

Les Petits Déjeuners du



## Réunion n°25 du Club des Laboratoires Accrédités

*Partage d'expériences, Evolutions dans le domaine de  
l'accréditation, audits croisés*

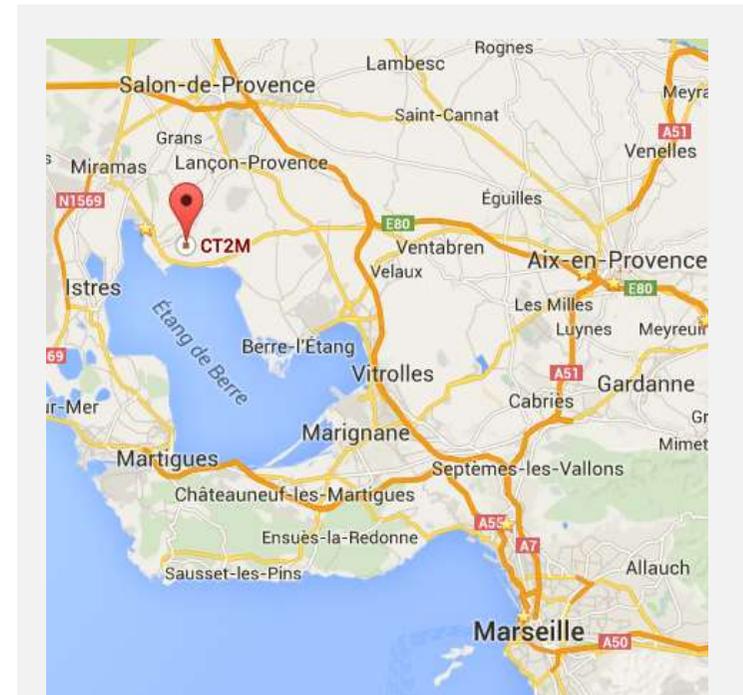
Métrologie des enceintes et évolutions du  
LAB GTA 24

## Le CT2M :

- ✓ Créé en 1993
- ✓ Laboratoire d'étalonnage de masses accrédité COFRAC selon l'ISO 17025 depuis 1994 (N° accréditation 2-1292, Portée disponible sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr))
- ✓ Statut SCOP depuis le 1<sup>er</sup> avril 2016

## Une équipe de 8 formateurs / consultants :

David BENHAMOU.....	<a href="mailto:dbenhamou@ct2m.fr">dbenhamou@ct2m.fr</a>
Laure DOMENECH.....	<a href="mailto:ldomenech@ct2m.fr">ldomenech@ct2m.fr</a>
Boris GEYNET.....	<a href="mailto:bgeynet@ct2m.fr">bgeynet@ct2m.fr</a>
Lise HEGRON.....	<a href="mailto:lhegron@ct2m.fr">lhegron@ct2m.fr</a>
Nicolas GARTNER.....	<a href="mailto:ngartner@ct2m.fr">ngartner@ct2m.fr</a>
Cécilia BOYON.....	<a href="mailto:cboyon@ct2m.fr">cboyon@ct2m.fr</a>
Margaux VITELA.....	<a href="mailto:mvitela@ct2m.fr">mvitela@ct2m.fr</a>
Océane ANTOINE.....	<a href="mailto:oantoine@ct2m.fr">oantoine@ct2m.fr</a>



✉ Centre des Creusets  
Route de Lançon  
13250 SAINT CHAMAS

📞 04 90 50 90 14

💻 [www.ct2m.fr](http://www.ct2m.fr)



## Formation / Conseil / Audit @

« Accompagner les laboratoires dans leurs projets  
Qualité et Métrologie »

Contact : David BENHAMOU

[dbenhamou@ct2m.fr](mailto:dbenhamou@ct2m.fr)

06.78.00.10.26

**Qualiopi**  
processus certifié



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante :  
ACTIONS DE FORMATION

## Organisation de comparaisons interlaboratoires (CIL)

« Organiser des CIL conformément à l'ISO 17043 et sous accréditation  
COFRAC pour les CIL sur l'étalonnage de masses de 1 mg à 20 kg »

Contact : Boris GEYNET

[bgeynet@ct2m.fr](mailto:bgeynet@ct2m.fr)

06.83.94.60.87



N° accréditation 1-7127

Portée disponible sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

## Etalonnage de masses pour toutes les classes jusqu'au E2

« Etalonner et vérifier des masses de 1 mg à 5 tonnes  
sous accréditation COFRAC »

Contact : Anaïs LAMOUR

[alamour@ct2m.fr](mailto:alamour@ct2m.fr)

