

Qu'est-ce que le point de rosée et comment le mesurer?

Raine Pulkkinen

VAISALA

Programme

1. Qu'est-ce que le point de rosée ?
2. Comment choisir le bon instrument
3. Exemples d'applications
4. Quiz

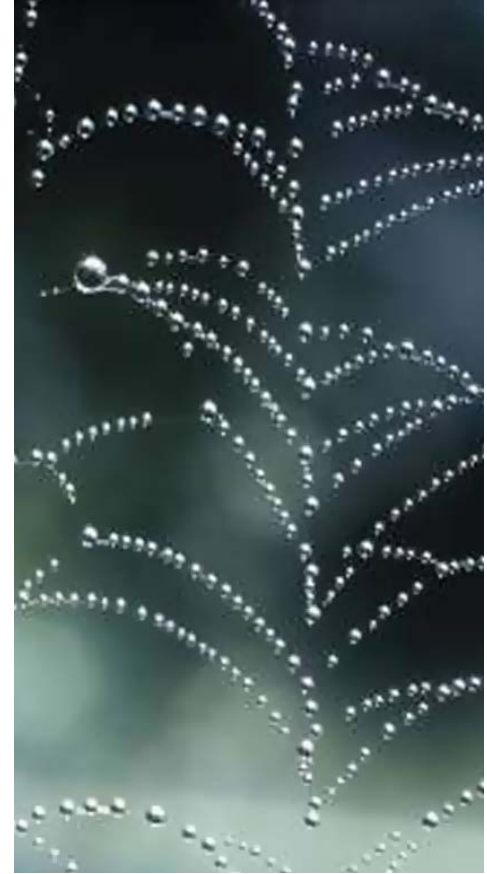


1. Qu'est ce que le point de rosée?

VAISALA

Le point de rosée

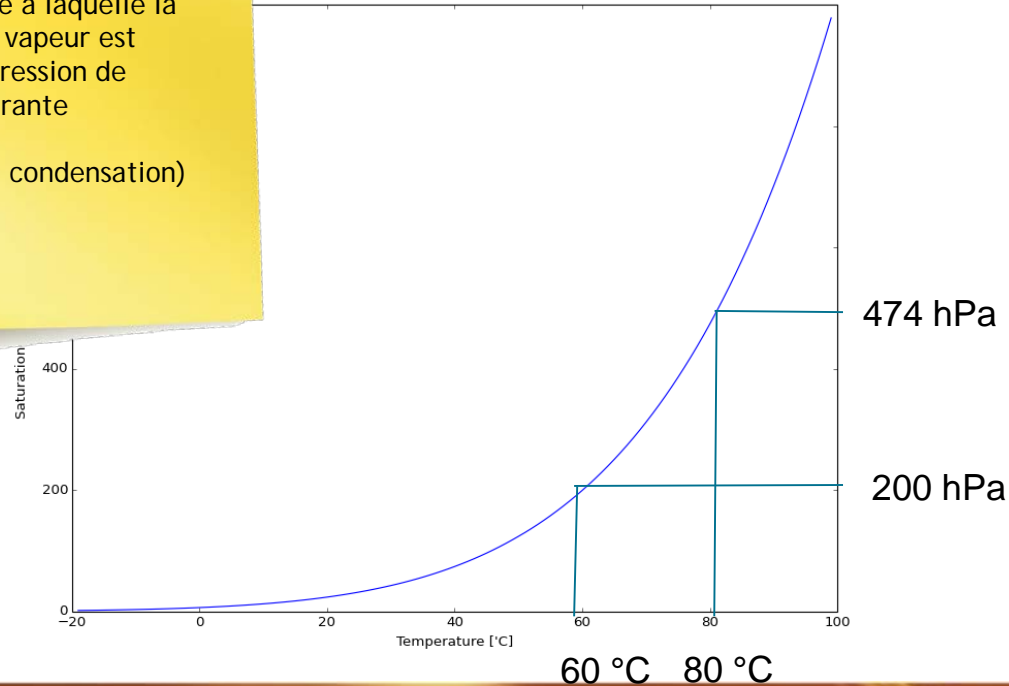
- Le point de rosée est la température à laquelle un gaz doit être refroidit pour que la condensation apparaisse
 - Au point de rosée, l'humidité relative est de 100 %HR
 - Le gaz est saturé : il contient la quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir



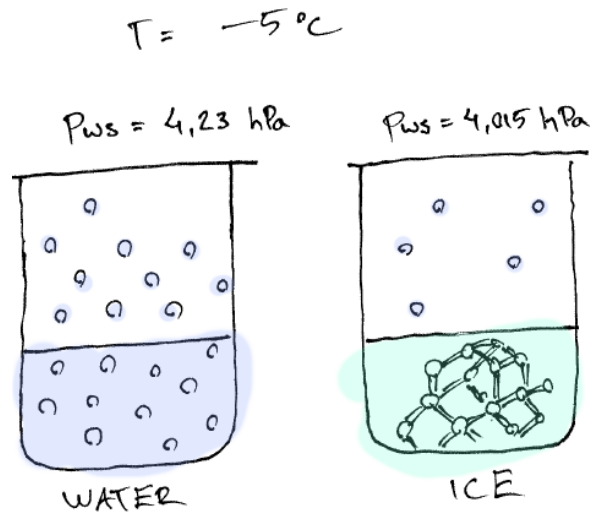
Point de rosée et pression de vapeur

Le point de rosée est la température à laquelle la pression de vapeur est égale à la pression de vapeur saturante

