

3^{èmes} JOURNÉES CHAÎNE DU FROID des produits de santé

Caractérisation des enceintes climatiques et thermostatiques



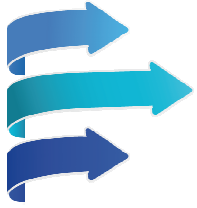
Référentiels et Influence d'une méthode de caractérisation simplifiée ou complète sur la vérification d'un équipement climatique

Un événement organisé par



avec le soutien de l'IFF



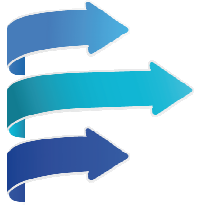


Historique



- A partir de 1995, quelques demandes pour caractériser et vérifier les enceintes thermostatiques et climatiques
 - Rédaction et publication en 1998 de la norme expérimentale AFNOR XPX 15-140 « Enceintes climatiques et thermostatiques – Caractérisation et vérification »
- Elaboration sous l'égide du COFRAC du programme 122.2 de 1995 à 1998
 - Fondement = norme expérimentale AFNOR XPX 15-140

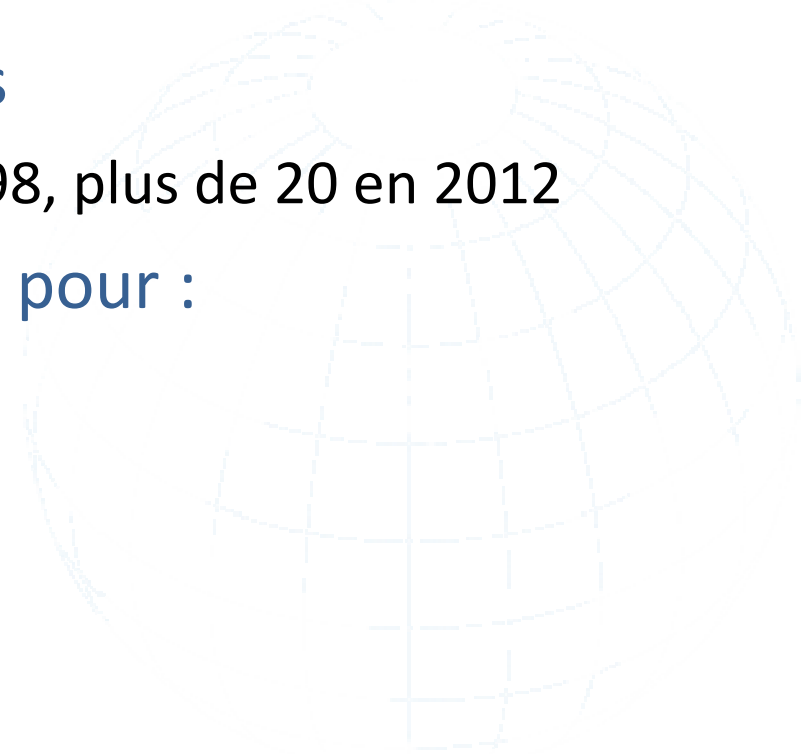


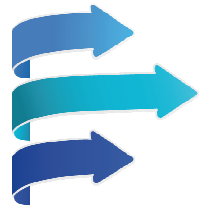


Historique



- Amplification des besoins de contrôle d'environnement des produits
 - 2 laboratoires accrédités en 1998, plus de 20 en 2012
- Evolution récente des besoins pour :
 - Fours
 - Bains thermostatés



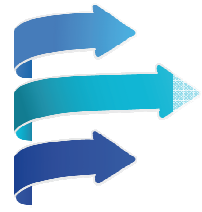


NF X 15-140 (octobre 2002)



- Version expérimentale publiée en 1998, norme homologuée en 2002, élaborée par la Commission X15A d'AFNOR
- LA norme de référence pour la caractérisation et la vérification (règles de conformité)
- Essais de caractérisation en température et/ou humidité, en charge et/ou à vide





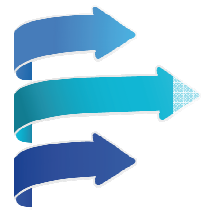
La série (CEI) NF EN 60068-3

Essais d'environnement



- NF EN 60068-3-5 « Confirmation des performances des chambres d'essai en température » (août 2002)
- NF EN 60068-3-6 « Confirmation des performances des chambres d'essai en température et humidité » (août 2002)
- NF EN 60068-3-7 « Mesures dans les chambres d'essai en température pour les essais A et B (avec charge) » (août 2002)
 - Essais A: Froid et Essais B: Chaleur sèche
- NF EN 60068-3-11 « Calcul de l'incertitude des conditions en chambres d'essai climatiques » (août 2007)





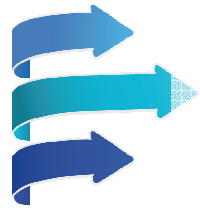
La série (CEI) NF EN 60068-3

Essais d'environnement



- Des normes élaborées par le secteur électrique pour ses propres besoins d'essais en environnement
- Des normes d'essais pour la caractérisation des chambres d'essais, la vérification (critères et règles) dépendant de la relation client/fournisseur
- Essais de caractérisation en température et/ou humidité, en charge et/ou à vide



