus usuelle d'exprimer un résultat de mesure.



# Comprendre la mesure

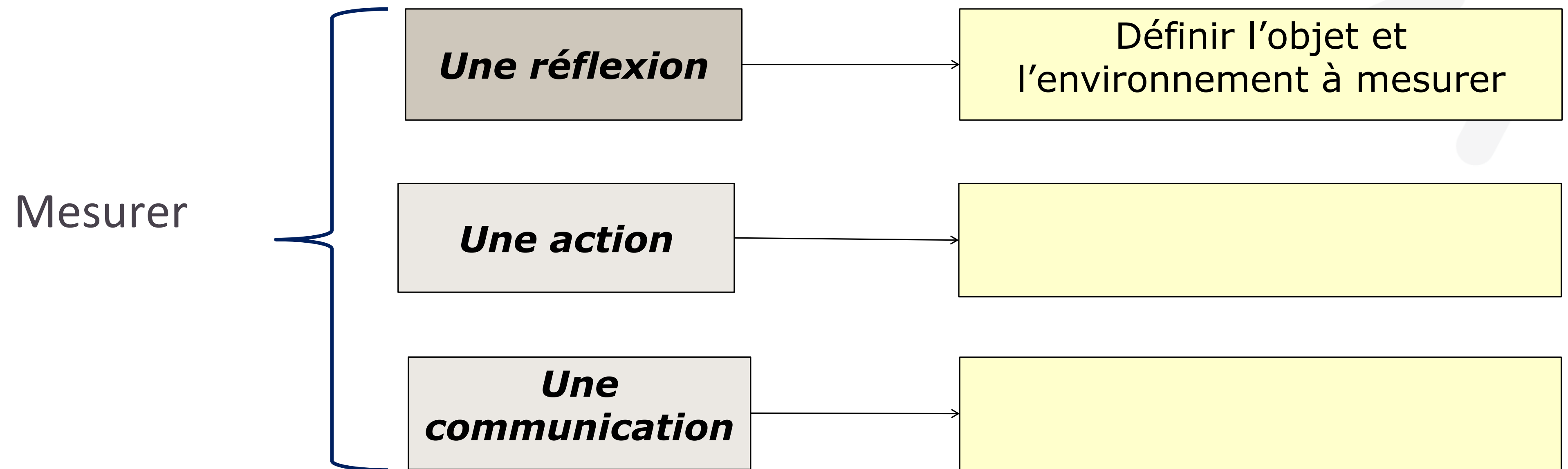
LES ÉTAPES :





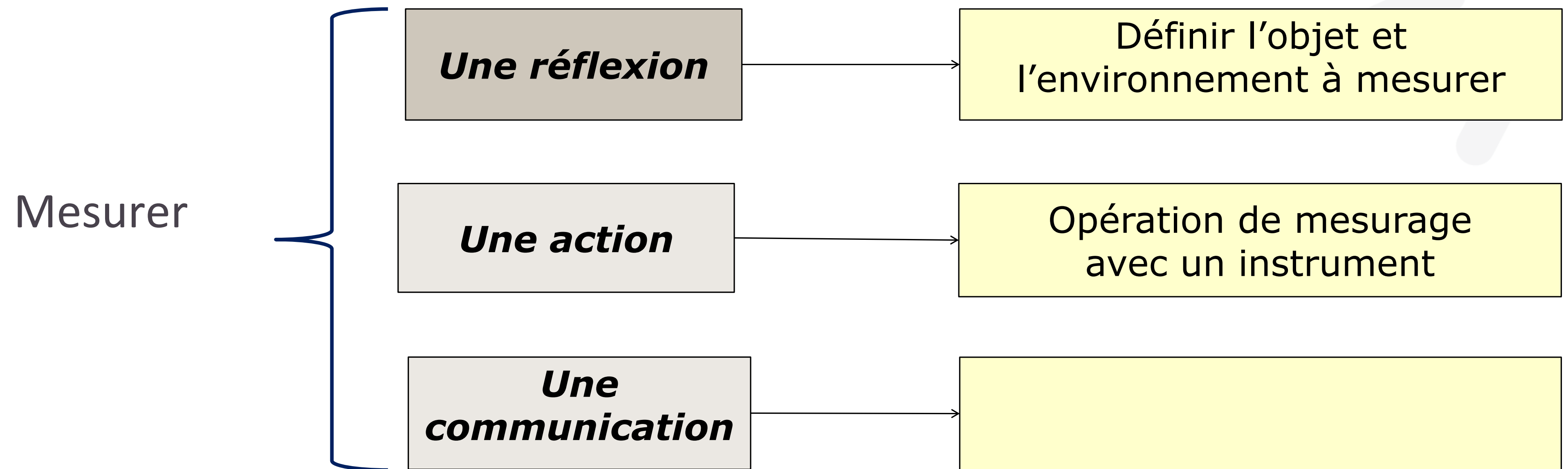
# Comprendre la mesure

LES ÉTAPES :



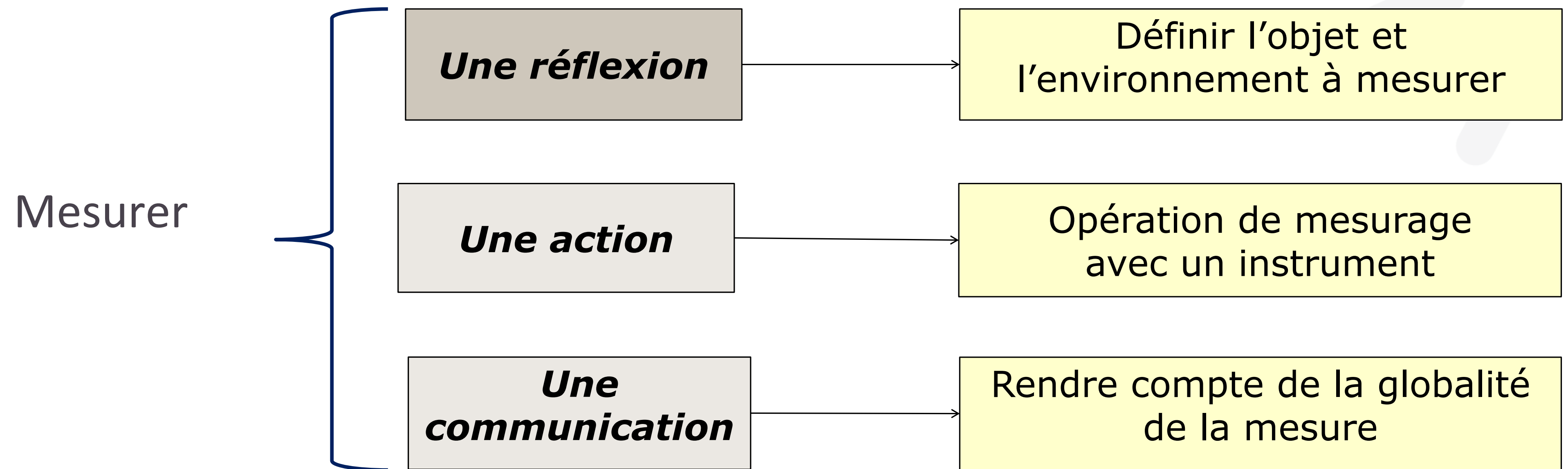
# Comprendre la mesure

LES ÉTAPES :



# Comprendre la mesure

LES ÉTAPES :





# Comprendre la mesure

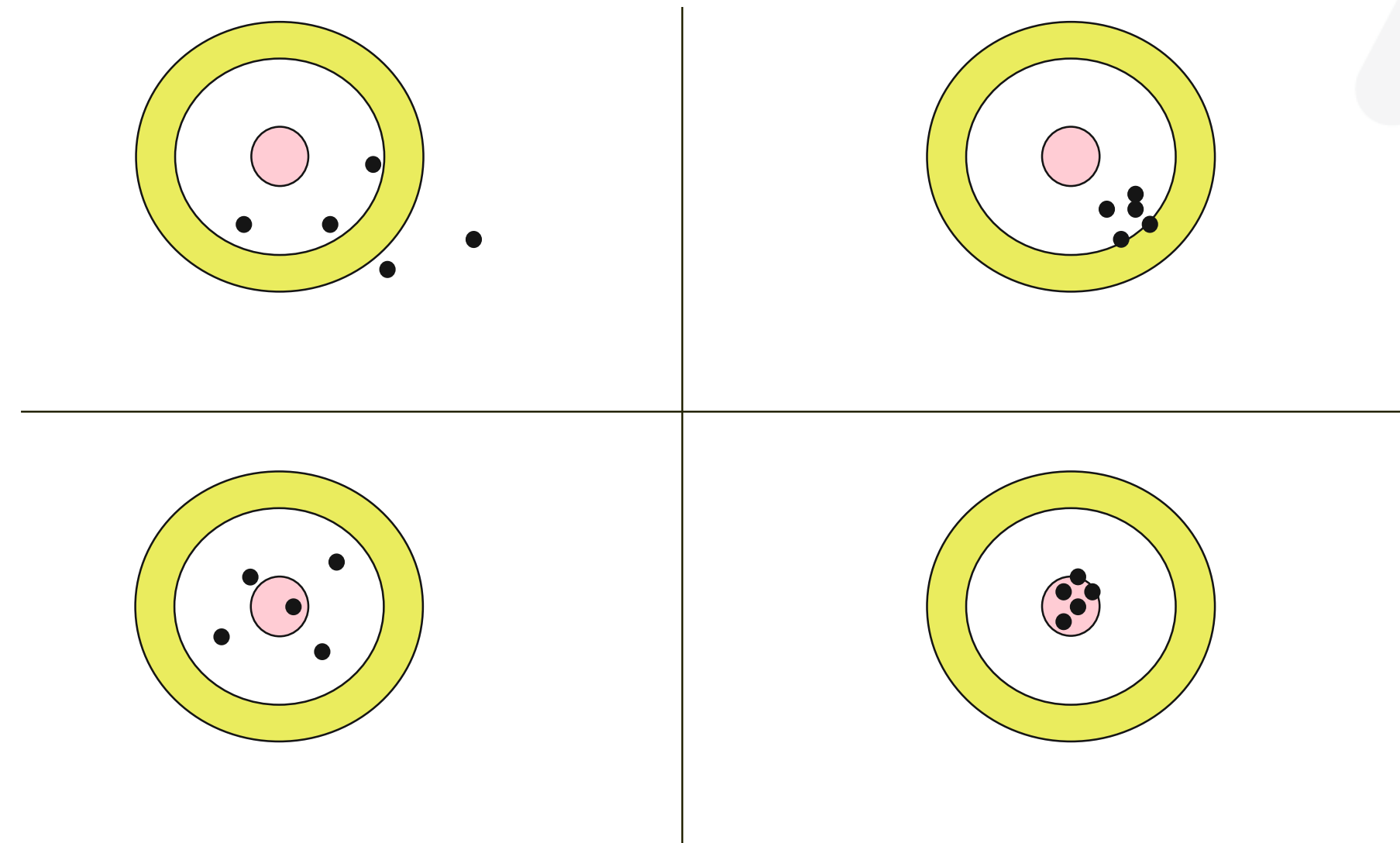
QUESTION : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*



# Comprendre la mesure

**QUESTION** : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*

**Faux** : *Toute mesure est entachée d'erreurs, qu'il convient d'estimer pour maîtriser les risques liés à son exploitation !*



# Comprendre la mesure

**QUESTION** : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*

**Faux** : *Toute mesure est entachée d'erreurs, qu'il convient d'estimer pour maîtriser les risques liés à son exploitation !*

Application : les mesures suivantes  
sont-elles justes ? Fidèles ?

**Ni juste, ni fidèle**



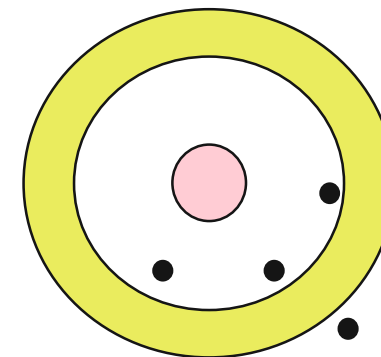


# Comprendre la mesure

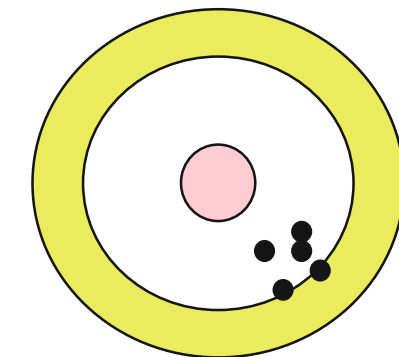
**QUESTION** : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*

**Faux** : *Toute mesure est entachée d'erreurs, qu'il convient d'estimer pour maîtriser les risques liés à son exploitation !*

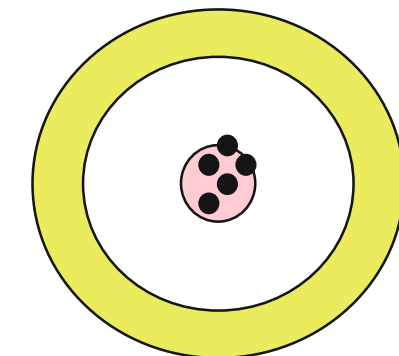
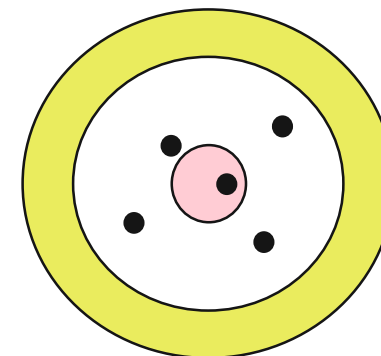
Application : les mesures suivantes  
sont-elles justes ? Fidèles ?



**Ni juste, ni fidèle**



**Fidèle, pas juste**

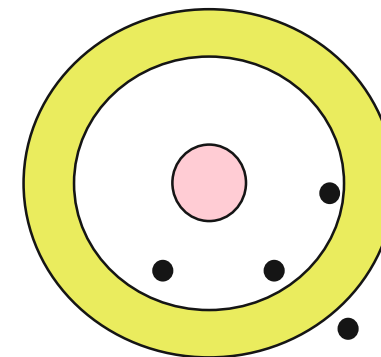


# Comprendre la mesure

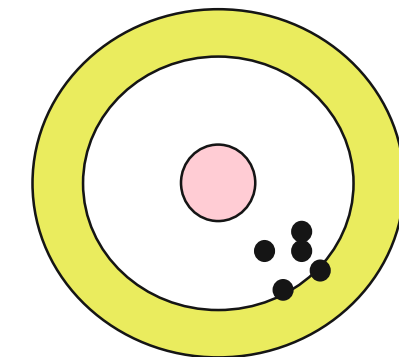
**QUESTION** : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*

**Faux** : *Toute mesure est entachée d'erreurs, qu'il convient d'estimer pour maîtriser les risques liés à son exploitation !*

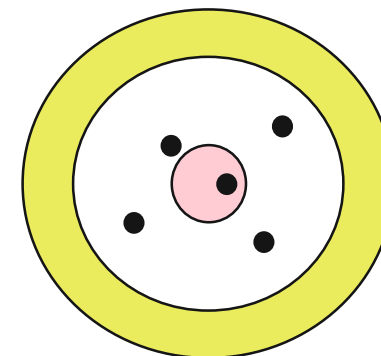
Application : les mesures suivantes sont-elles justes ? Fidèles ?



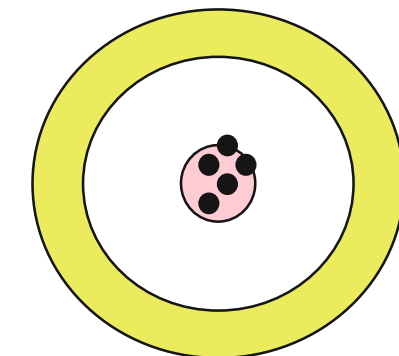
**Ni juste, ni fidèle**



**Fidèle, pas juste**



**Juste, pas fidèle**

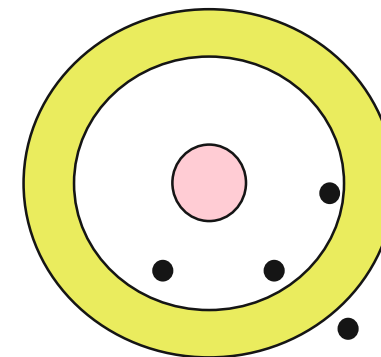


# Comprendre la mesure

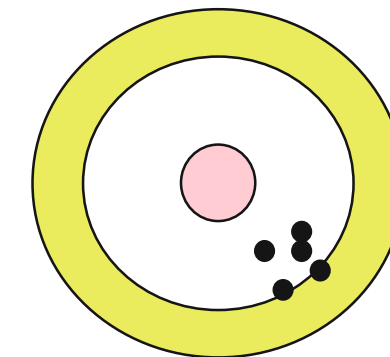
**QUESTION** : *Un équipement de bonne qualité indique-t-il la valeur vraie ?*

**Faux** : *Toute mesure est entachée d'erreurs, qu'il convient d'estimer pour maîtriser les risques liés à son exploitation !*

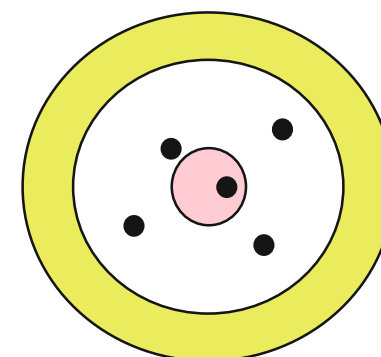
Application : les mesures suivantes  
sont-elles justes ? Fidèles ?



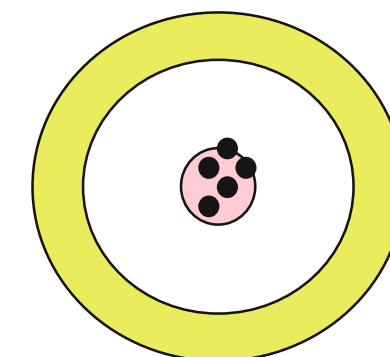
**Ni juste, ni fidèle**



**Fidèle, pas juste**



**Juste, pas fidèle**



**Juste et fidèle**





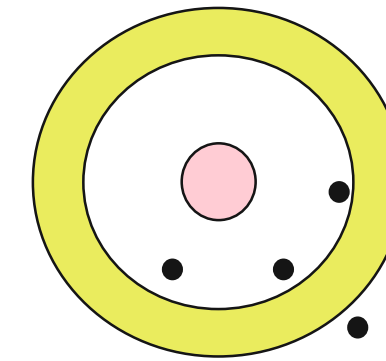
# Comprendre la mesure

## ➤ FIDÉLITÉ

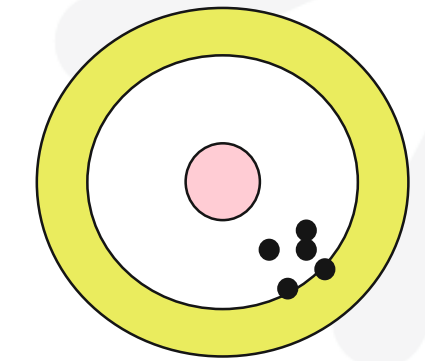
Aptitude d'un instrument à donner des indications très voisines lors de l'application répétée du même mesurande, dans les mêmes conditions de mesure

## ➤ JUSTESSE

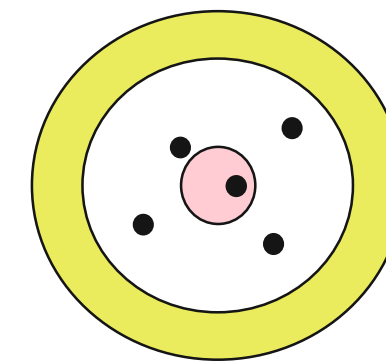
Aptitude d'un instrument à donner des indications exemptes d'erreur systématique



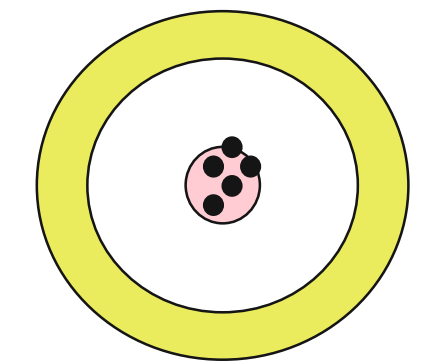
**Ni juste, ni fidèle**



**Fidèle, pas juste**



**Juste, pas fidèle**



**Juste et fidèle**

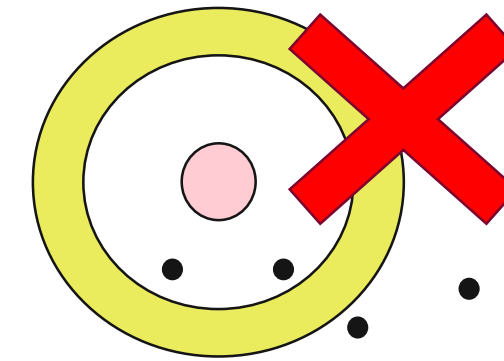
# Comprendre la mesure

## ➤ FIDÉLITÉ

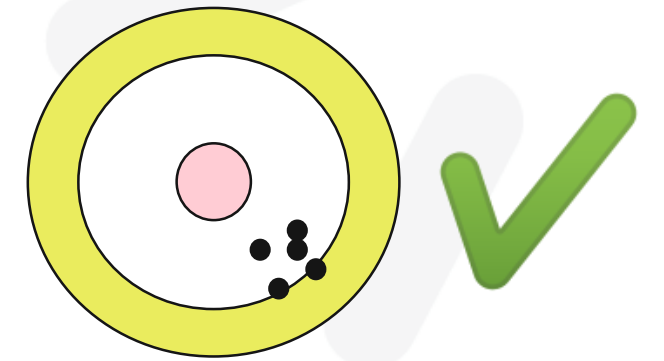
Aptitude d'un instrument à donner des indications très voisines lors de l'application répétée du même mesurande, dans les mêmes conditions de mesure

## ➤ JUSTESSE

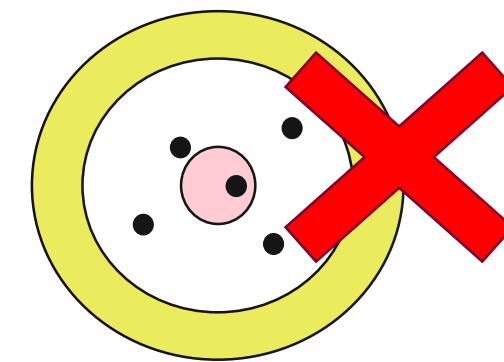
Aptitude d'un instrument à donner des indications exemptes d'erreur systématique