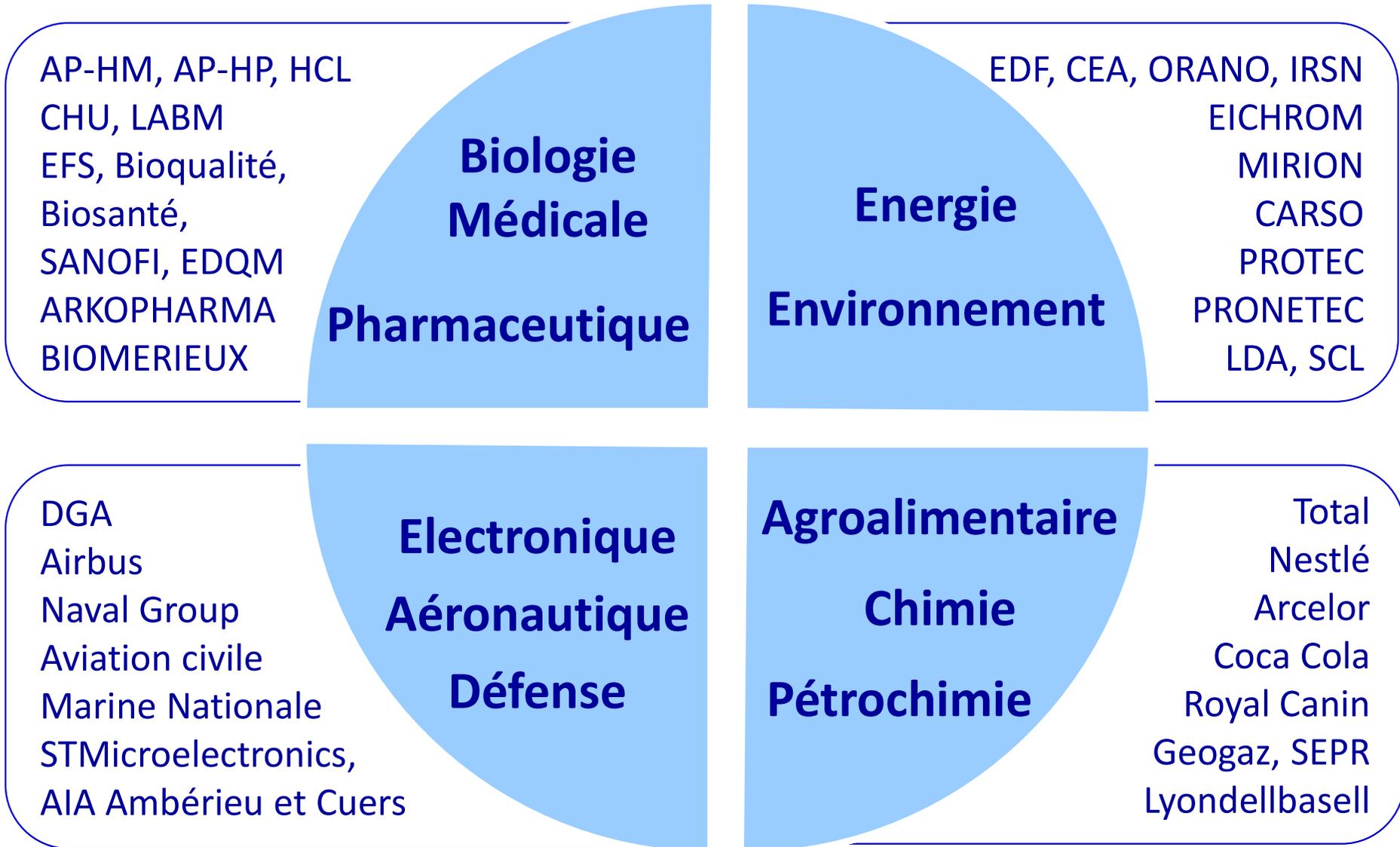
04.90.50.90.14



N° accréditation 2-1292

Portée disponible sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

## Ils nous font confiance...



- I. Thématique : Métrologie des enceintes et évolution du LAB GTA 24**
- II. Programme d'échanges d'auditeurs internes**



LE PARTENAIRE À VOTRE MESURE

# Thématique : Métrologie des enceintes et évolutions du LAB GTA 24

## 1. Introduction aux enceintes et paysage normatif

- LAB GTA 24 : Evolution des documents de références

## 2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes

- LAB GTA 24 : Nouvelles définitions

## 3. Déclaration de conformité des enceintes

## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

1. Ecart de consigne et erreur d'indication
2. Stabilité
3. Homogénéité

## 5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation

## 6. Sonde de suivi de la température

## Objectifs de la caractérisation d'une enceinte :

- Déterminer les caractéristiques de l'enceinte (ex : stabilité, homogénéité, etc. )
- Connaître et / ou s'assurer périodiquement des performances réelles de l'enceinte.

## Référentiels :

- Fascicule de documentation : FD X 15 140
- Norme (internationale) : CEI 60 068-3
- Fascicule de documentation FD V08-601
- Document COFRAC : LAB GTA 24

## Enceinte thermostatique :

Enceinte dont la température de l'air est contrôlée.

## Enceinte climatique :

Enceinte dont les valeurs de la température et de l'humidité de l'air sont contrôlées.