(HR = 100%, condensation)

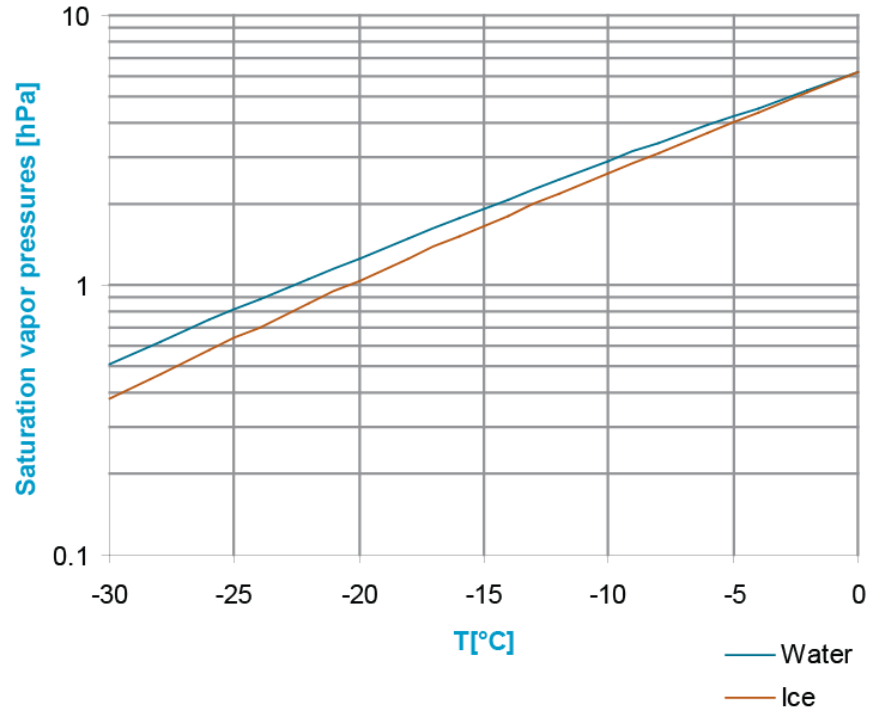


Point de rosée et point de givre

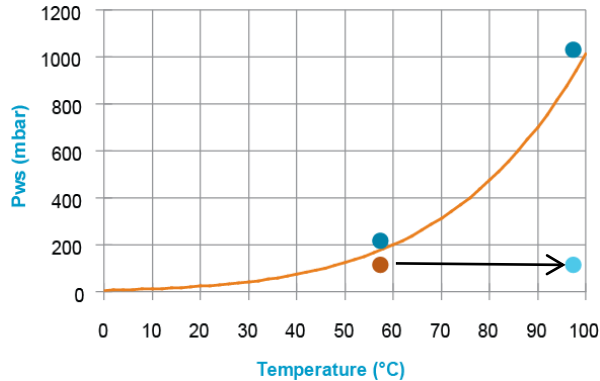


- "Le point de rosée est la température à laquelle la vapeur d'eau est saturée par rapport à l'eau liquide
- "Le point de givre est la température à laquelle la vapeur d'eau est saturée par rapport à la glace

Différence entre le point de rosée et le point de givre



La température n'affecte pas le point de rosée



Un changement de température ne modifie pas le point de rosée. Il dépend uniquement de la pression de vapeur

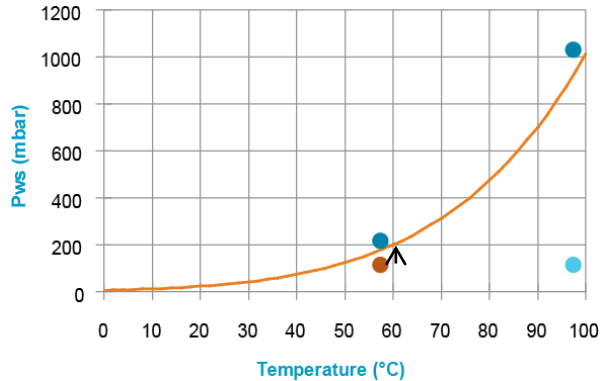
$$T_a = 60 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P_{ws} = 200 \text{ hPa}$$
$$T_d = \underline{47 \text{ }^{\circ}\text{C}} \quad P_w = 100 \text{ hPa}$$

$$\text{RH} = 100 \times 100/200 = \mathbf{50 \%HR}$$

$$T_a = 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P_{ws} = 1013 \text{ hPa}$$
$$T_d = \underline{47 \text{ }^{\circ}\text{C}} \quad P_w = 100 \text{ hPa}$$

$$\text{RH} = 100 \times 100/1013 = \mathbf{10 \%HR}$$

La pression modifie le point de rosée



Une modification de pression modifie le point de rosée du fait que la pression de vapeur change