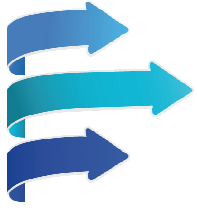


Coexistence NF X 15-140 et série NF EN 60068-3



- Objectif: favoriser l'émergence d'un document international harmonisé
- Décision de la Commission de normalisation Métrologie d'AFNOR en date du 4/02/2009
 - Constat: les écarts entre les différents textes restent mineurs
 - Annulation du documents français NF X 15-140 au profit des normes européennes EN 600068-3 => FD X 15-140
 - La vérification traitée dans un guide technique d'accréditation du COFRAC (LAB GTA 24)

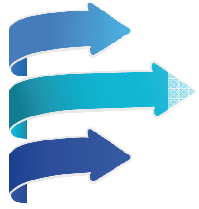




***Influence d'une méthode de caractérisation simplifiée
ou complète sur la vérification d'un équipement
climatique***

Influence de l'instrumentation choisie



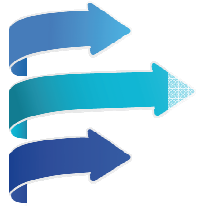


Préparation de la caractérisation



- Connaître les paramètres pouvant influencer la caractérisation
 - Conditions d’ambiance
 - Alimentation électrique
 - Alimentation en fluides
 - Perturbations liées à l’enceinte
 - Perturbations liées aux spécimens
- Définition du programme de caractérisation
 - Le programme minimum porte sur les paramètres suivants :
 - Homogénéité, stabilité, écart de consigne, erreur d’indication



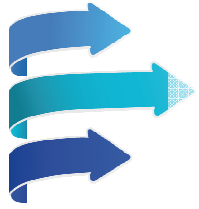


Préparation de la caractérisation



- Il peut être complété par d'autres tests :
 - Temps de récupération (ouverture de porte, coupure alimentation,...), dépassement transitoire, vitesse de circulation de l'air,
- Définir le type et le nombre de capteurs à utiliser en fonction des objectifs ou des Erreurs Maximales Tolérées (EMT) et de la méthode de vérification
 - Sondes à résistances de Platine
 - Thermocouples
 - Hygromètres à condensation
 - Hygromètres à variation d'impédance
 - Psychromètre





Quel type de capteurs?



- Problèmes liés aux mesures lors d'une caractérisation d'enceintes
 - Dépend principalement:
 - **Du type de sondes utilisées**
 - couple thermoélectrique: compensation de soudure froide
 - sonde à résistance de platine: type de câblage 2, 3 ou 4 fils
 - Incertitude de la chaîne de mesure
 - **De la géométrie du capteur (diamètre, masse, surface, présence d'une gaine protectrice...)**
 - **De la vitesse d'écoulement de l'air (modification du coefficient d'échange)**
 - **Du positionnement des capteurs**
 - **Des liaisons entre les capteurs et l'électronique associée**



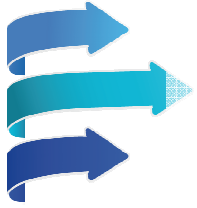


Quel type de capteurs?



- Des parasites d'origine électromagnétique
- Des rayonnement thermique des parois ou de la charge,....
- Incertitudes d'un thermomètre à résistance de platine industriel (TRPI)
 - Étalonnage par comparaison à un TRPE dans un bain thermostaté
 - Causes d'incertitudes :
 - Incertitude d'étalonnage (0,06°C), Dérive de la sonde
 - Erreur de modélisation de la correction du multimètre en résistance, Résolution
 - Répétabilité, Auto échauffement
 - Homogénéité, stabilité des bains et flux de chaleur parasite et fuites thermiques
 - Influence de l'environnement
 - Exemple : $U_{k=2} = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$

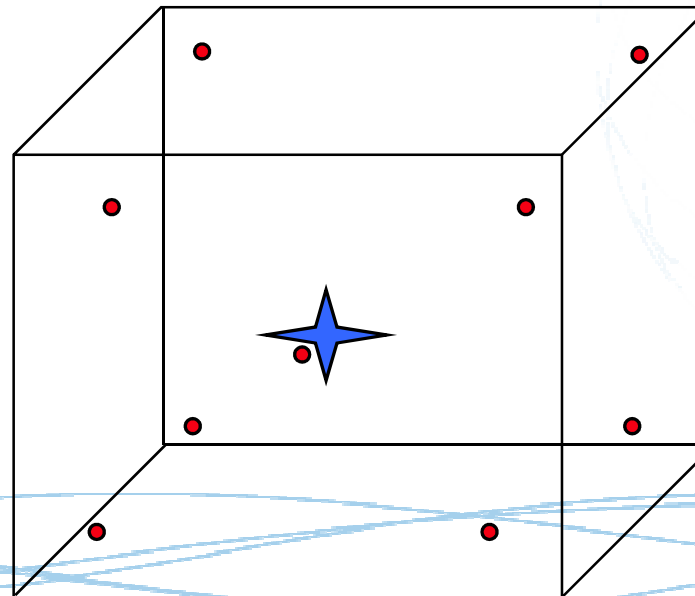




Caractérisation



- Etude de cas : caractérisation d'une enceinte climatique
 - Conditions souhaitées : $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75\% \text{HR} \pm 5\%$
 - Cas n°1 : méthode classique (9 sondes Pt100 + hygromètre à condensation)
 - » Mesure de température sèche et de rosée puis calcul de HR en chacun des points