## Evolution des documents de référence du LAB GTA 24:

### Ajout des documents :

- NF EN 60584-1 – Couples thermoélectriques – Partie 1 : spécifications et tolérances en matière de FEM
- NF EN 61515 – Câbles et couples thermoélectriques à isolation minérale dits « chemisés »
- FD X 07-028 - Metrology - Calibration and verification procedure for thermometers - Estimation of the uncertainties on temperature measurements
- FD X 15-120 - Measurement of air moisture - Expression of uncertainties - Study of concrete cases
- ASTM E644 - Standard Test Method for Testing Industrial Resistance Thermometers
- Guidelines on the calibration of Solid Anemometers - Part 2: Thermal Anemometers - EURAMET Calibration Guide No. 25:

1. Introduction aux enceintes et paysage normatif
  - LAB GTA 24 : Evolution des documents de références
2. **Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes**
  - LAB GTA 24 : Nouvelles définitions
3. Déclaration de conformité des enceintes
4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations
  1. Ecart de consigne et erreur d'indication
  2. Stabilité
  3. Homogénéité
5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation
6. Sonde de suivi de la température

## 2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes

**Pour un espace de travail < à 2 m<sup>3</sup>**

La caractérisation de l'enceinte sera effectuée avec 9 capteurs positionnés

**Pour un espace de travail > à 2 m<sup>3</sup>**

La caractérisation de l'enceinte sera effectuée avec 15 capteurs positionnés

Recommandation : ne pas dépasser 20 m<sup>3</sup> et avoir moins de 3m entre chaque sonde

Les capteurs sont placés à distance des parois et des échantillons (si l'enceinte n'est pas vide)

## 2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes

### □ Cas des espaces non parfaitement parallélépipédiques

#### Application des 3 étapes suivantes :

1. Diviser le volume de l'enceinte pour le décomposer en plusieurs parallélépipèdes ;
2. Respecter les distances minimales entre les sondes et ou objets (> 5 cm) ;
3. Supprimer les sondes avec des positions de moindre intérêt :
  - Si 2 parallélépipèdes sont voisins, supprimer les sondes communes (même sommet)
  - Si une sonde est sur une ligne droite entre 2 sondes avec une distance inférieure à 3m, elle peut être supprimée.

**Attention** à toujours respecter les règles de FD X 15-140

### □ Cas des espaces de congélateurs à tiroirs

Il est d'usage de positionner 2 sondes par tiroirs (en respectant le nombre minimum de sondes en fonction du volume) en alternant les positions « avant/arrière » et « gauche/droite ».

### Nouvelles définitions du LAB GTA 24:

Ajout des définitions :

Dépassement transitoire ; Indicateur d'environnement ; Témoin d'environnement ; Temps de récupération ; Vitesse de variation contrôlée et non contrôlée

Bains thermostatés : ceux-ci sont utilisés comme moyens d'essais dans des laboratoires ou en milieu industriel, avec un liquide caloporteur dont la nature dépend du domaine de température. La caractérisation s'entend donc pour un couple {bain ; liquide}, où la nature et l'état du liquide doivent être décrits.

Enceintes thermostatiques et climatiques : celles-ci sont à régulation de la température (thermostatique) ou de la température et de l'humidité (climatique).

En adéquation avec la normalisation en vigueur, le domaine d'application s'établit comme suit :

- Pour la caractérisation en température :  $- 100 \text{ °C} < \theta < 600 \text{ °C}$ .
- Pour la caractérisation en humidité relative de l'air :  $0 \text{ \% HR} < U_w < 100 \text{ \% HR}$  pour une température de  $0 \text{ °C} < \theta < 100 \text{ °C}$ .

Fours : ceux-ci sont principalement utilisés pour le traitement thermique (ce document traite uniquement de l'uniformité et de la stabilité de température). Le domaine d'utilisation classique s'étend de  $400 \text{ °C}$  à  $1\,500 \text{ °C}$ .

1. Introduction aux enceintes et paysage normatif
  - LAB GTA 24 : Evolution des documents de références
2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes
  - LAB GTA 24 : Nouvelles définitions
3. **Déclaration de conformité des enceintes**
4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations
  1. Ecart de consigne et erreur d'indication
  2. Stabilité
  3. Homogénéité
5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation
6. Sonde de suivi de la température

### 3. Déclaration de conformité des enceintes

Pour une enceinte thermostatique utilisée à différentes températures, il faut au moins 3 points de consigne :

- $T_{\text{mini}}$
- $T_{\text{max}}$
- $T_{\text{intermédiaire}}$

On réalise au minimum 30 mesures (n) pendant au moins 30 minutes.

L'intervalle entre chaque mesure est de 1 min maximum (FD X 15-140).