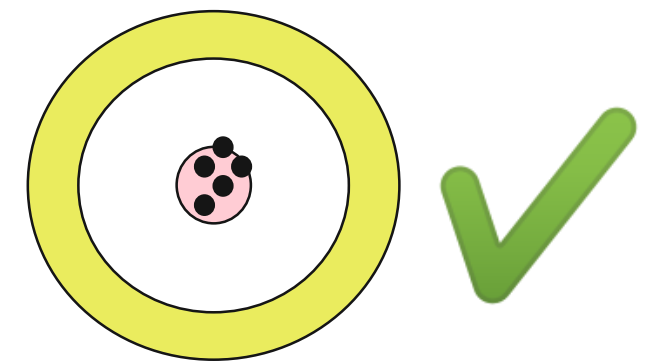
**Ni juste, ni fidèle**



**Fidèle, pas juste**



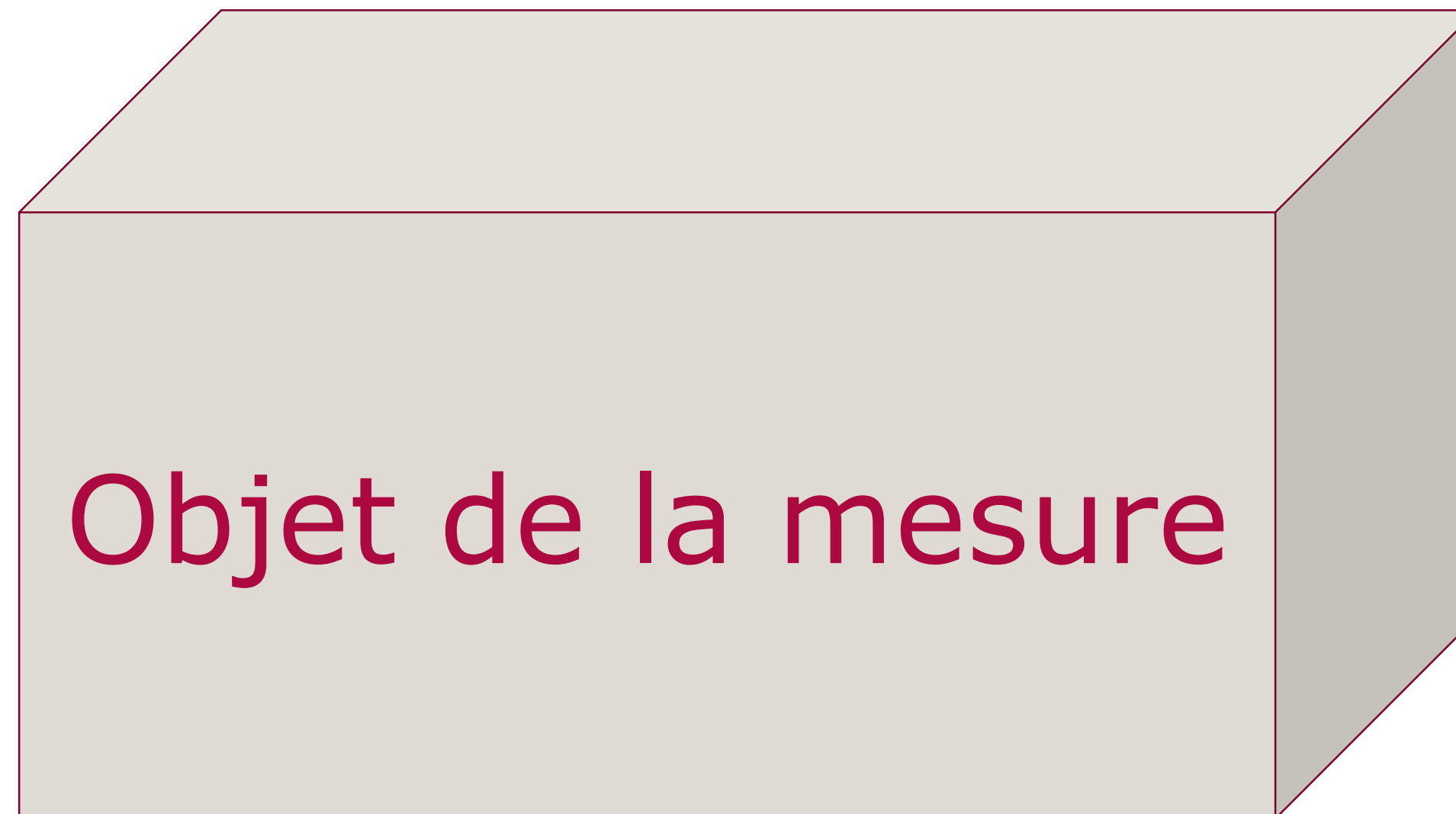
**Juste, pas fidèle**



**Juste et fidèle**

# Comprendre la mesure

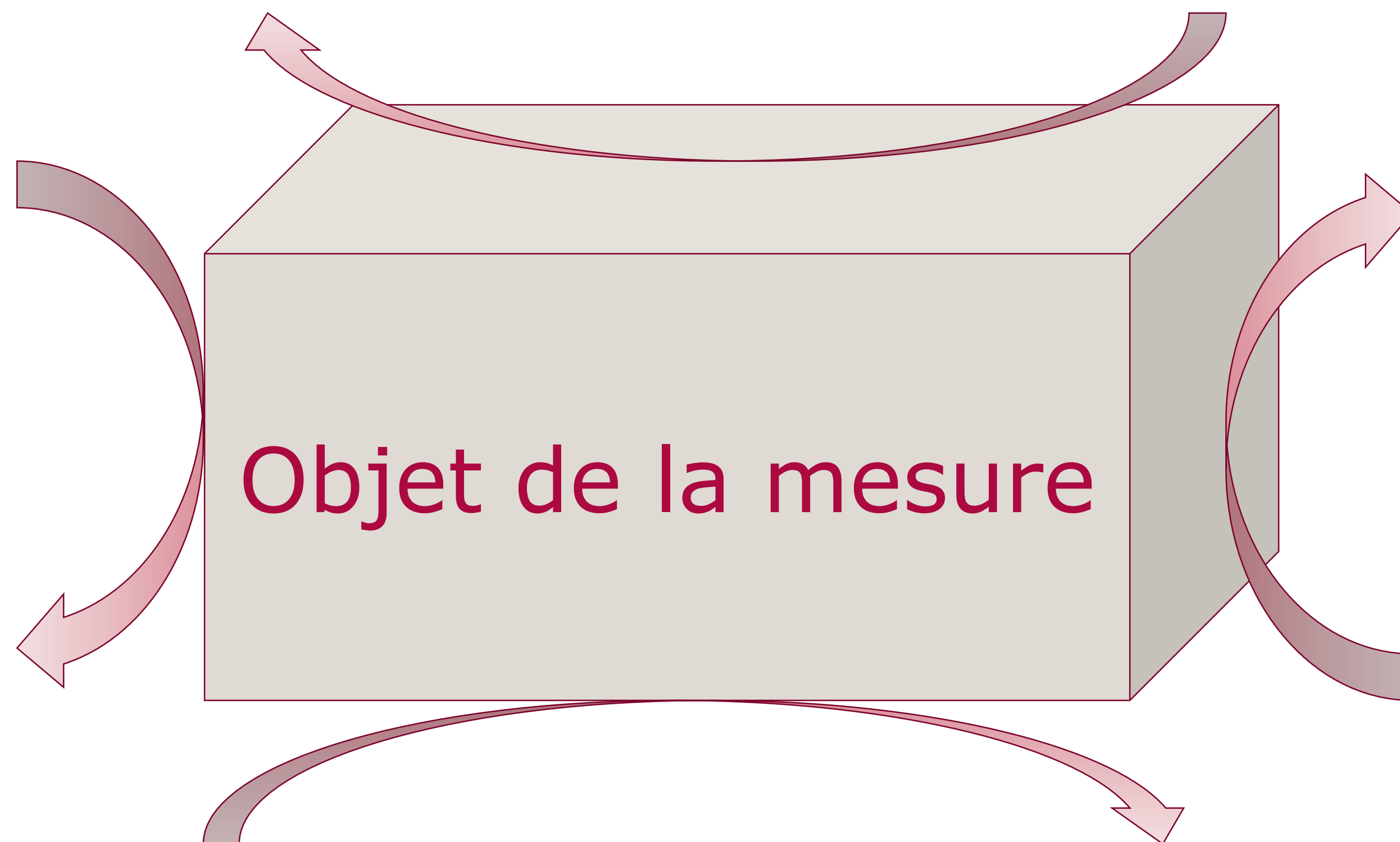
## DÉFINIR LE BESOIN DE MESURE





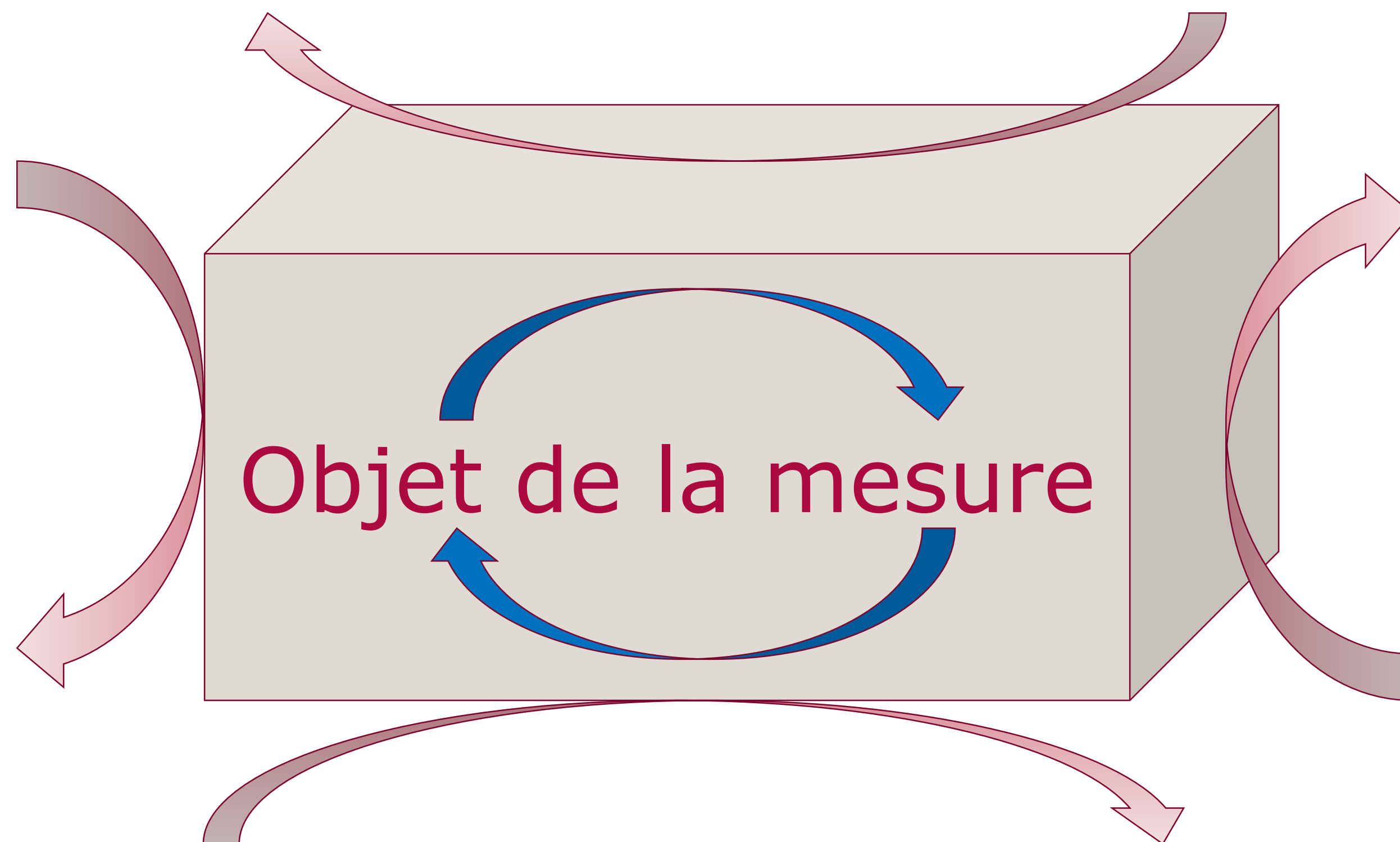
# Comprendre la mesure

## DÉFINIR LE BESOIN DE MESURE



# Comprendre la mesure

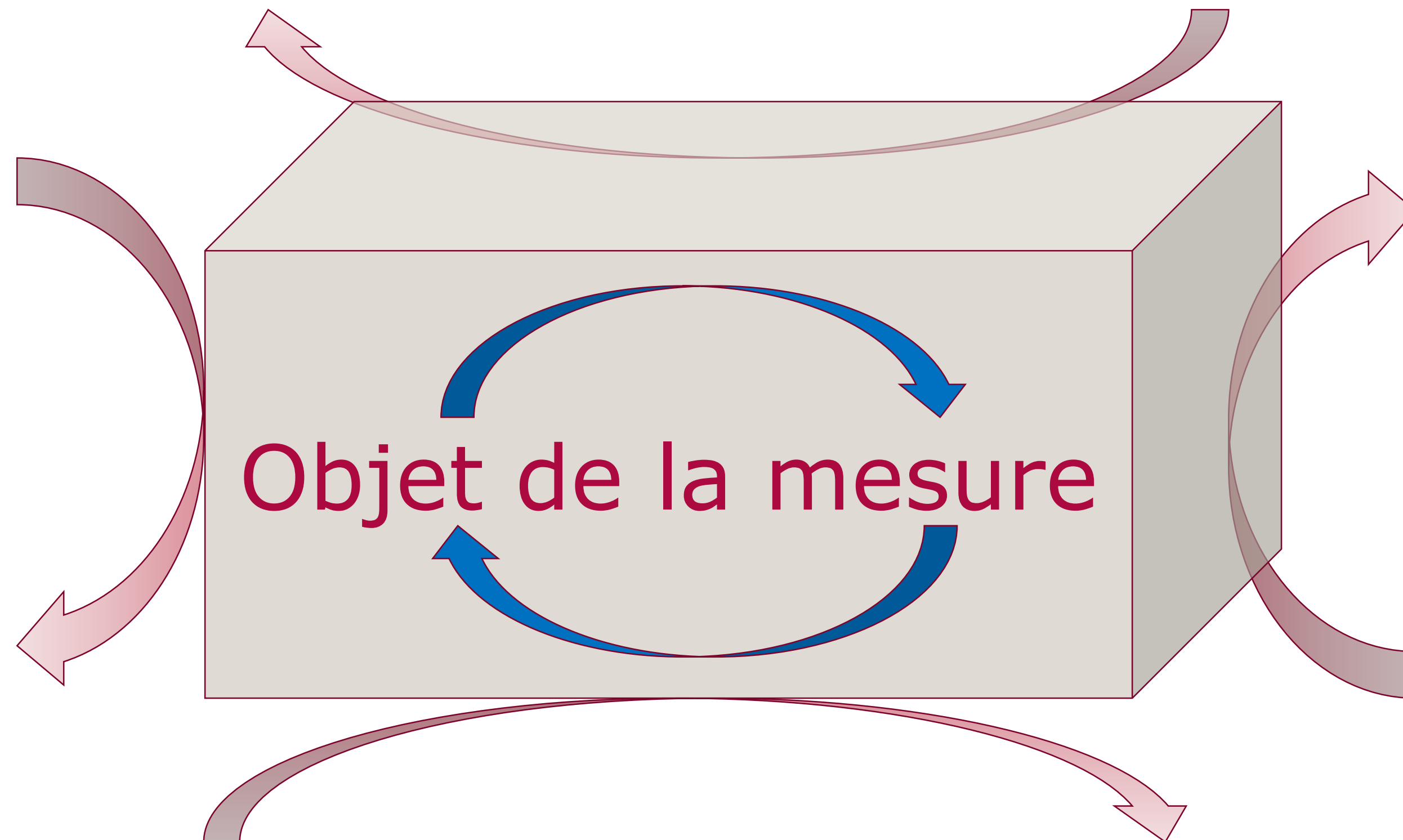
## DÉFINIR LE BESOIN DE MESURE



# Comprendre la mesure

## DÉFINIR LE BESOIN DE MESURE

Solide  
Liquide  
Gaz





# Comprendre la mesure

## DÉFINIR LE BESOIN DE MESURE

Solide  
Liquide  
Gaz



# En résumé

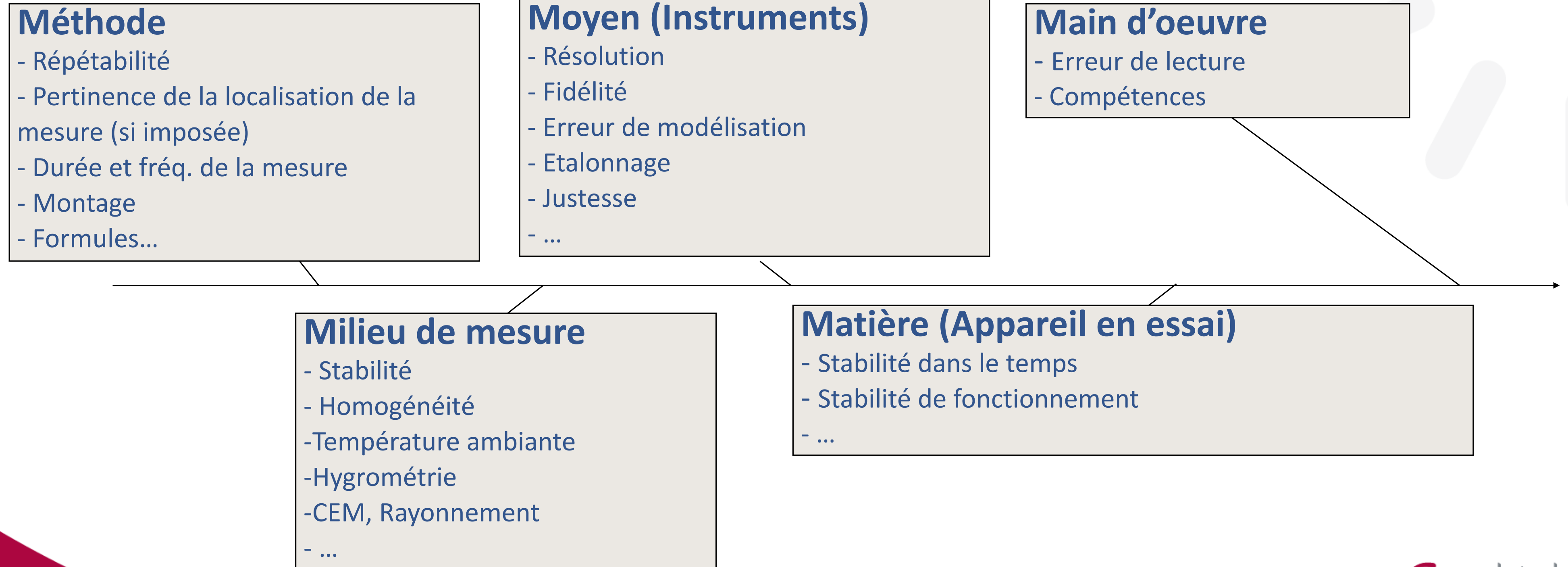


Le but d'une mesure est d'obtenir de l'information à propos d'une grandeur d'intérêt : le mesurande (température, concentration....).

- > Aucune mesure n'est exacte.
- > La moyenne et la dispersion des valeurs indiquées donnent une estimation de la valeur « vraie ». Si l'instrument a une erreur de justesse la moyenne se décale, mais on pourra éventuellement corriger.
- > L'incertitude correspond à l'intervalle de confiance encadrant raisonnablement le résultat de mesure. C'est la dispersion que l'on observe en répétant les mesures combinées à des paramètres d'influences que l'on estime par ailleurs (5M)

# Biais des résultats de mesure (5M)

## Les effets parasites

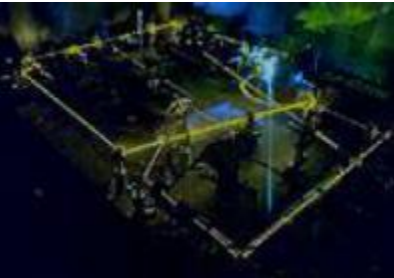




# Pour terminer : La Traçabilité des mesures

Chaîne de traçabilité

Comparaison + incertitude



Certificat d'étalonnage



Comparaison + incertitude



Certificat d'étalonnage



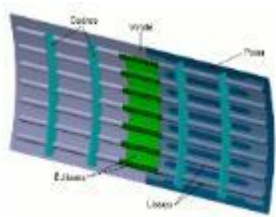
Comparaison + incertitudes



Certificat d'étalonnage

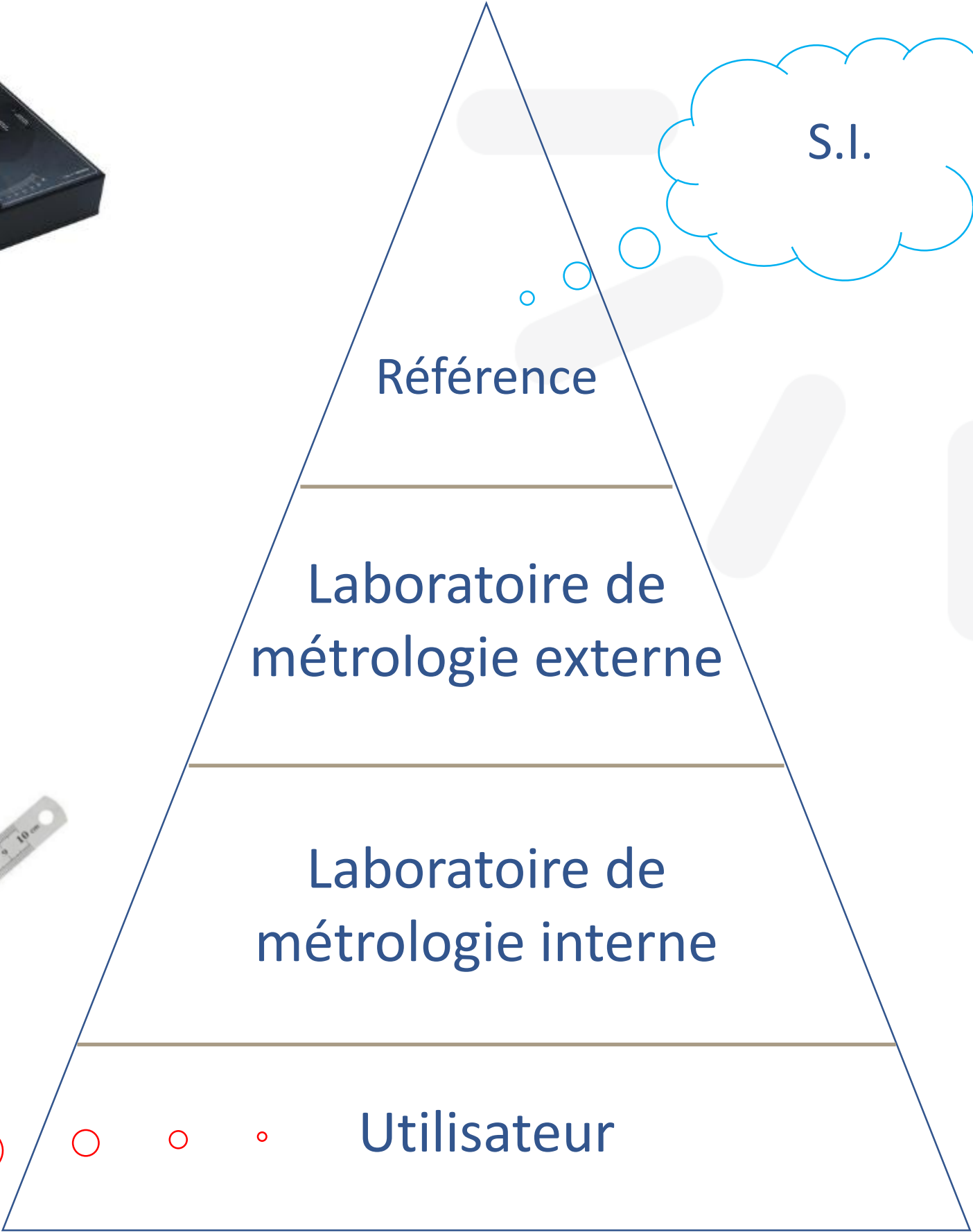


Mesures + incertitudes



Certificat d'étalonnage

Mesures



# Comparer des résultats de mesure = Traçabilité

Chaîne de  
traçabilité

Pays A

Référence

Laboratoire de  
métrologie externe

Laboratoire de  
métrologie interne

Utilisateur

Comparaison



Comparabilité

Référence

Laboratoire de  
métrologie externe

Laboratoire de  
métrologie interne

Utilisateur

Pays B

## Étalonner ou Vérifier ?

- Quelque soit votre choix tout commence par un étalonnage
- La vérification est une opération administrative qui fait suite à l'étalonnage
- La vérification permet d'utiliser un instrument sans avoir à appliquer de correction.
- Par contre pour vérifier il faut définir votre critère d'acceptation qui doit correspondre à votre besoin de mesure et aux capacités de votre instrument.
- Cofrac ou pas ? Tout dépend de votre référentiel qualité.



# Difficultés liées au déploiement des capteurs

La parole est à Pierre RICHARD

# La philosophie

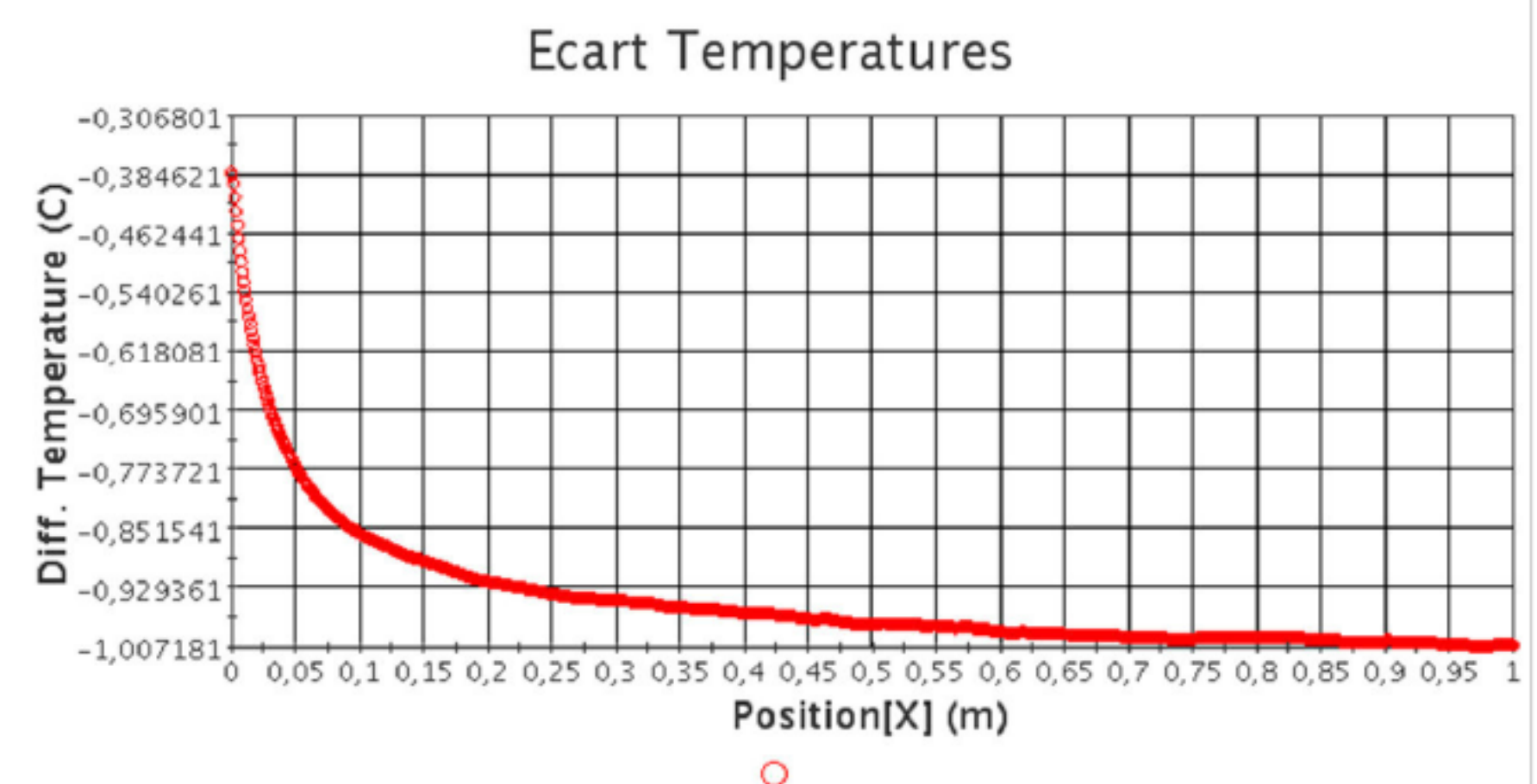
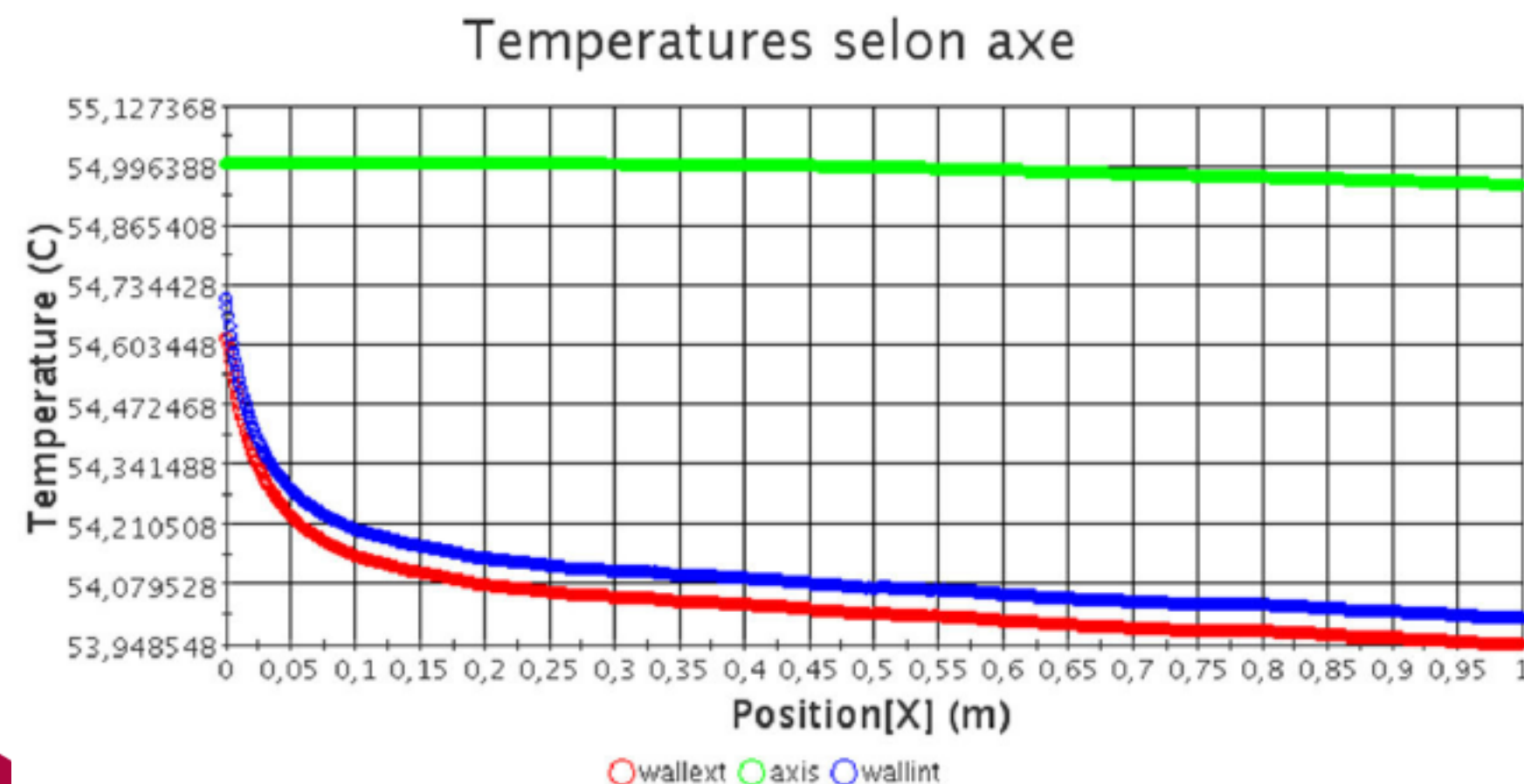
Le meilleur matériel ne sert à rien s'il n'est pas bien utilisé.

Chaque configuration nécessite de respecter des bonnes pratiques de mise en place.

# Qu'est-ce que je mesure vraiment ?

Exemple : température d'un réseau d'eau :

- > Classiquement : pose du capteur sur la canalisation
- > Ici delta de température de 1°C entre le centre de la canalisation et les parois.

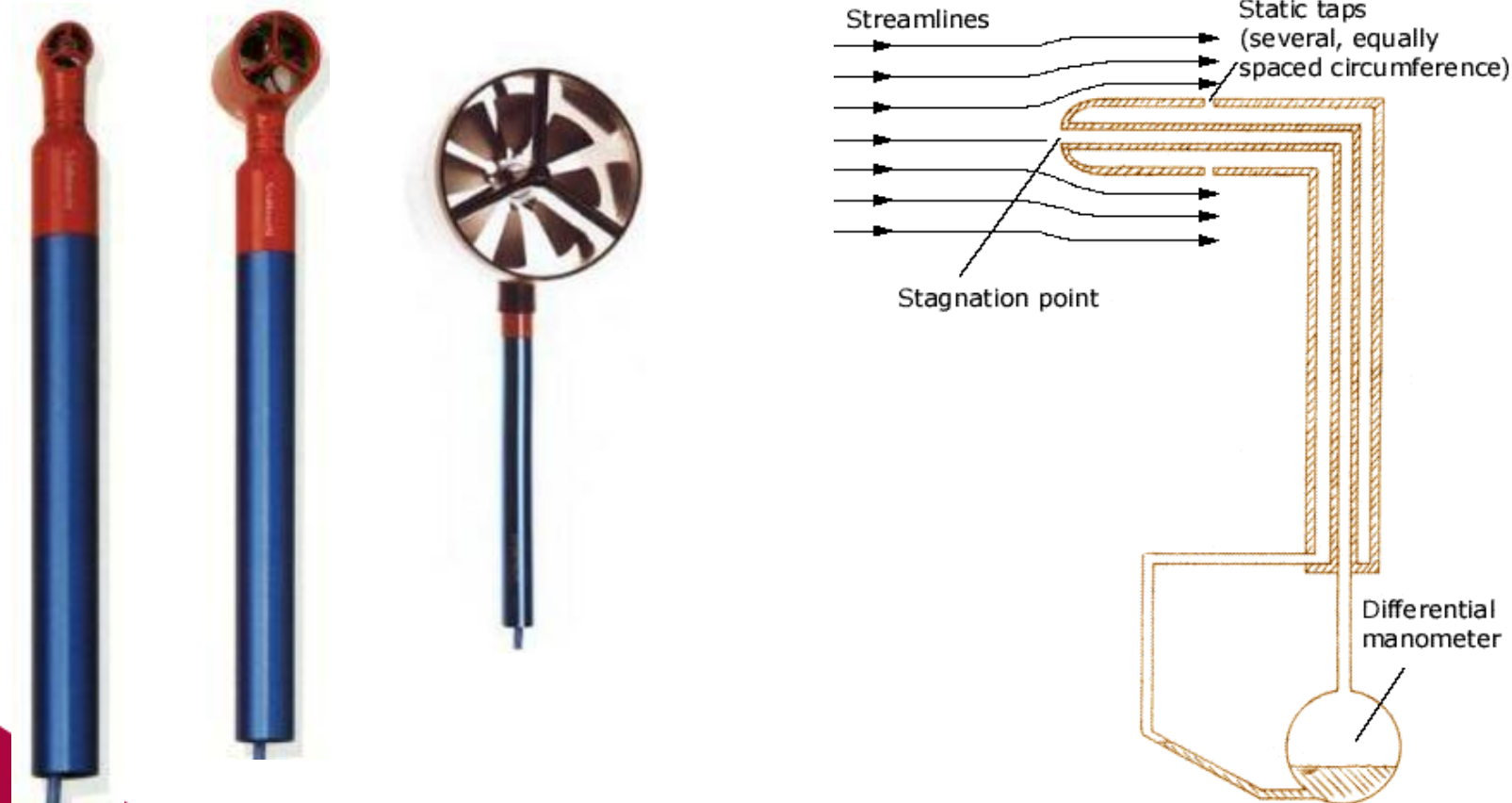




# Le positionnement du capteur

Exemple : vitesse d'air (pour avoir un débit) :

- > Orientation du capteur par apport au flux



Exemple : positionnement d'une pince ampèremétrique :

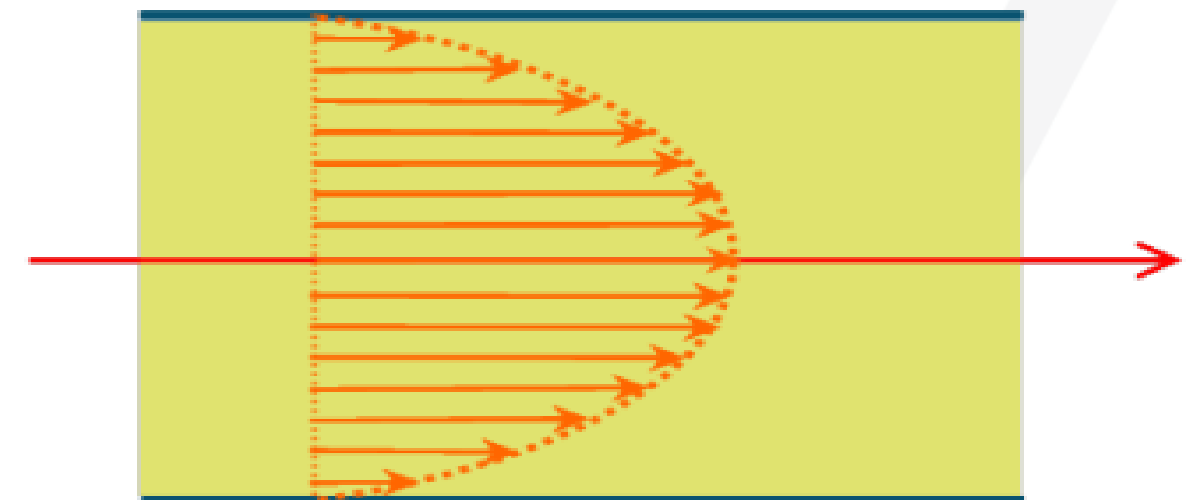
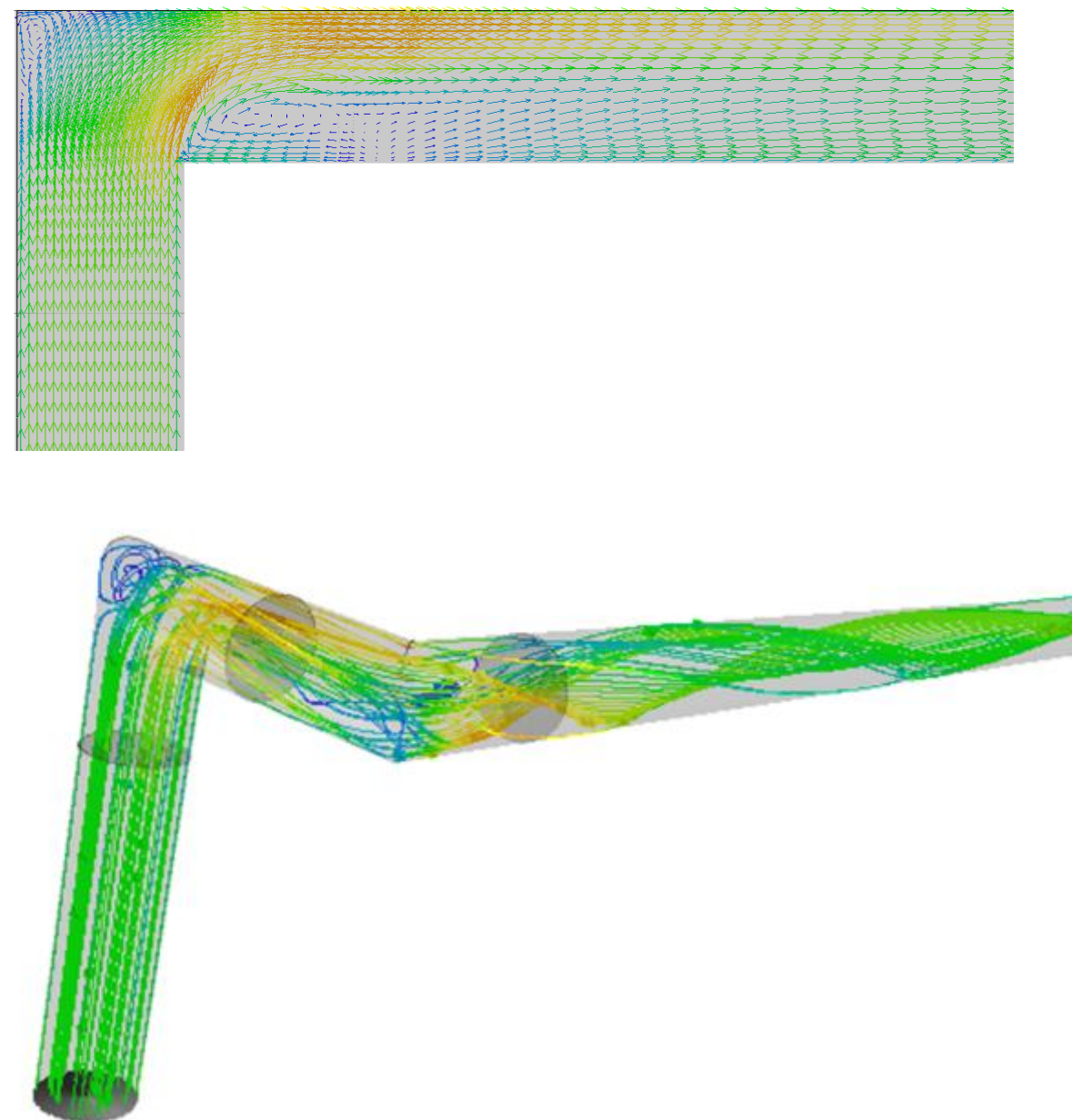
- > Fonctionnement idéal (étalonnage) difficilement réalisable



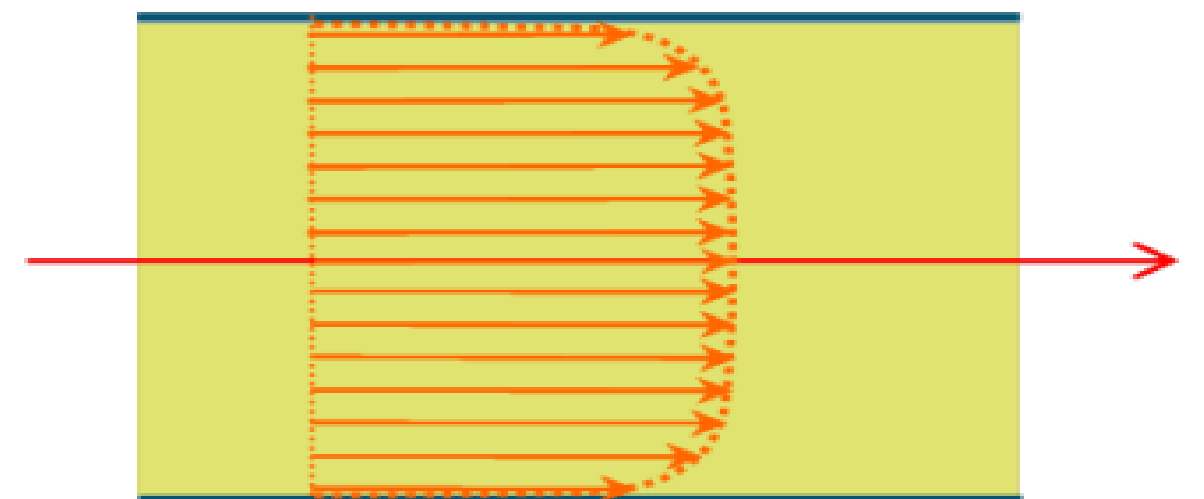
# Uniformité, stabilité du flux

Mesure de vitesse :  
Des flux instables

Et non uniformes



Profil de vitesse **laminaire**



Profil de vitesse **turbulent**

# Perturbations extérieures

## Mesure de température

- > Rayonnement à proximité

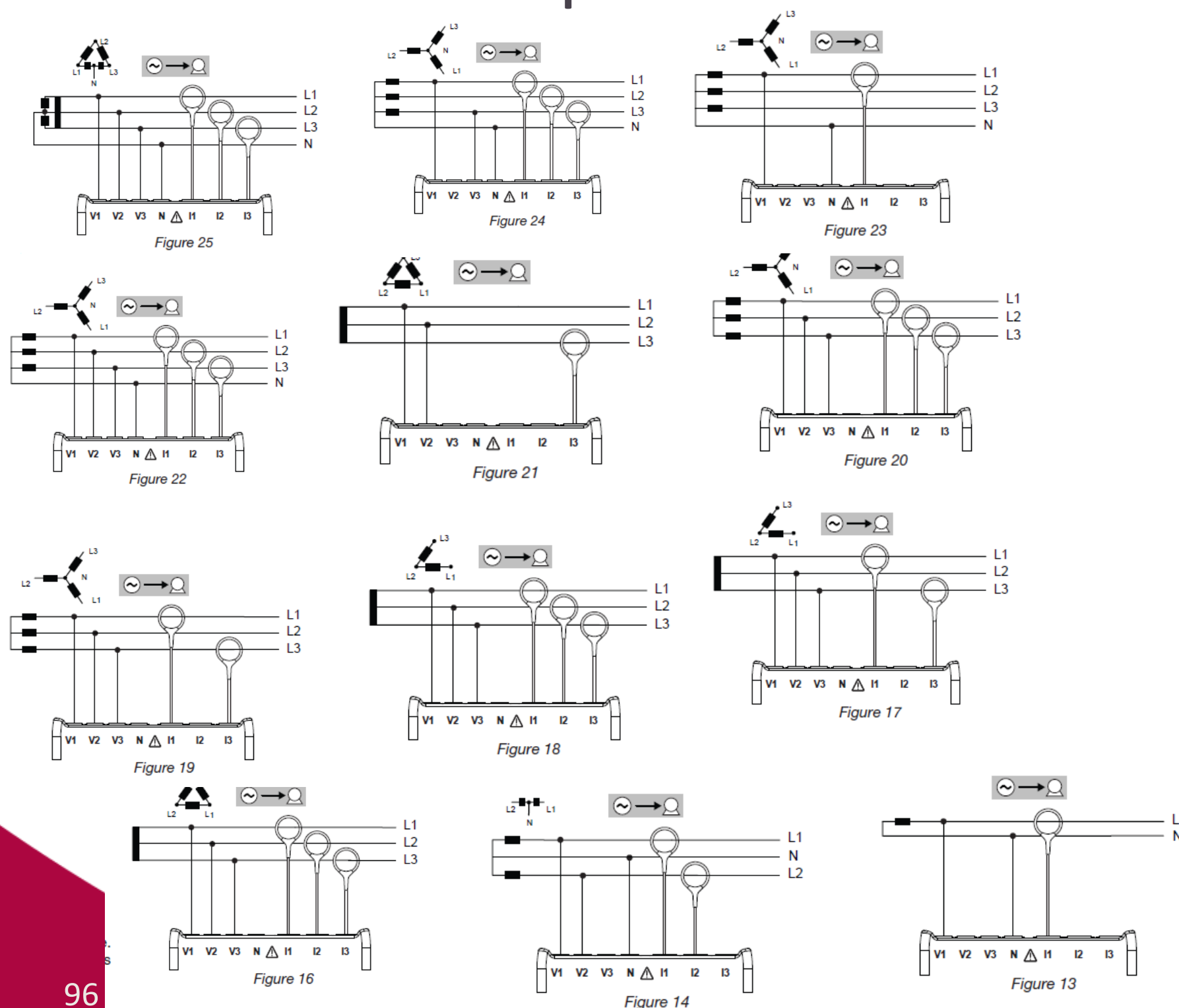
## Mesure électrique

- > Champ magnétique à proximité



# La bonne configuration de l'appareil

## Mesure électrique



## Mesure de débit par ultrason

- > Quelle épaisseur de parois ?
- > Quelle matière de parois ?
- > Quel fluide ?
- > Quelle température du fluide ?
- > Quelle pression du fluide ?
- > ...