La pression de vapeur est directement proportionnelle à la pression totale

$$\begin{aligned} T_a &= 60 \text{ °C} & P_{ws} &= 200 \text{ hPa} \\ T_d &= \underline{47 \text{ °C}} & P_w &= 100 \text{ hPa} \\ & & P_{tot} &= 1 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$HR = 100 \times 100/200 = \mathbf{50 \%HR}$$

$$\begin{aligned} T_a &= 60 \text{ °C} & P_{ws} &= 200 \text{ hPa} \\ T_d &= \underline{60 \text{ °C}} & P_w &= 200 \text{ hPa} \\ & & P_{tot} &= 2 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$HR = 100 \times 200/200 = \mathbf{100 \%HR}$$

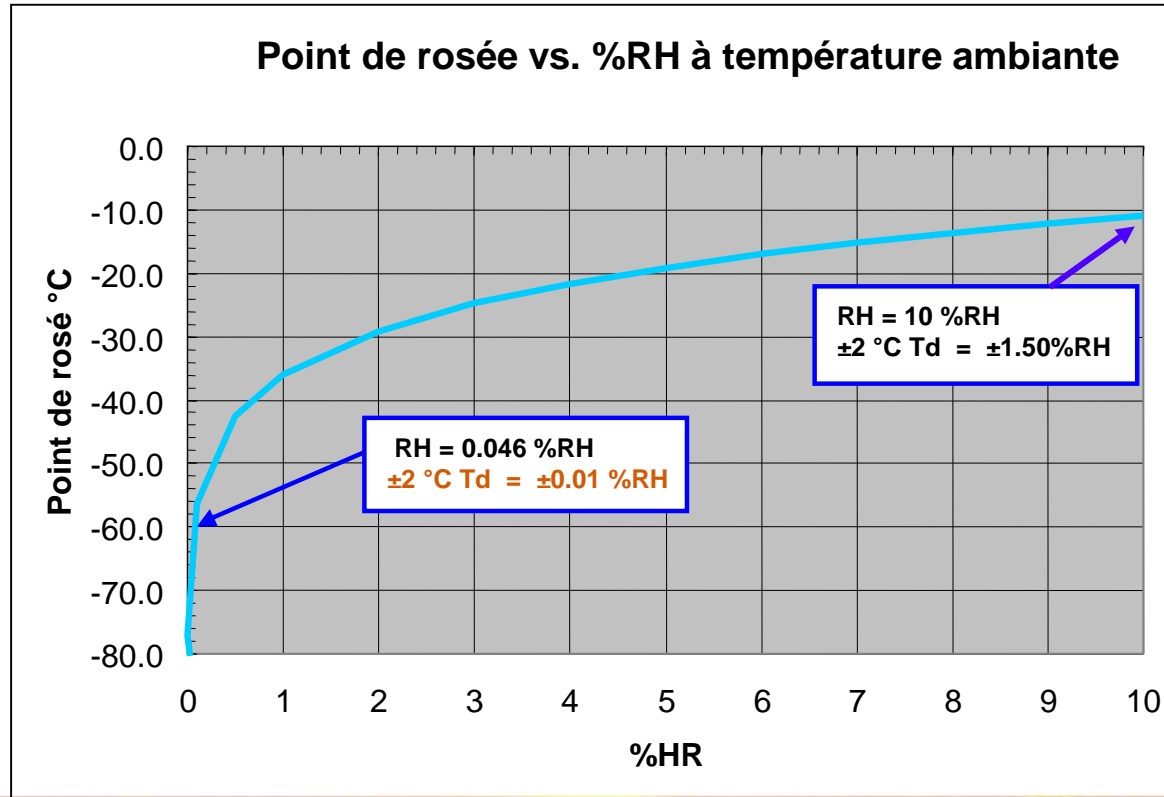
2. Comment choisir le bon instrument de mesure du point de rosée

VAISALA

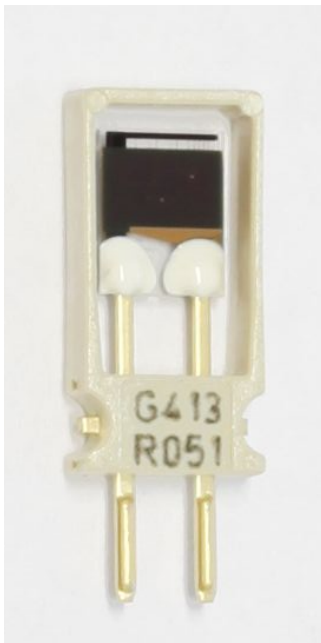
Technologies Vaisala pour les mesures d'humidité/point de rosée

- Instruments Vaisala:
 - Technologie DRYCAP® pour les **basses humidité** (inférieures à 10%RH)
 - Technologie HUMICAP® pour les **hautes humidité** (supérieures à 10% RH)
- Les instruments DRYCAP® et HUMICAP® peuvent avoir des sorties en HR ou Td/f. Le choix de la technologie ne se fait pas en fonction du paramètre, mais en fonction du niveau d'humidité

Point de rosée ou humidité relative?