- Valeur i mesurée par le capteur j :  $\theta_{ij}$
- Valeur moyenne des n mesures du capteur j :  $\theta_{mj}$

Capteur 1

$\theta_{11}, \theta_{21}, \theta_{31} \dots \theta_{n1}$



$\theta_{m1}$

Capteur 2

$\theta_{12}, \theta_{22}, \theta_{32} \dots \theta_{n2}$

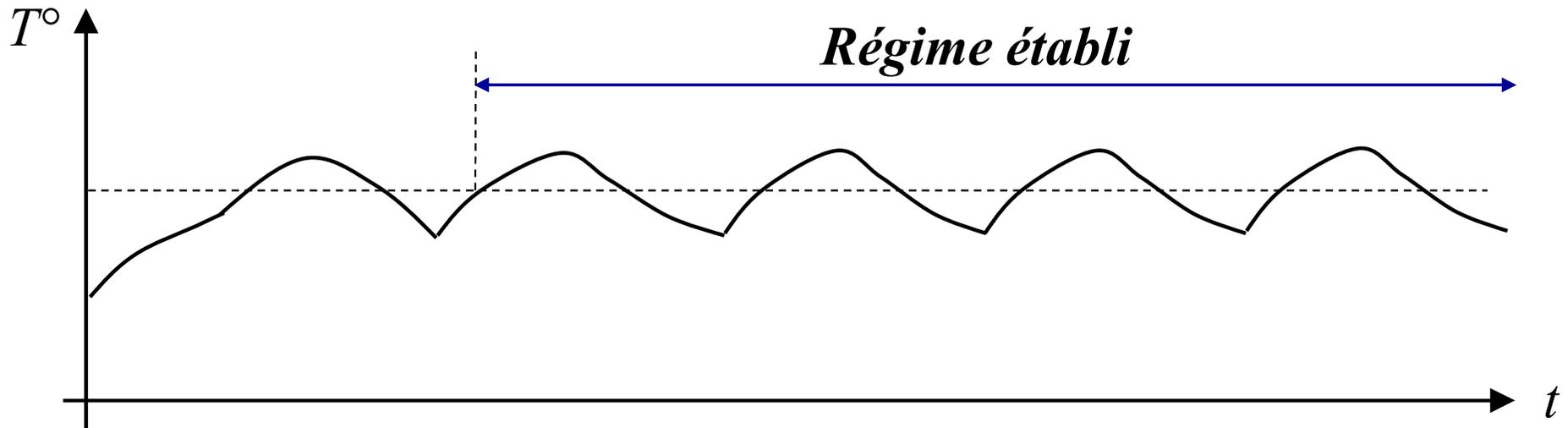


$\theta_{m2}$

### 3. Déclaration de conformité des enceintes

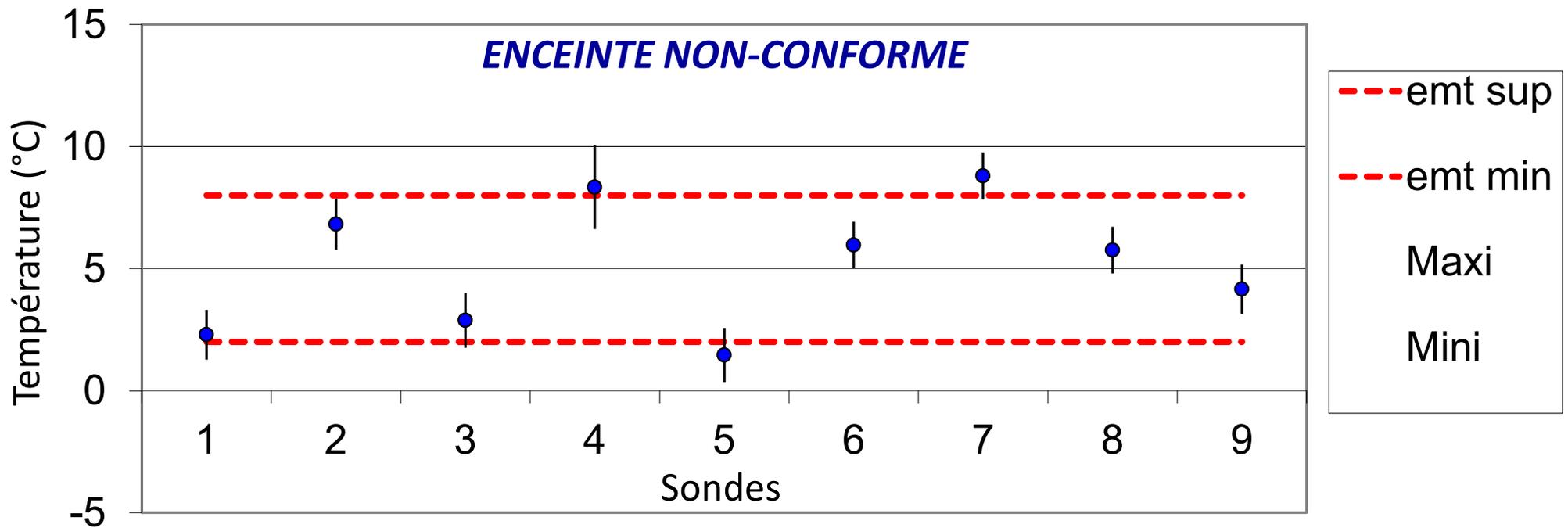
**Régime établi** : État atteint quand, en chaque point de l'enceinte, la différence entre la valeur de la température au point et la valeur de consigne est constante.

→ Les mesures permettant de caractériser l'enceinte seront prises en compte lorsque le régime sera établi.



### 3. Déclaration de conformité des enceintes

**L'enceinte est déclarée conforme** si la moyenne des n mesures de chaque capteur, élargie de son incertitude  $U_{mj}$  est comprise dans les EMT définies pour l'enceinte.