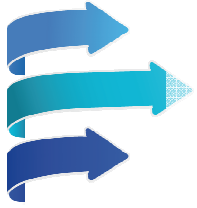


Incertitudes de mesure des capteurs utilisés :

Sondes Pt 100 :
 $U = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$

Hygromètre à condensation :
 $U = \pm 0,16^{\circ}\text{C} \approx UW \pm 1\% \text{HR}$

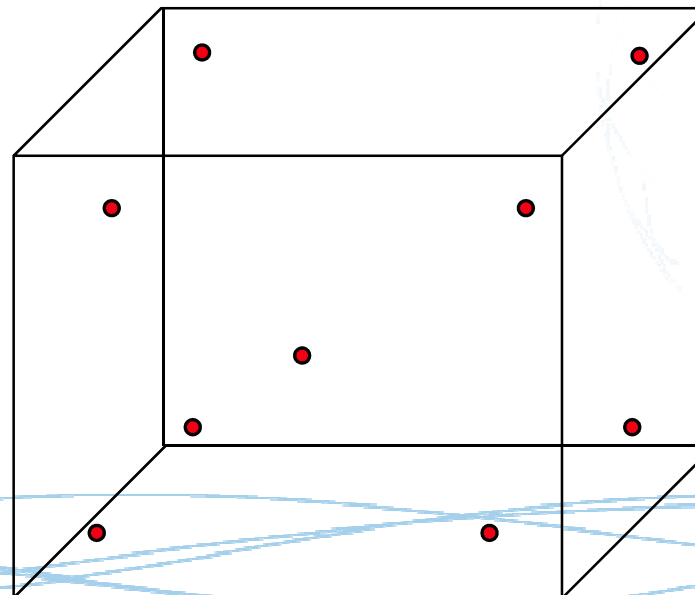




Caractérisation



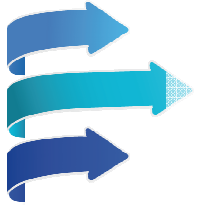
- Etude de cas : caractérisation d'une enceinte climatique
 - Conditions souhaitées : $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75 \% \text{HR} \pm 5\%$
 - Cas n°2 : méthode classique (9 thermo-hygromètres)
 - Mesure directe de température sèche et de HR en chacun des points



Incertitudes de mesure des capteurs utilisés :

Thermo-hygromètre :
 $U = \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ $UW \pm 2,7 \% \text{HR}$

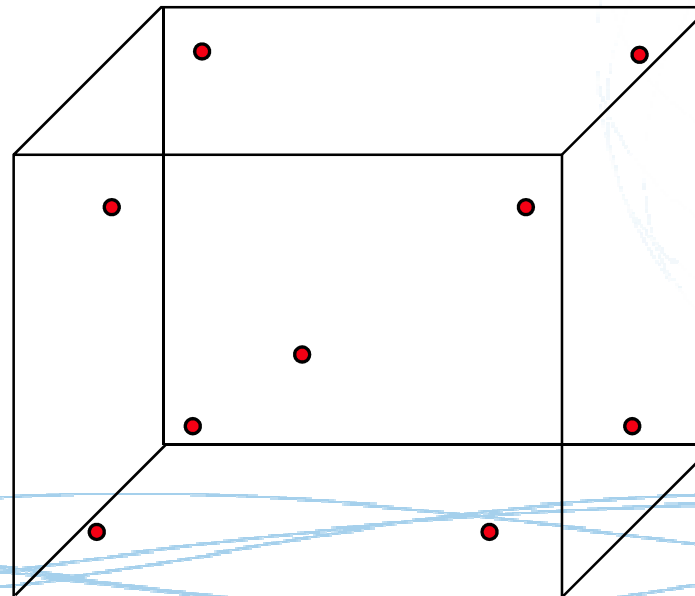




Caractérisation



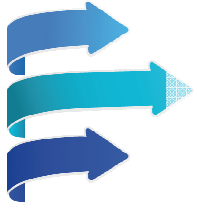
- Etude de cas : caractérisation d'une enceinte climatique
 - Conditions souhaitées : $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75 \% \text{HR} \pm 5\%$
 - Cas n°3 : méthode classique (9 psychromètres)
 - » Mesure température sèche et humide puis calcul de HR



Incertitudes de mesure des capteurs utilisés :

Psychromètre :
 $U = \pm 0,25^{\circ}\text{C}$ $UW \pm 2,1 \% \text{HR}$



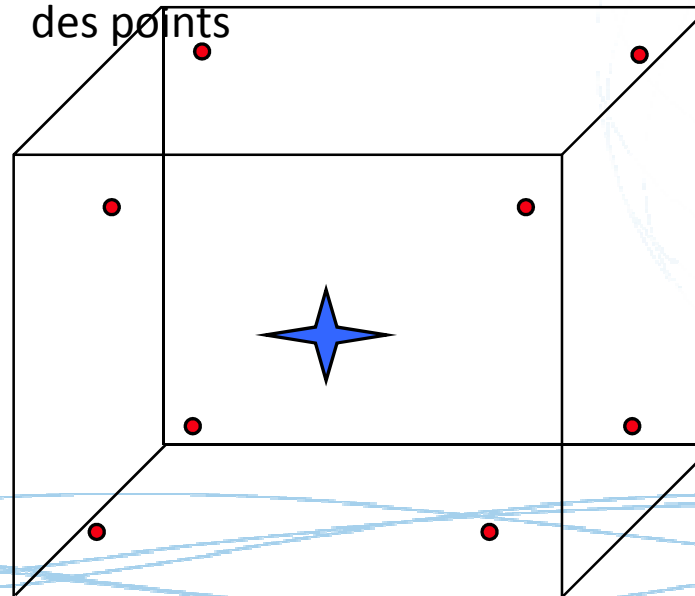


Caractérisation



- Etude de cas : caractérisation d'une enceinte climatique
 - Conditions souhaitées : $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75\% \text{HR} \pm 5\%$
 - Cas n°4 : Cartographie simplifiée (8 sondes Pt100 et 1 thermo-hygromètre au centre du volume)