# L'entretien du matériel

Entretien du milieu mesuré (pour assurer l'homogénéité)



Entretien du capteur  
(ex. humidité)





COMMENT MESURER ET VÉRIFIER  
SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

## *Les différentes typologies des compteurs et leurs caractéristiques*

*Yann Le Pahun  
Responsable instrumentation & automatismes*



**DAMETIS**







1

Les bases de la mesure

2

Les appareils de mesures

3

Type de signaux et communications

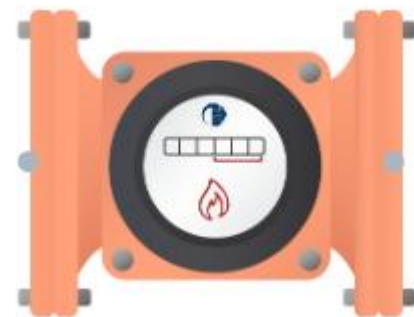
# Que devons-nous mesurer la plupart du temps ?



- Température
- Débit / comptage (volumique / massique...)
- Pression ou écart de pression
- Puissance électrique ou mécanique
- Niveau (cuves)
- Hygrométrie
- Concentration ou composition
- Vitesse ou fréquence
- Nombre d'unités,
- Masses
- Autres : pH, Brix...

# Une mesure est-elle toujours suffisante ?

Volume de gaz  
 $10 \text{ m}^3$



- Pression = 1 bar
- Température =  $20^\circ\text{C}$

$$V = 9,196 \text{ Nm}^3$$



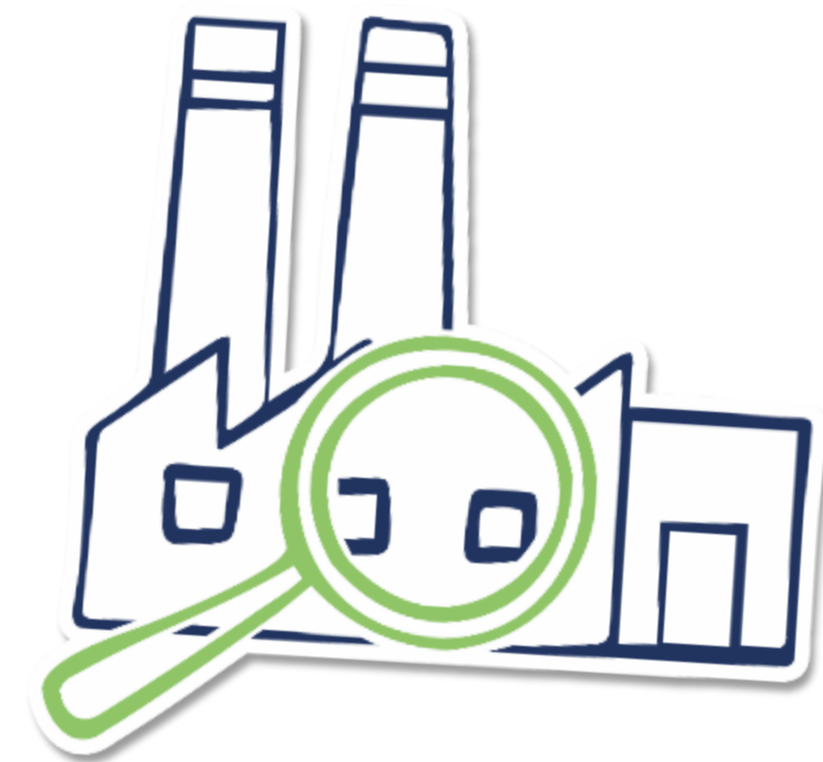
- Pression = 0,3 bar
- Température =  $20^\circ\text{C}$

$$V = 2,759 \text{ Nm}^3$$



# Pourquoi a-t-on besoin de mesurer ?

- 1 Visualiser, qualifier, quantifier :
  - *In situ, près des machines*
  - *En déporté (supervision par exemple)*
- 2 Réguler les usages d'énergie (contrôle – commande)
- 3 Suivre, contrôler les performances : indicateurs clé
- 4 Alerter : prévenir les dérives et les pannes
- 5 Dimensionner
- 6 Prendre des décisions en conscience





# Priorisation de la mesure



## Fourniture d'énergies primaires & utilités énergétiques

Etat sur la performance des utilités (rendement)  
Quantités produite et capacité des installations

## Dépôts principaux

Clés de répartition  
Management de la perf.

## Maîtrise des process

Aide à la décision  
Vision à long terme vers un  
process 0 carbone





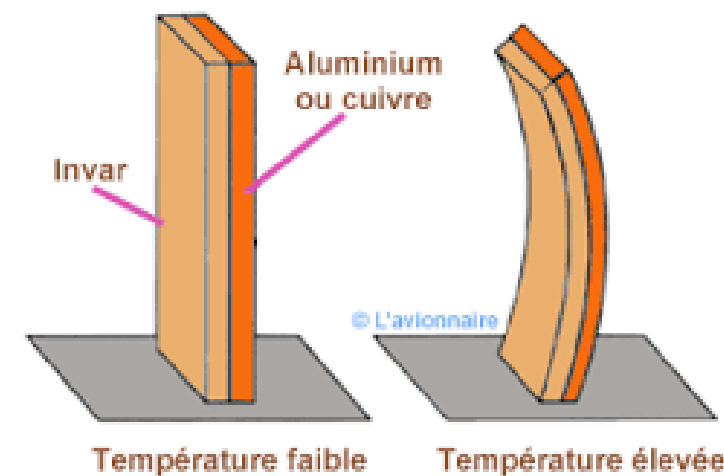
- 1 Les bases de la mesure
- 2 Les appareils de mesures
- 3 Type de signaux et communications



# Mesure de la température

Les six types de capteurs de température industriels les plus courants sont les suivants :

- Thermocouples
- Dispositifs de température à résistance (RTD et thermistances)
- Thermomètres infrarouges
- Dispositifs bimétalliques
- Dispositifs d'expansion de liquide
- Dispositifs de changement d'état.



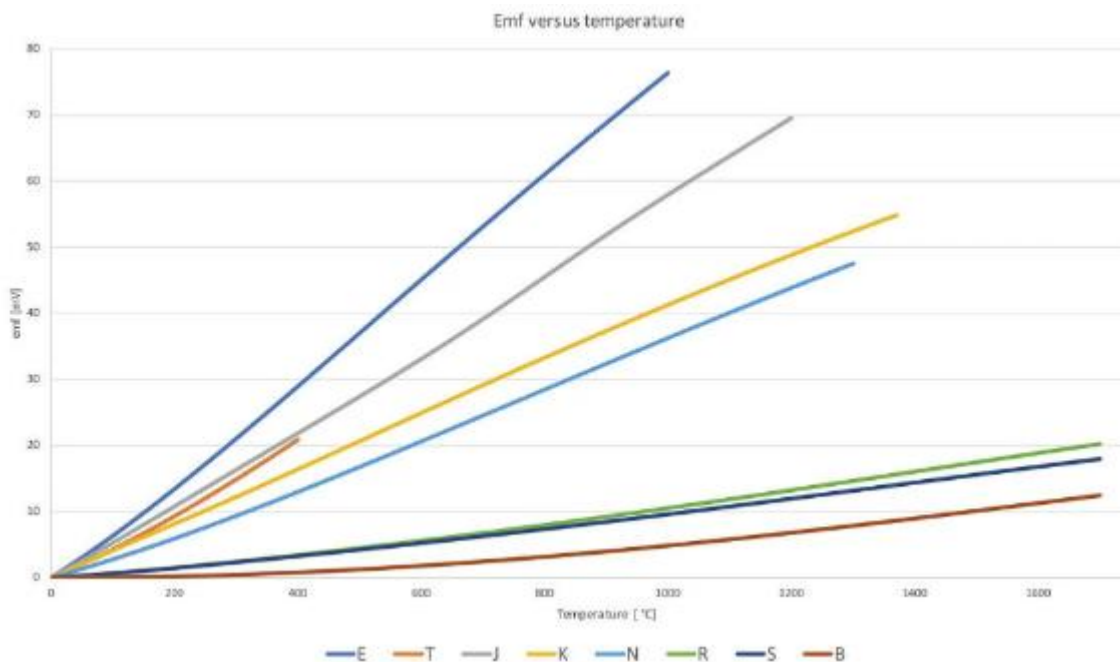
# Sondes de température

## Thermocouple

Effet Seebeck : variation de la tension (courant thermoélectrique) au point de contact de deux fils de matériaux différents)

Différents thermocouples différenciés par une lettre (ex : type B, R, N, K, T...) qui représentent les matériaux utilisés.

Type	Fil positif	Fil négatif
B	70% Platine 30% Rhodium	96% Platine 6% Rhodium
E	Chromel	Constantan
J	Fer	Constantan
K	Chromel	Alumel
N	Nicrosil	Nisil
R	87% Platine 13% Rhodium	Platine
S	90% Platine 10% Rhodium	Platine
T	Cuivre	Constantan



Source : <https://blog.beamex.com/>



Robuste  
Bon marché  
Plus simple à installer car 2 fils  
Large plage de mesure



Précision  
Dérive dans le temps



Précision élevée



Prix un peu plus élevé  
Plus fragile

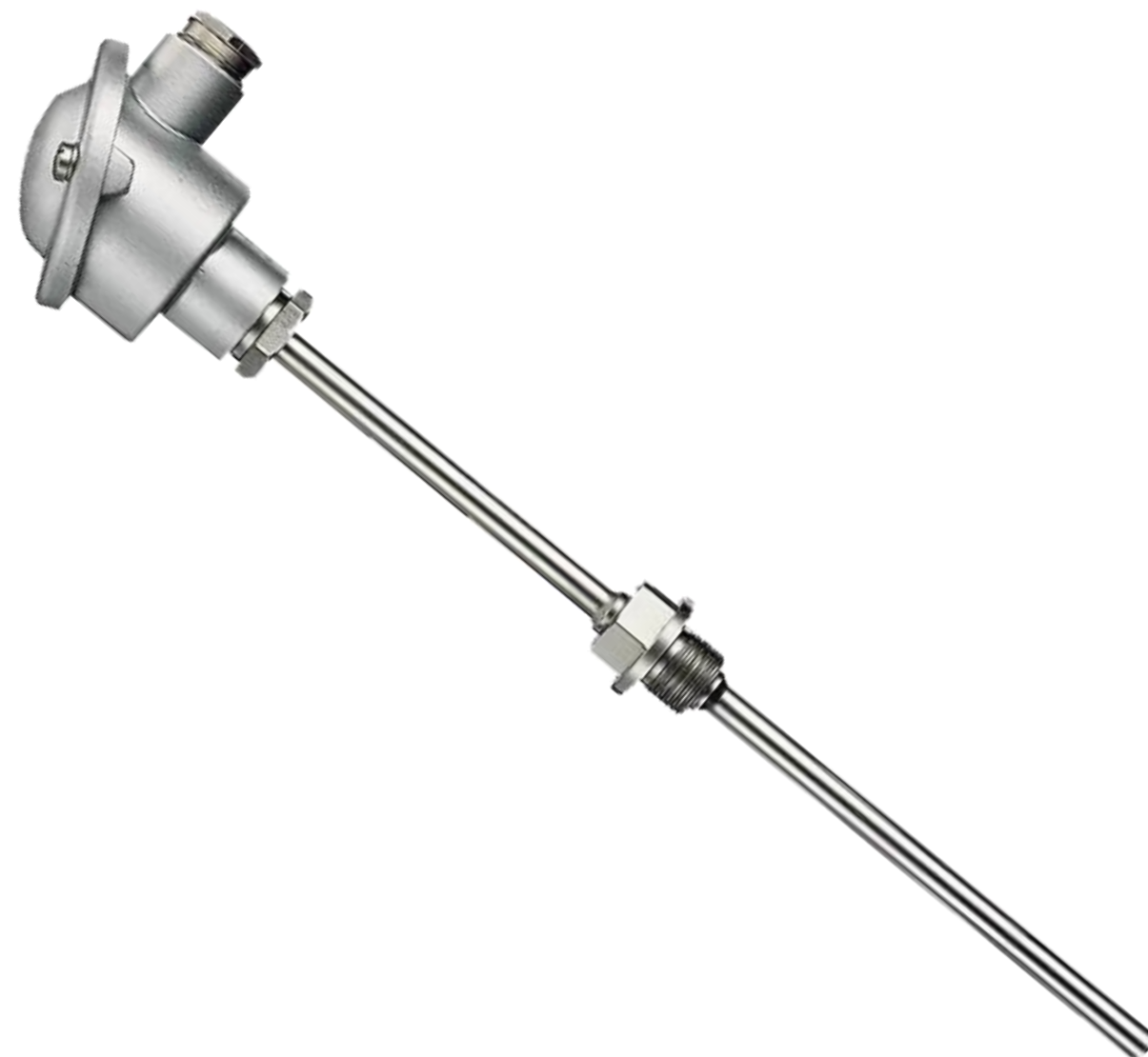
## Résistive (Resistance Temperature Detector)

Sonde pour laquelle la résistance dépend de la température.

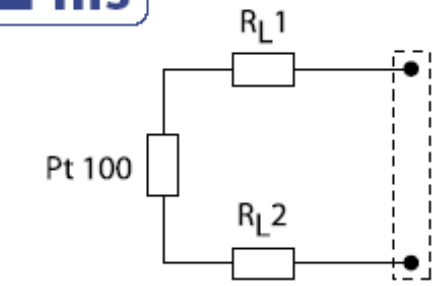
Communément fabriquée en platine, ces sondes sont très souvent installées dans le domaine de l'industrie pour leur précision. Ainsi, Pt100 signifie que la sonde est munie d'une résistance de 100Ω à une température de 0°C.

# Sondes de température PT 100

Choisir des sondes PT100 3 fils, avec convertisseur dans la tête de sonde pour limiter les longueurs de câbles  
Plusieurs types de montages possibles



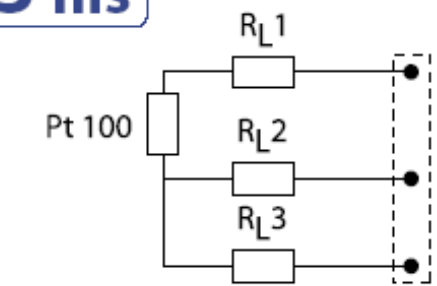
## ⚠ 2 fils



### le plus simple

C'est la méthode de mesure la plus simple, mais les résistances de lignes ( $R_{L1}$  et  $R_{L2}$ ) sont en série avec l'élément sensible Pt 100. L'erreur correspond à  $R_{L1} + R_{L2}$ , d'où un décalage de la température mesurée et de la température réelle. C'est le montage à éviter.

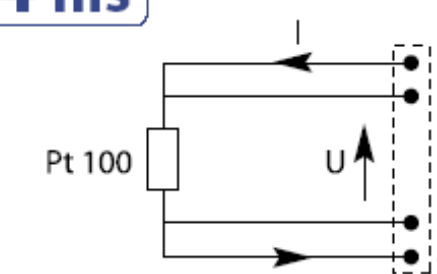
## + 3 fils



### le plus utilisé

Ce montage implique des résistances de lignes  $R_{L1}$ - $R_{L2}$ - $R_{L3}$  identiques.  $R_{L2}+R_{L3}$  permettent de mesurer la résistance de lignes que l'on va soustraire à ce qui est mesuré aux bornes 1 et 2.

## + 4 fils



### le plus précis

On fait passer un courant constant par les bornes 1 et 4 et l'on mesure directement la tension aux bornes de l'élément sensible Pt 100, ce qui permet complètement de s'affranchir des résistances de lignes.

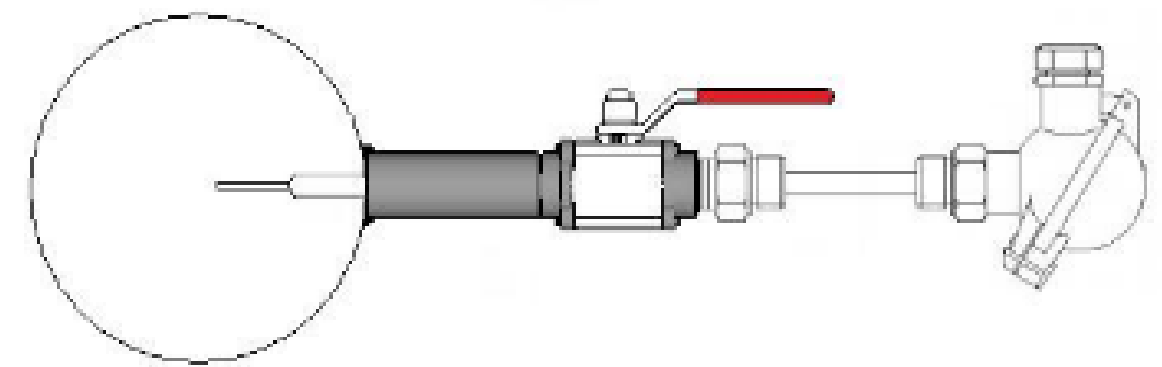
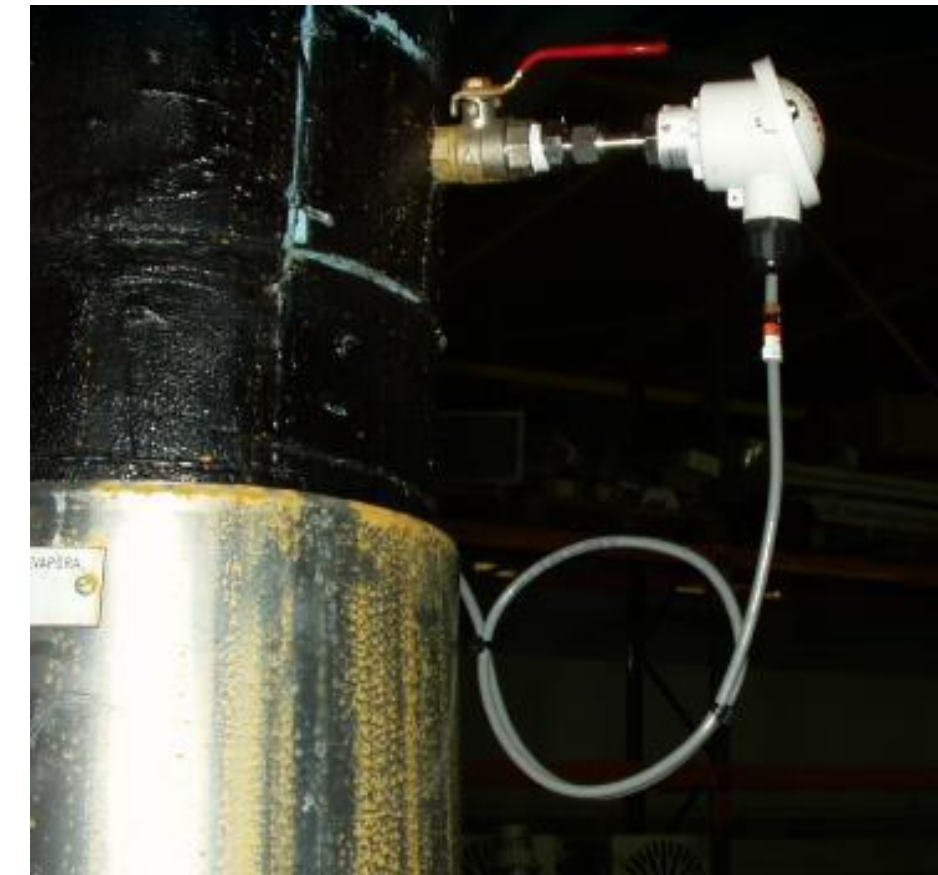


# Pose des sondes de température

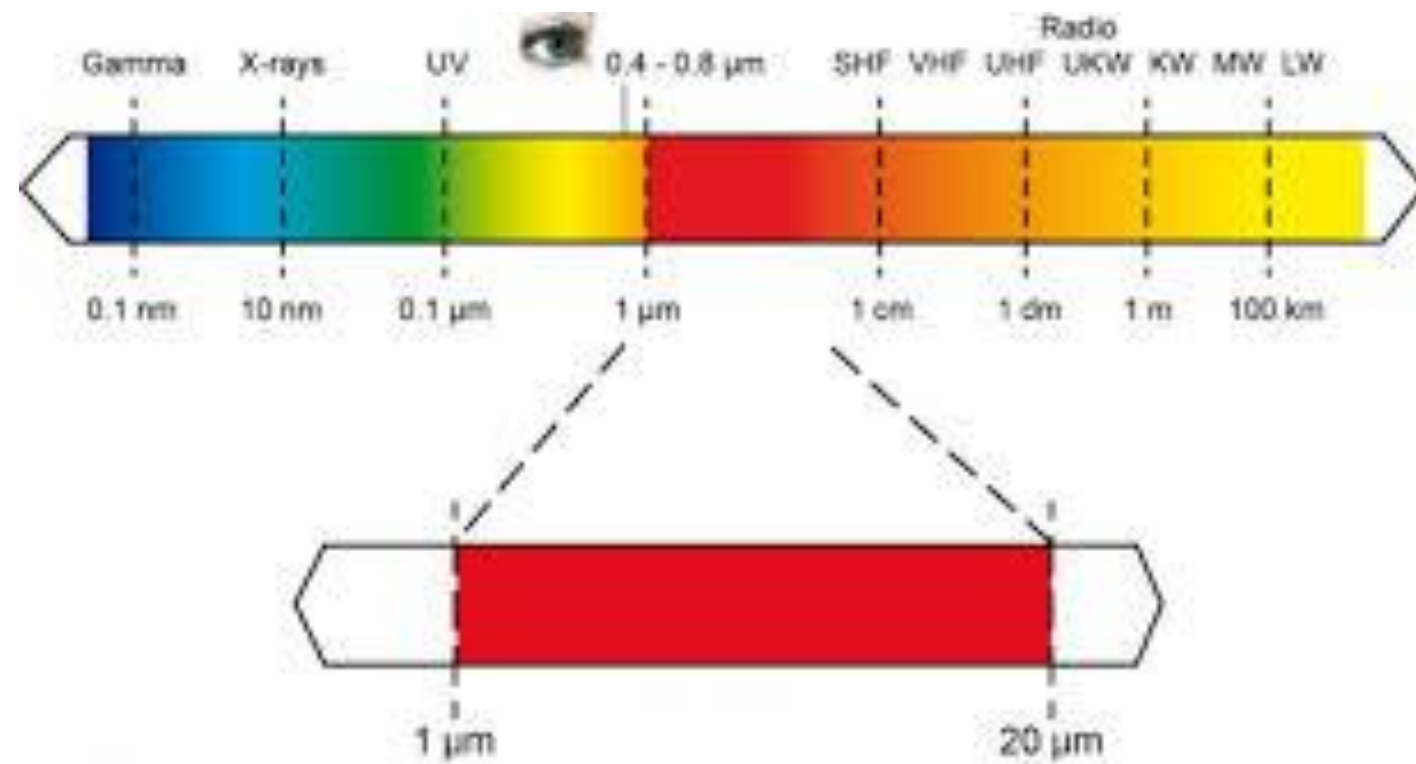
Exemples à ne pas suivre



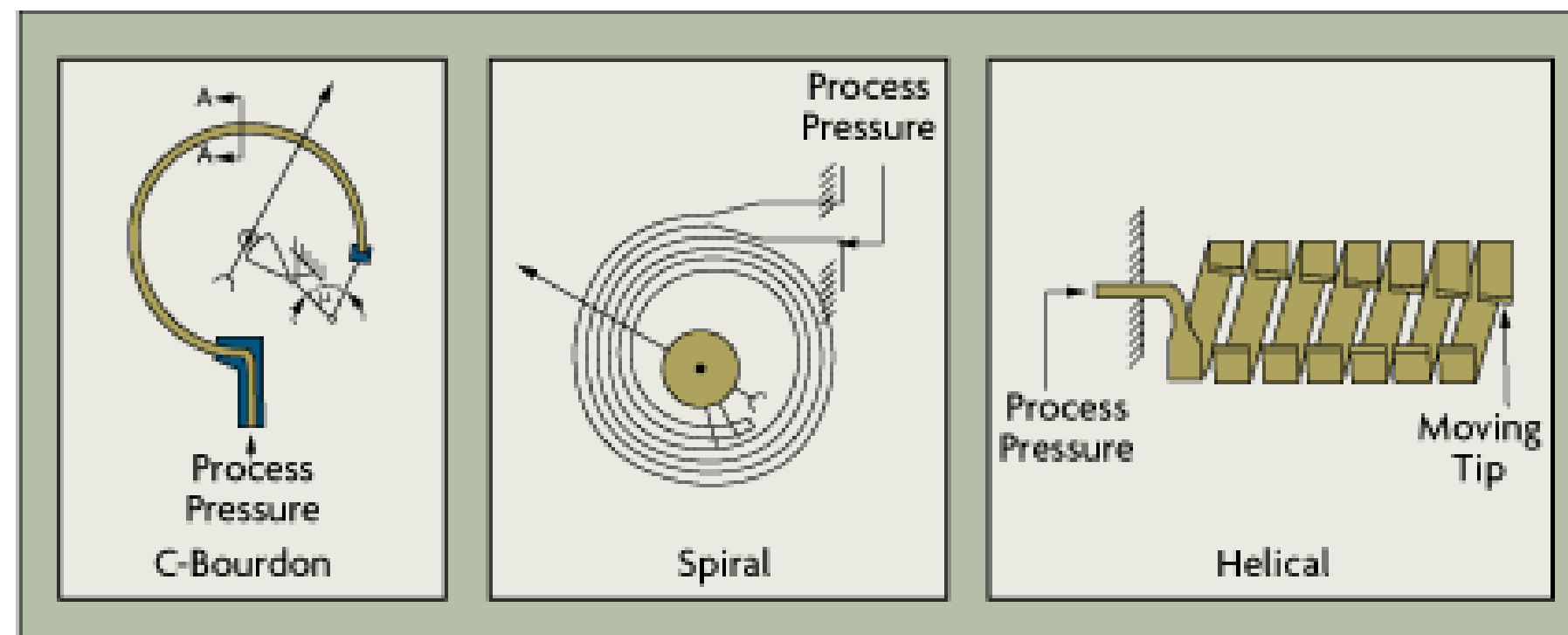
Insertion de la sonde avec raccord coulissant 15/21



# Mesurer la température à distance (Infrarouge)



# Mesure de la pression


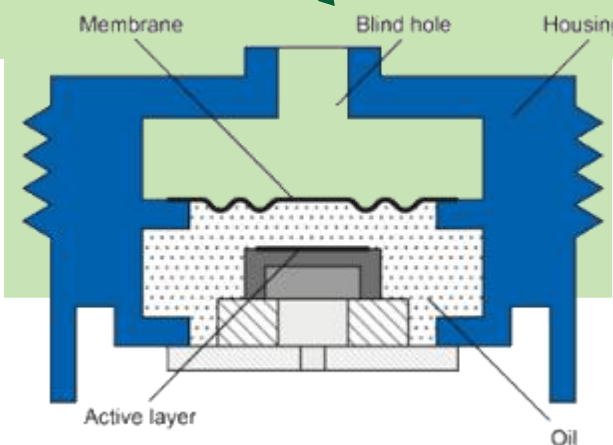





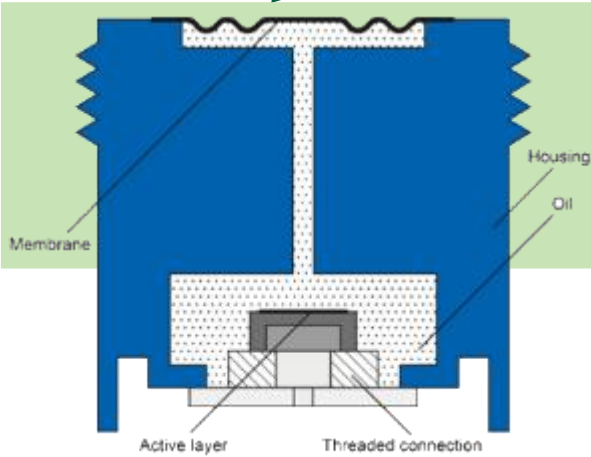
# Mesure de la pression

- Fonctionnement d'un capteur de pression standard :


Sous la pression, la membrane comprime l'huile et la cellule piezorésistive envoie une résistance différente (image de la pression mesurée)



Sous la pression, la pièce en céramique comprime la cellule piezorésistive (image de la pression mesurée)

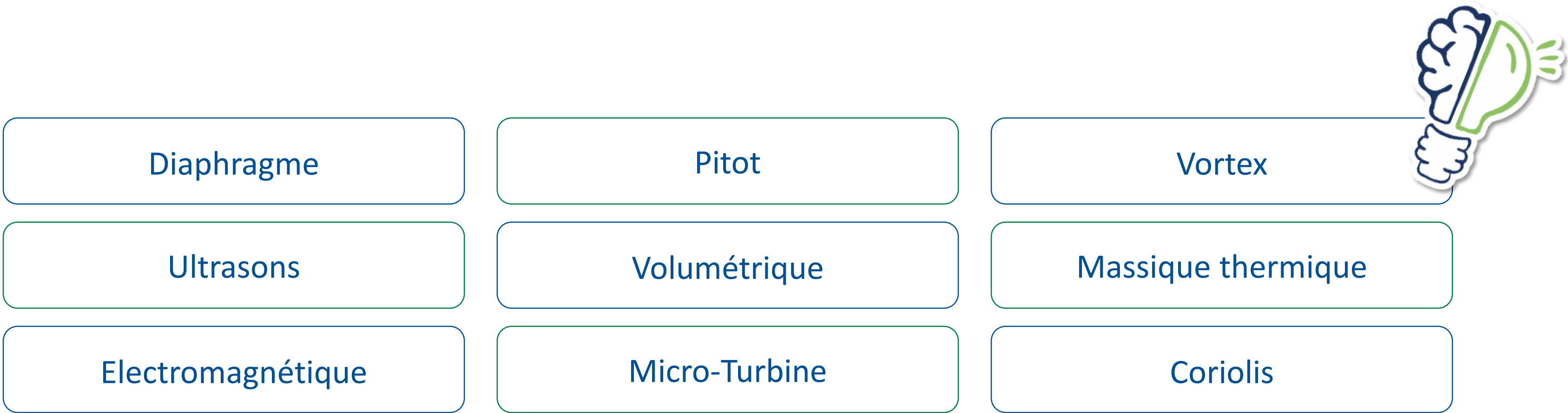


+ Robustesse



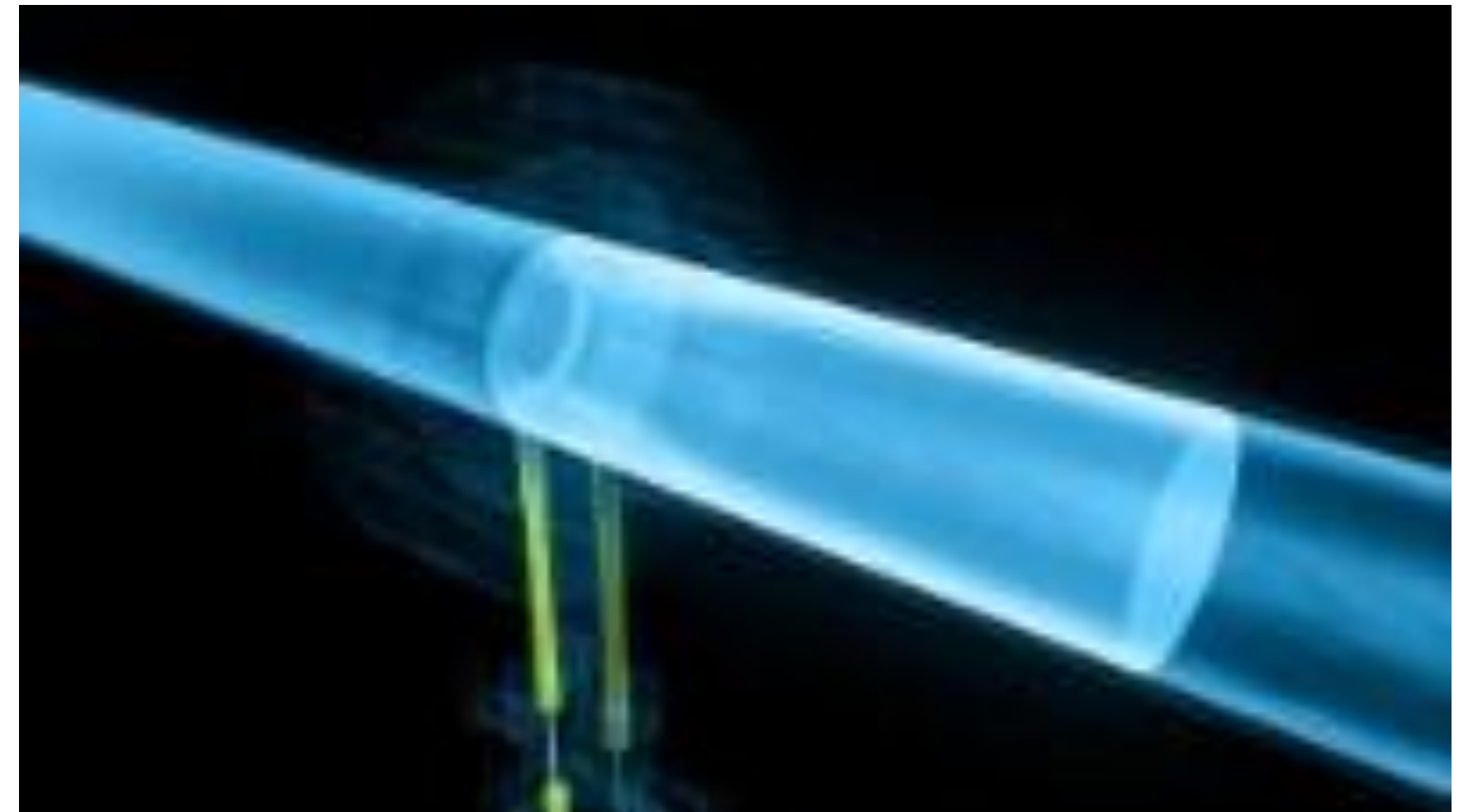
+ Membrane affleurante si risque d'endommager ou d'obstruer l'orifice

# Mesure du débit



# Mesure du débit : Diaphragme

- Organe déprimogène : Mesure de la perte de charge générée par une réduction brusque de la section de passage : orifice calibré
- On mesure la vitesse globale de l'écoulement, et non la vitesse locale
- Perte de charge résiduelle inférieure à la perte de charge mesurée
- Norme de dimensionnement : ISO 5167-1



Facilité de contrôle in situ  
Mesure de débit normalisée  
Fiabilité de la mesure  
Mesures possibles sur tout gaz ou liquides.