Exemple de représentation graphique des résultats d'une caractérisation d'enceinte.

1. Introduction aux enceintes et paysage normatif
  - LAB GTA 24 : Evolution des documents de références
2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes
  - LAB GTA 24 : Nouvelles définitions
3. Déclaration de conformité des enceintes
4. **Autres propriétés mesurées lors des caractérisations**
  1. Ecart de consigne et erreur d'indication
  2. Stabilité
  3. Homogénéité
5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation
6. Sonde de suivi de la température

## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

### 4.1 Ecart de consigne et erreur d'indication

La température moyenne de l'air  $\theta_{air}$  correspond à la moyenne des moyennes de chaque capteur  $\theta_{mj}$  :

$$\theta_{air} = \sum_{1}^N \frac{\theta_{mj}}{N} \quad (N = 9 \text{ ou } 15)$$

Capteur 1 :  $\theta_{m1} = 54^{\circ}\text{C}$

Capteur 2 :  $\theta_{m2} = 56^{\circ}\text{C}$

Capteur 3 :  $\theta_{m3} = 55^{\circ}\text{C}$

...

Capteur 8 :  $\theta_{m8} = 53^{\circ}\text{C}$

Capteur 9 :  $\theta_{m9} = 57^{\circ}\text{C}$

**Température moyenne de l'air :**

$$\theta_{air} = (54 + 56 + 55 + \dots + 53 + 57) / 9 = 55^{\circ}\text{C}$$

## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

### 4.1 Ecart de consigne et erreur d'indication

**Écart de consigne**  $\Delta\theta_{co} = \theta_{co} - \theta_{air}$

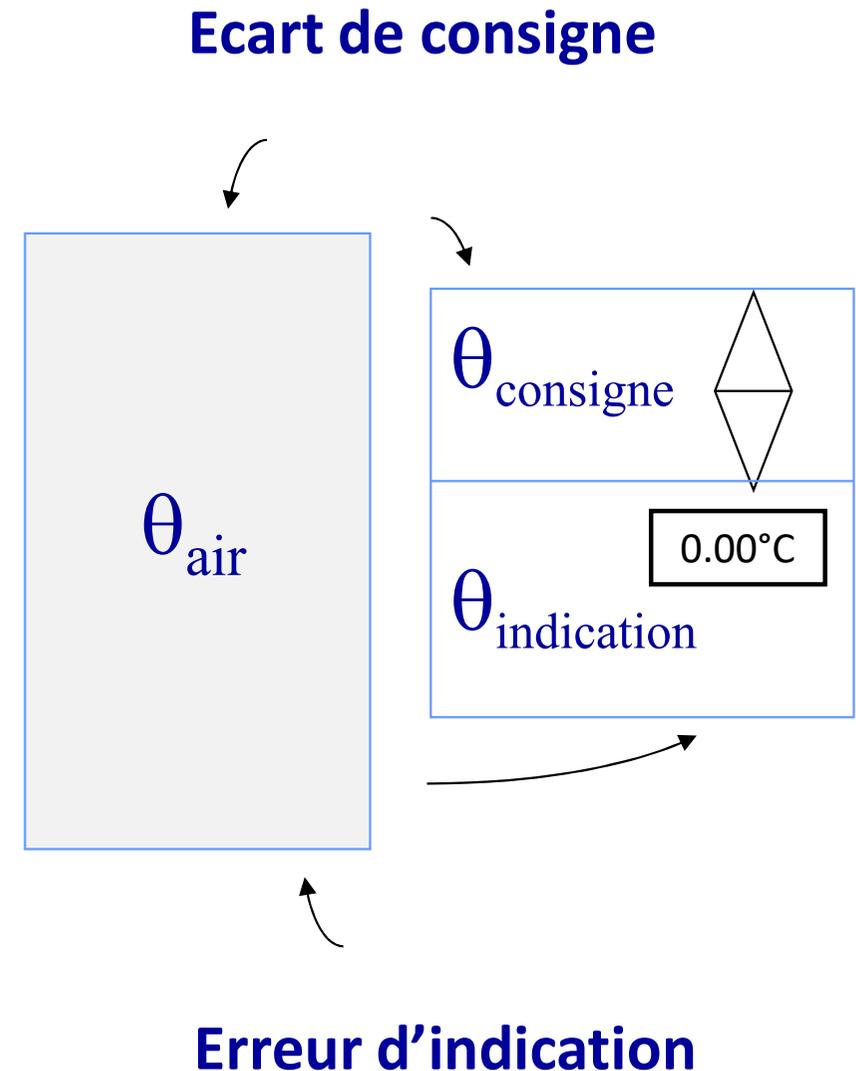
$\theta_{co}$  = **Valeur de consigne** (valeur rentrée au régulateur).

→ Connaître l'écart de consigne permet éventuellement de régler la valeur de consigne pour obtenir  $\theta_{air}$  voulu.

**Erreur d'indication**  $\Delta\theta_{in} = \theta_{in} - \theta_{air}$

$\theta_{in}$  = **Valeur d'indication** (valeur affichée)

→ L'erreur d'indication permet de savoir si l'afficheur fonctionne correctement.