Capteur HR capacitif

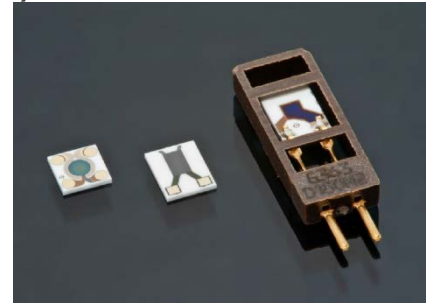


*La réponse en capacitance du capteur est directement liée au changement **d'humidité relative**, et non pas à la pression de vapeur, à l'humidité absolue ou au point de rosée.*

- Paramètres additionnels (pression de vapeur saturante, point de rosée, etc.) nécessitent la valeur de température réelle
- Une sonde de température RTD est positionné à proximité du capteur d'humidité pour la mesure de température

Auto-étalonnage Vaisala

- La technologie Vaisala DRYCAP[®] utilise une procédure d'auto-étalonnage pour une mesure précise du point de rosée
- L' auto-étalonnage chauffe le capteur automatiquement pour corriger l'offset (= au zero) :
 - 1) garantie d'une excellente précision en point de rosée
 - 2) permet une très bonne stabilité à long terme



Auto-étalonnage en détail

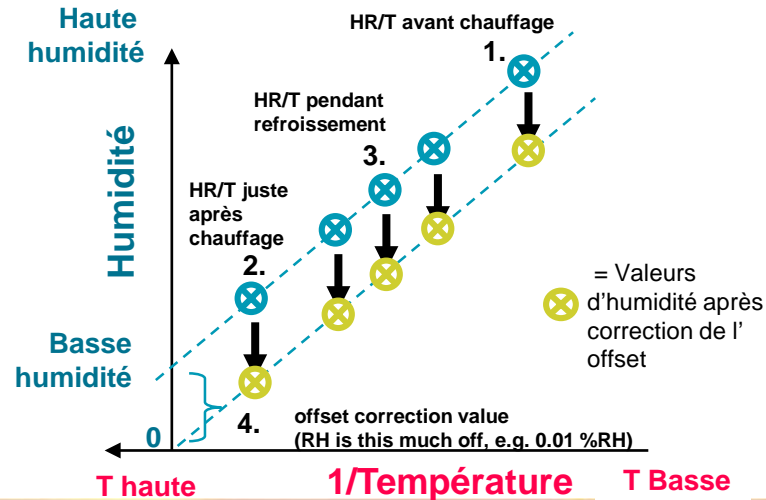
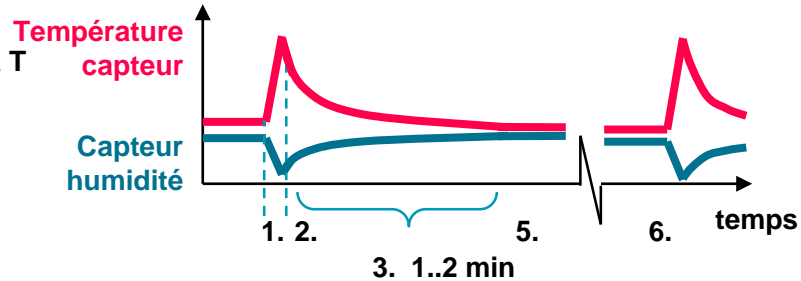
1. L'auto-étalonnage démarre: Le capteur est chauffé pendant quelques secondes. La valeur HR diminue lorsque la T augmente.

2. Le capteur refroidit après le chauffage, la valeur HR remonte.

3. Les valeurs HR et T sont enregistrées pendant le refroidissement

4. En traçant un ligne droite avec les points HR et T enregistrés, l'offset peut être corrigé

5. L'auto-étalonnage se termine: le capteur refroidit et la mesure reprend son cours en intégrant les corrections effectuées
6. En fonction de l'intervalle pré-régulé (un fois par heure) l'auto-étalonnage se déclenche à nouveau



Le DRYCAP[®], un capteur intelligent

- Auto-étalonnage
 - Une fois par heure et lorsque l'instrument est mis sous tension
 - Correction d'offset (correction du zéro)
- Purge du capteur
 - Une fois par jour et lorsque l'instrument est mis sous tension
 - Correction du gain (Correction en haut d'échelle)



- **Stabilité à long terme**
- **Intervalle détalonnage de 2 ans**

- Chauffage du capteur
 - Si l'humidité est > 70 %RH
 - Pour éviter la condensation sur le capteur

Instruments de point de rosée industriels

WALL

DMT340 series

- Rugged housing with user interface
- ± 2 °C accuracy, Vaisala DRYCAP® sensor
- Wide hot temperature range -60..+80 °C / +180 °C / +350 °C
- Enhanced autocalibration, two years calibration interval
- Wide selection of options
 - variety of probes, datalogging, LAN, calculations



“Pour les applications difficiles”

OEM PROBE TRANSMITTERS

DMT152 Transmitter

- Compact and robust design for low dewpoint OEM applications
- ± 2 °C accuracy, Vaisala DRYCAP® sensor
- Wide cold temperature range -80..-10 °C / -112..+14 °F
- Enhanced auto-calibration, two years calibration interval