» Mesure température sèche et HR au centre du volume – calcul température de rosée et au centre puis calcul de HR en chacun des points

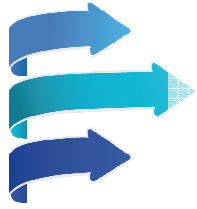


Incertitudes de mesure des capteurs utilisés :

Sondes Pt 100 :
 $U = \pm 0,15^{\circ}\text{C}$

Thermo-hygromètre :
 $U = \pm 0,7^{\circ}\text{C} \quad UW \pm 2,7\% \text{ HR}$

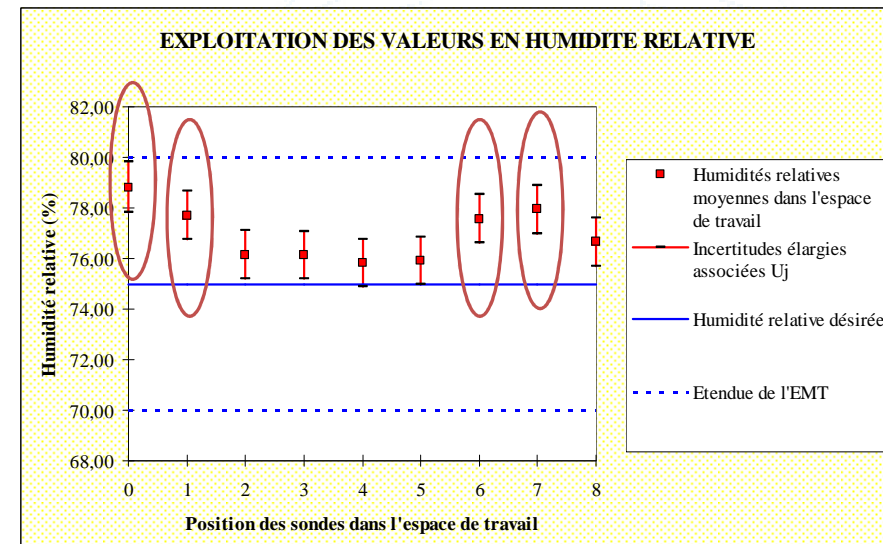
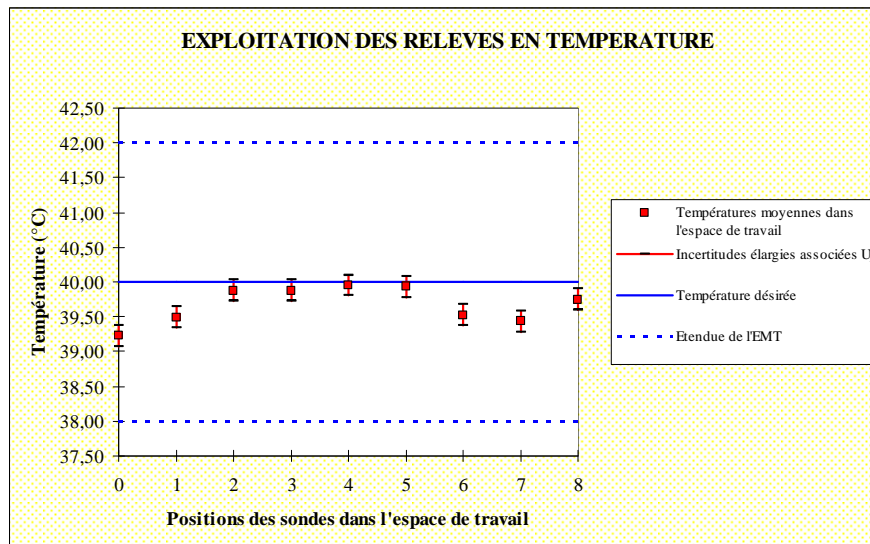




Caractérisation



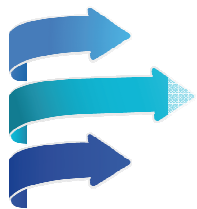
- Cas n°1 : 9 sondes Pt100 + hygromètre à condensation



Température d'air (°C) =	39,67
Incertitude élargie U (±°C) =	0,54
Homogénéité (°C) =	1,03
Humidité de l'air (%) =	76,96
Incertitude élargie U (±%) =	2,37
Homogénéité (%) =	4,93