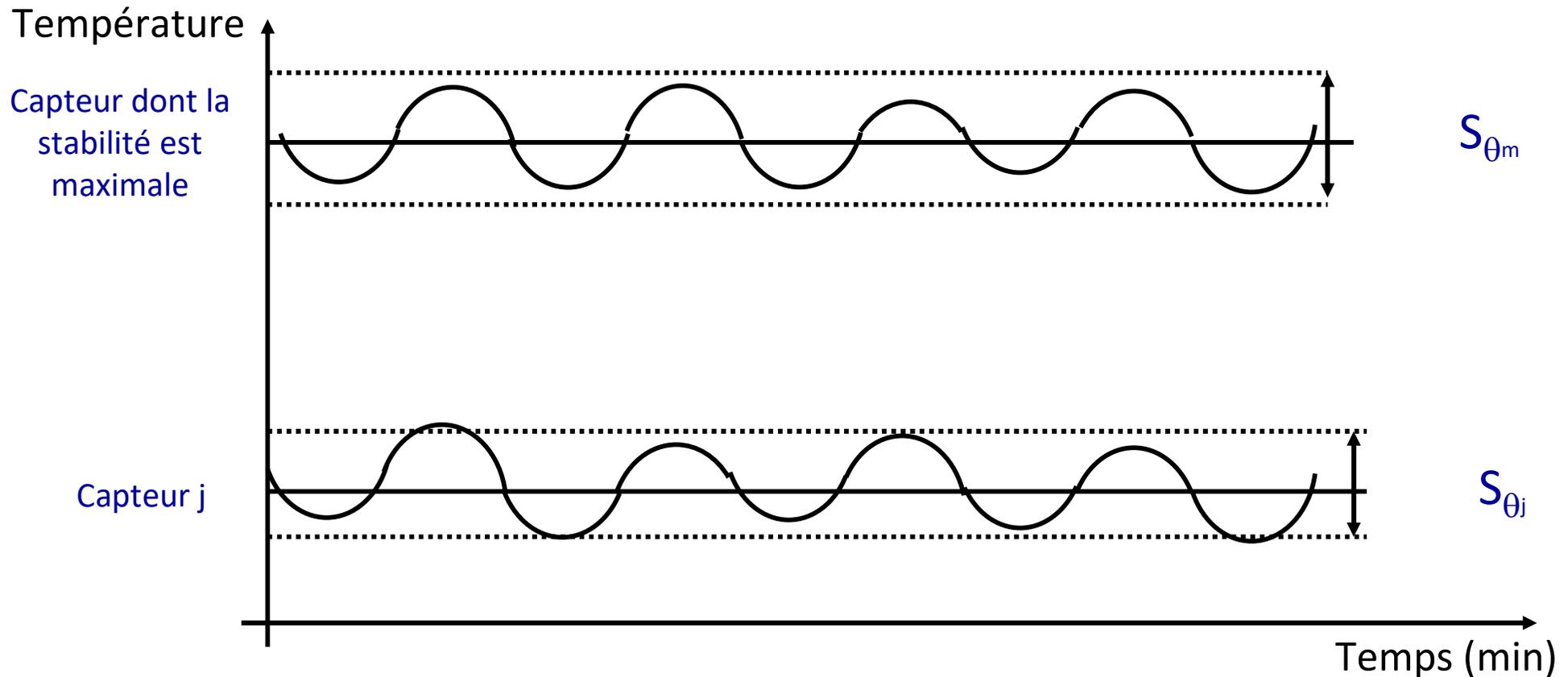


## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

### 4.1 Stabilité

**Stabilité du point  $j$  ( $S_{\theta_j}$ )** : Différence entre la valeur maximale mesurée et la valeur minimale mesurée par le capteur  $j$ .