“Meilleure sensibilité”

DMT143 Transmitter

- Miniature size dewpoint transmitter for OEM applications
- ± 2 °C accuracy, Vaisala DRYCAP® sensor
- Dewpoint measurement range -60..+60 °C / -76..+140 °F
- Enhanced auto-calibration, two years calibration interval



“Compact”

DMT132 Transmitter

- Affordable dewpoint transmitter for refrigerant dryers
- Measurement range -20..+50 °C / -4..+122 °F
- ± 1 °C accuracy (-3..+20 °C / +26.6..+68 °F)
- Vaisala Humicap sensor, 2 year calibration interval



“Haute humidité”

Instruments de point de rosée industriels

HAND-HELD

- **DM70 Dewpoint Meter**
 - For industrial spot checking and field calibration
 - ± 2 °C accuracy, Vaisala DRYCAP® sensor
 - Easy-to-use user interface



“Contrôles ponctuels”

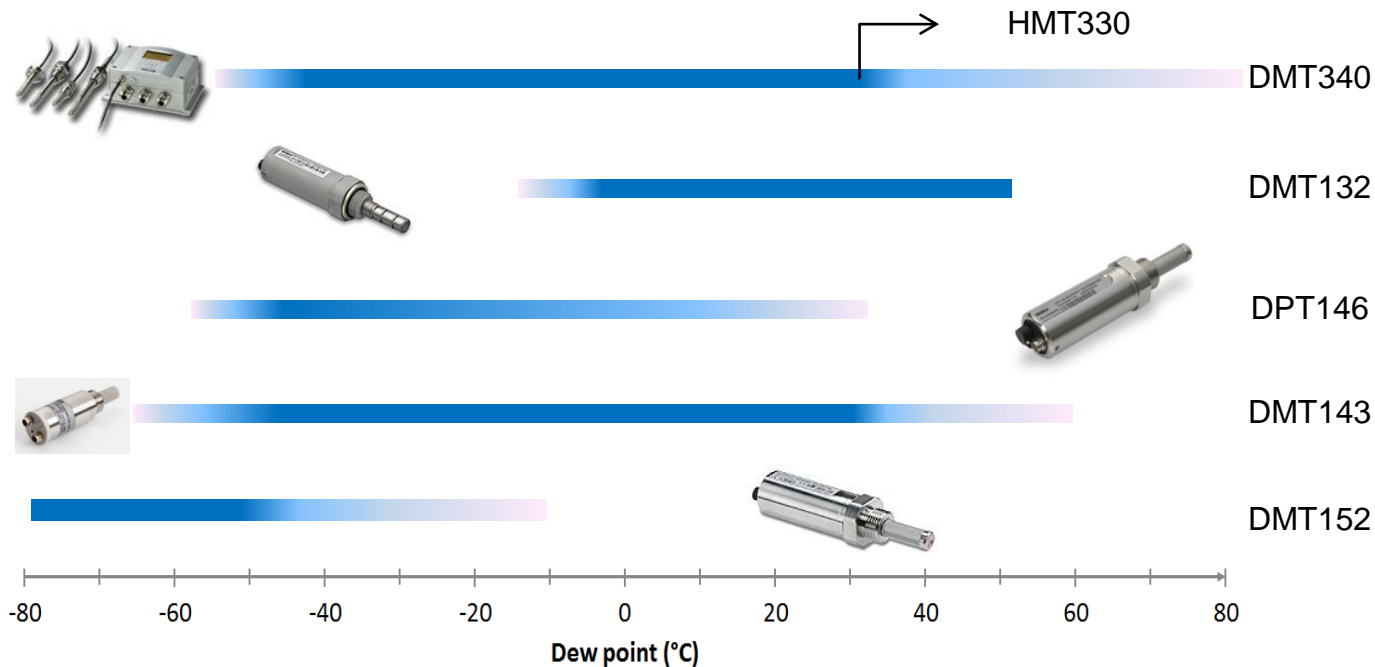
MULTIPAREMETER

- **DPT145 Transmitter**
 - For SF6 insulation gas on-line monitoring
 - Measures dewpoint, pressure and temperature
 - Outputs seven SF6 parameters
 - Multiple connection options available
- **DPT146 Transmitter**
 - For compressed air network quality monitoring
 - Measured dewpoint, pressure and temperature
 - real-time pressure compensation, range up to 12 bara



“Mesure de pression incluse”

Choix de l'instrument – Gamme de mesure



Cellules d'échantillonnage



DMT242SC

- G3/8", G1/4" ISO (entrée, sortie)
- G1/2" pour la sonde

DMT242SC2

- Idem, avec connections swagelok 1/4"

DSC74C

- Pour air sous pression, connecteur rapide et vis de fuite
- Mesure sous pression

DSC74C

- Pour mesure ramenées à la Pa
- Vis de fuite pour mesure de 3 ..10 bar

DMCOIL

- Pour protéger la mesure de la contamination par l'air ambiant en bas point de rosée