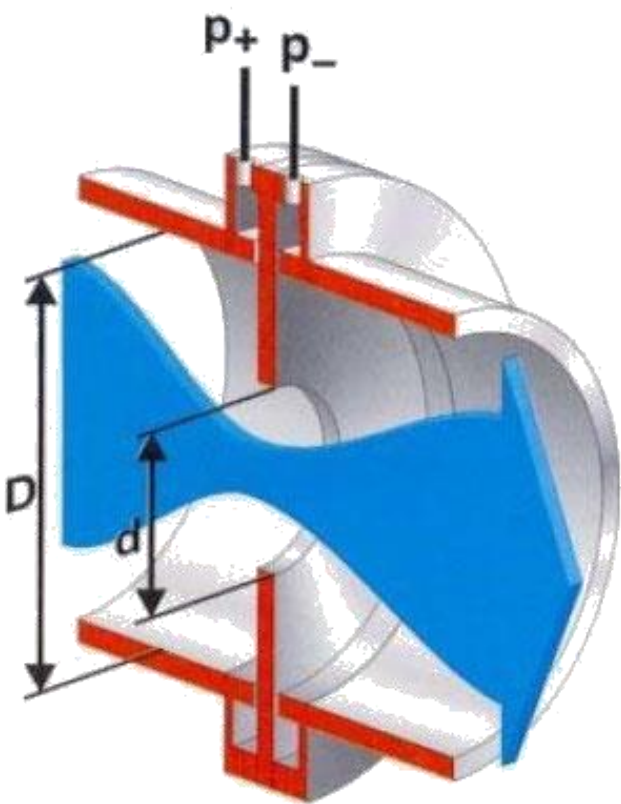


Mise en place  
Perte charge limitée  
Rangeabilité



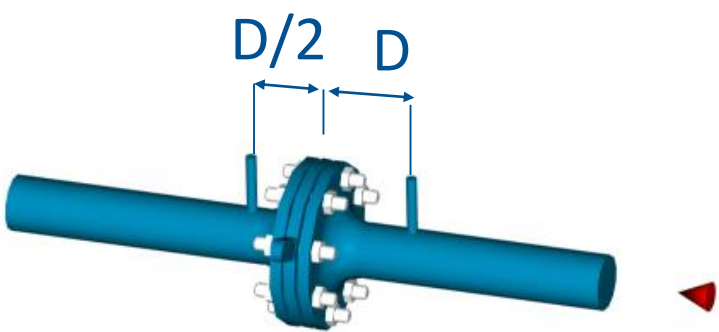
# Mesure du débit : Diaphragme

## Schéma de conception

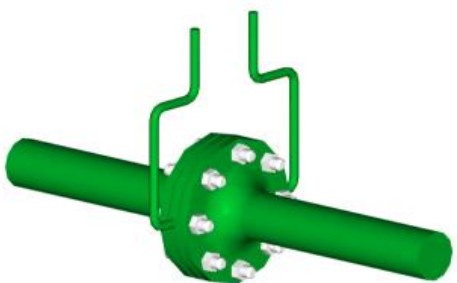


Débit mesuré  
=  $f(\text{fluide}, D_p, p, T)$

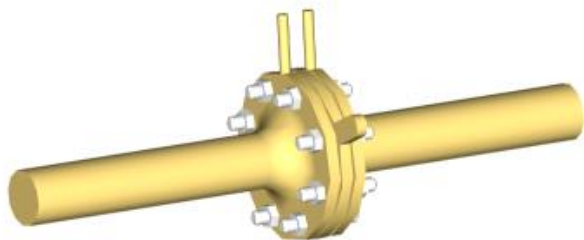
## Plusieurs variantes de mise en œuvre



Prises de pression sur la  
canalisation avec  
diaphragme type  
« queue de poêle »



Prises de pression dans les  
angles du diaphragme



Prises de pression sur les  
brides enserrant le  
diaphragme type  
« queue de poêle »

# Mesurer le débit : Diaphragme

Les règles d'installation dépendent du fluide

Eau glacée



Vapeur



Air comprimé





# Mesure du débit : Diaphragme

Cherchez les **Erreurs** d'installation

Eau glacée



Air Comprimé



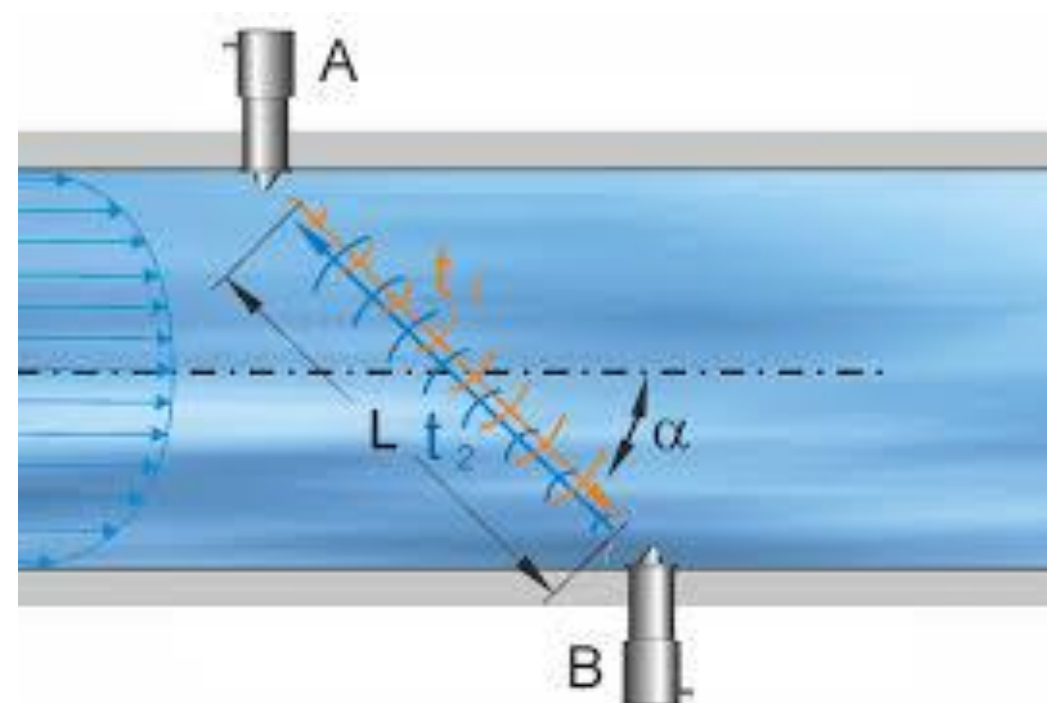
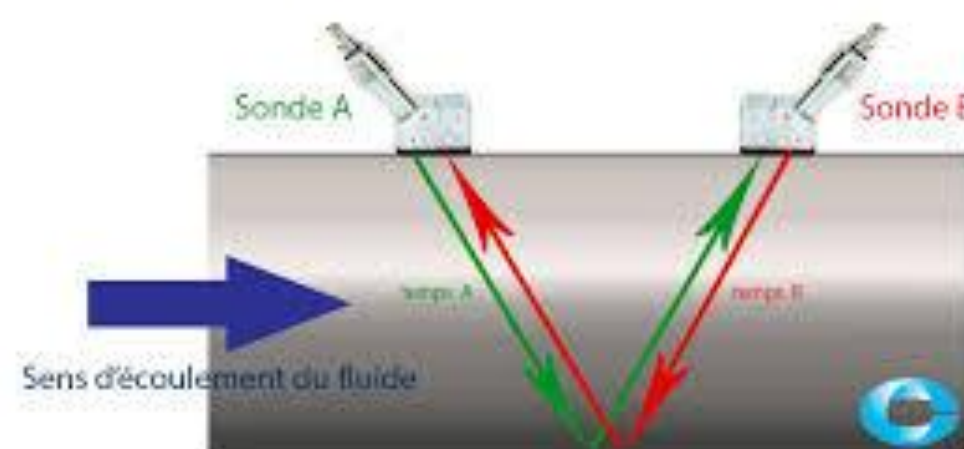


# Mesure du débit : Ultrasons

2 sondes émettrices + réceptrices  
(les deux pouvant être confondues).

2 méthodes possibles :

- Débitmètre à effet Doppler : consiste à analyser la fréquence de l'ultrason qui est « réfléchi » par une particule du fluide. La variation de fréquence est une image de la vitesse de la particule, et donc du fluide (destiné aux fluides chargés)
- Débitmètre par mesure de différence des temps de transit : on mesure le temps de parcours de l'onde ultrasonore d'amont/aval à aval/amont. Cette différence de temps est l'image de la vitesse moyenne du fluide (destiné aux fluides propres)



+ Facilité d'installation  
Faible coût de pose  
Pas de pertes de charge

- Sensible aux fluides chargés  
Mise en service aléatoire  
Pas de vérification in situ  
Prix élevé

# Mesure du débit : Electromagnétique

2 Bobines magnétiques

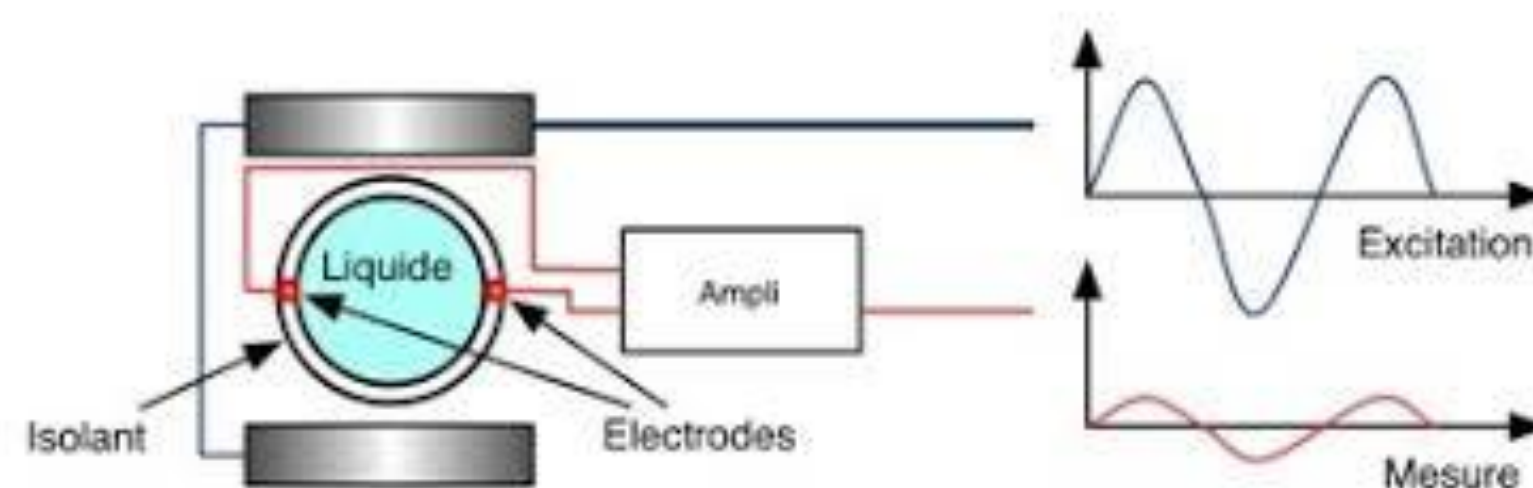
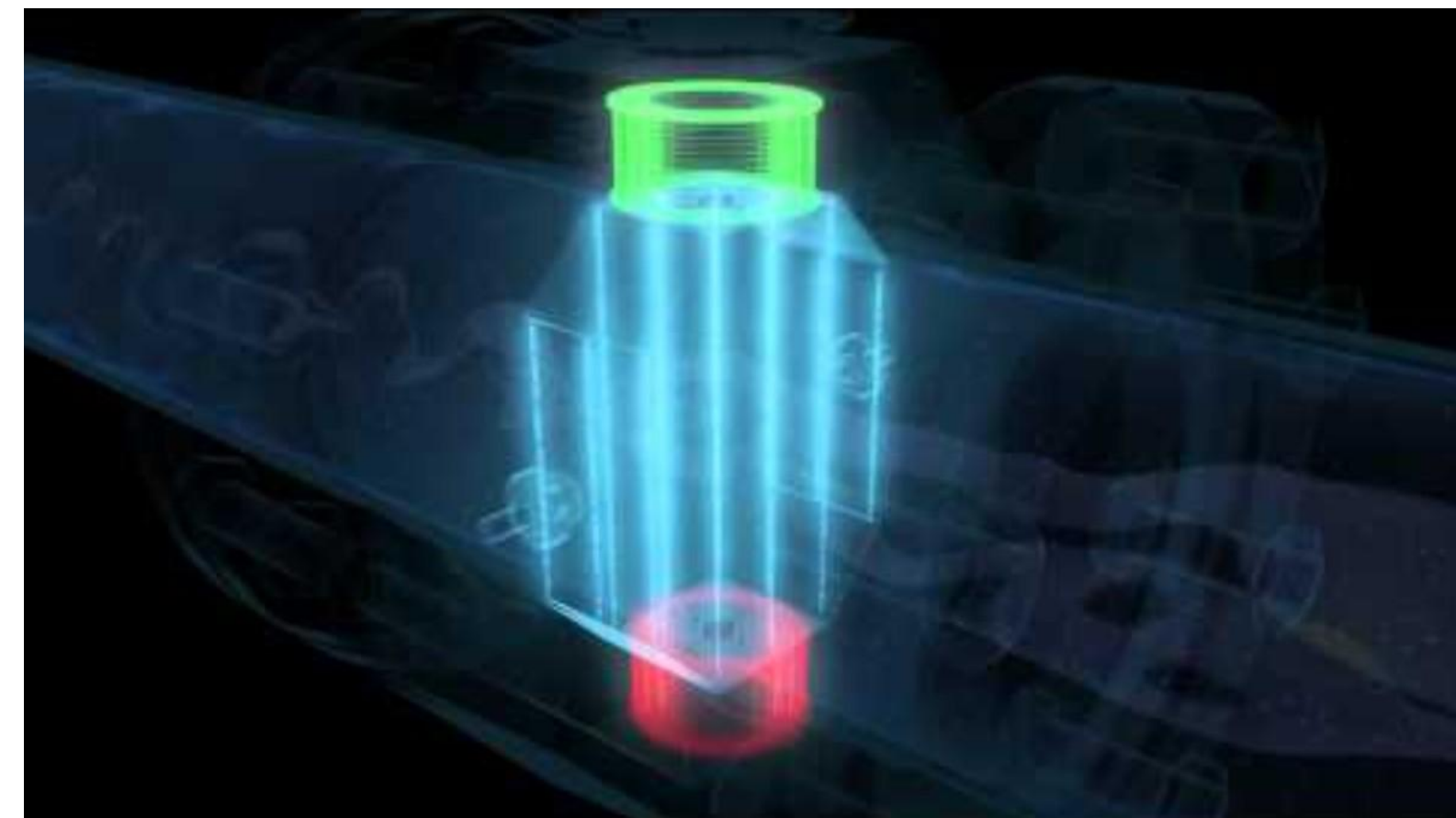
2 Electrodes :

Les débitmètres électromagnétiques fonctionnent suivant le principe de Faraday.

Lorsqu'un liquide conducteur s'écoule à travers un champ magnétique.  
On génère le champ magnétique à l'aide de 2 bobines magnétiques situées des deux côtés du tube de mesure.

Deux électrodes sont montées perpendiculairement à cela sur la paroi interne de la conduite. Ces électrodes mesurent la tension produite pendant la traversée du fluide.

La tension induite mesurée est proportionnelle à la vitesse d'écoulement du fluide et au débit volumique.



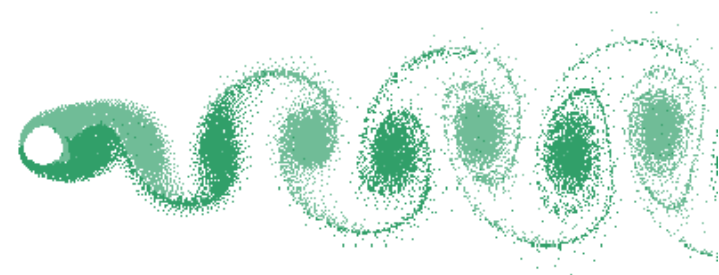
+ Rangeabilité  
Pas de pertes de charge

- Pas de vérification in situ



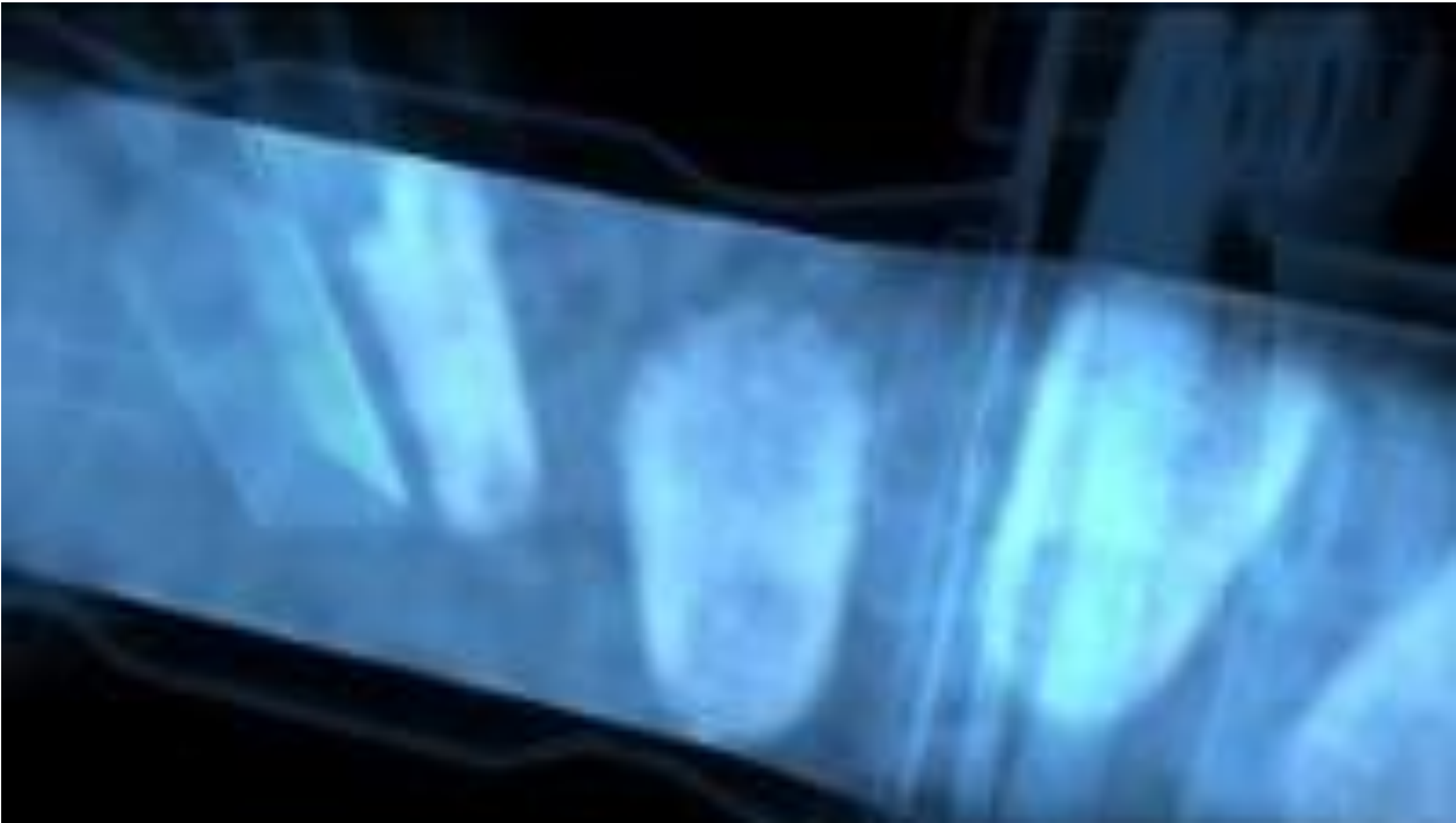
# Mesure du débit : Vortex

Type de débitmètre dont la mesure repose sur la formation de tourbillons (Vortex) alternés générant des coups de pression à l'intérieur de tuyauteries pleines, pour déterminer le débit, tant de liquides que de vapeurs et de gaz.



 Rangeabilité

 Coût de pose  
Pas de vérification in situ  
Attention à la réduction de section





# Mesure du débit : Vortex

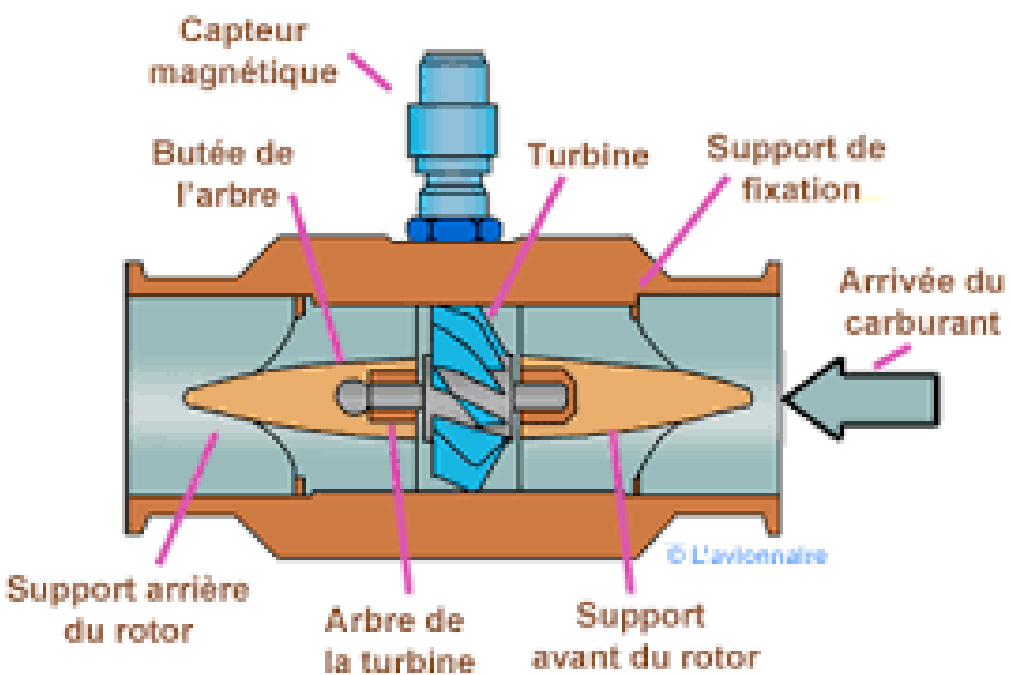
Cherchez l'**Erreur** d'installation



Capteur type Vortex Induisant une perte de  
Charge de 1.2 bar !

# Mesure du débit : Turbine à insertion

- Insertion d'une micro-turbine au travers d'un piquage en attente (DN50), muni d'une vanne à passage intégral.



Facilité d'installation (mise en place sans coupure)  
Faibles pertes de charge

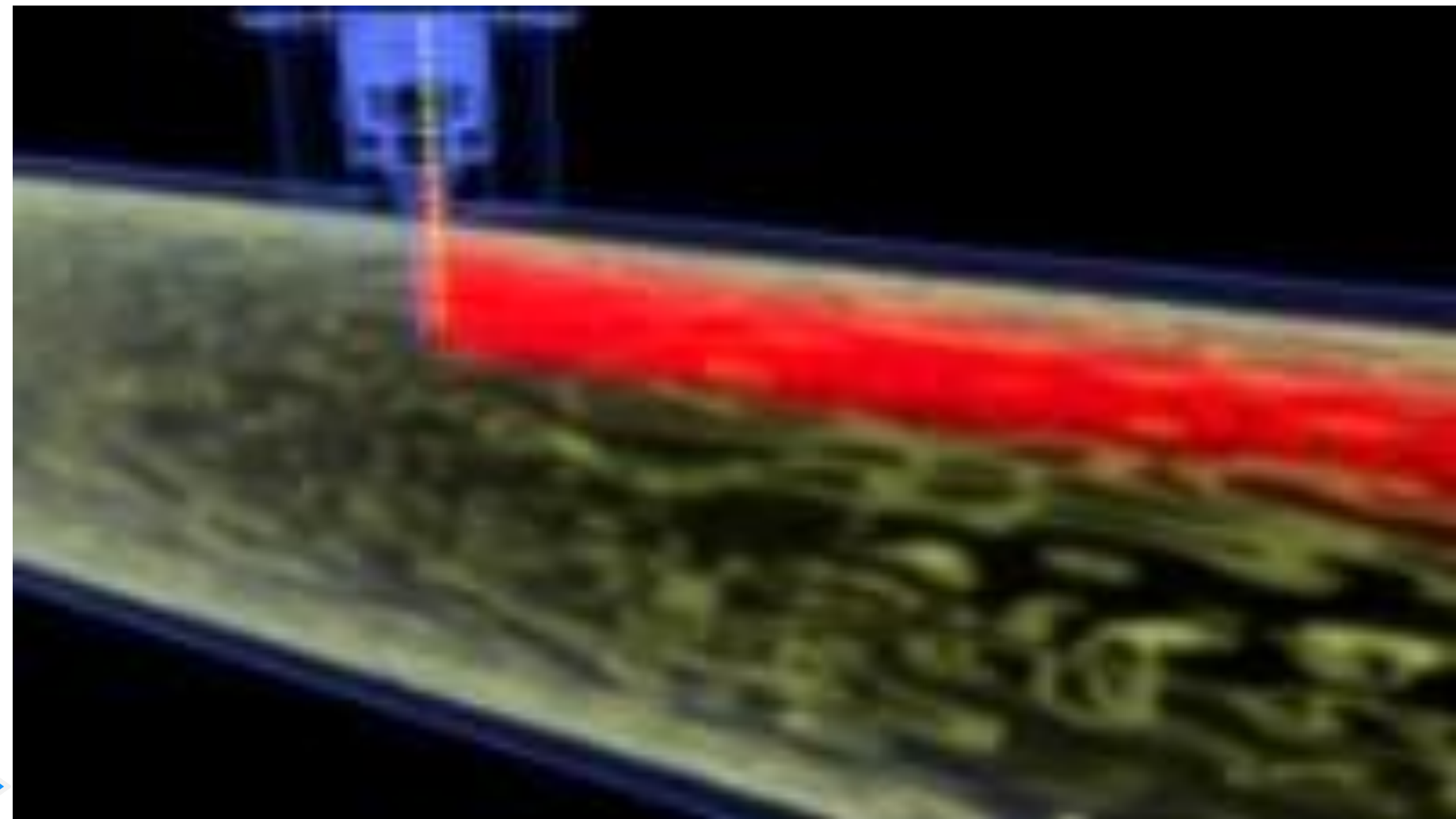
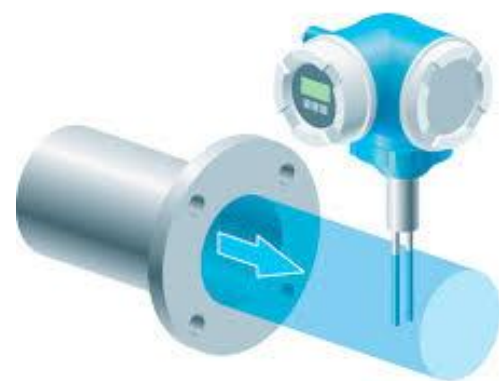


Sensible à l'encrassement  
Pas de vérification in situ



# Mesure du débit : Massique thermique

- ❖ Principe de fonctionnement basé sur le réchauffement du fluide qui traverse le débitmètre, constitué de deux sondes de température placées en entrée et sortie.
- ❖ Il intègre une mesure de la puissance électrique nécessaire pour maintenir un différentiel de température constant entre ces deux sondes.
- ❖ En connaissant la nature du fluide le traversant, il peut connaître la capacité calorifique massique de ce fluide et par extension la quantité de matière le traversant.



Endress+Hauser  
People for Process Automation



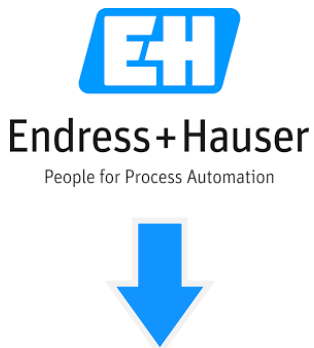
Rangeabilité  
Faible perte de charge de pose  
Mise en œuvre simple (insertion)



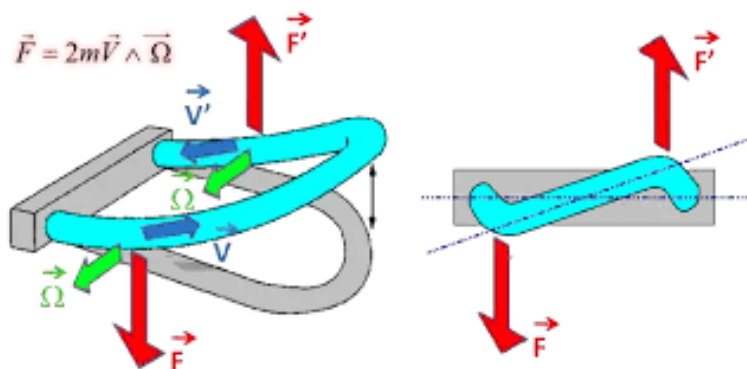
Nécessite un gaz propre  
Pas de vérification in situ



# Mesure du débit : Massique Coriolis



- ◆ Principe de fonctionnement est simple.
- ◆ Un tube en U est traversé par le fluide dont on veut mesurer le débit. Le tube est soumis à une oscillation latérale.
- ◆ On mesure la contrainte engendrée par la circulation du fluide, grâce à des jauges de contrainte, entre chaque angle du U.
- ◆ Plus la quantité de matière traversant le tube est importante, plus la contrainte est forte.



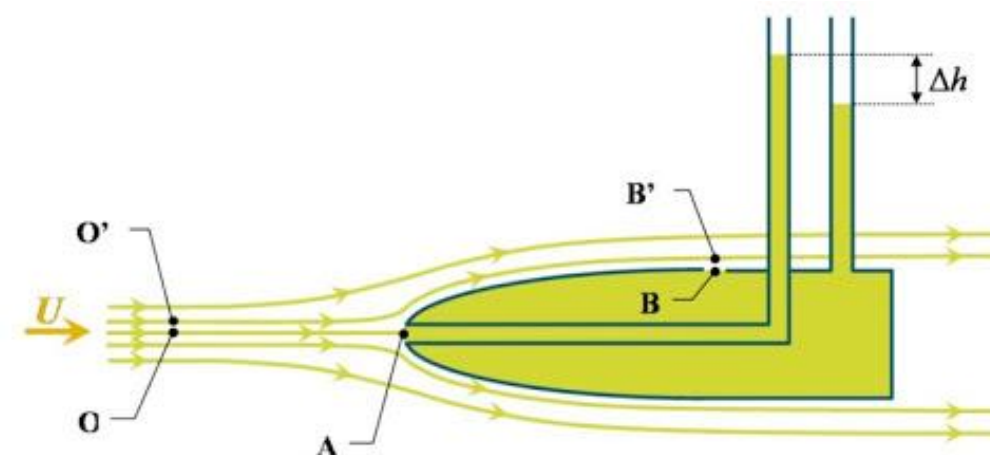
Rangeabilité



Coût de pose  
Pas de vérification in situ  
Attention à la réduction de section

# Mesure du débit : Tube de pitot

- Un tube de Pitot capte la pression totale qui est générée par l'effet conjoint de la pression du fluide mesuré (pression statique), et de la pression résultant de la vitesse du fluide sur le capteur (pression dynamique).
- L'anémomètre mesure la différence entre les deux pressions (dynamique et statique) et la convertit en vitesse indiquée.
- Souvent utilisé pour des mesures aérauliques, ce type d'équipement permet la mesure de faible vitesse dans un environnement propice à l'encrassement.
- Lorsque le fluide est propre, d'autres possibilités s'offrent à nous : anémomètre à hélices ou même un anémomètre à fil chaud.