**Stabilité maximale ( $S_{\theta_m}$ )** : Valeur maximale des  $S_{\theta_j}$ .



## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

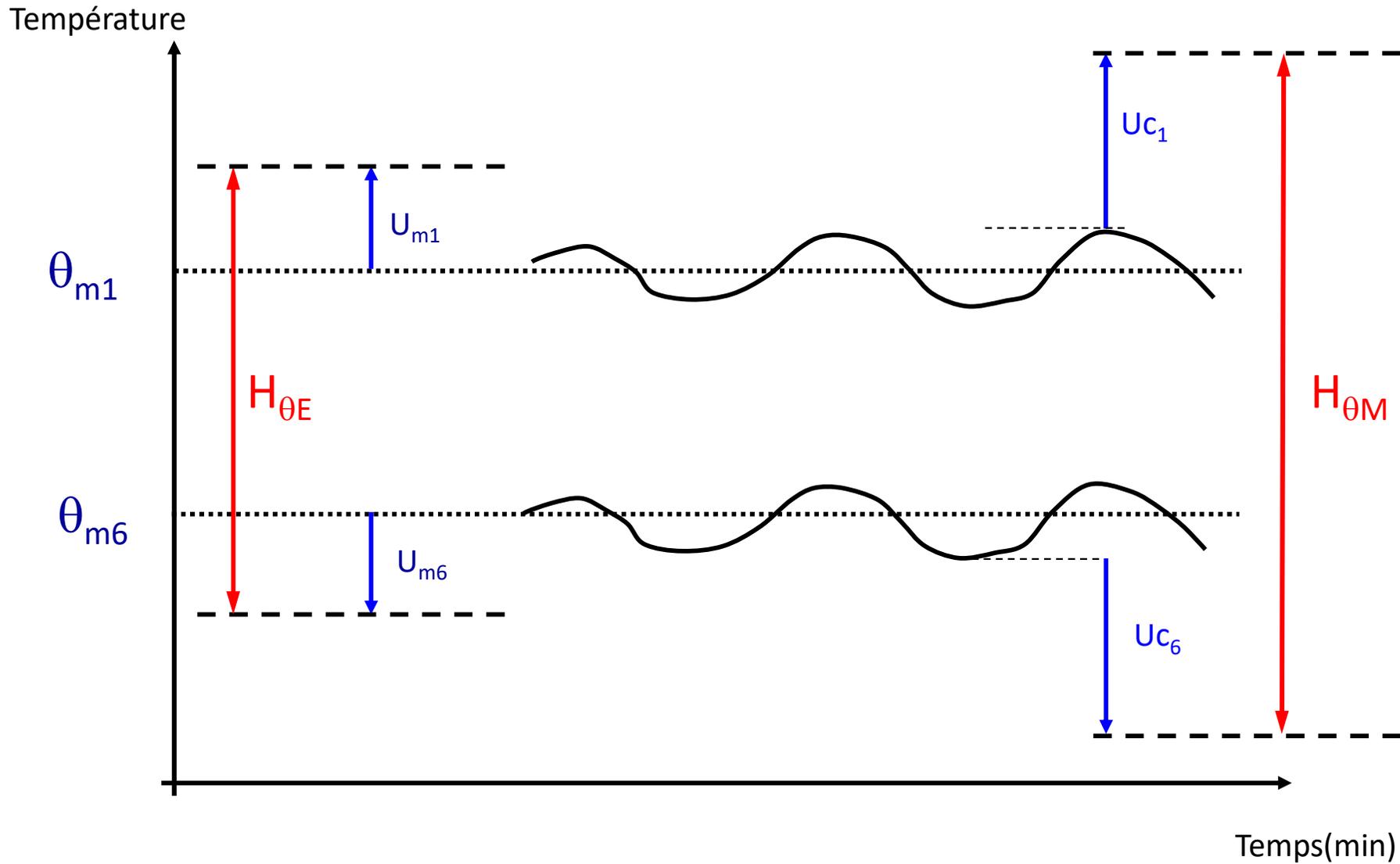
### 4.2 Homogénéité

**Homogénéité ( $H_{\theta E}$ )** : Différence entre la température moyenne la plus haute (augmentée de l'incertitude associée) et la température moyenne la plus basse (diminuée de l'incertitude associée).

**Homogénéité maximale ( $H_{\theta M}$ )** : Différence entre les valeurs individuelles extrêmes augmentées de l'incertitude associée.

## 4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations

### 4.2 Homogénéité



1. Introduction aux enceintes et paysage normatif
  - LAB GTA 24 : Evolution des documents de références
2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes
  - LAB GTA 24 : Nouvelles définitions
3. Déclaration de conformité des enceintes
4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations
  1. Ecart de consigne et erreur d'indication
  2. Stabilité
  3. Homogénéité
5. **Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation**
6. Sonde de suivi de la température

## 5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation

- Incertitude sur la température moyenne de chaque capteur  $U_{mj}$  :

$$U_{mj} = 2 * \sqrt{S_j^2 + u_{cj}^2}$$

$S_j$  : Ecart type expérimental des n mesures du capteur j

$u_{cj}$  : Incertitude sur la mesure du capteur j

NB : La stabilité pouvant être différente en chaque point de l'enceinte, l'incertitude  $U_{mj}$  sera différente d'un capteur à l'autre.

## 5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation

- **Écart type expérimental  $S_j$  :**

$S_j$  représente la stabilité des mesures en chaque point de l'enceinte.

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (\theta_{ij} - \theta_{mj})^2}$$

## 5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation

### ▪ Incertitude $u_{cj}$ du capteur j :

✓ Utilisation avec un CE (correction de la sonde) :

$$u_{cj} = \sqrt{u_{justesse}^2 + u_{resolution}^2 + u_{dérive}^2}$$

$\frac{U_{et}}{2}$

$\frac{r}{2\sqrt{3}}$

$\frac{U_{et}}{2}$

✓ Utilisation avec un CV (pas de correction de la sonde) :

$$u_{cj} = \sqrt{u_{justesse}^2 + u_{resolution}^2}$$

$\frac{EMT}{\sqrt{3}}$

$\frac{r}{2\sqrt{3}}$

1. Introduction aux enceintes et paysage normatif
  - LAB GTA 24 : Evolution des documents de références
2. Rappel : Matériel et placement des sondes dans les enceintes
  - LAB GTA 24 : Nouvelles définitions
3. Déclaration de conformité des enceintes
4. Autres propriétés mesurées lors des caractérisations
  1. Ecart de consigne et erreur d'indication
  2. Stabilité
  3. Homogénéité
5. Incertitudes des sondes de températures servant à la caractérisation
6. **Sonde de suivi de la température**