Mesure à pression process vs pression atmosphérique

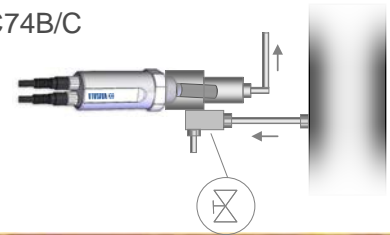
■ Mesure à pression process

- + Valeur réelle du point de rosée
 - Valeur souhaitée par l'utilisateur par ex : sécheurs
- + Pas de système d'échantillonnage
- + L'effet des variations de pression est marginal. Exemple:
 - $T_d = -40\text{ °C}$ à $p = 7\text{ bar}$ =>
 - $T_d = -40.6\text{ °C}$ à $p = 6.5\text{ bar}$
- Arrêt du process si besoin de retirer le capteur (maintenance)
 - Solution : utilisation de la cellule DSC74 avec connecteur rapide
- Une installation correcte est indispensable
 - Le chauffage du capteur peut ne pas être suffisant pour maintenir le capteur sec dans les conditions les plus difficiles



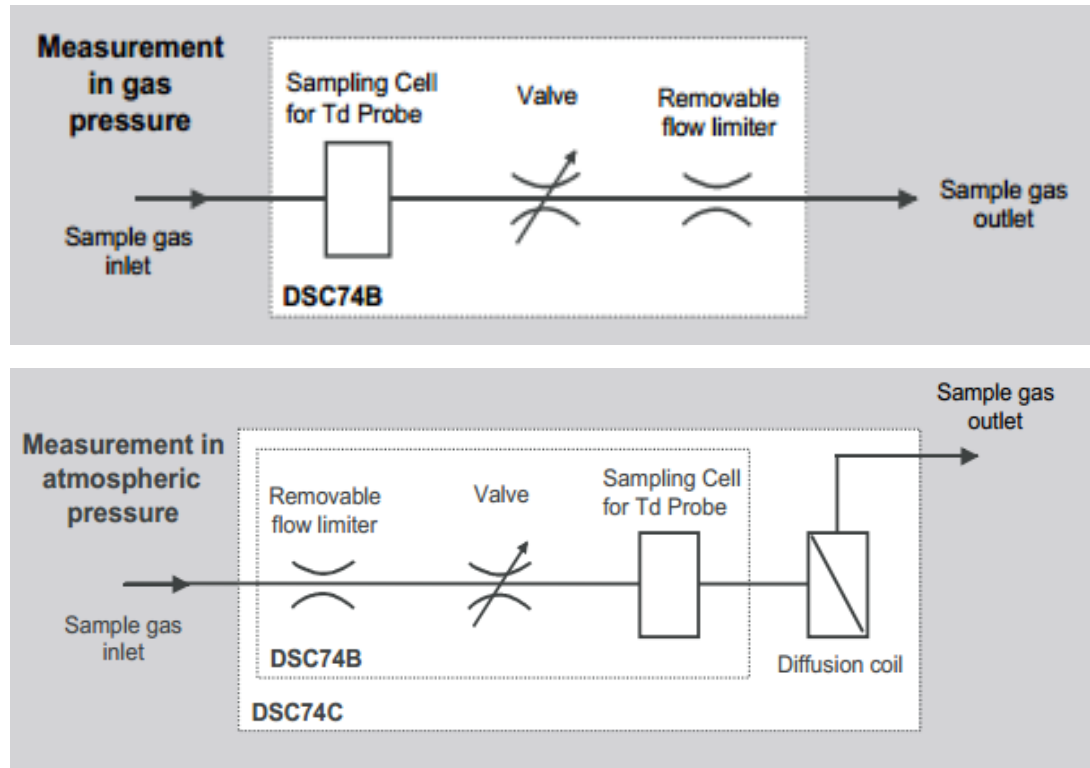
■ Mesure à pression atmosphérique

- + Les fluctuations de pression n'ont pas d'effet
- + Facilité pour le démontage de l'instrument pour la maintenance
- + Protège le capteur des pics d'humidité (pas nécessaire pour le DRYCAP®)
- - Le point de rosée n'est pas mesuré à la pression de l'application
 - en fonction de l'application application
- - Un système d'échantillonnage est nécessaire
 - Solution : cellule DSC74B/C



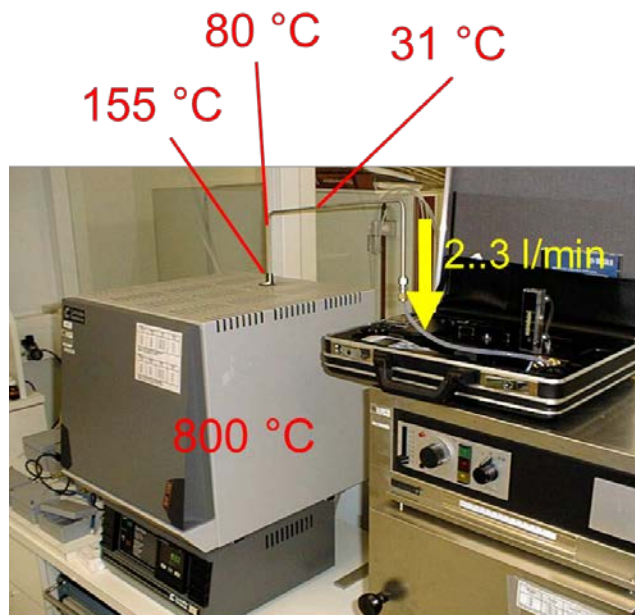


Vaisala DSS70A



Température

- La température affecte l'humidité relative
- Attention aux fuites de température et au temps de stabilisation
- Pour le point de rosée, la pression est le paramètre le plus important
- Parfois la température est trop importante
 - Un échantillonnage est nécessaire