Equation de Bernoulli

$$\Delta P_{Pa} = \rho_{kg/m^3} \times \frac{V_{m/s}^2}{2}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times \Delta P}{\rho}}$$



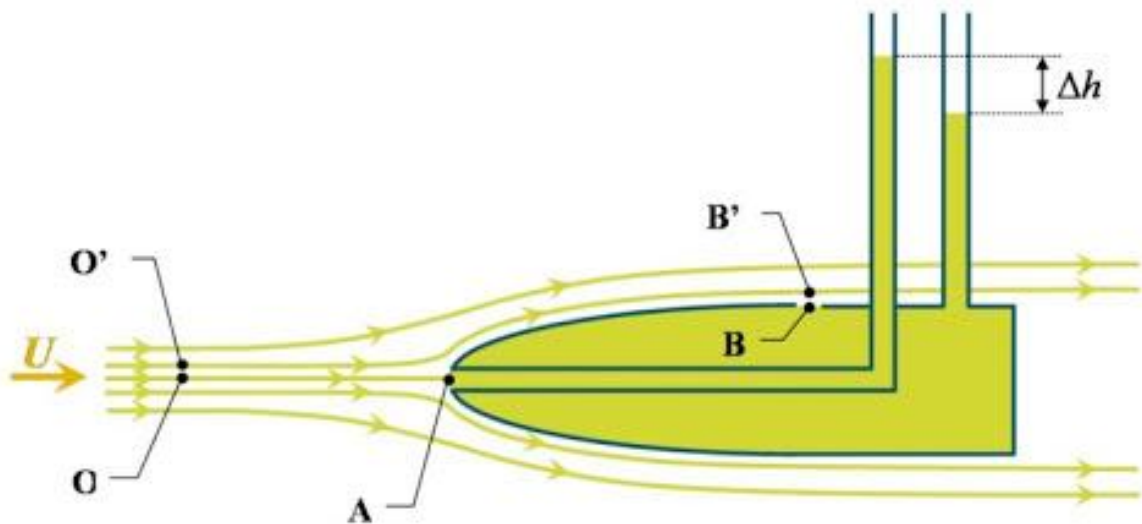
Rangeabilité  
Facilité d'installation



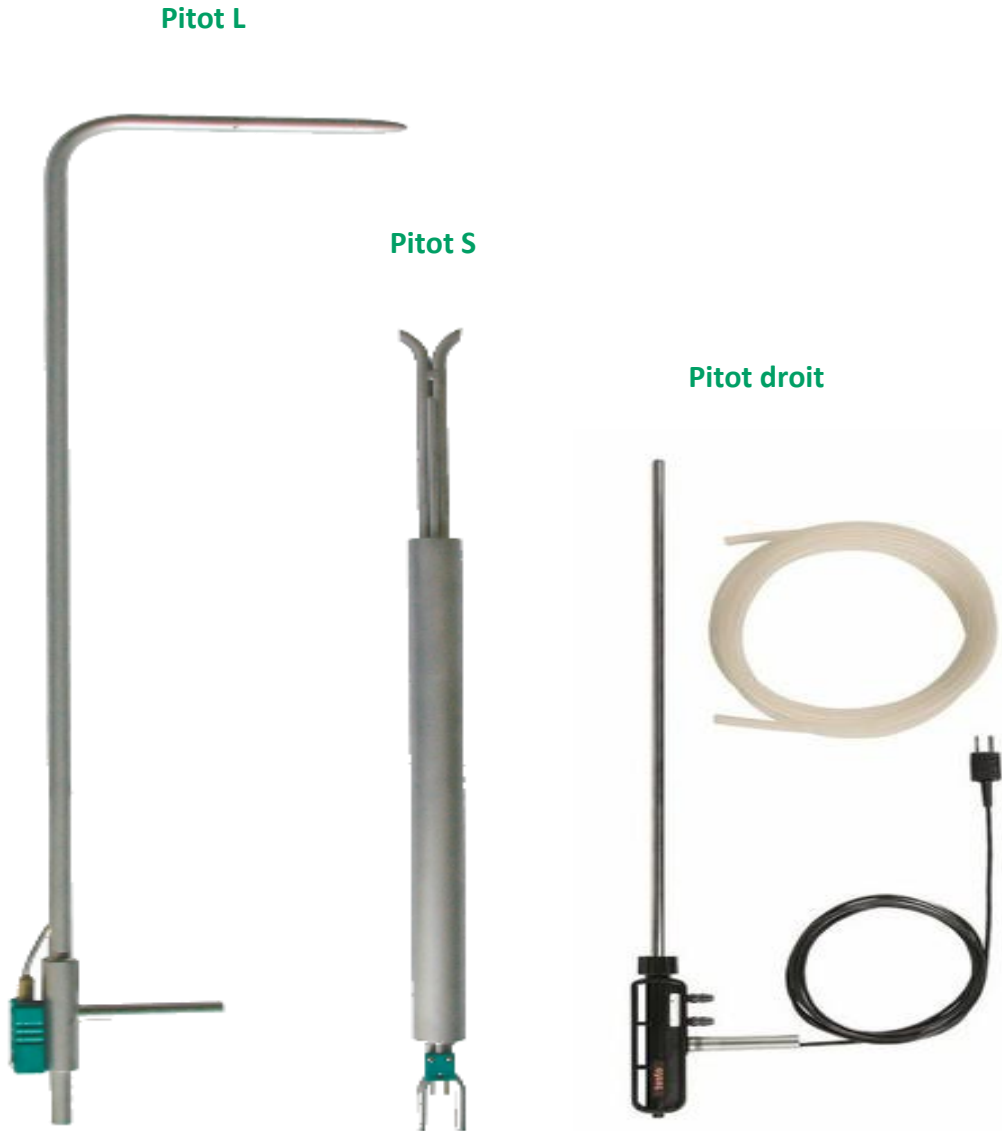
Précision  
Pas de vérification in situ

# Mesure du débit : Tube de pitot

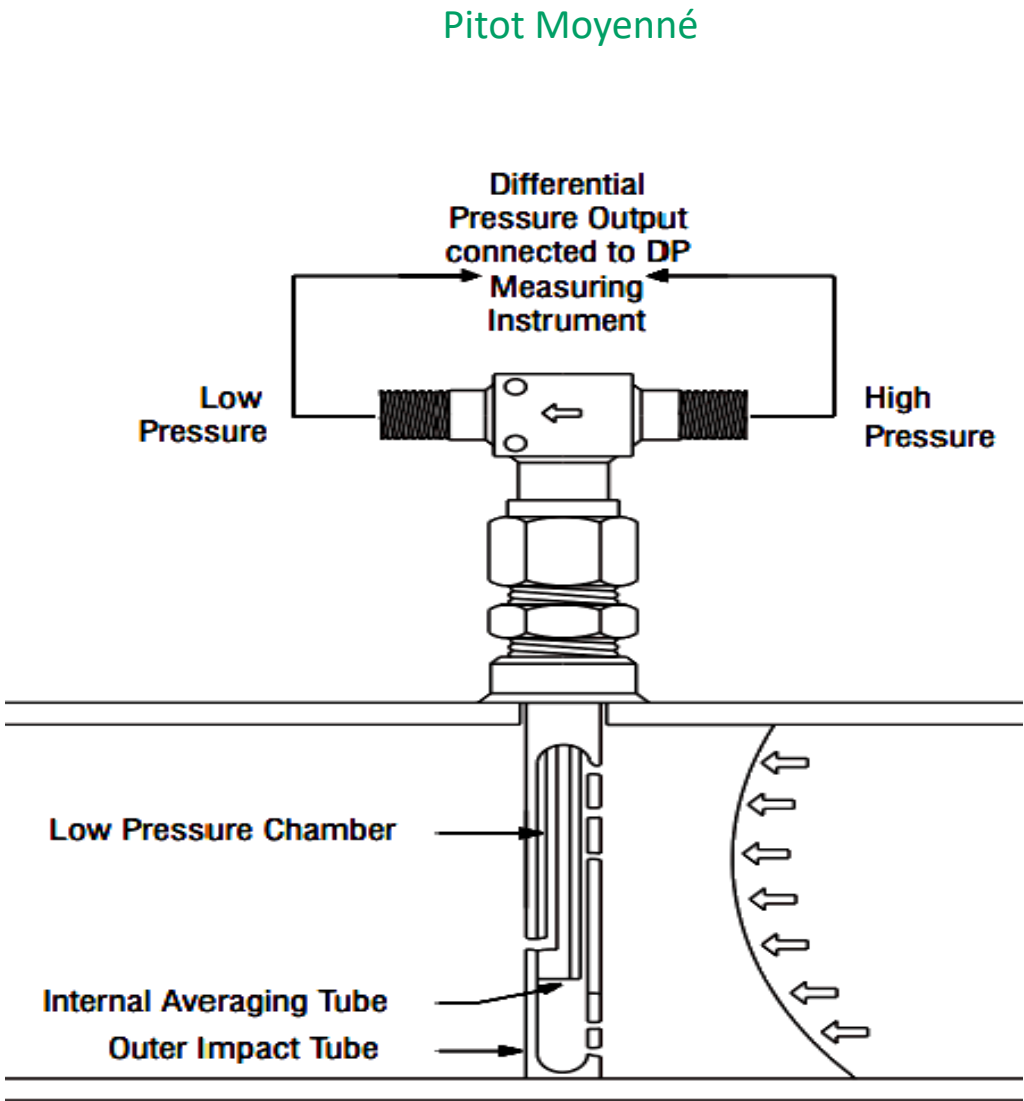
## Principe de fonctionnement



## Pitot conventionnels



## Alternatives



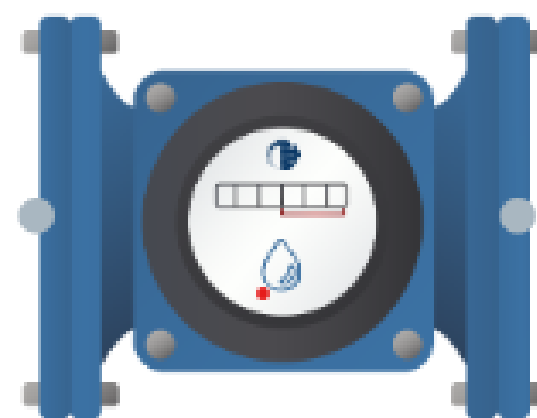


# Mesure du débit : Comparatif des technologies

Moyens de mesure débit	Barème	Diaphragme	Tube Pitot à hampe	Sonde Annubar	Massique Coriolis	Massique thermique	Turbine pleine section	Microturbine à insertion	Electromagnétique	Vortex	Ultrasons	Légende
Déprimogène		✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Oui / Non
Tout électronique		✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Oui / Non
Recalage / Vérif en ligne		✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Oui / Non
Rangeabilité		🟡	🟡	🟡	🟢	🟢	🟡	🟡	🟢	🟡	🟢	Nulle / Faible / Moyenne / Elevée
Normalisé		✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Oui / Non
Liquide		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Oui / Non
Gaz		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	!	Oui / Oui mais peu fiable / Non
Facilité de mise en œuvre		🔴	🟡	🟢	🔴	🟡	🔴	🟡	🔴	🔴	🟡	Très complexe / Complexe / Moy / Simple
Pertes de charge		🟡	🟢	🟡	🟡	🟢	🟡	🟢	🟢	🟡	🟢	Très Elevée / Elevée / Moyenne / Faible
Mesure opposable aux tiers		✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	Oui / Non
Sensibilité à l'usure		🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🔴	🔴	🟢	🟢	🟢	Très Elevée / Elevée / Moyenne / Faible
Sensibilité à l'encrassement		🟢	🔴	⬛	🟡	🟡	🔴	🔴	🟢	🟡	🔴	Très Elevée / Elevée / Moyenne / Faible

Malgré ce comparatif, il n’y a pas de mesure standard mais plutôt une mesure adaptée au besoin

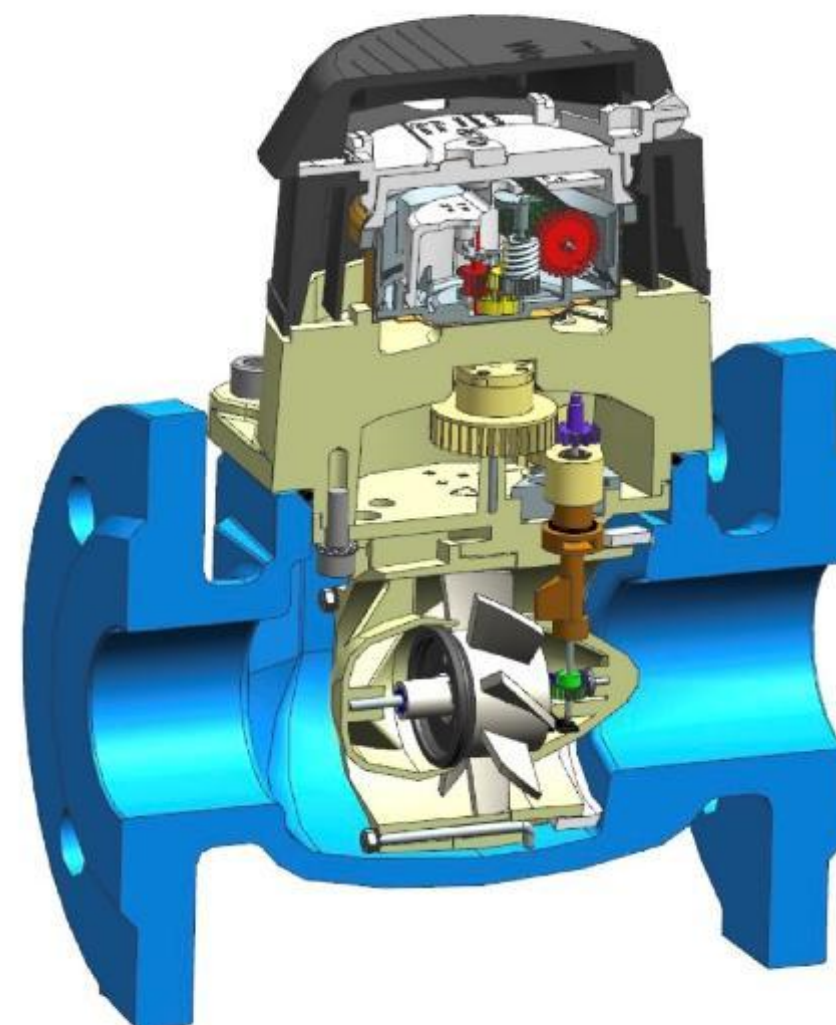
# Mesure du volume : compteur



Simple  
Prix attractif



Volume  
Mécanique



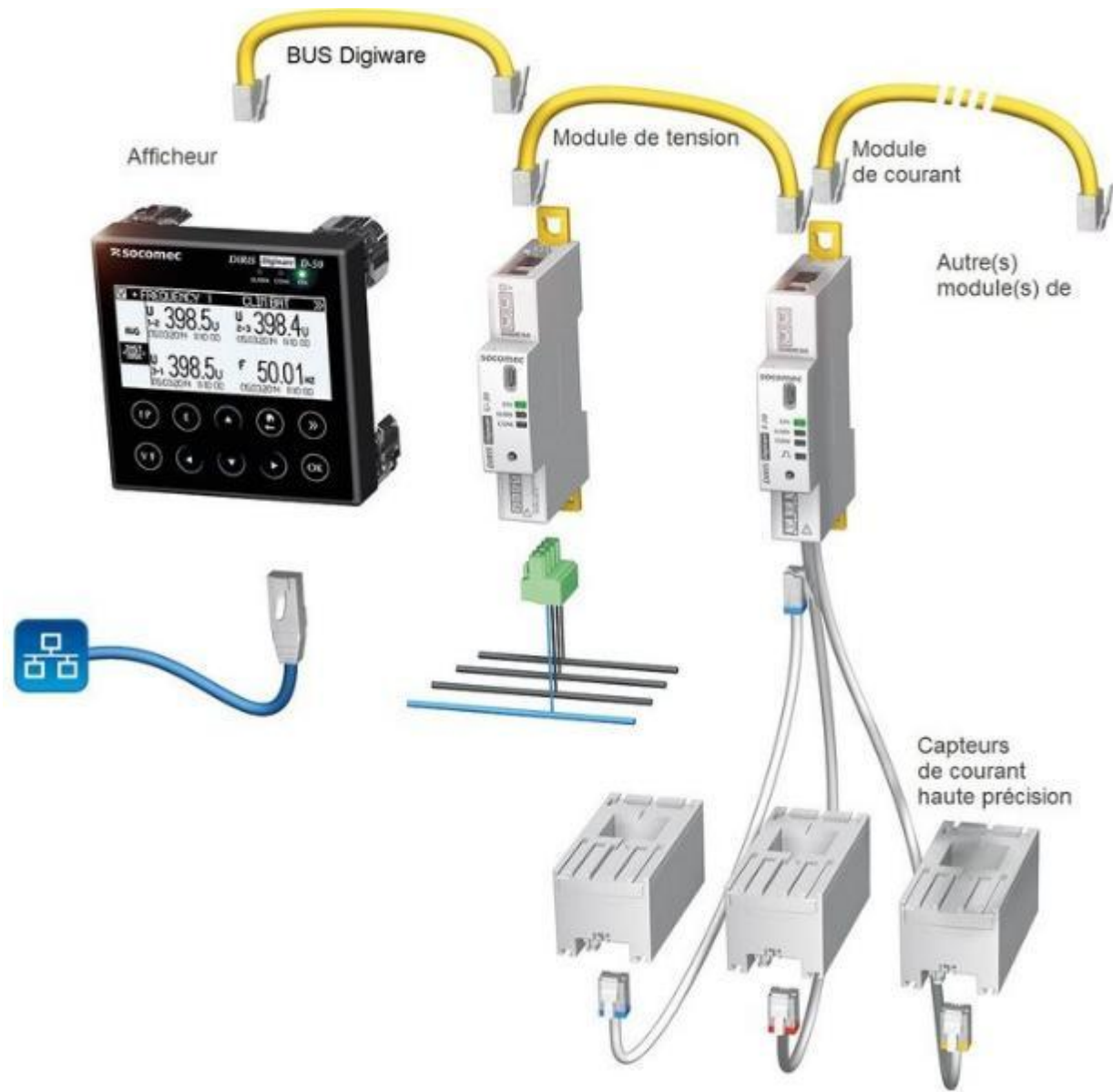
# Mesure de l'électricité



Compteur



Centrale de mesure



Nous conseillons l'utilisation de transformateur d'intensité (TC) = 1 par phase

Attention à accorder I1 avec V1, I2 avec V2, I3 avec V3  
TF, transformateur flexible, plus simple à installer



# Mesure de niveau

## La plus simple



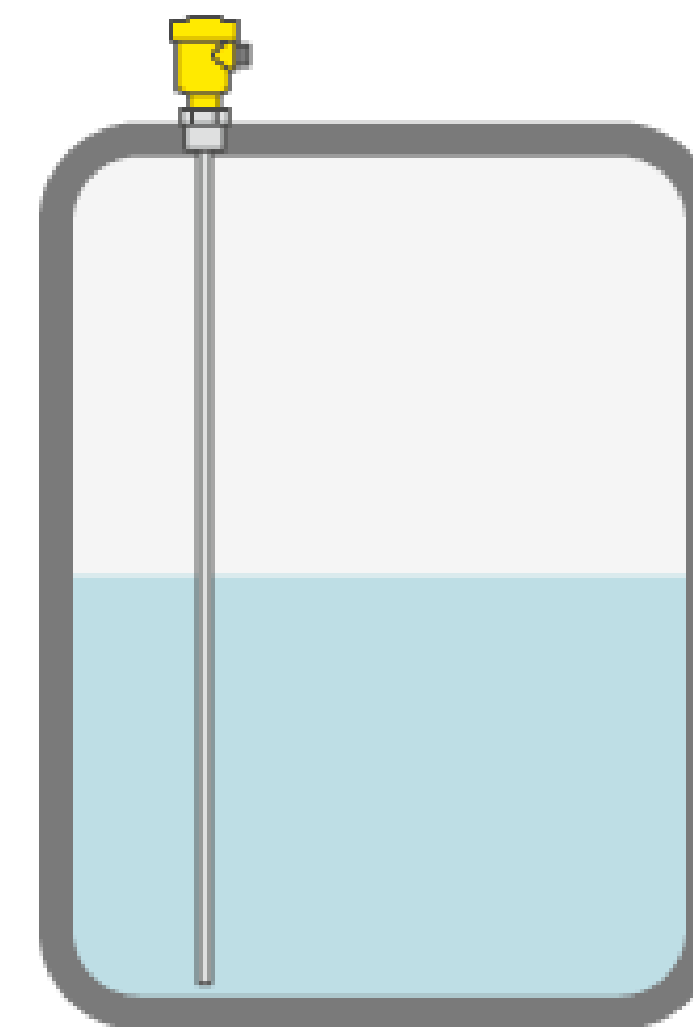
- Mesure de niveau par capteur de pression ou DP pour les cuves sous pression.

## Mesure par radar



- Non perturbé par la mousse ou la vapeur, permet les mesures des liquides complexes.
- Radar guidé, problématique de dépôt.

## Mesure capacitive



- Fonctionne sur liquide et produit en vrac.
- Intrusif et possibilité de dépôt sur la sonde

**1**

Les bases de la mesure

**2**

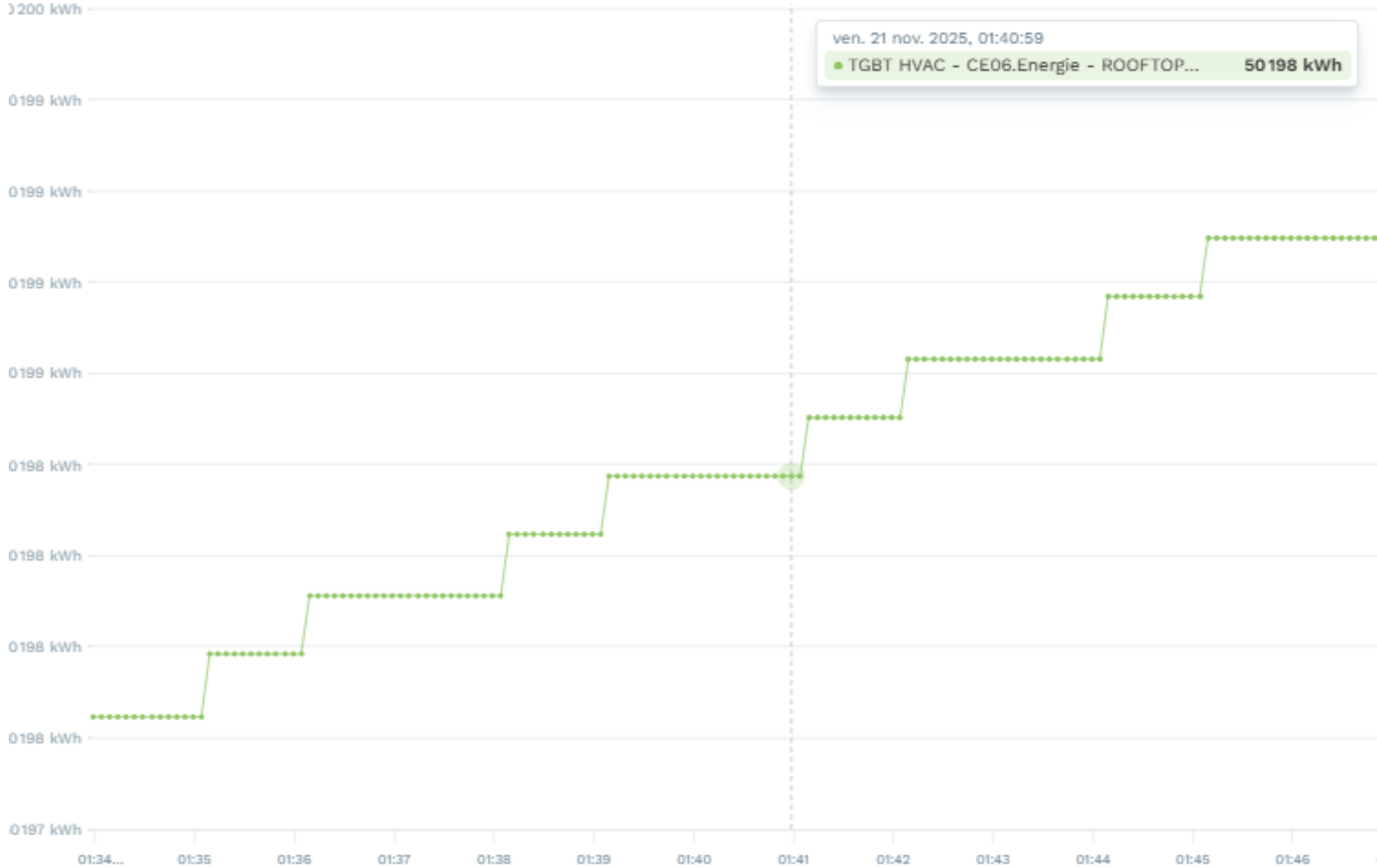
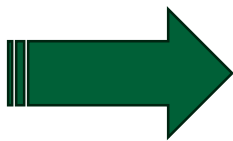
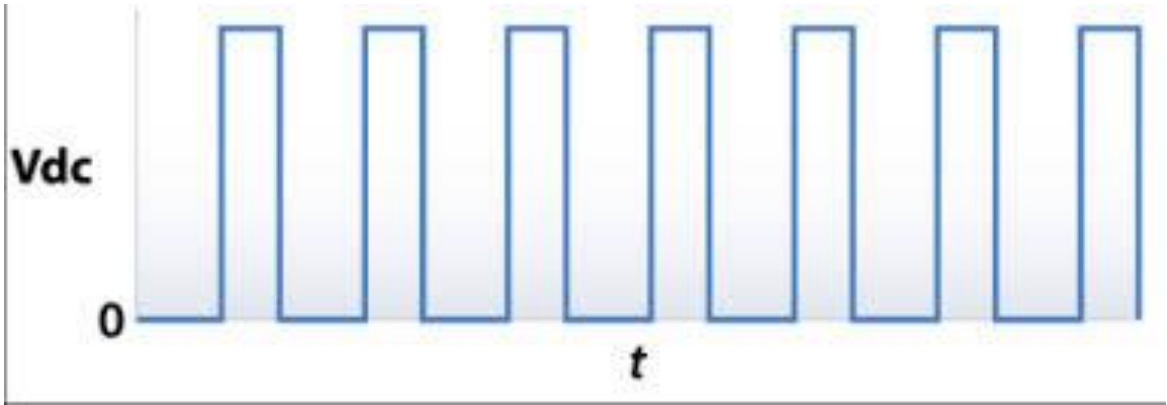
Les appareils de mesures

**3**

Type de signaux et communications

# Types de signaux & communication : Impulsionnel

- Impulsion : changement rapide et transitoire de l'amplitude d'un signal d'une valeur de base à une valeur supérieure ou inférieure, suivi d'un retour rapide à la valeur de base
- Compteur d'eau, Gaz, Electricité



Simple



Pas d'analyse fine possible  
Pas précis



# Types de signaux & communication : Analogique (4/20mA)

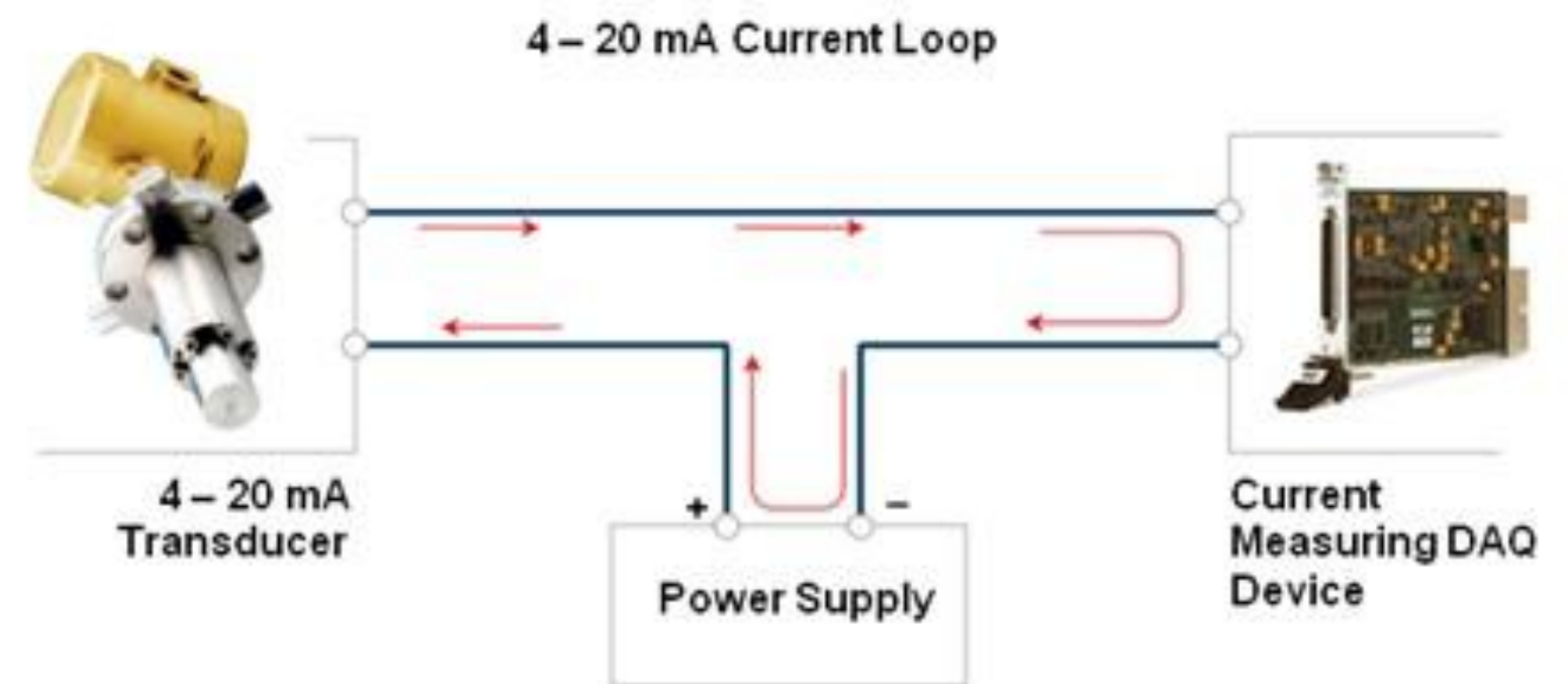
- 4-20 mA : Le signal 4-20 mA évolue en même temps que la mesure physique évolue
- Capteur de pression, débitmètre, température,,,,



Simple  
Fiable



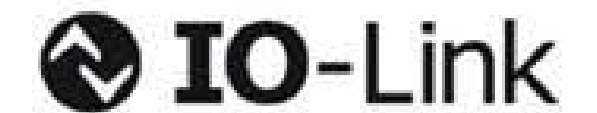
Une seule mesure



# Types de signaux & communication :

## Communication numérique

- On entend par communication numérique une communication dans laquelle les informations sont transmises à l'aide de signaux produits par des équipements électroniques,
- Différent type de communications existe :
- Protocole terrain : Modbus RS485 – MBUS – Profibus...
- Protocole Ethernet : Modbus-TCP, Profinet, EtherNet/IP...
- OPC-UA, BACnet IP...



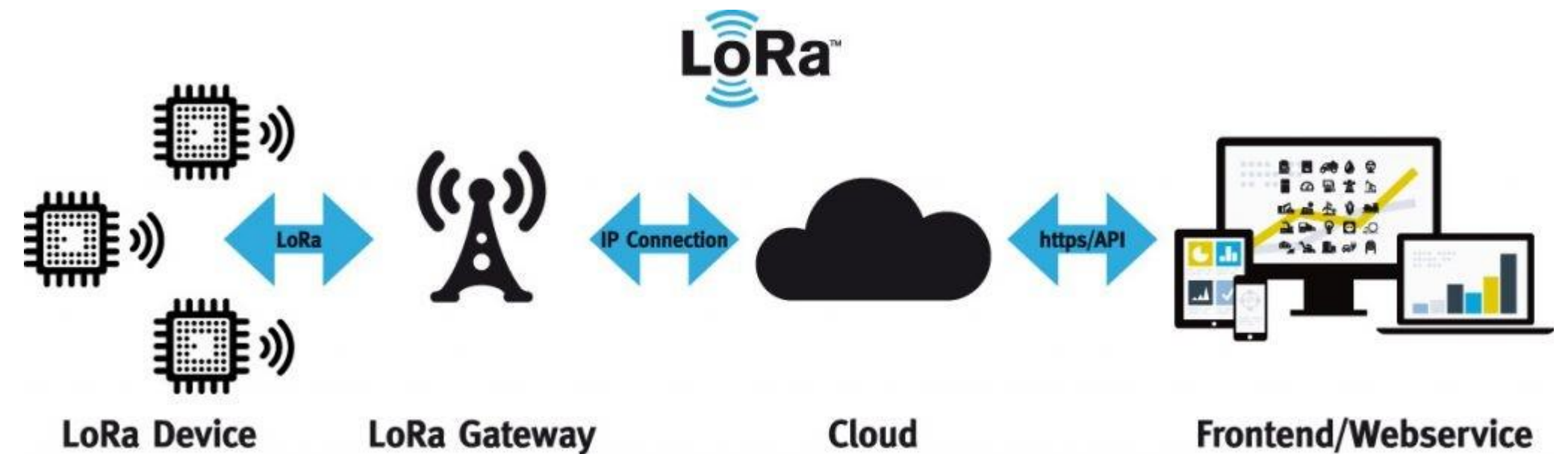
Communication numérique rapide



Compétence informatique

# Types de signaux & communication : Sans fils (radiofréquence)

- La transmission sans fil est un mode de communication à distance utilisant des ondes électromagnétiques modulées comme vecteur.
- Fréquence en Europe = 868 MHz
- Temps d'émission limité, fonctionnement sur batterie



Communication numérique  
Fonctionnement sur batterie



Faible temps d'émission



# Des questions ? Je vous réponds !



Yann Le Pahun  
Responsable instrumentation et automatismes

*yann.lepahun@dametis.com*  
*+33 6 49 79 11 90*

# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)

**PAUSE DEJEUNER**  
**Reprise à 13h30**



## 13h30 : VISITES DES INSTALLATIONS ET ATELIERS

Ateliers de sensibilisation sur les bonnes pratiques de mesure dans l'industrie.

- Camille LEFEBVRE et Sébastien HUBERT, CETIAT

Visite de la plateforme d'essais des équipements industriels et du hall aéraulique du CETIAT.

- Pierre RICHARD, CETIAT







# Comment mesurer et vérifier sa performance énergétique ?

*Exploiter les données de mesures*

**PLANAIR**  
Ingénieurs de la transition énergétique

Besançon Chambéry Lyon

OPQIBi  
L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE  
CERTIFICAT  
N° 15 10 3051

ISO 9001  
14001

*Lionel ROBBE*  
*Directeur Planair France*

Colloque ATEE - MDE du 25 novembre 2025





## Des collaborateurs compétents et engagés

- Un **bureau franco-suisse d'ingénieurs conseils** en efficacité énergétique, énergies renouvelables, techniques du bâtiment (chaud, froid, ventil, élec, régulation,...)
- **Indépendant de tout fournisseur d'énergie** ou de solution : 80% du capital détenu par 6 cadres.
- **170 collaborateurs (Fr + CH)** : compétence étendue + expertise pointue
- **Une filiale française** (Planair France SAS) de 30 personnes bénéficiant du soutien technique, organisationnel de Planair\_CH:
  - Besançon depuis 2011(+ de 10 collaborateurs)
  - Chambéry depuis 2017 (+ de 10 collaborateurs)
  - Lyon (8 collaborateurs focus solaire thermique, photovoltaïque et innovation)
- **Des collaborateurs engagés et motivés par la transition énergétique** avec une approche pragmatique
- une grande expérience et connaissance du milieu industriel et de ses attentes spécifiques.
- Une prestation 100% au service du client : pas de rétribution par un tiers (installateur, obligé pour les CEE, ...).
- **La réactivité d'une petite structure**
- **Membre actif** de l'ATEE BFC et AURA, du syndicat AURA Digital Solaire et du Think Tank France Territoire Solaire

Aller au bout des projets, réaliser les retours d'expérience et améliorer nos conseils



**RGE**

Formation :



## Un accompagnement dans la durée depuis 13 ans !

- Signaux Girod Bellefontaine (PME du Haut Jura)
  - Maîtrise d'œuvre restaurant d'entreprise 2012
  - Audit énergétique Industrie 2013
  - Maîtrise d'œuvre récup de chaleur sur air comprimé 2015
  - Maîtrise d'œuvre remplacement CTA peinture 2018.
  - Mise en œuvre d'un plan de comptage (monitoring) complet 2019-2021..2025
  - Accompagnement vers la certification ISO 50 001 : 2021
  - Formation dans le cadre de PROREFEI de deux personnes
  - Accompagnement décret tertiaire 2022.
  - Étude valorisation chaleur fatale 2021 2022 pour un four
  - Dépôt dossier decarbflash 2022 pour la valorisation chaleur fatale
  - AMO contracting Photovoltaïque : 2022.
  - ~~Maitrise d'œuvre récupération chaleur fatale.~~



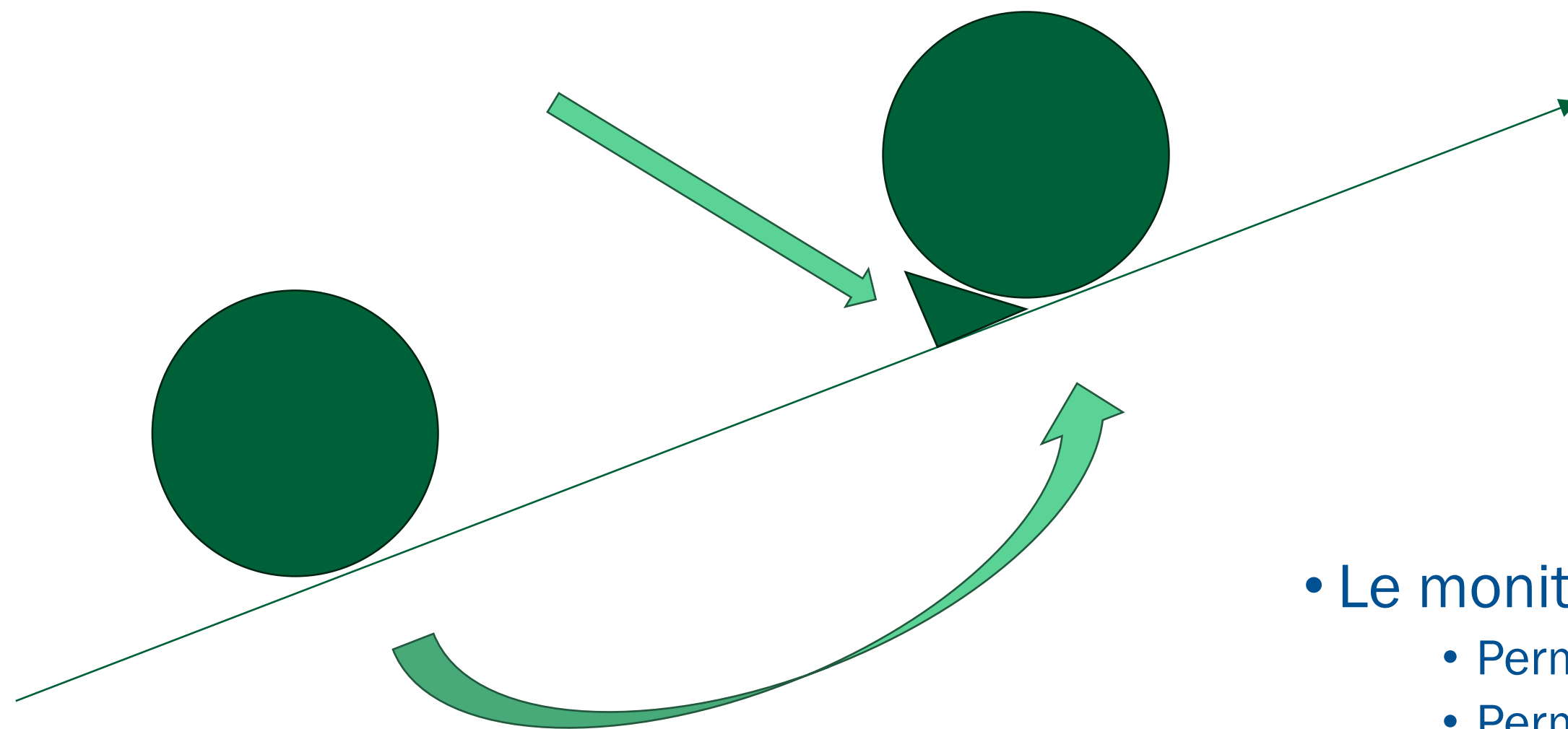


## Un accompagnement tout au long d'un projet d'implantation d'usine qui se poursuit

- Microérosion : PME de Haut Doubs.
- Objectif : nouvel usine et remise à plat de toute la technique
- Audit énergétique : mai 2018
- Avant projet rénovation complète des installations techniques : juillet 2018
- Dépôt dossier CEE et dispositif région : juillet 2018
- Consultation des entreprises : aout 2018
- Suivi de chantier : autonome 2018
- Mise en place monitoring : janvier 2019
- Commissionnement des installations : 2019 2020.
- La solution mise en œuvre permet de fournir 95% de la chaleur nécessaire au chauffage par récupération sur air comprimé et compresseur.
- Etude optimisation énergétique Machines outils : 2023.
- 2025 : Nouvelle usine : étude de conception terminée, projet en cours de réalisation.