Enceinte déclarée conforme

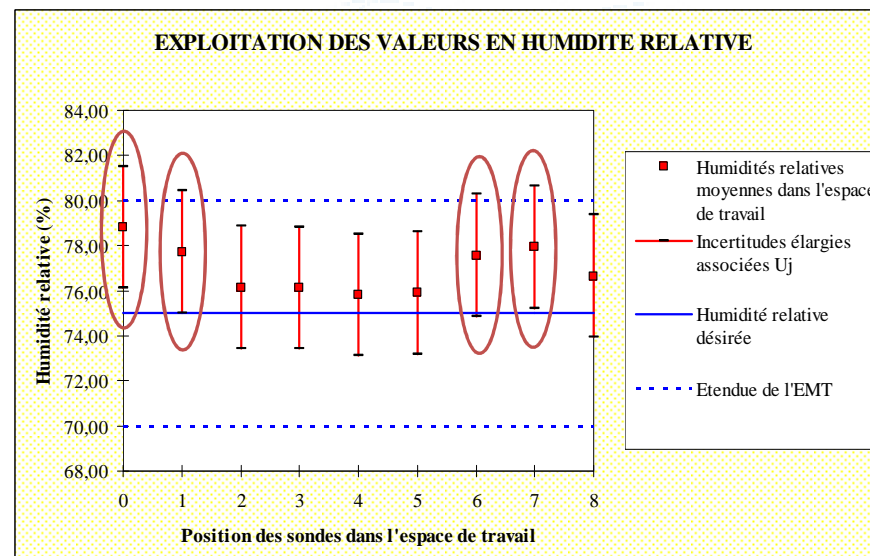
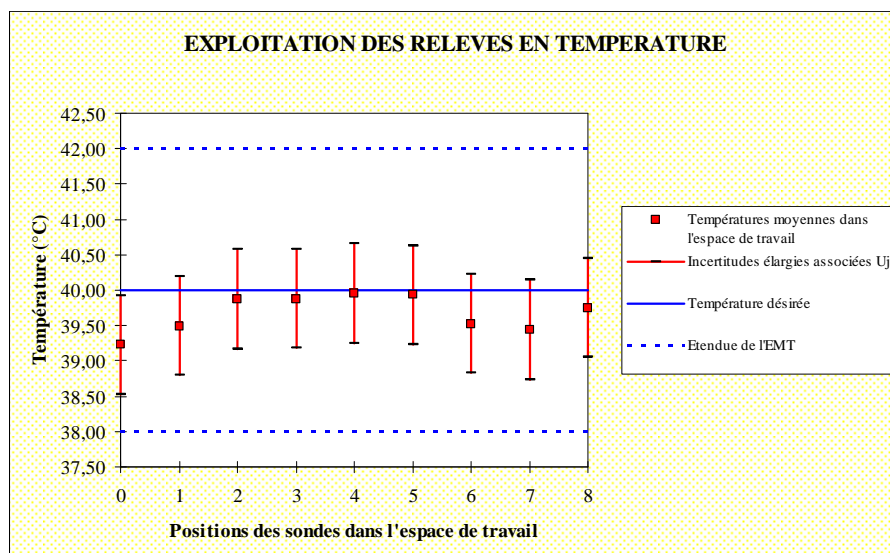




Caractérisation



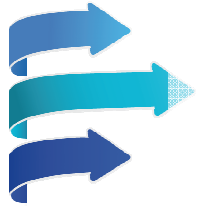
- Cas n°2 : 9 thermo-hygromètres



Température d'air (°C) =	39,67
Incertitude élargie U (±°C) =	0,87
Homogénéité (°C) =	2,13
Humidité de l'air (%) =	76,96
Incertitude élargie U (±%) =	3,46
Homogénéité (%) =	8,43

Enceinte déclarée non conforme

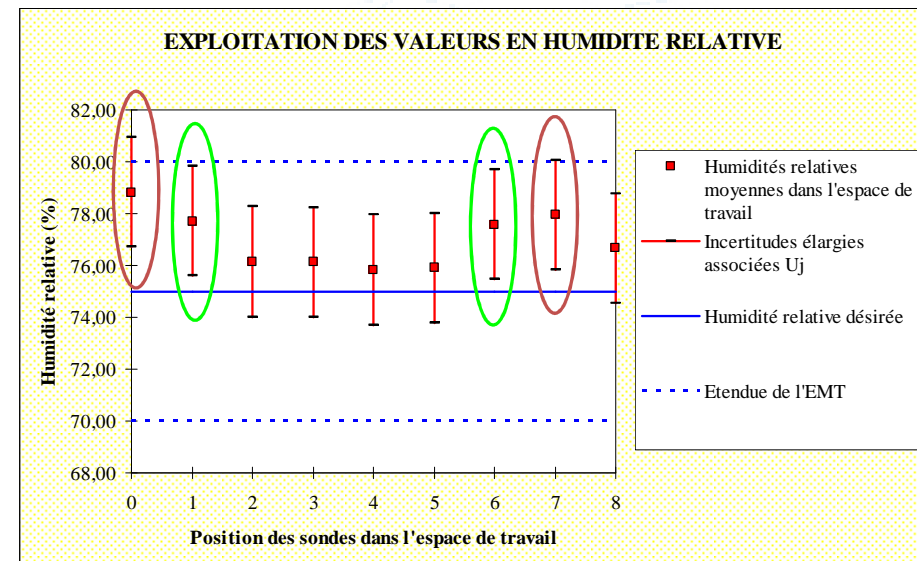
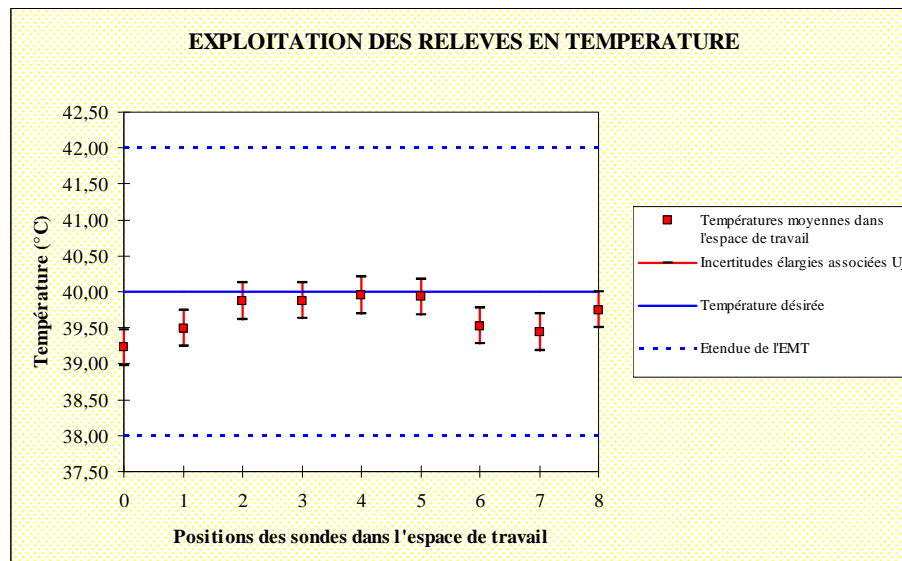