## 6. Sonde de suivi de la température

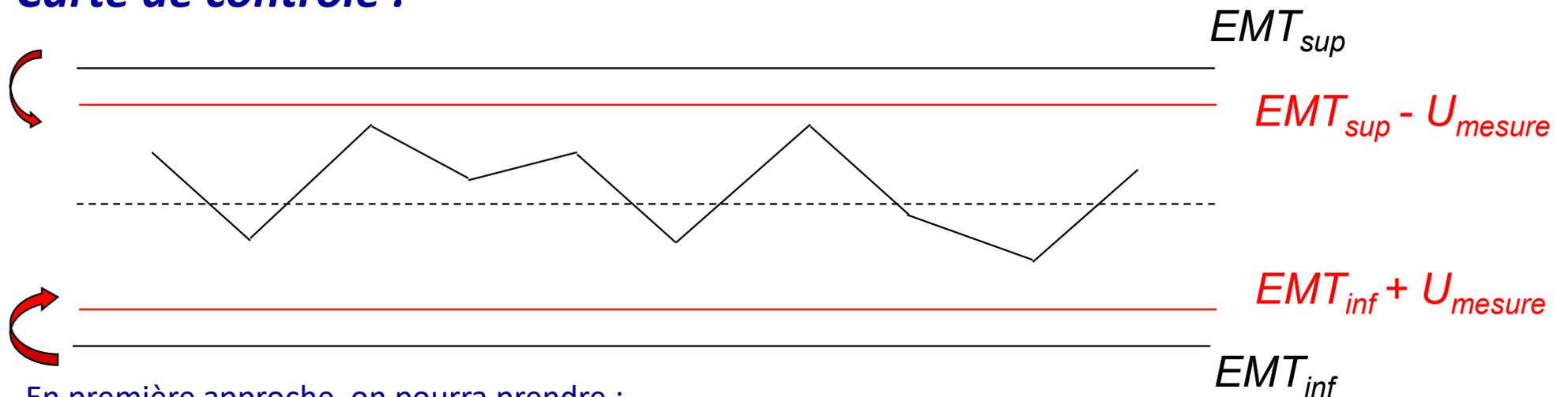
- **La sonde de suivi doit être adaptée aux EMT de l'enceinte ( $EMT_{enceinte}$ ) :**  
En première approche :  $EMT_{sonde} \leq EMT_{enceinte}/4^*$  ou  $U_{et\_sonde} \leq EMT_{enceinte}/4^*$   
(\* ) Cela n'est pas une exigence. Un rapport de 3 est également acceptable.
- **La température affichée par la sonde doit être représentative de la température des produits qui sont stockés dans l'enceinte :**
  - Sonde dans un milieu dont le comportement est proche des produits stockés (inertie) → sonde dans un flacon rempli d'eau ou de glycol par exemple.
  - Position **fixe** de la sonde et non perturbant pour l'utilisation en routine de l'enceinte
  - Positionnement représentatif de la température moyenne de l'air dans le cas de limites haute et basse (déterminer le positionnement à l'issu de la cartographie).
- **La fréquence d'acquisition de la sonde doit permettre de voir les variations de température dans l'enceinte :**  
→ Définir une période d'acquisition adaptée afin de réagir rapidement en cas de dépassement.

## 6. Sonde de suivi de la température

En fonction de la criticité du suivi de la température, on pourra réaliser un suivi de la température :

- Sans prendre en compte l'incertitude de mesure de température
- OU
- En prenant en compte l'incertitude de mesure de température

### Carte de contrôle :



En première approche, on pourra prendre :

$U_{mesure} = EMT_{sonde}$  (pour une sonde vérifiée) ou

$U_{mesure} = U_{et\_sonde}$  (pour une sonde corrigée)

### Que faire en cas de dépassement de température ?

- Tracer le dépassement
- Rechercher et expliquer la cause (chargement de nouveaux réactifs, portes restée ouverte, panne, coupure de courant, ...)
- Tracer les produits impactés et être vigilant lors de leurs prochaines utilisations
- Si répétition du problème, mettre en place des actions correctives



LE PARTENAIRE À VOTRE MESURE

**Nos formations sur le sujet :**

Inscriptions : [ct2m@ct2m.fr](mailto:ct2m@ct2m.fr)

Formation	Dates en INTER
MS3 – Métrologie des températures	03 et 04 avril 2024
MG2B – Estimation des incertitudes d'étalonnage et constitution des dossiers VDM en voie 3 interne	12 au 14 mars 2024 (à distance) 18 au 20 juin 2024 26 au 28 novembre 2024
MG1 – Métrologie par la pratique	- Du 28 au 31 mai 2024 jusqu'à 12h30

**Ouverture en 2024 d'une Comparaison Inter-Laboratoires sur la caractérisation d'une enceinte**

Inscriptions : [eil@ct2m.fr](mailto:eil@ct2m.fr)