Une erreur d'1°C sur la température peut entrainer une erreur de 6 %HR

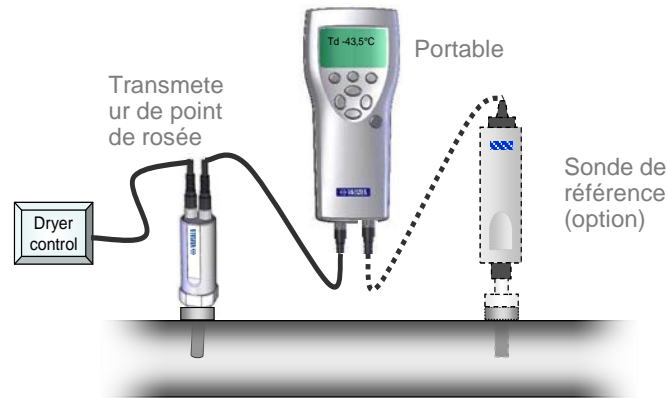
50 cm of 6 mm stainless steel tube cools down the sample to -30 °C with 2..3 l/min flow

Sample temperature must remain above dew point temperature to avoid condensation!

Vérification avec un instrument portable

■ Portable DM70

- Avec un câble de connexion
 - Vérification sur site des instruments fixes pour savoir si une maintenance est nécessaire
 - Affichage temporaire ou enregistreur



3. Exemples d'application

VAISALA

1) Air Comprimé

L'air comprimé est souvent appelé le quatrième poste dans l'industrie juste après l'eau, l'électricité et la gaz naturel

- *Stockage de l'énergie:*
 - *Outils, robots, pneumatisme..*
 - *Trains: freins, portes..*
 - *Refroidissement*
- *Convoyeur pour les poudres, granulés ou aérosols*
 - *Cabines de peinture*
- *Séchage, soufflage, emballage, nettoyage, peinture..*
- *Air médical, plongée, équipements pompiers..*



Pourquoi mesurer le point de rosée ?

- Surveillance de la performance d'un sécheur
 - Surveillance des constituants
 - Basculement du sécheur
 - Gestion sur le temps par rapport à une gestion basée sur le point de rosée
 - Efficacité
- Qualité de l'air comprimé au point d'utilisation
 - Assurance qualité

2) Process de séchage

Amener l'eau à la surface

Favoriser l'évaporation

Maintenir une faible HR à la surface en retirant l'air humide



- Sécheur à convecteur
- Séchage par pulvérisation
- Séchage par lit fluidisé
- Séchage par le froid
- Séchage par contact
- Séchage par le vide
- Séchage naturel
- Séchage supercritique
- ..

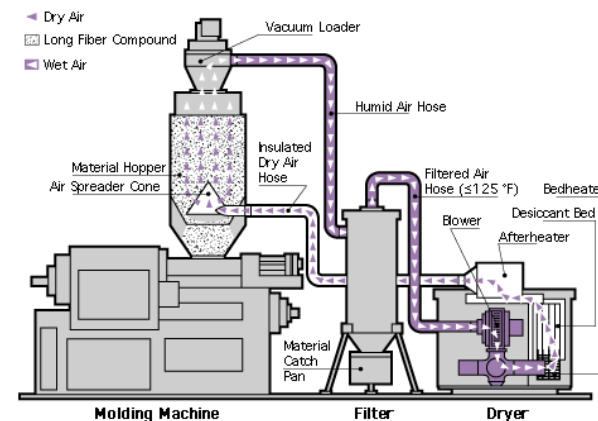
Exemple: Séchage de plastiques

- **Les plastiques sont séchés avant d'être transformés**
 - Hydrolyse en haute température
 - Réduction de la rigidité
 - Déterioration de l'apparence
 - Augmentation de l'opacité des plastiques transparents
- **Les type de plastiques ne sont pas sensibles de la même manière**
 - Le PET est très sensible à l'humidité
 - Les polyolephines ne sont pas sensibles
 - Les fournisseurs de matière première fournissent des specs de séchage
 - Les plastiques recyclés sont différents des "neufs"



