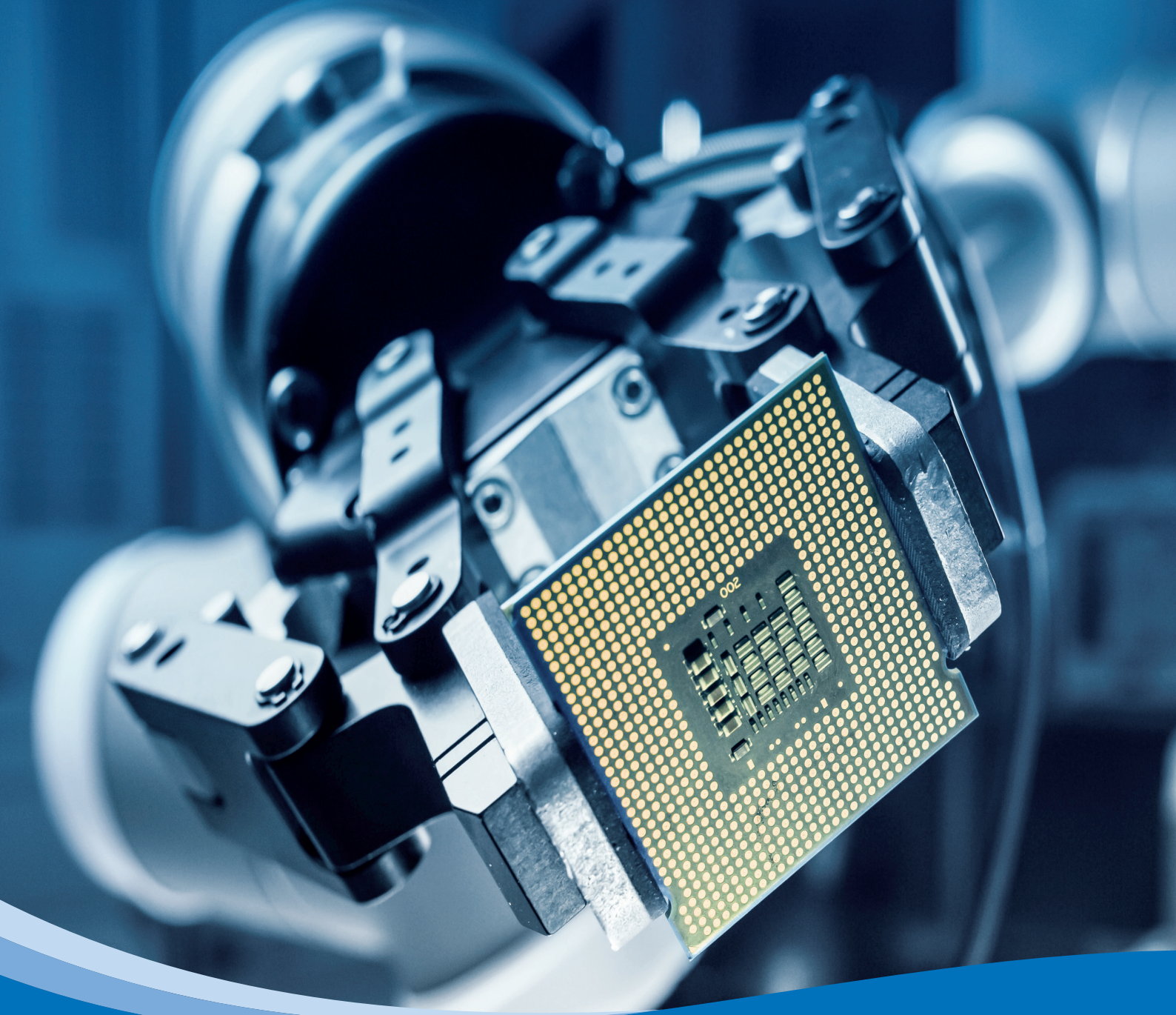




INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

L'importance de l'humidité de l'air
dans la production et le stockage

Humidification de l'air, déshumidification et
refroidissement par évaporation

 **condair**

La nécessité de la déshumidification de l'air dans l'industrie électronique

Le stockage des composants et des produits finis électroniques est un « processus » exigeant car ces différents flux de travail individuels sont très sensibles.

La sensibilité particulière se manifeste notamment lorsque de grandes quantités de composants électroniques sont stockées, souvent sur de longues périodes. En effet, plus ils sont stockés longtemps, plus le risque est grand que des conditions de stockage défavorables, même mineures, les endommagent et les rendent inutilisables pour une utilisation ultérieure.

Pour éviter de tels dommages aux cartes de circuits imprimés et aux composants sensibles, les placer dans des sachets avec barrière anti-humidité ou les étuver de manière traditionnelle est une méthode éprouvée, mais elle est aussi très longue et coûteuse. Une déshumidification de l'air adaptée et contrôlée avec précision est donc l'un des facteurs qui revêtent une importance considérable pour un stockage sûr et réussi des composants et qui peut éviter aux entreprises des dommages coûteux.