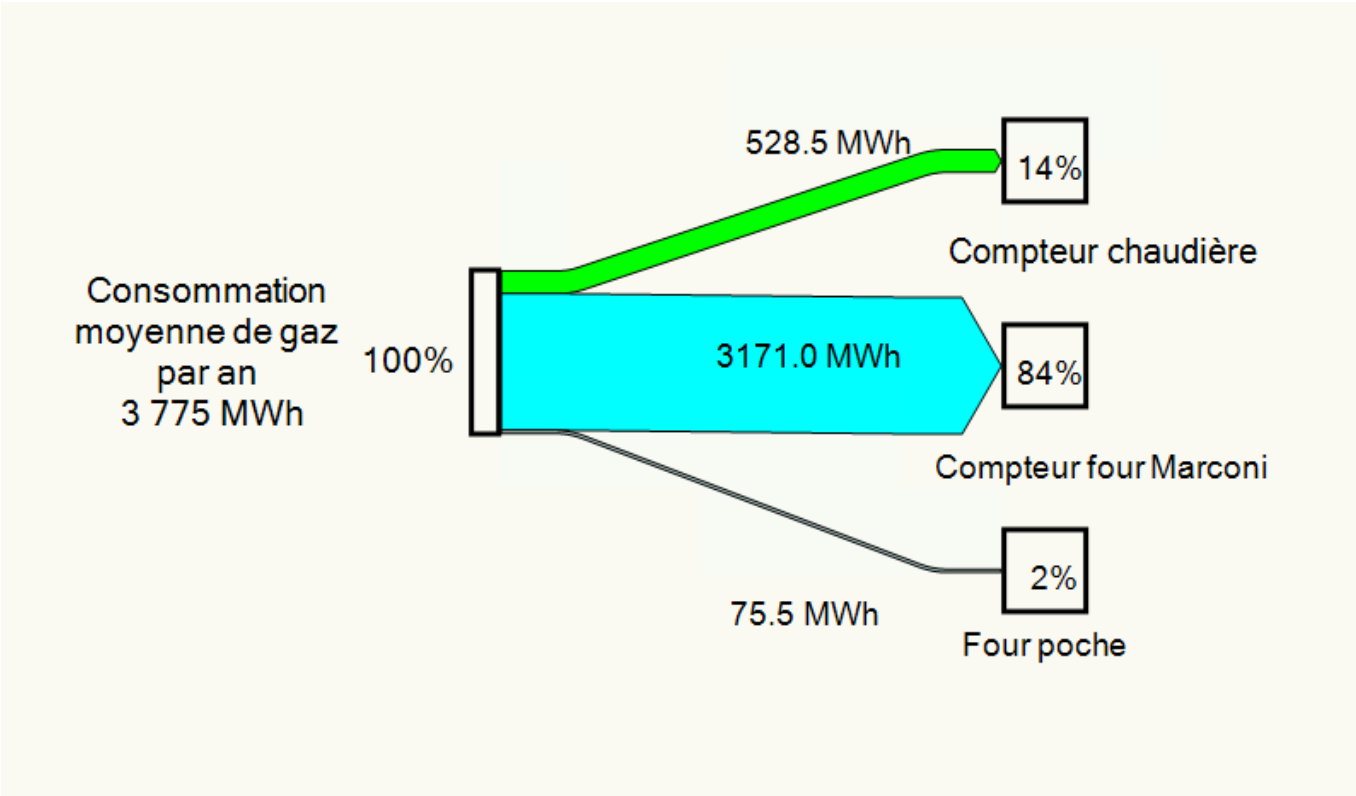
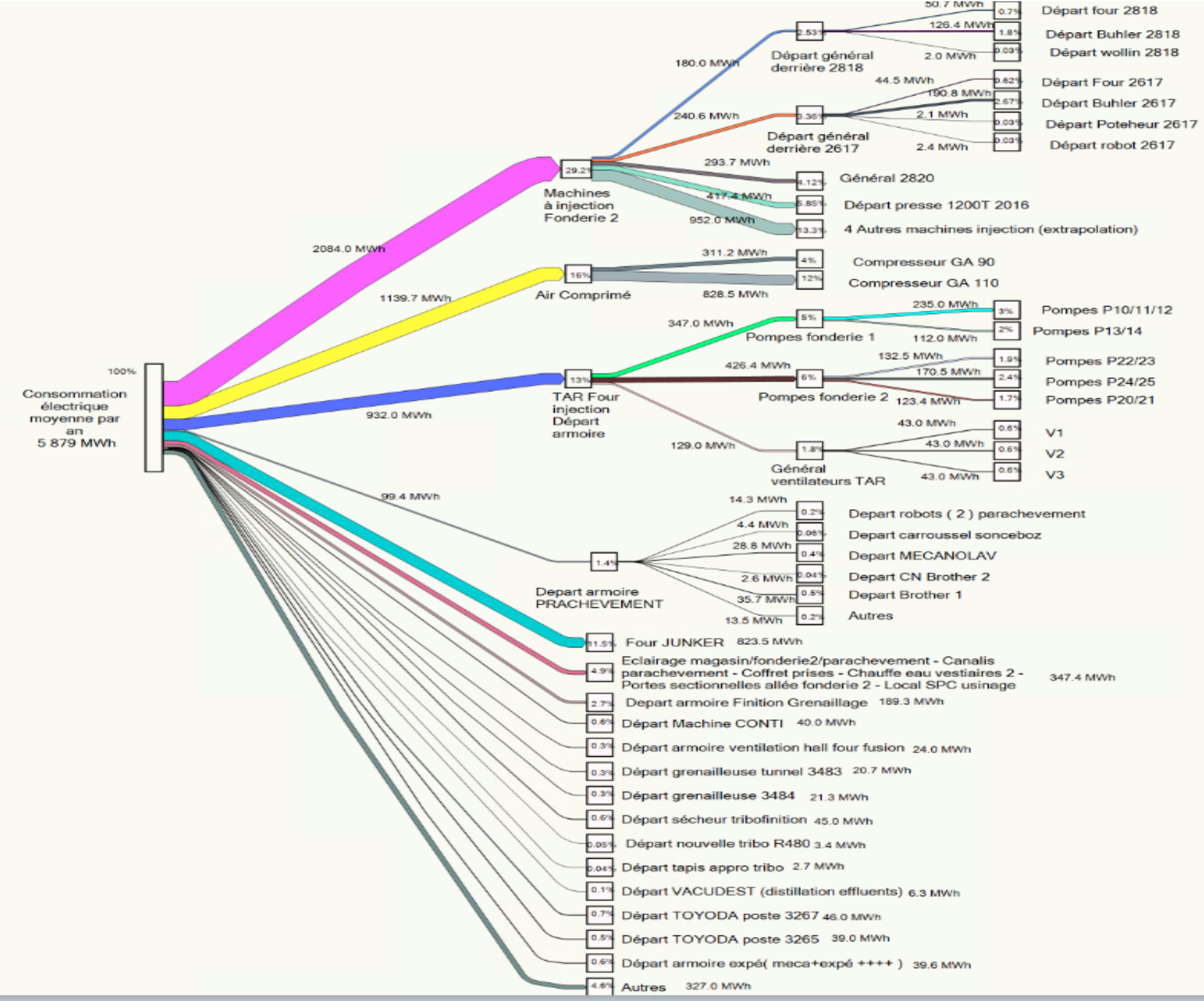
- Le monitoring énergétique : un élément clé pour l'amélioration et le suivi de la performance énergétique
- La définition d'un plan de comptage : tout tout de suite ou par étape ??
- Exemples d'utilisation du monitoring pour « convaincre » et motiver.
- Mettre la performance sous contrôle : des exemples concrets
- Exemple d'analyse « premium » de données.

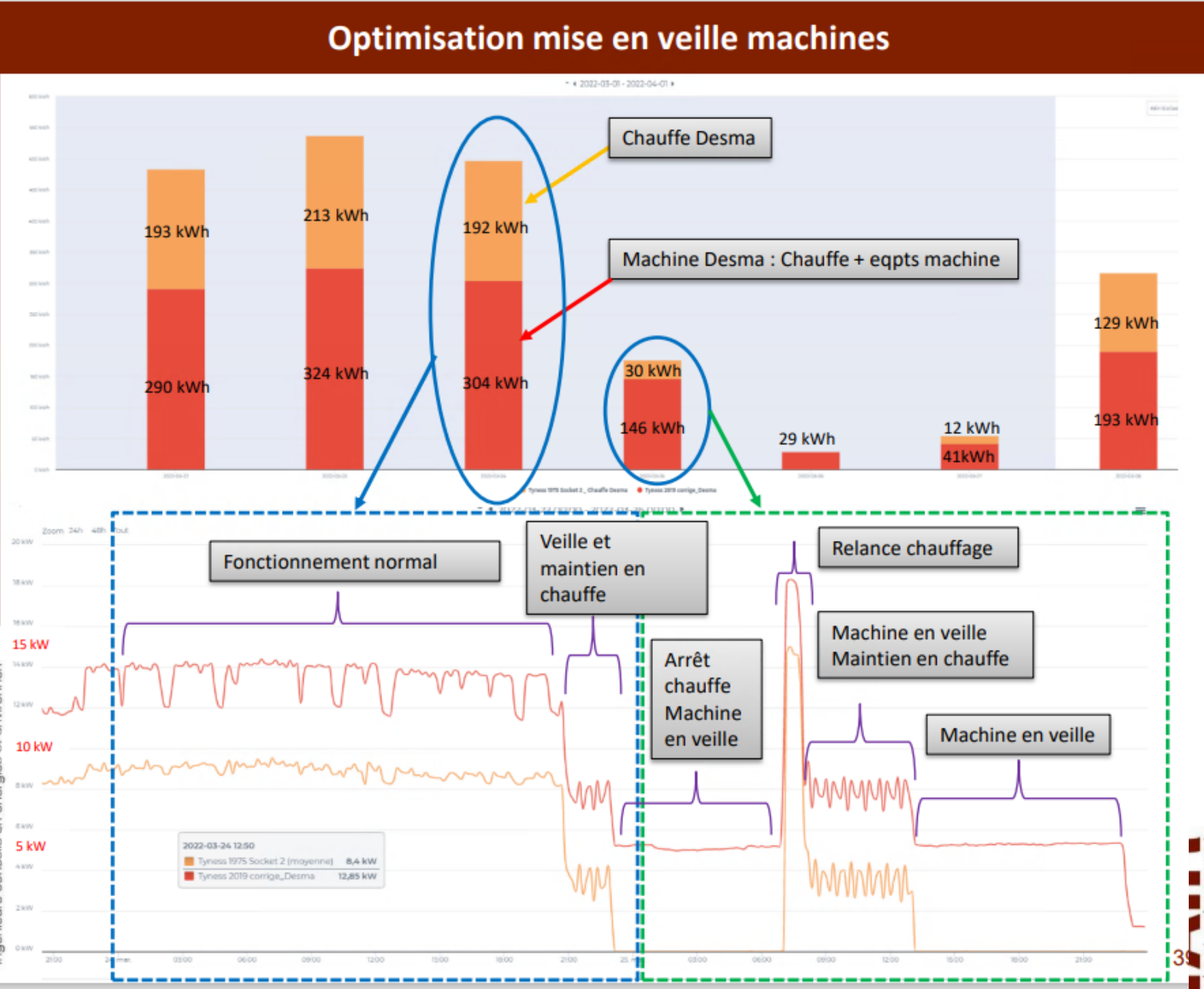


- Le monitoring énergétique :
  - Permet de mesurer l'effet d'une action
  - Permet de surveiller et éviter les dérives



- Lien avec l’audit qui a identifié les Usages Energétiques Significatifs.
- Lien avec le plan d’actions qui a permis d’identifier les principales actions à entreprendre / les consommateurs à surveiller.
- Prendre le temps de construire un plan clair et visuel pour formaliser ce qui doit être suivi, le matériel, la fréquence, etc..
- Ne pas sous estimer le temps nécessaire pour
  - Mettre en œuvre le matériel (et vérification de la qualité des données transmises).
  - Mettre en œuvre les bons graphiques/dashboards de suivi.
  - Définir des indicateurs pertinents et la façon dont ses indicateurs doivent évoluer.
  - Et le temps nécessaire pour analyser et suivre ces indicateurs.
- Utilisation du matériel de monitoring pour de la surveillance (température, détection de présence, luminosité, fuite d’eau, ..).
- Dissocier régulation (GTC / GTB)



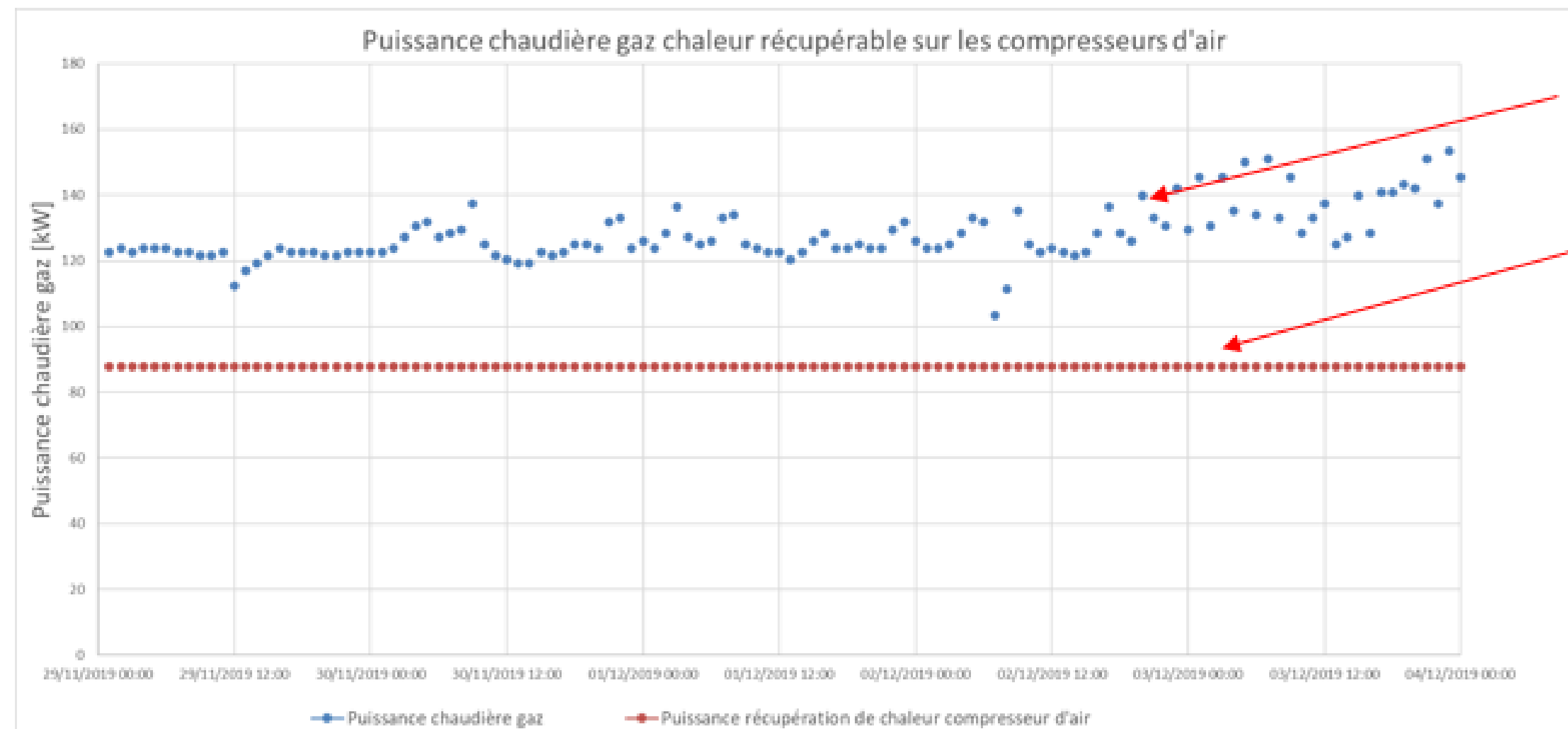


### Optimisation mise en veille machines

Optimisation mis en veille/temps de chauffe des machines	
Gain possible sur une semaine [kWh/semaine]	11 679
Nombre de semaine ouvrées [semaine/an]	47
Economie d'électricité [kWh/an]	550 572
Economie d'électricité [€ HT/an]	41 175
Economie total [kWh/an]	550 572
Economie total [€ HT/an]	41 175
Investissement - GTC Centralisée pour piloter les machines [€ HT]	45 000
Subvention région [€ HT]	9 000
Plan France relance (subvention sur automate de gestion)	13 500
Investissement [€ HT]	22 500
TRB [année]	0,5
TRB sans subventions [année]	1,1

- Un plan de comptage généralisé des machines permettrait d'affiner le gain réel, mais en tout état de cause, c'est un point important sur lequel il est possible de jouer facilement pour diminuer les consommations, de plus cette mesure est éligible au plan France Relance disponible jusqu'à fin 2022, c'est une belle opportunité à saisir!



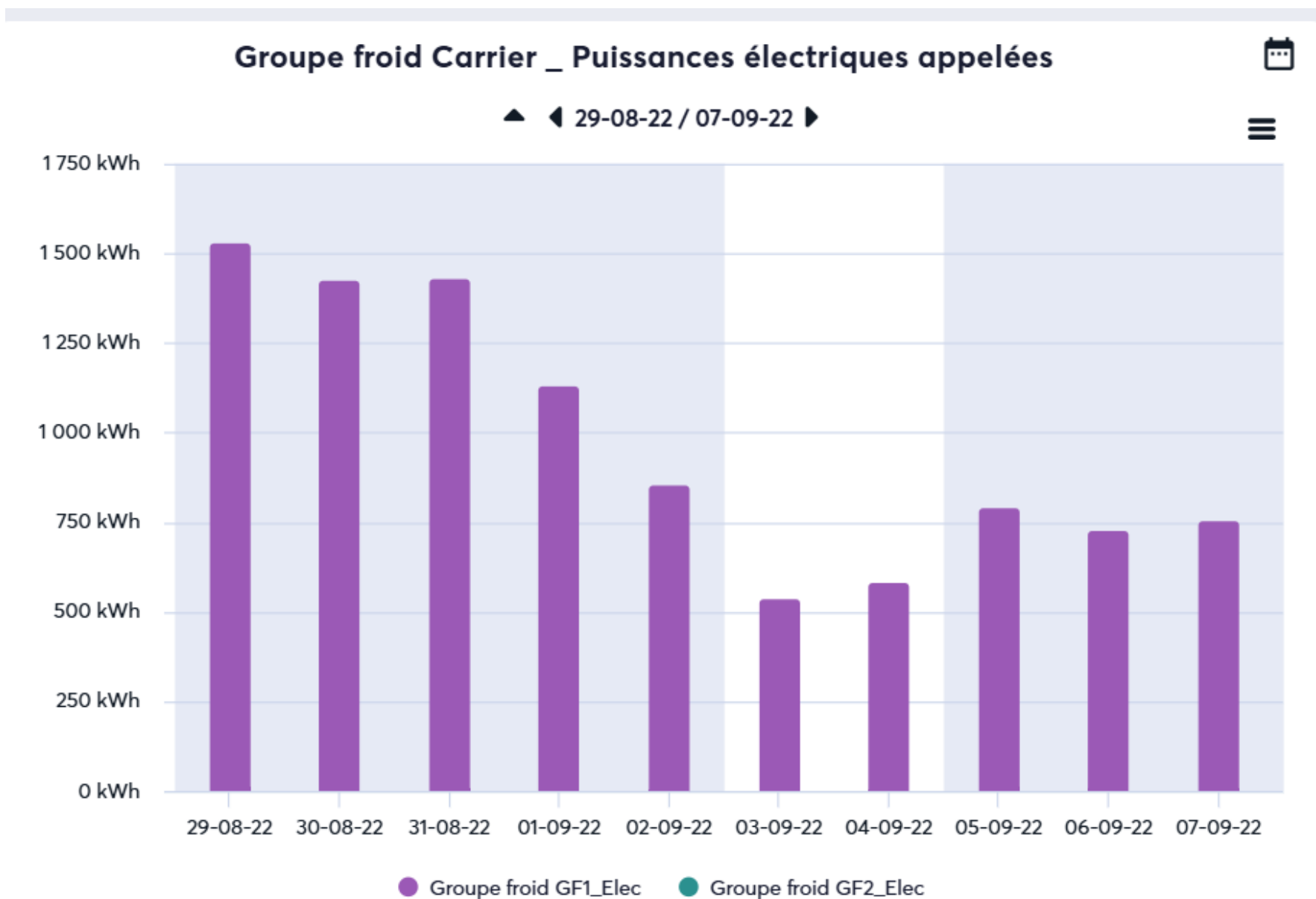
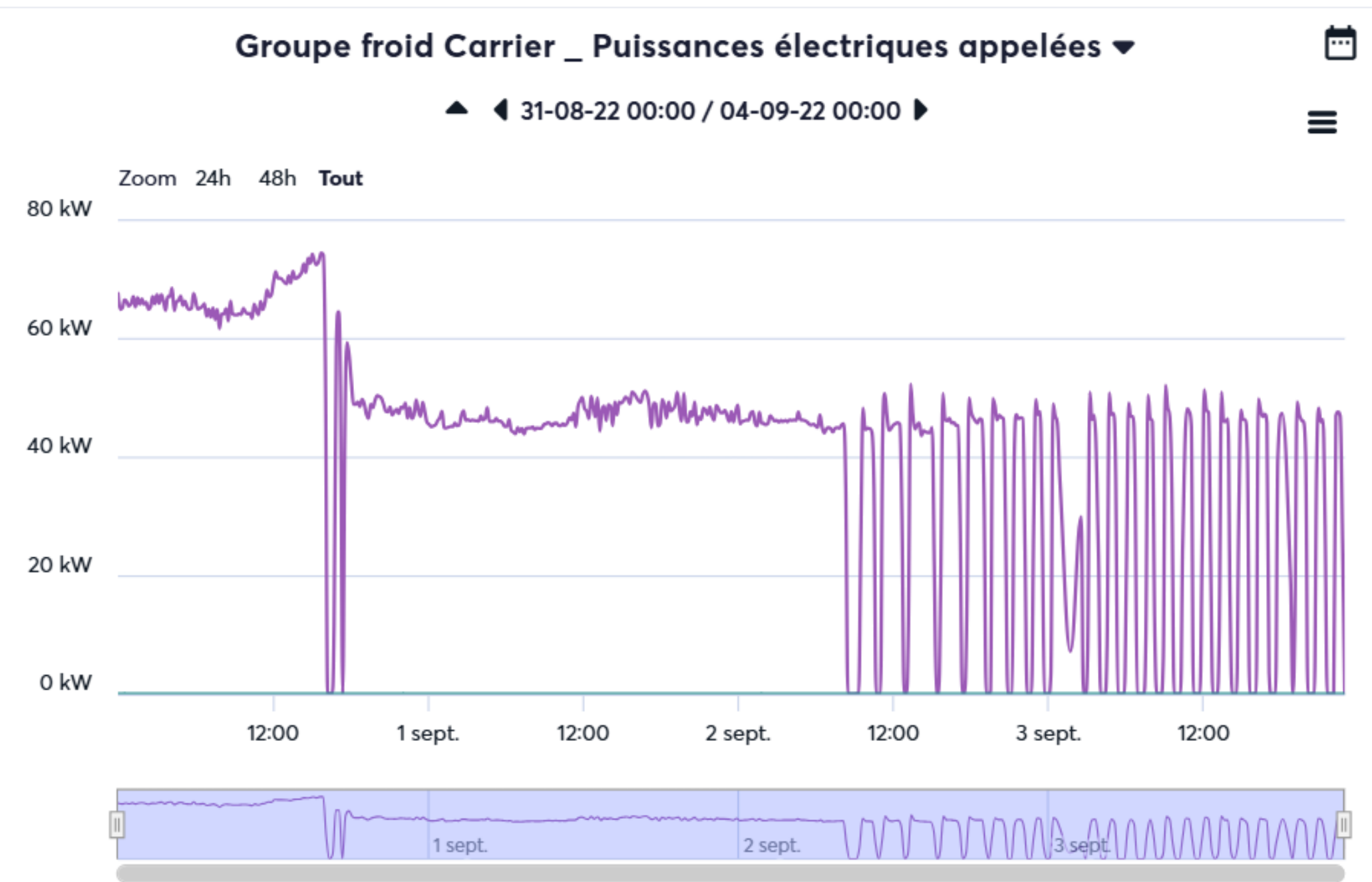


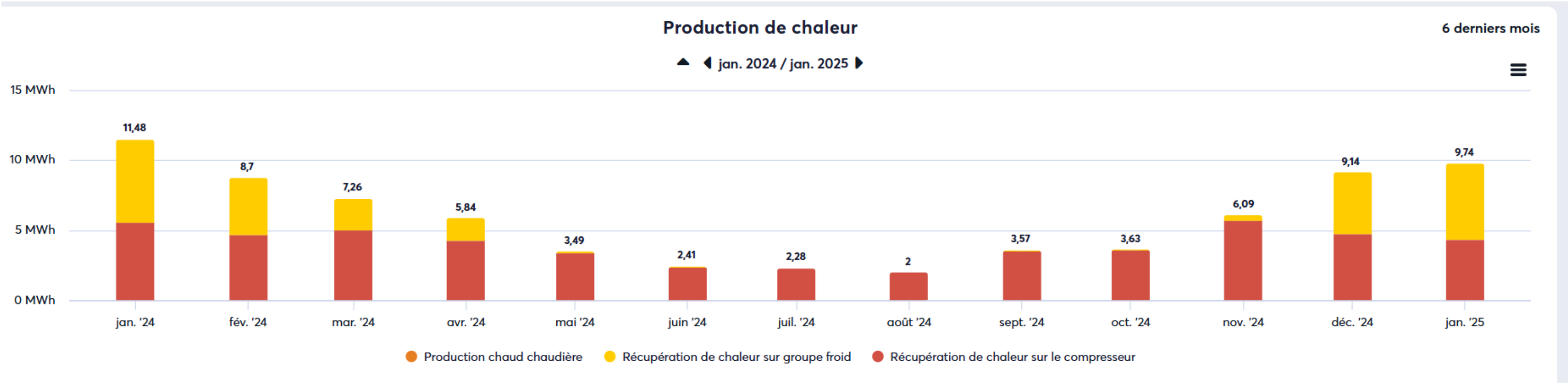
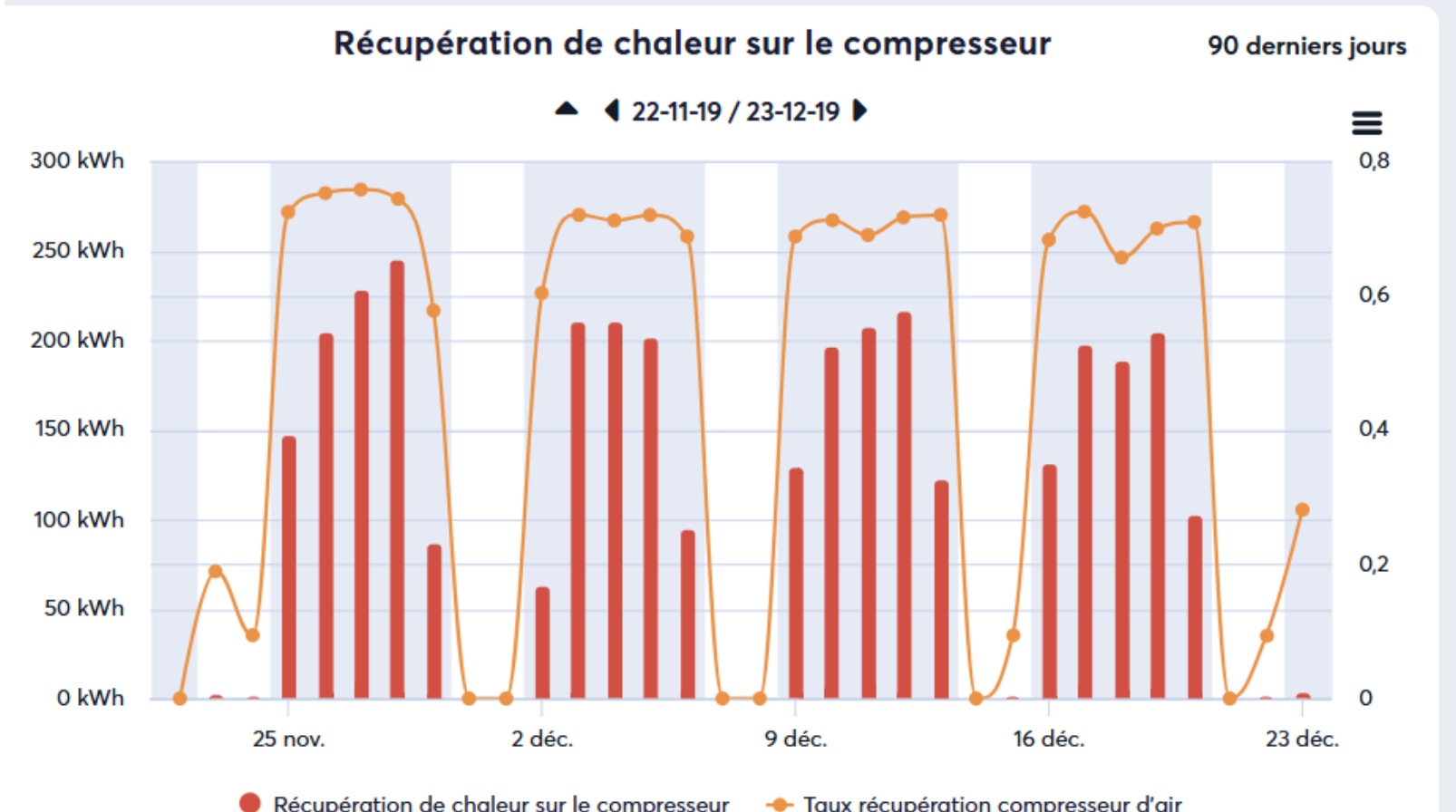
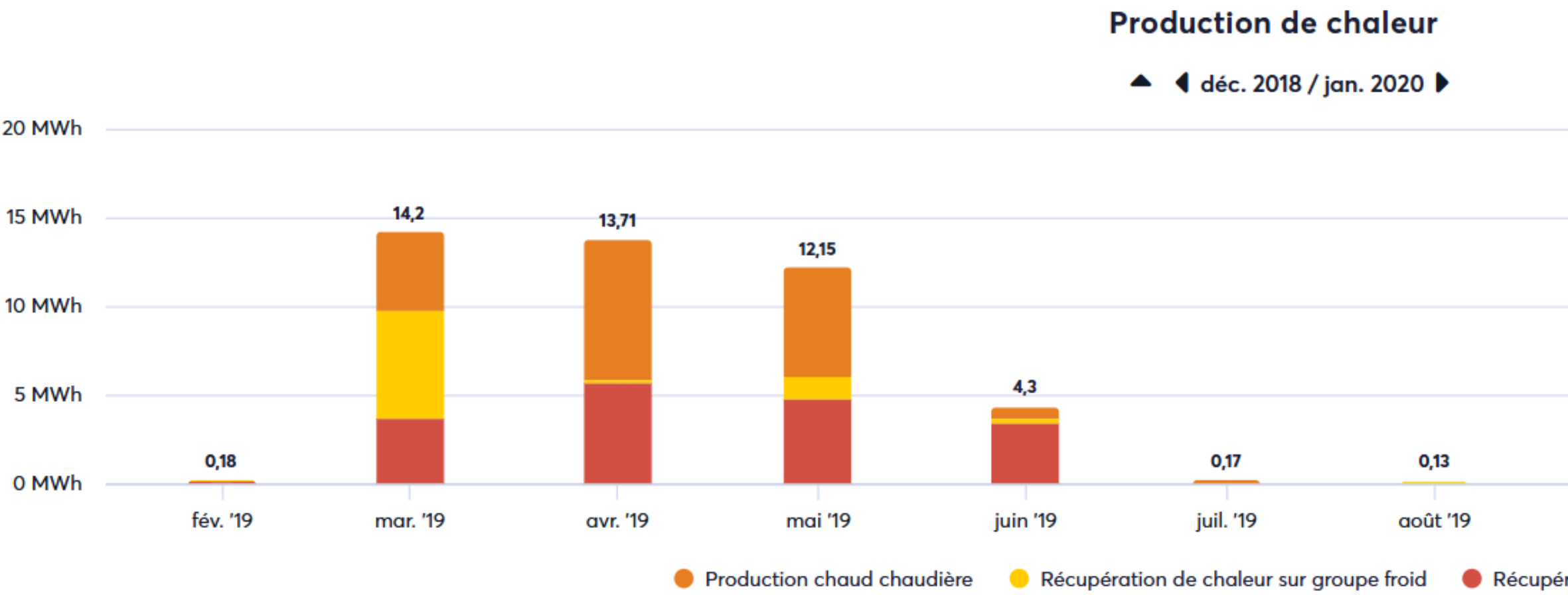
Puissance chaudière gaz mesuré du 29/11/2019 au 04/12/2019

Puissance récupération de chaleur sur les compresseurs d'air

Couverture sur la saison de chauffe : 70% des besoins de chauffage du site

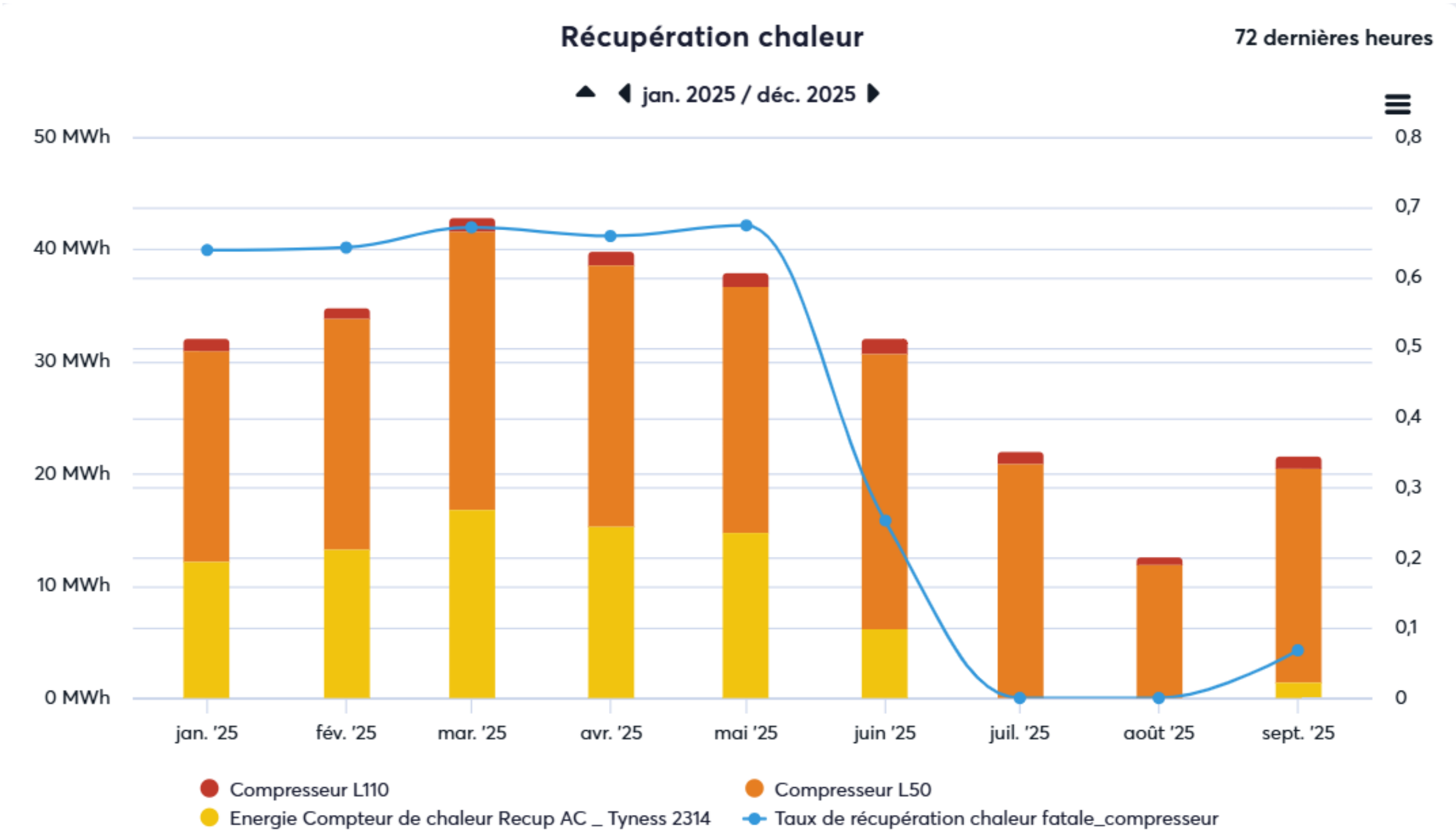
- Réglage de la HP et de la BP sur un GEG ayant bénéficié de CEE :
  - Récupération de chaleur
  - HP flottante
  - BP flottante
  - Pour une installation à 1 euro pour le client !
  - Passage de 1 500 kWh/jour à 1 200 (réglage HP) puis 750 kWh/jour (réglage BP).