Caractérisation



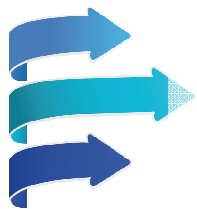
- Cas n°2 : 9 psychromètres



Température d'air (°C) =	39,67
Incertitude élargie U (±°C) =	0,58
Homogénéité (°C) =	1,23
Humidité de l'air (%) =	76,96
Incertitude élargie U (±%) =	3,02
Homogénéité (%) =	7,24

Enceinte déclarée non conforme

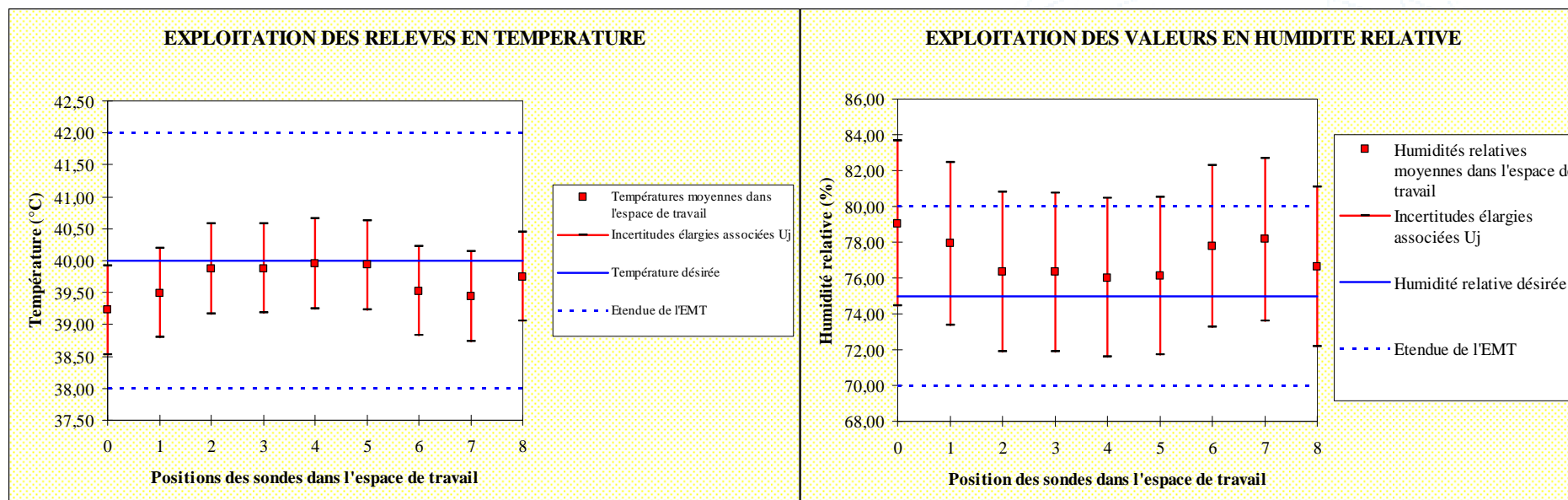




Caractérisation



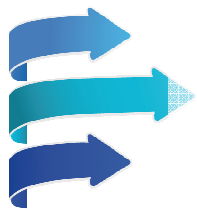
- Cas n°4 : 8 sondes de température et 1 thermo-hygromètre



Température d'air (°C) =	39,67
Incertitude élargie U (±°C) =	0,87
Homogénéité (°C) =	2,13
Humidité de l'air (%) =	77,15
Incertitude élargie U (±%) =	5,09
Homogénéité (%) =	12,03