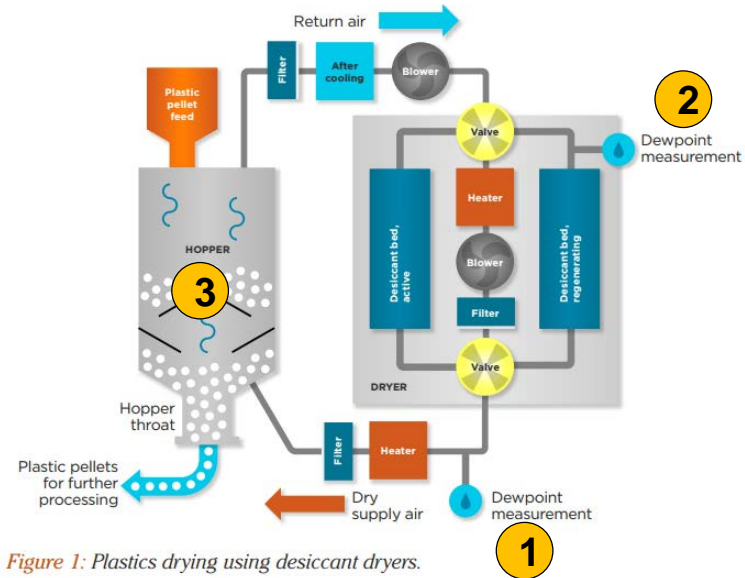
Sécheur à dessiccant

- Circulation en circuit fermé à travers une cuve contenant du dessiccant
- Point de rosée typique
-10..-40 °C, jusqu'à -60 °C
- Températures dans la trémie
150 .. 300 °C



Points de mesure

- 1) Mesure en continu ou ponctuelle en sortie du sécheur
 - Vérification de la qualité de l'air sec
- 2) Mesure en continu ou ponctuelle sur l'air de retour
 - Pour une vision plus précise du fonctionnement du sécheur
- 3) Mesure ponctuelle sur le silo
 - Connaissance empirique sur l'humidité des granulés



3) Traitement thermique

- Process métallurgique sous atmosphère contrôlée par ex. inertage pour éviter l'oxydation et/ou la décarburation
 - L'oxydation des aciers carbonnés démarre autour de 425°C
 - Au-delà de 1200°C, le taux d'oxydation augmente exponentiellement
 - En hautes températures le carbone contenu dans l'acier peut réagir avec l'atmosphère ce qui diminue la quantité de carbone dans le métal



La concentration en carbone (0,12 .. 2%) détermine la dureté de l'acier

L'oxydation affecte la qualité

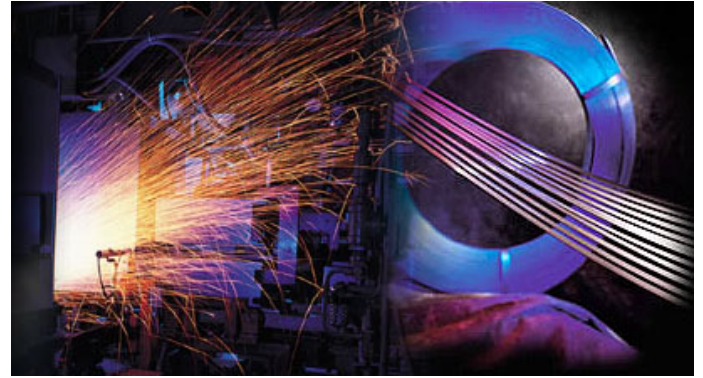
Exigences de mesure

- Un four de traitement thermique n'est pas idéal pour les instruments de mesure.
 - Les températures sont largement au-dessus des tenues en température de la plupart des instruments.
 - Le four peut contenir des polluants chimiques, des sels, particules ou poussières.
 - Un système d'échantillonnage est nécessaire pour une mesure de point de rosée dans ces applications.
- Conditions
 - T_d -80 à +10 °C (En fonction des process et de la zone du four)
 - $p \approx$ atmosphérique
 - T 500-1400 °C
 - Contaminants : vapeur de métaux, particules, capteurs résistants nécessaires



Raisons principales

- Qualité des produits
 - brillance
 - aspect
 - micro structure
 - propriétés électriques / magnétiques
 - résistance
- Economies d'énergie
 - Du fait de la consommation d'énergie, chaque cycle de chauffage doit produire le résultat souhaité
 - La surveillance du point de rosée est cruciale car la consommation de gaz et d'énergie sont les sources de coût principaux
 - Réutiliser un objet pour non qualité à cause de conditions incorrectes n'est souvent pas possible



4. Quiz

VAISALA

Quiz

- Q1: Le point de rosée dépend des changements de _____
- Q2: Vous mesurez un point de rosée inférieur à 0 °C (glace), quel est le paramètre?
- Q3: La pièce est à 20°C avec une HR de 50 % HR
 - a) Que se passe-t-il pour la HR si la pièce est chauffée à +30 °C?
 - b) Le point de rosée change-t-il ? Pourquoi ?
- Q4: Expliquer ce qui se passe sur la photo et pourquoi
- EXTRA: A +20 °C et 1 % HR, Td est a) -38 °C b) -33 °C c) -30 °C d) aucune idée



Réponses

- 1. Pression (Td est independant de la température)
- 2. Point de givre (Tf)
- 3. a) La HR diminue à 27 %, b) Non. La pression n'a pas changé
- 4. La bouteille est plus froide que le point de rosée à température ambiante
- EXTRA: d) (je ne sais pas). Aucune information sur la pression n'est donné 😊

Merci !