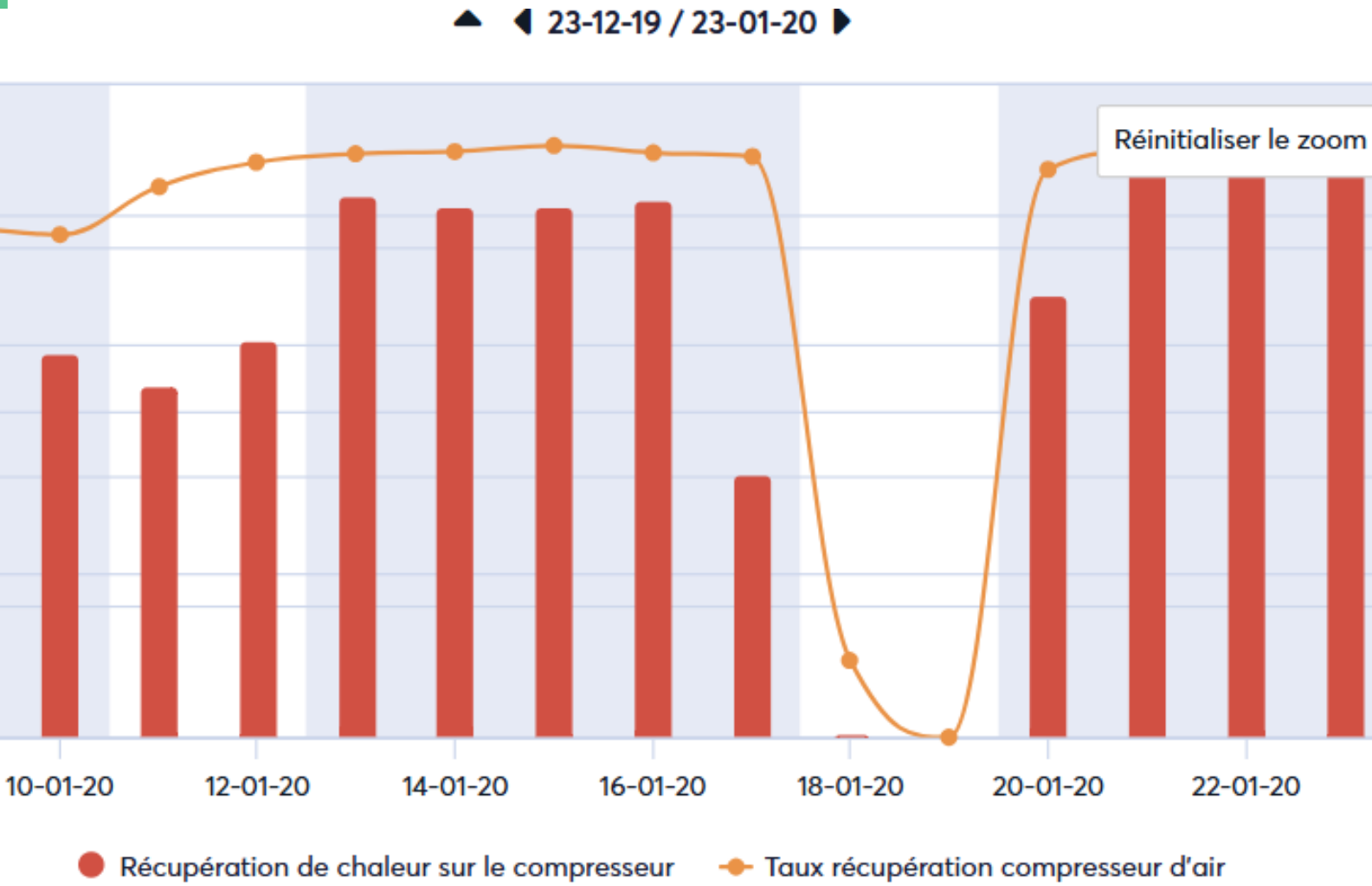




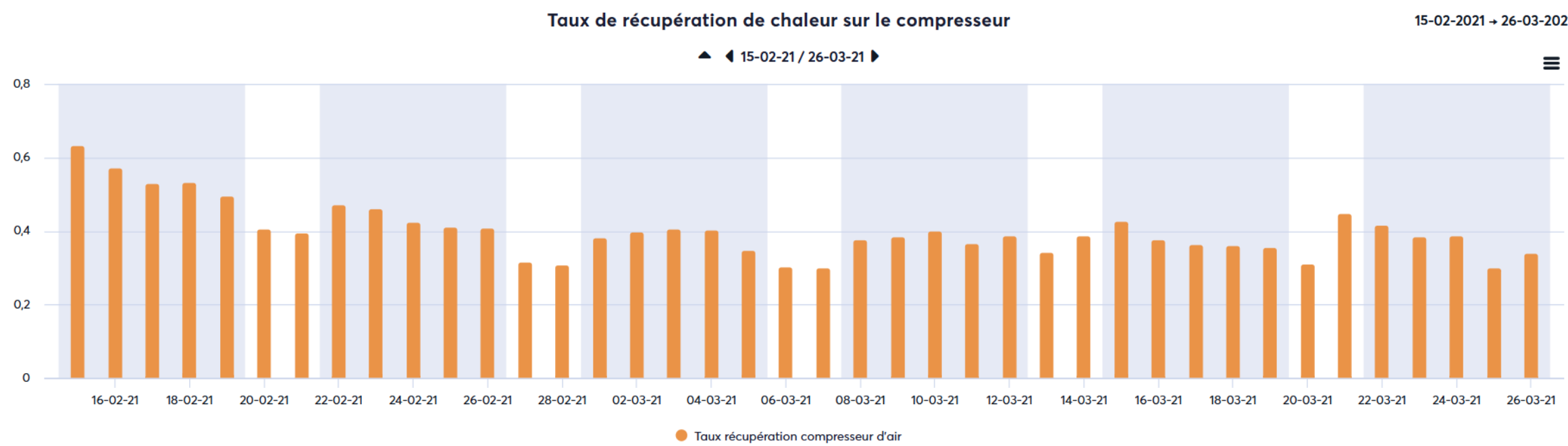


- Ex récupération de chaleur sur un compresseur.

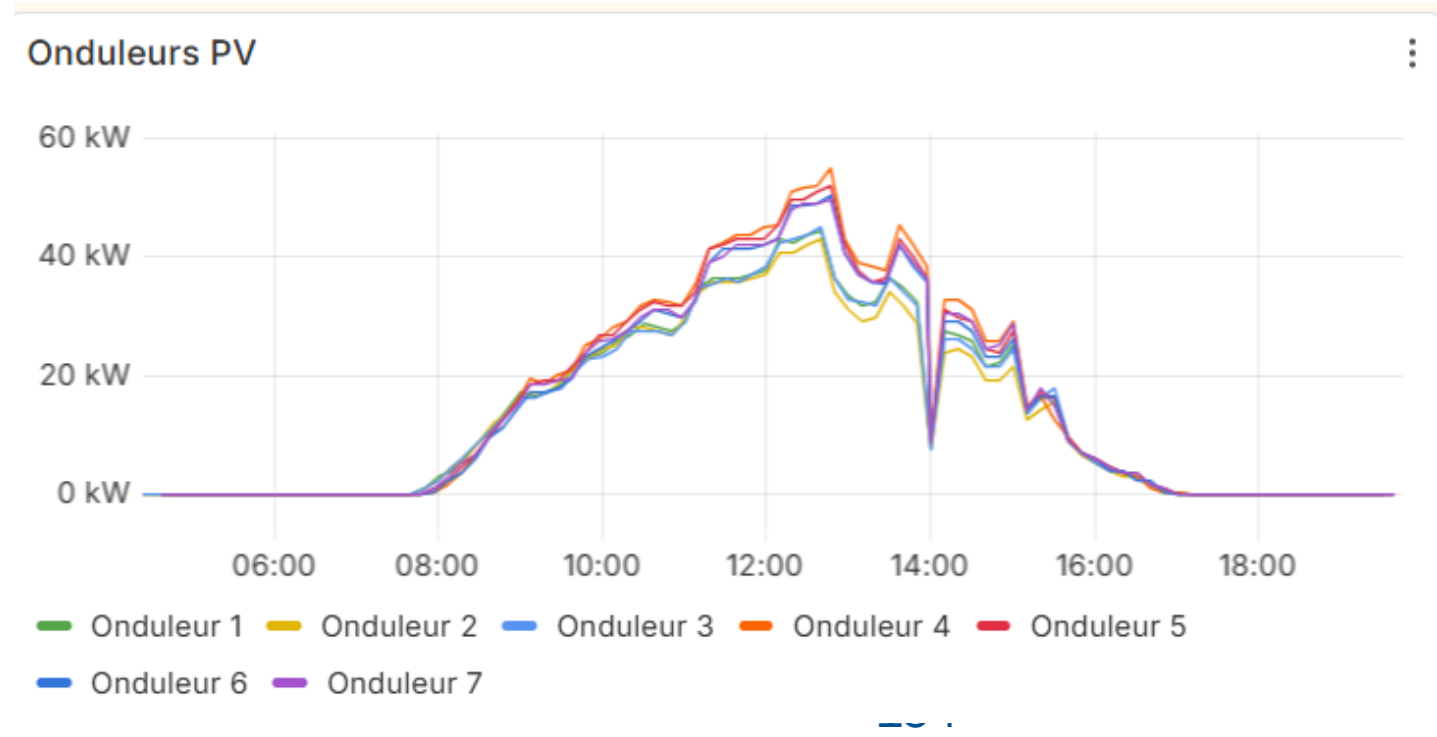




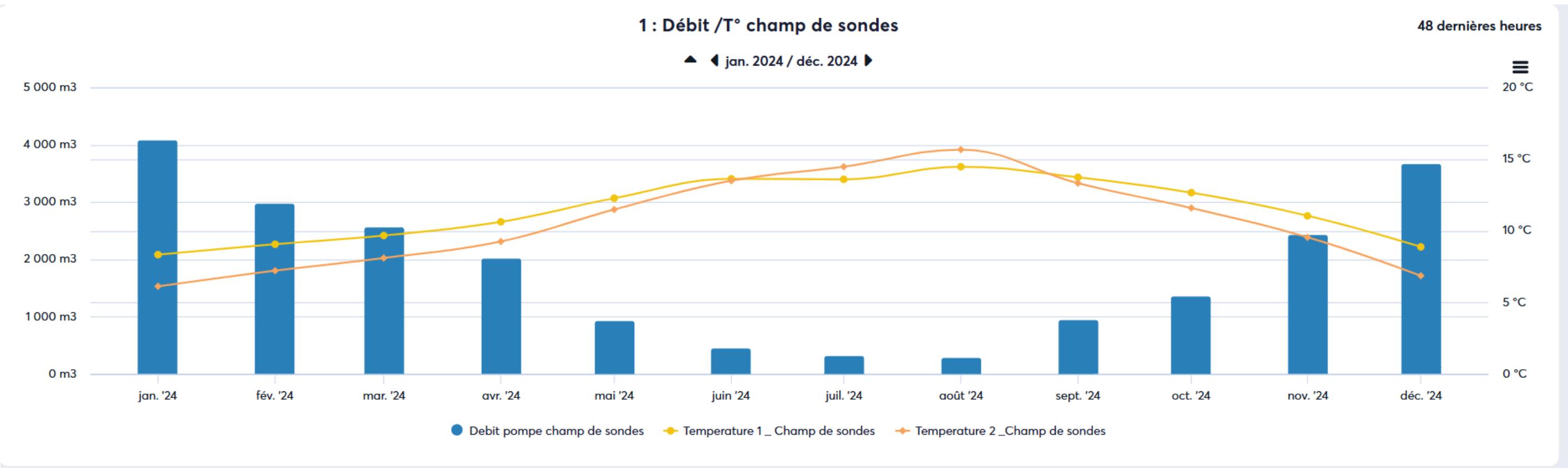
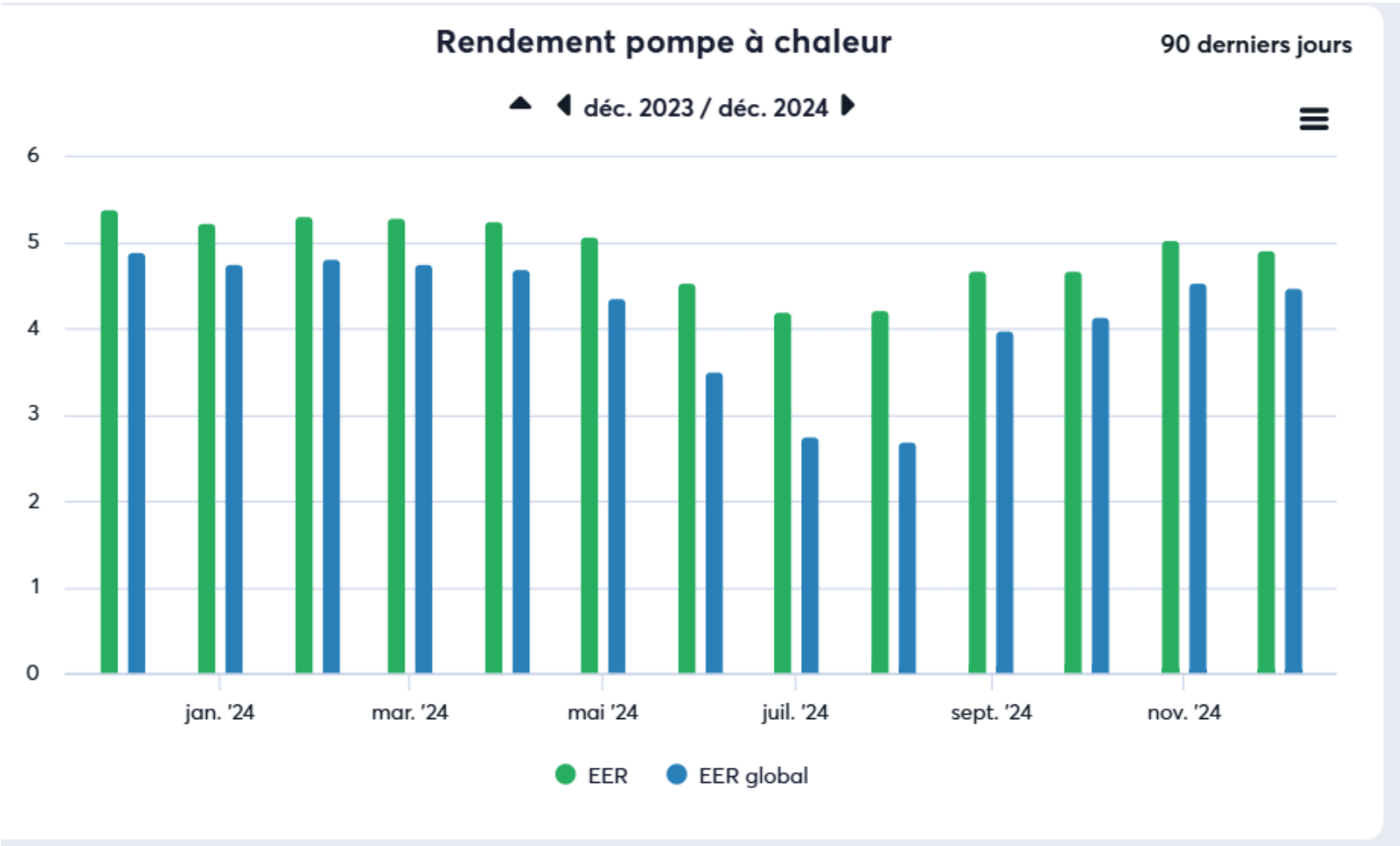
Intervention maintenance compresseur le vendredi 17 janvier  
fermeture de la vanne entrée récup pour essai.  
oubli de réouverture en fin d'intervention.



Dégradation progressive du taux de récupération de chaleur : filtre non entretenu.

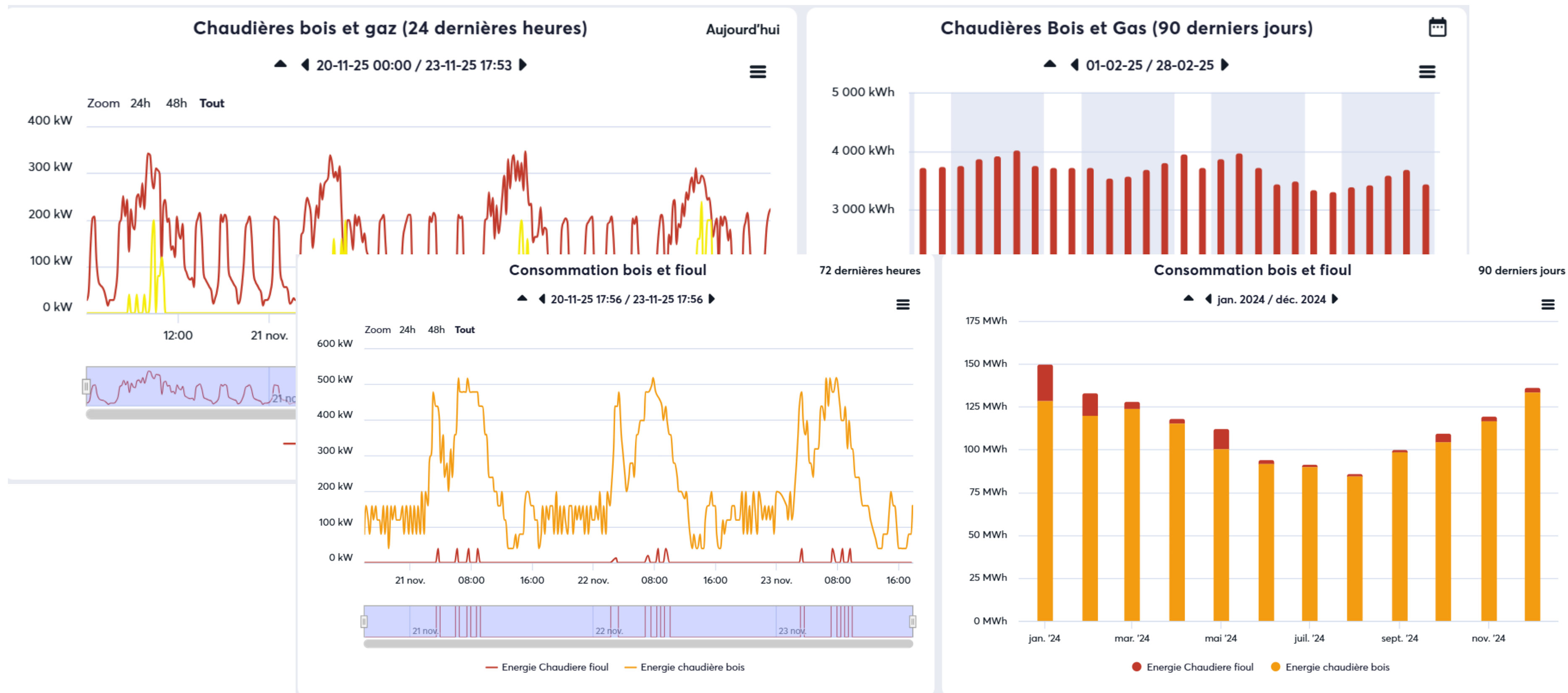


installation

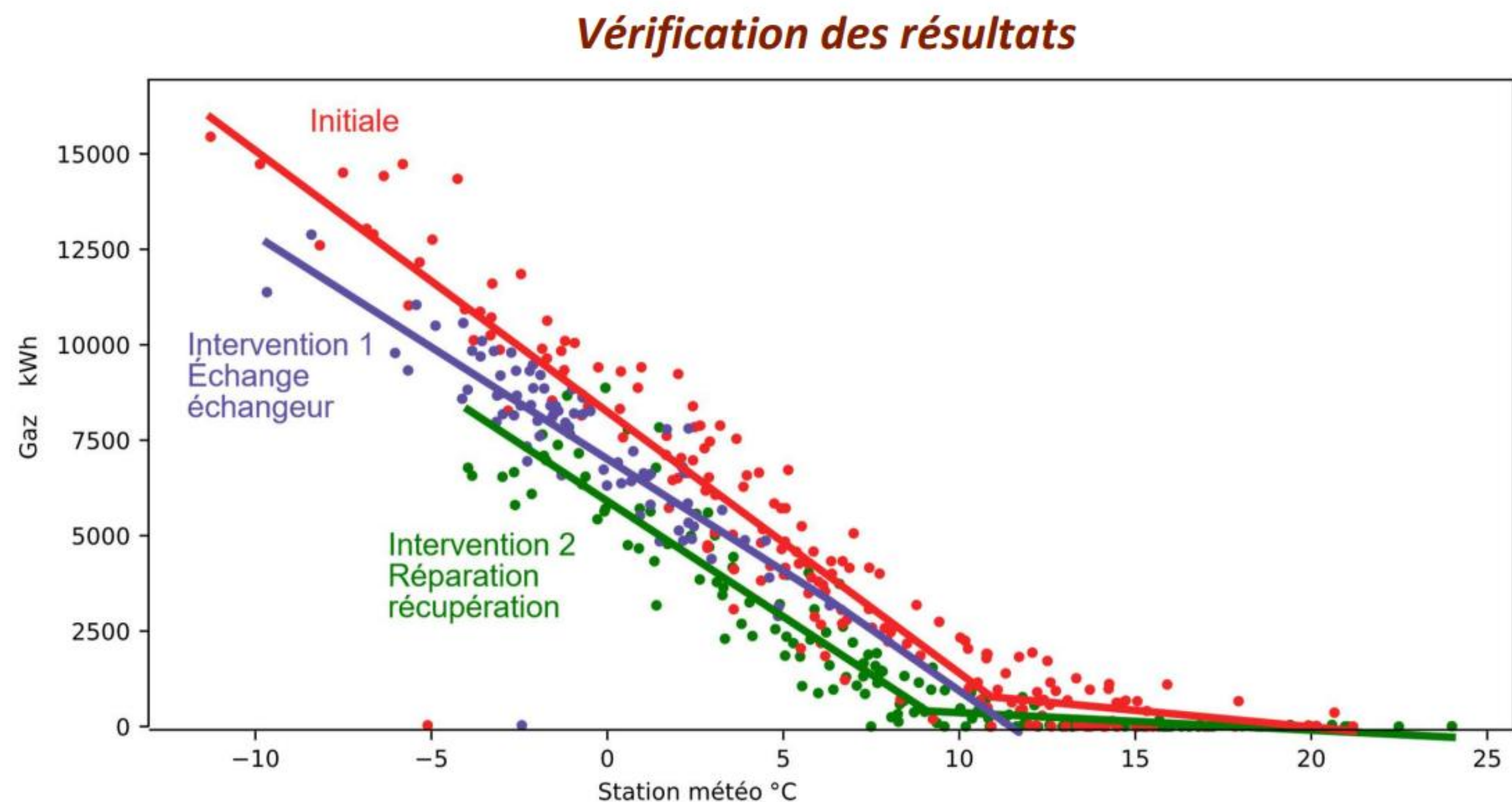




- Ex : chaufferie bois gaz en fromagerie.
- Le fromager peut rapidement identifier une dérive ou un dysfonctionnement



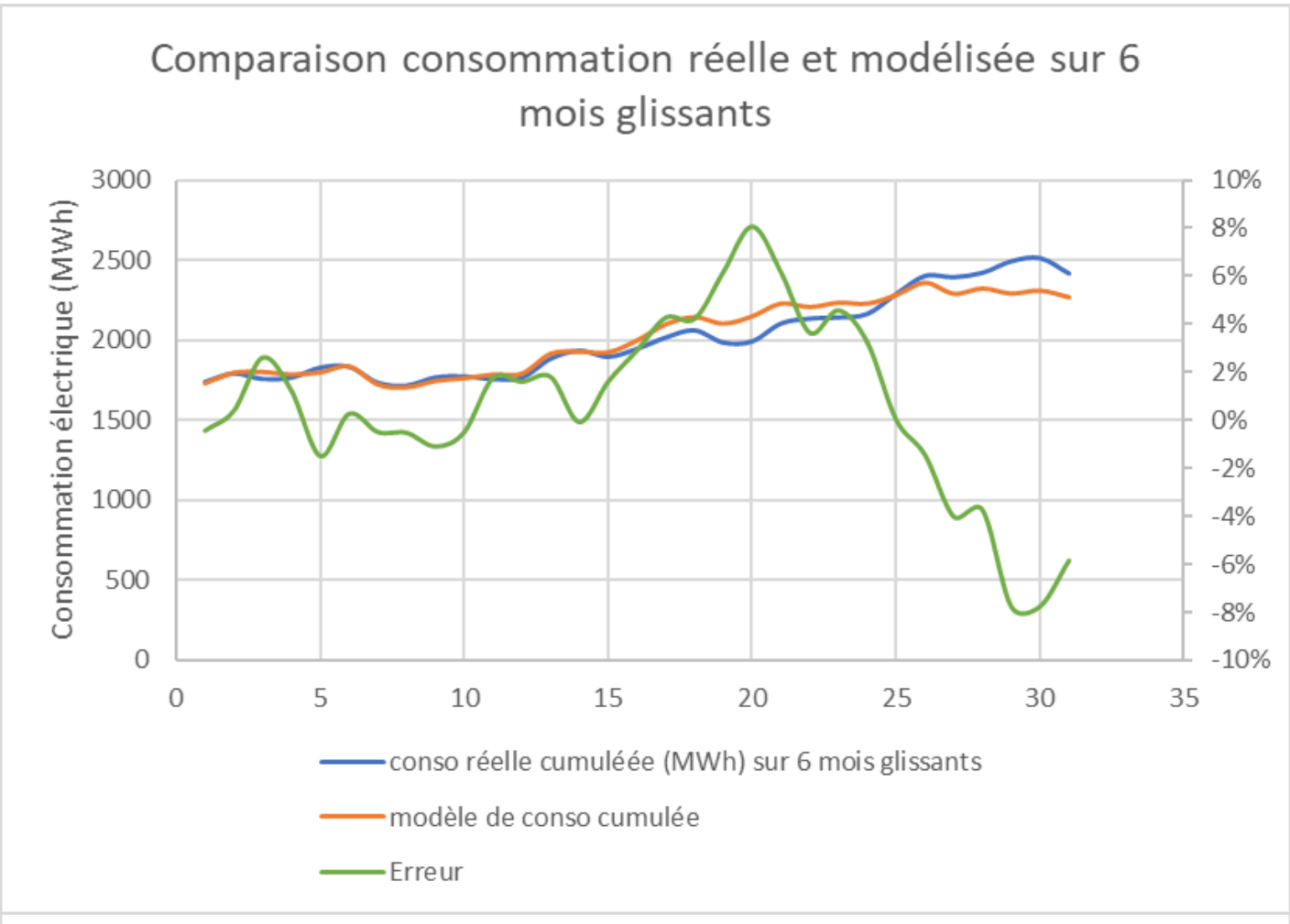
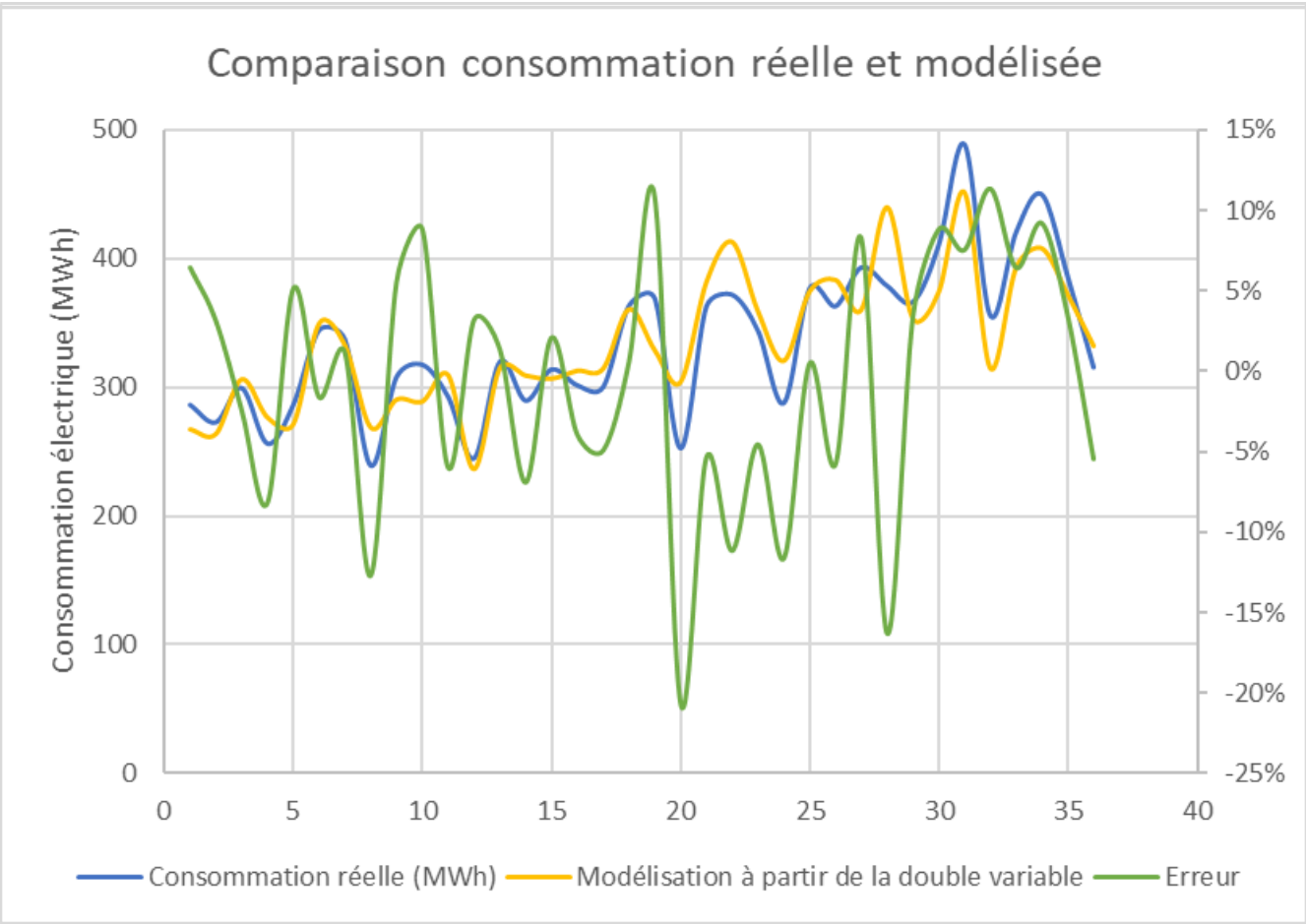
- Chaufferie gaz + récupération de chaleur. Pas de compteur de chaleur sur la récupération.
- Suivi du compteur gaz uniquement.
- Comment identifier l'effet d'une amélioration (ou une dérive) uniquement via la mesure du gaz ?
- Consommation de chaleur dépendante de la température extérieure (valeur journalière ici)
- Deux interventions : nettoyage échangeur puis réalisation d'une réparation améliorant la récupération.