Enceinte déclarée non conforme



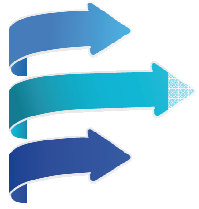


Caractérisation



- Résumé Cas n° 1, 2, 3, 4

	1	2	3	4
Température d'air (°C) =	39,67	39,67	39,67	39,67
Incertitude élargie U (\pm °C) =	0,54	0,87	0,58	0,87
Homogénéité (°C) =	1,03	2,13	1,23	2,13
Humidité de l'air (%) =	76,96	76,96	76,96	77,15
Incertitude élargie U (\pm %) =	2,37	3,46	3,02	5,09
Homogénéité (%) =	4,93	8,43	7,24	12,03

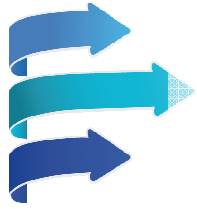


Caractérisation



- Etude de cas (suite) :
 - Conditions souhaitées : $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ / $75\% \text{HR} \pm 5\%$
 - Cas n°5 : Cartographie simplifiée (1 sonde Pt100 au centre du volume et 1 hygromètre à condensation au centre du volume)
 - Cas n°6 : Cartographie simplifiée (3 sondes Pt100 en diagonale du volume et 1 hygromètre à condensation au centre du volume)

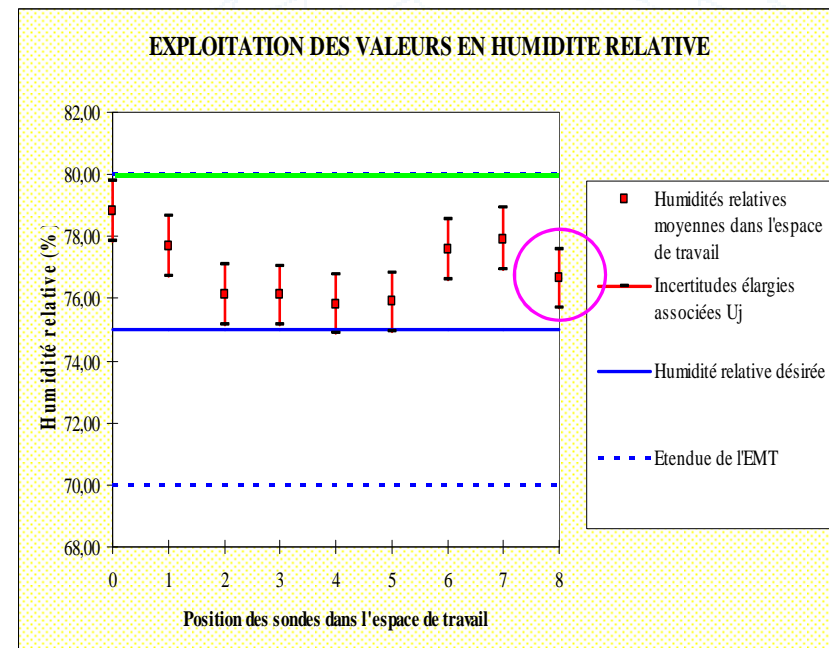
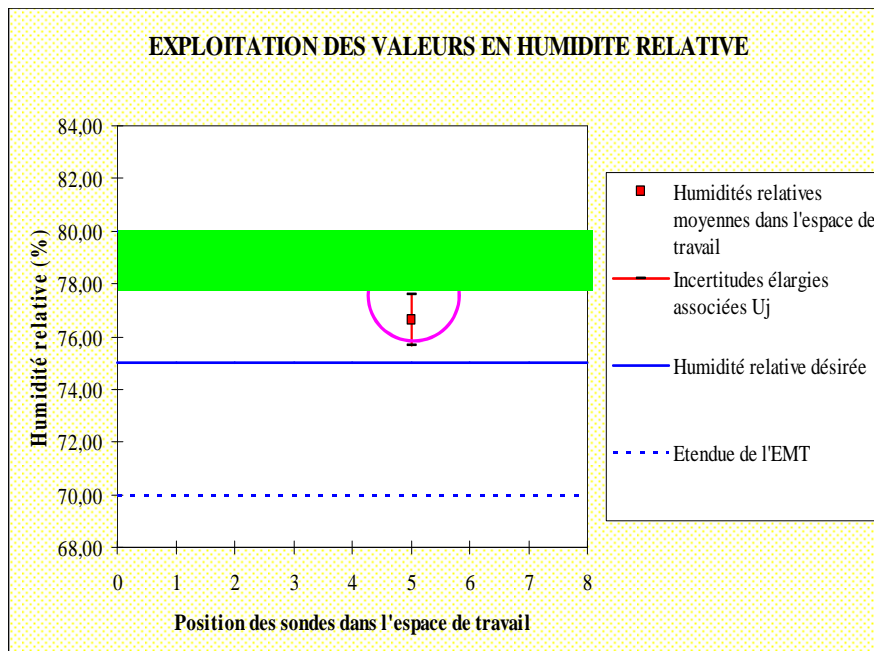




Caractérisation



- Cas n°5 : 1 sonde Pt100 et 1 hygromètre à condensation au centre du volume



	5	1
Humidité de l'air (%) =	76,64	76,96
Incertitude élargie U (±%) =	0,98	2,37
Homogénéité (%) =	1,90	4,93

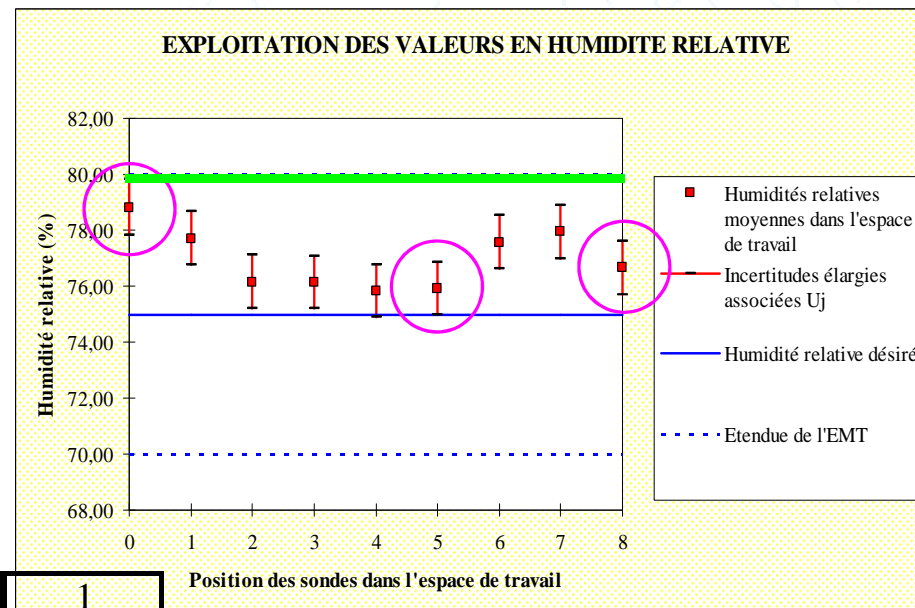
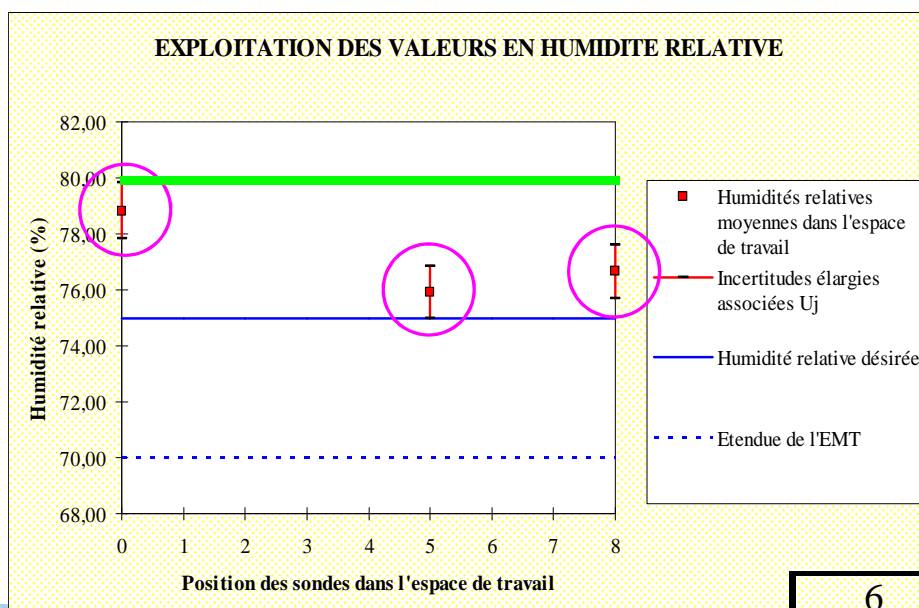




Caractérisation

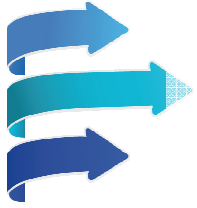


- Cas n°6 : 3 sondes Pt100 en diagonale du volume et 1 hygromètre à condensation au centre du volume



	6	1
Humidité de l'air (%) =	77,12	76,96
Incertitude élargie U (±%) =	3,19	2,37
Homogénéité (%) =	4,85	4,93



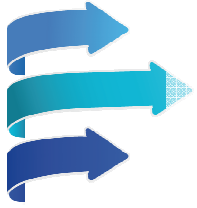


Commentaires



- L'analyse du programme d'essai et la connaissance des critères de vérification est indispensable
 - Couple température / humidité relative à vérifier
 - Connaissance de l'enceinte (stabilité, homogénéité, décalage de consigne,...)
- Le choix des capteurs doit être fait préalablement à la prestation
 - Pas de surprise du site
 - Capabilité supérieure à 4
 - Marge de fonctionnement optimale
 - Satisfaction du l'utilisateur



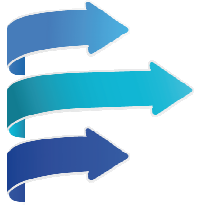


Commentaires



- Cartographie simplifiée Oui / Non?
 - Oui sous certaines conditions :
 - Connaissance parfaite de l'enceinte
 - Après plusieurs caractérisations classiques et non évolution de l'enceinte
 - Définir la méthode
 - Choix des emplacements des sondes (points chauds, froids, moyen,...)
 - Gérer le risque
 - Justifier et documenter le choix
 - Non :
 - Acquisition de l'enceinte, Après une importante maintenance
 - Modification des consignes d'utilisation, Si moindre doute sur le risque pris
 - Déménagement





MERCI DE VOTRE ATTENTION

Serge REYNAUD

Responsable de l'Unité Mesures sur site

Pierre CLAUDEL

Directeur Division Métrologie