- Objectif : prévoir l'évolution « théorique/normale » d'une valeur  $X$  et identifier les écarts avec l'évolution « vraie ».
- Méthode :
  - Identifier les facteurs d'influence ( $Fi_1, Fi_2, Fi_3, Fi_4, Fi_5, \dots$ ) indépendants
  - Mesurer / suivre pendant une période caractéristique l'évolution de la valeur  $X_{mes}$  à suivre et des  $Fi$ ...
  - Analyser pour identifier les  $Fi$  vraiment influents.
  - Proposer/valider une méthode permettant de calculer la valeur prévisionnelle de  $X$   $X_{prev}$ , sur la base de l'historique de  $X_{mes}$  et des  $Fi$ )
  - Pas de temps à définir (horaire ? Journalier ? Hebdomadaire ), analyse multivariable , conditions spécifiques..
  - En déduire une fonction  $X_{prev} = f(Fi_1, Fi_2, Fi_3, Fi_4)$  au pas de temps défini (h, jour, mois, ...) avec une incertitude sur la prévision
  - Puis comparaison entre  $X_{prev}$  (+/- incertitude) et  $X_{mes}$ .
  - Nécessite d'avoir une quantité de données suffisantes
  - Mise à jour régulière du modèle à réaliser (à chaque amélioration).
  - Méthode plus ou moins complexe en fonction de ce qui est suivi (et surtout des  $Fi$ .)
  - Ex : suivi d'un EER de GEG qui varie en fonction de la temp extérieure (HP flottante).
  - Suivi d'un COP de PAC air-eau qui dépend de la température extérieure (HP et BP flottante).
- Créer un indicateur mais ne pas savoir pourquoi/ comment il varie (et donc ce qui le fait varier), ca ne sert pas à grand-chose.
- Notion d'indicateur dynamique et dépendant de facteurs d'influence.







- Exemple : consommation électricité mensuelle d'une usine.
- Facteurs d'influence potentiels :
  - Production Kpres
  - Production Ktech
  - Production Kpre+Ktech
  - DJU froid
  - DJ chaud
- Test de plusieurs modèles de régression linéaire combinant les Facteurs d'influence.
- Le modèle le plus pertinent combine la production totale et les DJU froids.
- $R = 0,74$





### Graphique

Possibilité de mettre en place un calcul de l’  
IPE cible = f(kg fondu)

Codes	Qualifications valables jusqu'au 01/08/2027	
0104	AMO exploitation et maintenance	
1717	Audit énergétique dans l'industrie	
1905	Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collective	
2008	Ingénierie des installations de production utilisant la biomasse en combustion	
2011	Etude d'installation de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque	
2013	Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique	
2015	Ingénierie des installations solaires utilisant l'énergie solaire photovoltaïque	

Codes	Qualifications valables jusqu'au 01/08/2027	
1910	Accompagnement au commissionnement des installations techniques du bâtiment	
2010	Etude d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique	
2014	Ingénierie d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique	



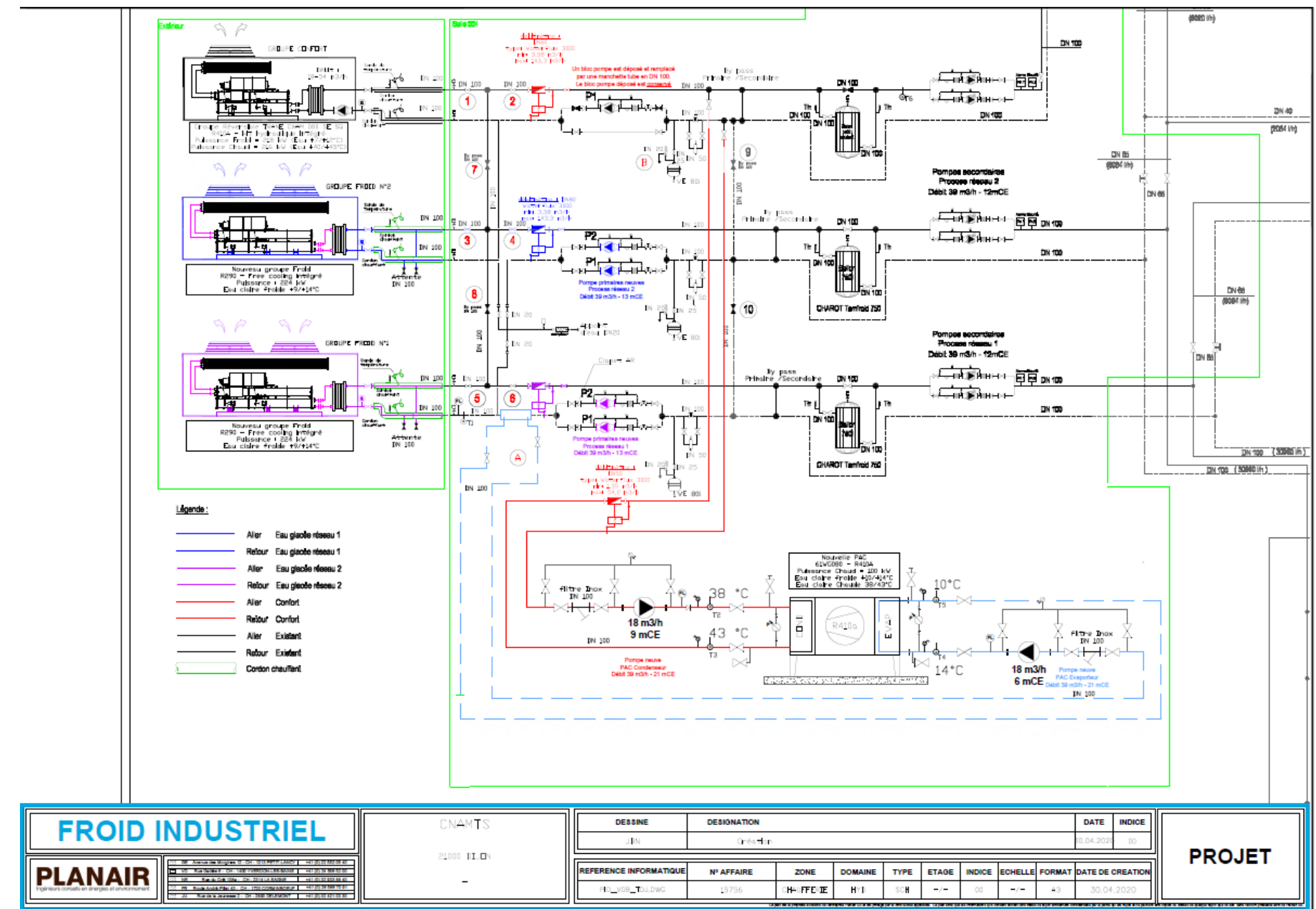
## Un ensemble de prestations pour accompagner nos clients

- Types de prestations :
  - Audit /Diagnostic Industries / bâtiments / systèmes énergétiques
  - Schéma directeur RCU
  - Etude de faisabilité toutes Energies : biomasse, géothermie, photovoltaïque, chaleur fatale...
  - Etude de décarbonation du mix énergétique / bilan carbone
  - Assistance à Maîtrise d'Ouvrage exploitation, renégociation de contrats, CPE
  - Maîtrise d'oeuvre fluides : chaud, froid, ventilation.
  - AMO pour des contrats globaux de performance (marché privé / public)
  - Monitoring énergétique
  - Suivi d'exploitation, des performances
  - ~~Négociation des contrats d'énergie~~
- Domaines de compétences :
 

• Physique du bâtiment	– RCU et réseaux basse enthalpie
• GTB (BACS)	– Solaire thermique
• Bois énergie	– Solaire PV (ACC, ACI, flexibilité)
• Géothermie	– Monitoring / analyse de données
• Machines de froid : R290, NH3, 1234 ZE,...	
• Récupération d'énergie fatale	
• Chaud/froid/ventilation	



- 164





- Le monitoring énergétique : un élément clé pour l'amélioration et le suivi de la performance énergétique
- La définition d'un plan de comptage : tout tout de suite ou par étape ??
- Exemples d'utilisation du monitoring pour « convaincre » et motiver.
- Mettre la performance sous contrôle : des exemples concrets
- Exemple d'analyse « premium » de données.

# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)

# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)



## COMMENT MESURER ET VÉRIFIER SA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ?

25 novembre 2025

## *RETOURS D'EXPERIENCES*



# Performance énergétique mesurée (M&V) : du compteur au suivi dynamique de l'indicateur



**Stéphane LORIOT**  
Référent Energie du DPEI

**Mathis AMBAL**  
Correspondant Energie DPEI



**Thomas RAMET**  
Directeur Opérationnel Activité Digitale

**Etienne BITEAU**  
Directeur Technique



# Qui sommes-nous ?

## CEA Grenoble

- Site de 67 ha / + de 4500 salariés
- Plus d'une centaine de bâtiments significatifs
- Plusieurs directions opérationnelles (recherche) :
  - LETI : Micro et nano-technologies
  - LITEN : énergie solaire, pilotage des réseaux, stockage d'énergie
  - LIST : systèmes numériques intelligents, industrie du futur
  - IRIG : physique, cryotechnologies, chimie, biologie et santé, ...
- 2 services techniques :
  - DPEI et SFETN
- 1 direction CEA Centre



## 3E-Performance, bureau d'études Grenoblois spécialiste en efficacité énergétique industrielle

- 12 personnes
- Activités :
  - Etudes techniques / efficacité énergétique : audits, optimisation de procédés, PINCH, récupération de chaleur fatale, AMO, M&V
  - Management de l'énergie : ISO 50001, formation
  - Stratégie énergétique et de décarbonation (notamment PACTE Industrie)
  - Solution clé en main de monitoring / reporting énergétique





# Contexte « CEA » : un besoin de suivi de la performance énergétique de + en + présent

En 2022, une ambition du Centre de Grenoble de structurer une démarche de management de l'énergie

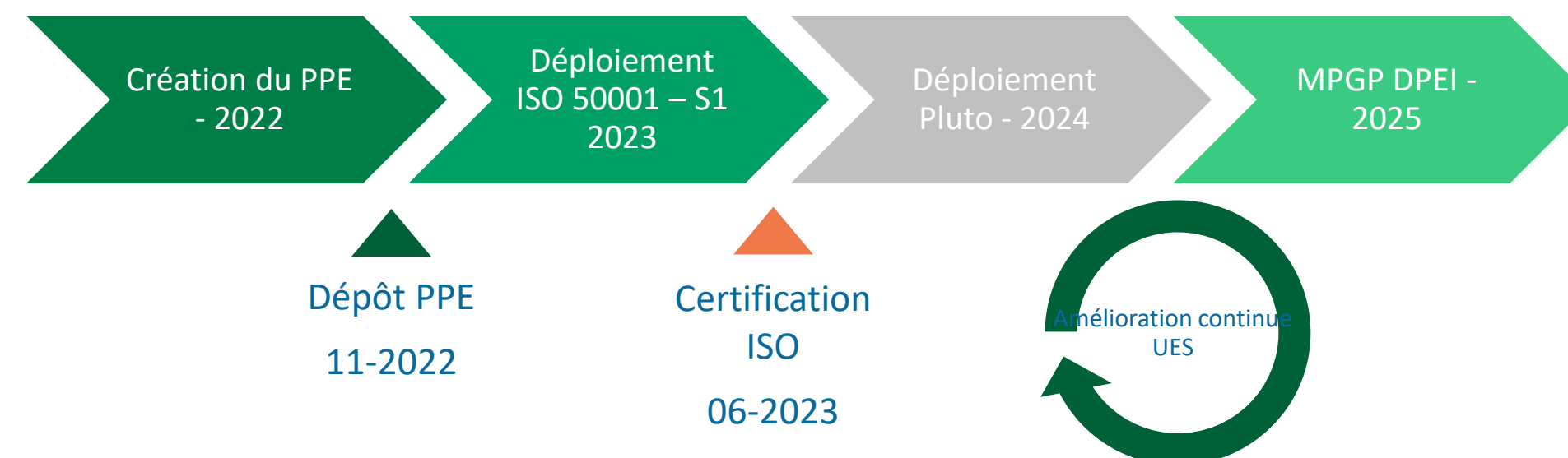
- Elaboration d'un PPE et déploiement ISO 50001 (+ abattement TURPE) → besoin de suivi de la Performance Energétique par des IPé sur un périmètre important

Mais, des freins identifiés à contourner

- De nombreux compteurs existants mais peu de télérelève. Compteurs majoritairement utilisés pour la facturation mais peu exploités pour le suivi énergétique
- De nombreuses sources de données
- De fortes contraintes en termes de cybersécurité
- Organisation « complexe » : lien entre le Centre, les services techniques et les instituts (CEA) + les FM
- Coordination insuffisante entre les services notamment sur les actions menées et la mesure de leurs gains associés

Dès 2022, projet de MPGP à horizon 2025 - Contrat « Exploitation / Maintenance »

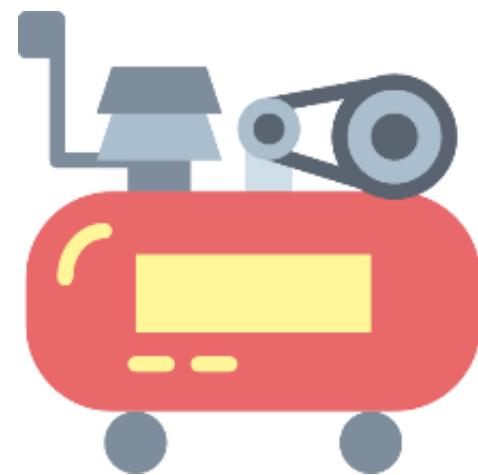
- Une nécessité de pouvoir suivre les engagements à l'avenir



# Logique suivie pour la création d'IPé

Mettre sous contrôle progressivement l'ensemble de la chaîne de transformation et d'utilisation de l'énergie sur le site

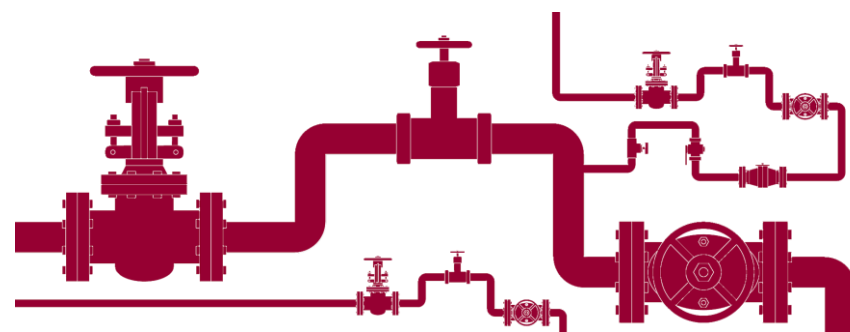
ENERGIE



## PRODUCTION D'UTILITÉS

- Rendement, consommation spécifique, COP, EER
- Taux de charge des équipements
- Chaleur fatale récupérée
- ...

Périmètre PUS (Pôle Utilités Services)  
Filiale d'Engie



## DISTRIBUTION

- Fuites, pertes
- Consommation spécifique pompage
- Rendement / efficacité d'échangeurs
- ...



## USAGES FINAUX

- Modèles statistiques (tels que construits en IPMVP)
- Efficacité / Rendement de CTA
- ...

En priorité sur les périmètres UES

Généralisation à l'énergie  
entrante pour chaque  
bâtiment

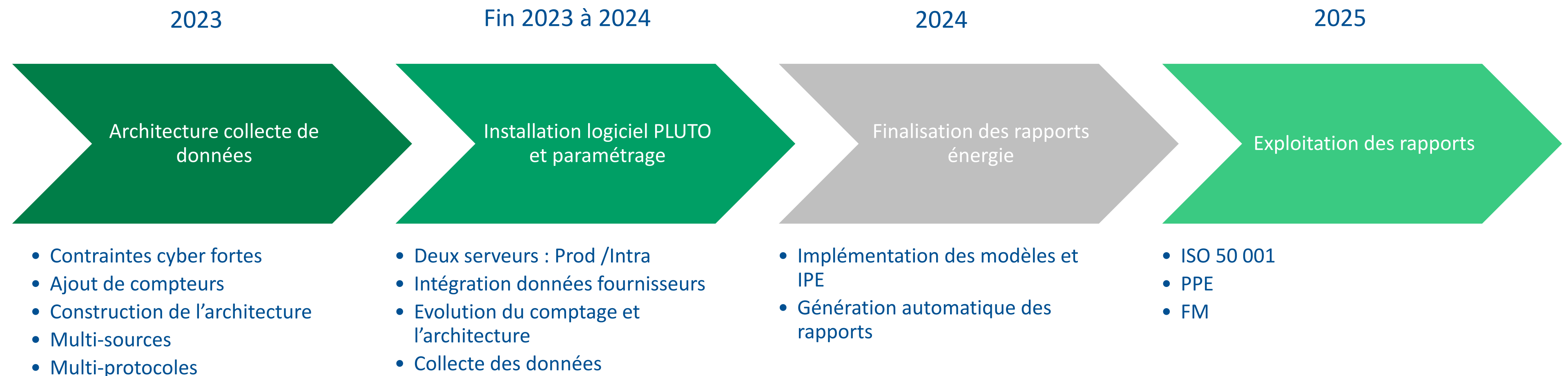
Approfondissement  
progressif pour les  
UES

ORDRE de DEPLOIEMENT des IPé

# Du compteur au suivi dynamique de l'indicateur

*Et inversement...*

Comment est-on passé de la situation 2022-2023 à la situation actuelle ?





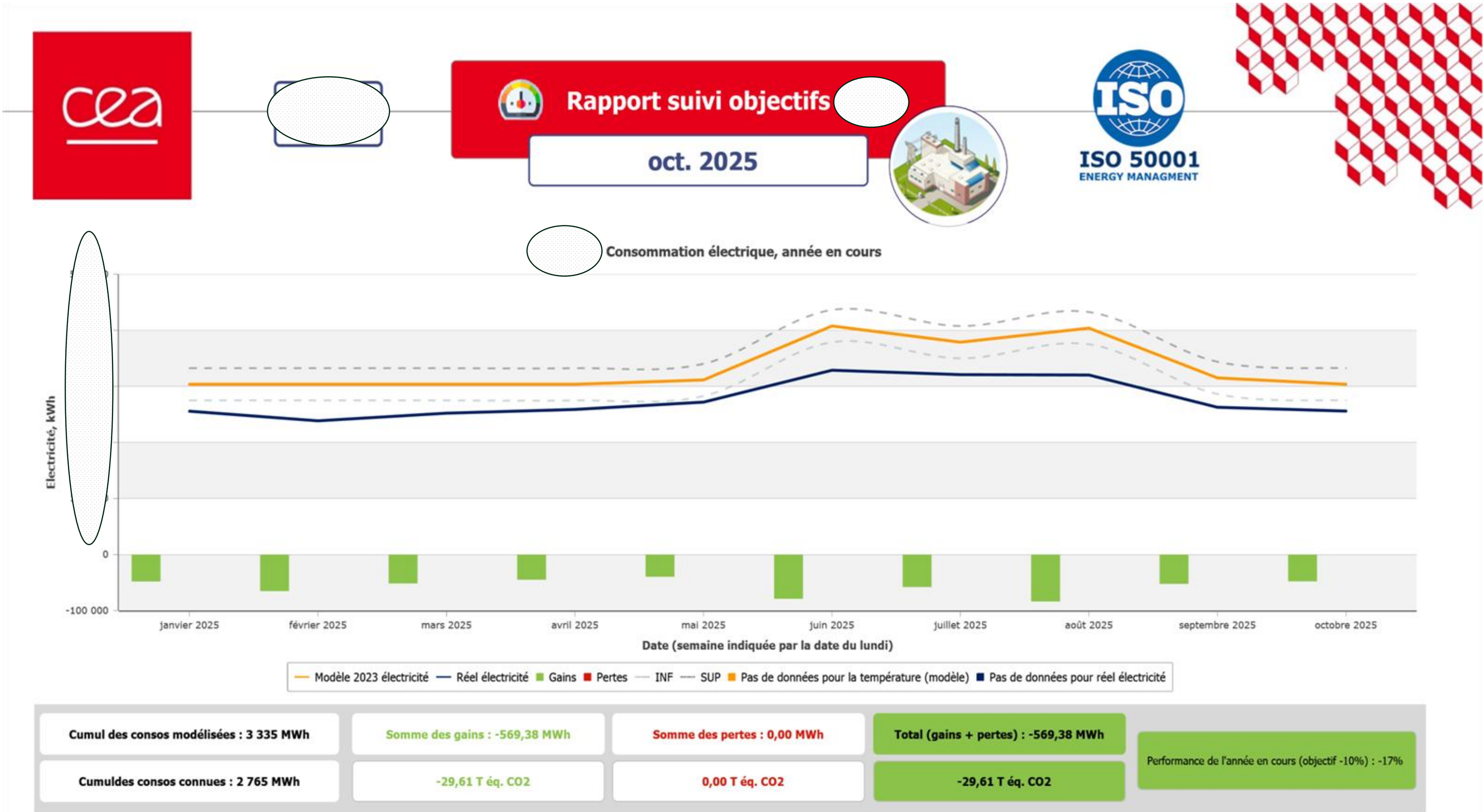
# Et aujourd'hui ? Quel suivi énergétique ?

Des rapports de synthèse et des rapports d'analyse détaillée pour creuser au besoin.

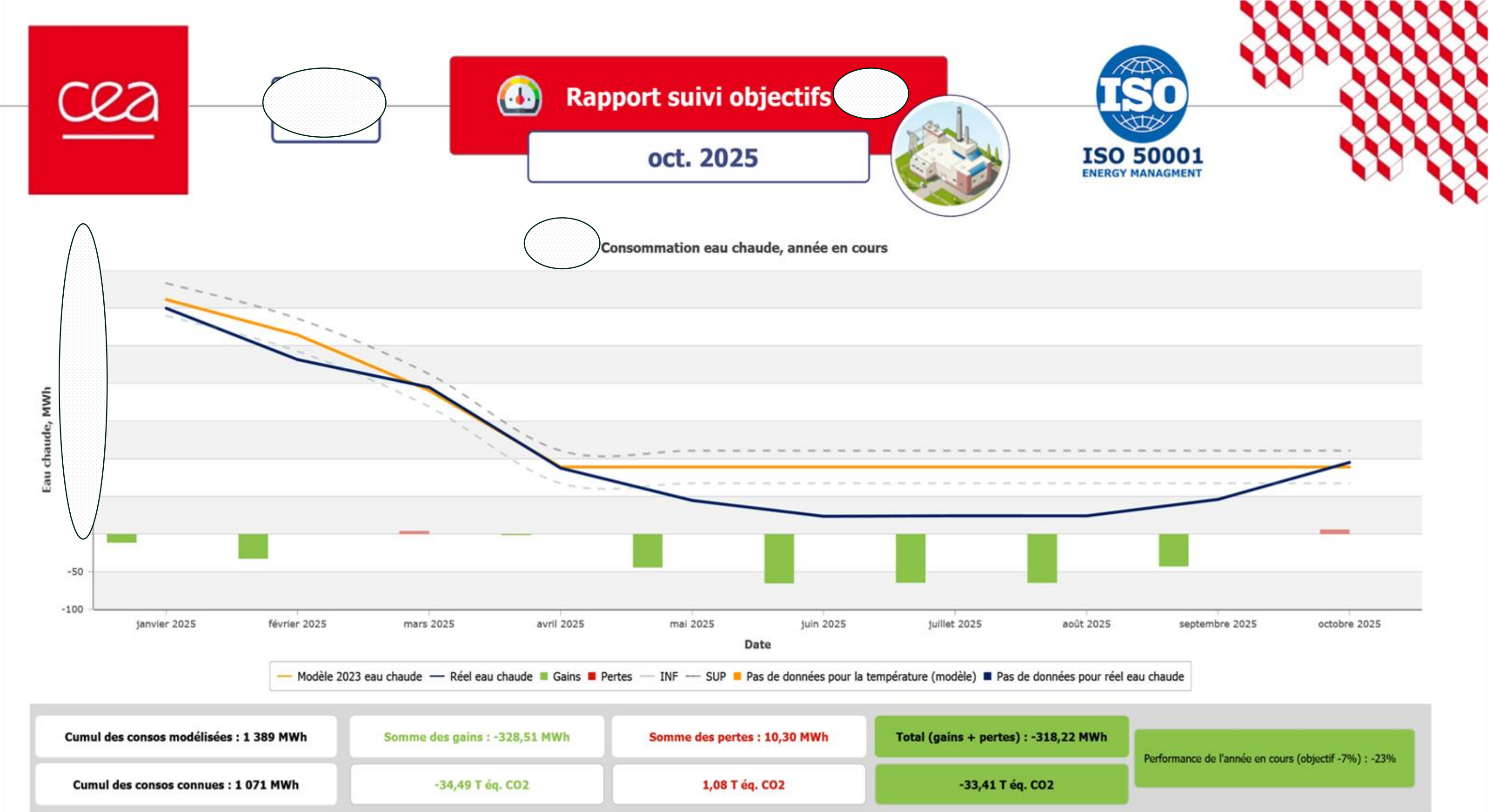
Qu'est-ce que le suivi mis en place permet aujourd'hui ?

- **Maîtriser les UES** (détection de dérives...) + support à l'animation des points énergie à différents niveaux (« du périmètre bâtiment au COPIL » et en collaboration avec les FM)
- **Mesurer les gains** des actions mises en place notamment dans le cadre de l'ISO 50001
- **Rendre compte à la direction** des résultats atteints au vu des **objectifs** fixés
- **Challenger / nuancer** les résultats donnés par les indicateurs de type « ratio » imposés dans le **PPE**

# Et aujourd'hui ? Quel suivi énergétique ?



# Et aujourd'hui ? Quel suivi énergétique ?





# Et aujourd'hui ? Quel suivi énergétique ?



# Et la suite ?

- Ajustement et **perfectionnement de l'existant**
  - Création d'indicateurs de + en + fins sur les périmètres UES
  - Intégration de nouveaux bâtiments aux UES
  - Ajout de l'eau au périmètre de suivi
- Déploiement du **MPGP**
  - Intégration des SER et des indicateurs contractuels pour le suivi des engagements
  - Prise en main de l'outil
- Les **projets structurants** (rénovations / créations de bâtiments, notamment nouvelles salles blanches) incluent maintenant cette dimension « **suivi dynamique** » **dans les cahiers des charges en phase de consultation**
- **Projet PUS** (production d'utilités)
  - Déploiement du logiciel Pluto initié cette fin d'année sur la production d'utilités centralisée PUS, en collaboration avec Engie



# Qu'est-ce que la fiche IND-UT-134 ?

## Eléments clés

Son objectif : financer l'installation d'un système de mesurage des Indicateurs de Performance Énergétique (IPE).

Les IPE mesurées :

- Rendement de **production/distribution de chaleur**
- Rendement de production/distribution de l'**air comprimé**
- Rendement de **production/distribution de froid**
- Le rendement **process** (kWh/unité de prod)
- Rendement d'autres systèmes motorisés

Le calcul de l'aide (non plafonnée):

- Fonction :
  - Du rythme de production du site
  - De la puissance nominale des équipements suivis
  - De la durée du contrat logiciel

Les principales obligations techniques :

- Pas de temps 10min ou journée selon l'IPE
- Utilisation d'un logiciel avec pré-requis techniques
- Réalisation d'une étude préalable selon NF EN 17267

## REX Financier

Client	Coût global projet	Prime CEE versée	Reste à charge
A	66,5 k€	81k€	-14,5 k€
B	107 k€	132 k€	-25 k€
C	45 k€	37,5k€	7,5 k€
D	40 k€	52 k€	-12 k€





# Qu'est-ce que la fiche IND-UT-134 ?

*REX de la fiche*

**Administratif :**

**Collecte des pièces justificatives fastidieuse :**

- prendre en photos toutes les plaques signalétiques pour justifier des puissances nominales mises sous contrôle
- Lister tous les équipements/IPE/ Compteurs dans un fichier
- MAJ l'étude préalable si variation technique du périmètre

**Pas de droit à l'erreur sur les dates administratives :** date de l'étude préalable / signature de l'accord d'incitation / signature de devis etc.

**Respect strict des pièces justificatives,** dont formaliste d'un rapport des IPE sur 1 mois d'historique

**Technique :**

**Sécuriser** le plus tôt possible de la **disponibilité et la qualité des données** (toute l'architecture de collecte de données + compteurs neufs et existants)

**S'adapter aux données disponibles** pour calculer les IPE avec les bonnes unités

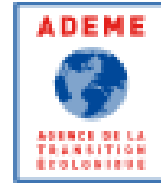
# Qu'est-ce que la fiche IND-UT-134 ?

## REX de la fiche

- IPé :
  - Rendement ( $\text{kWh}_{\text{vapeur}} / \text{m}^3$  de DMAC régénérée )

$$\text{Rendement} = \frac{(\text{Débit}(\text{kg/h})_{\text{vapeur Total Fibres}} + \text{Debit}(\text{kg/h})_{\text{vapeur Total regener}}) * 24 * (h_{\text{total}} - h_{\text{liq eau}})}{\text{Debit\_m3\_DMAC\_regener}}$$

- Avec  $h_{\text{total}}$  = Enthalpie vapeur à pression production U16 = 2734,01 kJ/kg
- Avec  $h_{\text{liq eau}}$  = Enthalpie liquide = 356,82 kJ/kg
- 3600 pour passer de kJ à Kwh
- 24 pour passer d'un débit moyen en quantité de vapeur en kg sur la journée



# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)



# Fiabilité des données et identification des actions d'amélioration grâce à l'EMS

## Retour sur le cas de la fromagerie Milleret



Yann Le Pahun

Responsable instrumentation & automatismes



**DAMETIS**





# Quelques infos sur la fromagerie Milleret

*Une fromagerie familiale et indépendante depuis 1921, disposant d'une collecte de lait 100% locale*



## Leurs produits

- Fromage à pâte molle : +7 000 tonnes produites/an
- Emmental : +5 000 tonnes produites en sous-traitance/an
- Cancoillotte : +700 tonnes/an



## La production

- 1 site basé à Charcenne :
  - 1 usine pour les pâtes molles (10 000m<sup>2</sup>)
  - 1 usine pour l'emmental et la cancoillotte (7 000m<sup>2</sup>)
- Process 100% maîtrisé : Collecte & traitement du lait, fabrication du fromage, emballage et l'expédition
- Site certifié IFS et ISO 50001



# Le constat initial



Augmentation du prix de l'énergie en 2018  
Volonté d'améliorer la performance énergétique du site  
Peu de mesurage et d'indicateurs de suivi à l'origine  
Durcissement des réglementations face au changement climatique

## En 2018 :

Mise en place d'une démarche de performance énergétique avec l'aide de l'ATEE et sa prime PRO-SMEN



Premières actions mises en place :

- Mise en place d'un logiciel de mesure
- Formation à l'écoconduite
- Remplacement des néons par des LED
- ...



# 2024 : Ils font appel à Dametis

2023 :

Le logiciel ne répond plus à leurs besoins.



## Solution proposée

Implémentation du logiciel EMS *MyDametis*,  
avec l'intégration du module BARCIP

## Objectifs

- Améliorer le suivi de la production grâce à un logiciel plus intuitif avec une interface claire et personnalisable/user
- Améliorer l'analyse et réduire les consommations d'eau & d'énergie
- Faciliter l'animation de l'ISO 50001

# Les étapes de l'implémentation

## 1 Etudes initiales

Plan de mesurage  
  
Recueil de leurs  
besoins

## 2 Configuration technique

Configuration VPN  
  
Configuration des  
serveurs  
  
Préparation de  
l'environnement client et  
premiers accès

## 3 Configuration des données

Configuration, acquisition  
des variables  
  
Validation des données

## 4 Configuration fonctionnelle

Création des rapports,  
synoptiques, KPI...  
  
Livraison du logiciel  
configuré

## 5 Fin de l'implémentation

Rectifications demandées



Formation des Users & Key Users pour une autonomie complète



# La fromagerie Milleret et MyDametis aujourd'hui

Des données remontées sur l'ensemble des process & utilités









## BILAN EAU GLACEE



Consommation Electrique  
35 512 kWh



Production Frigorifique  
88 794 kWh Frigo

COP global apparent SDM PM - Alkali



2,68

COP apparent Pré-refroidissement - Alkali



2,76

COP apparent bac à glace - Alkali



2,58

Puissance Frigorifique EGA

MOYENNE

528,5 kWf

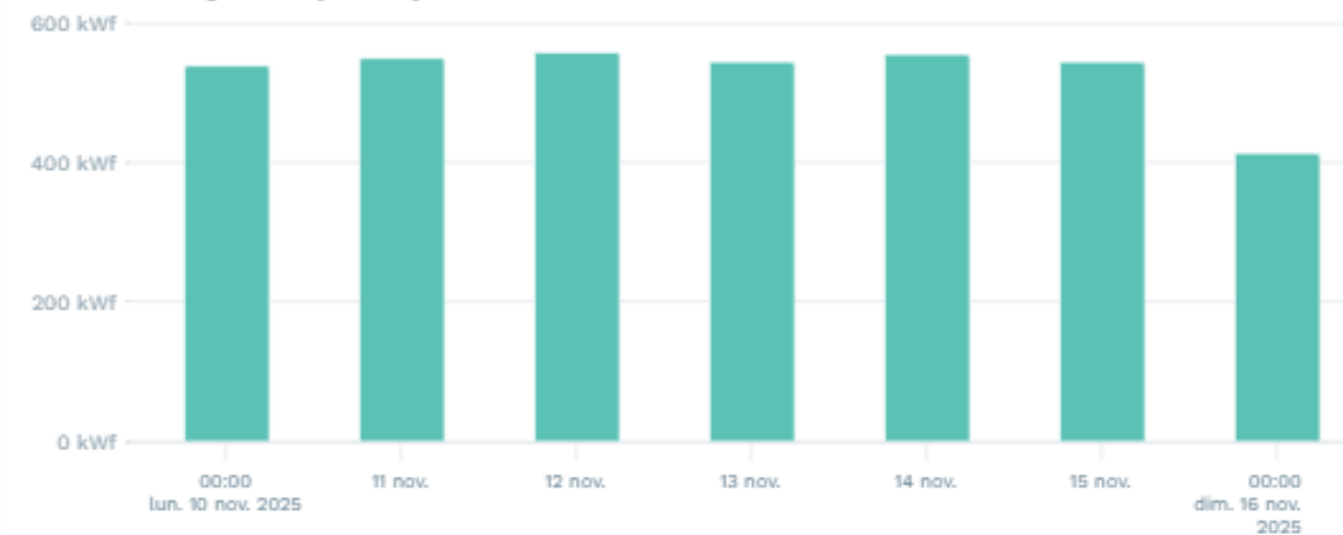
MIN

279,1 kWf

MAX

950,3 kWf

Puissance frigo - Moyenne journalière



SDM PM Puissance frigorifique réseau EG usine


Pression HP/BP




SDM PM Pression BP Compresseurs NH3    SDM PM Pression HP Compresseur NH3 Collecteur



# Potentiel détecté par notre Energy Manager travaillant avec la fromagerie

Gains réels					+ Ajouter un gain
Description	Impact	Quantité	Carbone	Financier	
 Réduction apport chaudière PM au		622.1 MWh <sub>pcs</sub> /an	145,6 t/an	28 616 €/an	
TOTAL			145,6 t/an	28 616 €/an	

Gains réels					+ Ajouter un gain
Description	Impact	Quantité	Carbone	Financier	
 Gain sur baisse de débit		95.15 MWh/an	4,75 t/an	10 562 €/an	
 Gain sur moindre charge thermique		40.26 MWh/an	2 t/an	4 469 €/an	
TOTAL			6,75 t/an	15 031 €/an	



# Les avantages de l'EMS au sein de la fromagerie



Réduction des consommations d'eau et d'énergie



Des équipes fédérées autour des sujets environnementaux



Suivi facilité des dérives et de la certification ISO 50001



Réduction de l'empreinte carbone

# Des questions ? Je vous réponds !



Yann Le Pahun  
Responsable instrumentation et automatismes

*yann.lepahun@dametis.com*  
*+33 6 49 79 11 90*



# MERCI



Retrouvez toutes les actualités de l'ATEE sur :  
[www.atee.fr](http://www.atee.fr)





**FIN : POT DE CLOTÛRE**