Par exemple, une humidité qui n'est pas contrôlée en permanence et qui n'est pas assez basse peut causer les problèmes suivants :

Le risque d'endommagement et d'oxydation des matériaux stockés commence à partir d'une humidité relative (HR) d'environ 50 %. À partir de ce point, la probabilité que l'oxygène et le condensat présents dans l'air réagissent avec les matériaux augmente - et avec elle le risque que la qualité des matériaux des composants et éventuellement leur fonctionnalité soient altérées. Avec l'augmentation de l'humidité dans les pièces où sont stockées les pièces électroniques, le risque de diffusion augmente également : Le matériau hygroscopique des pièces électroniques attire la condensation et se lie avec elle. Ici aussi, le matériel et la fonctionnalité peuvent subir des dommages importants.

Le contrôle et la gestion de l'humidité sont donc essentiels pour un stockage réussi des composants électroniques : Il est donc d'autant plus important que les opérateurs puissent s'appuyer sur des solutions sur lesquelles ils peuvent compter à cent pour cent !



Un exemple pratique : Stockage à sec des composants électroniques

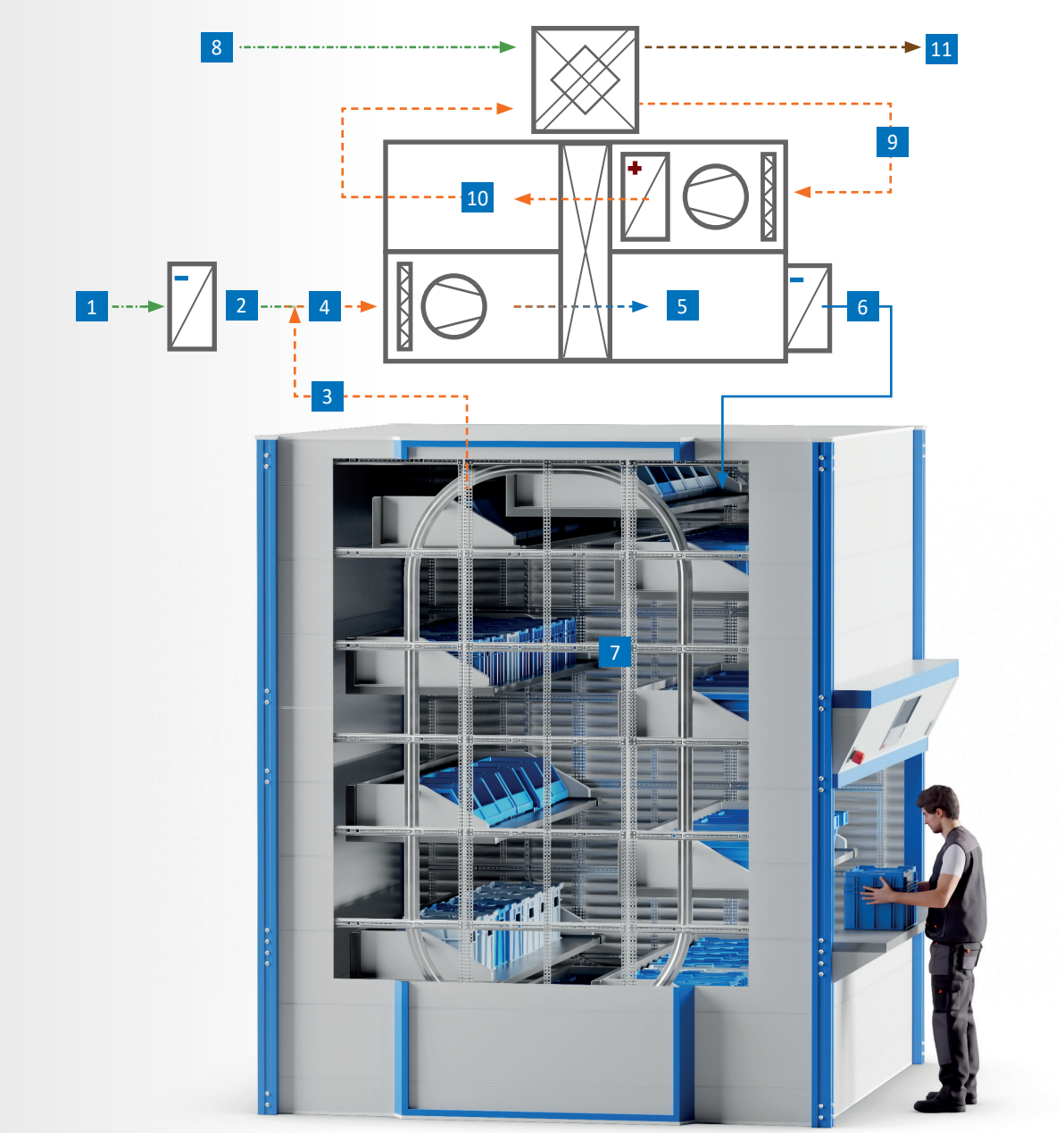
Afin d'augmenter la capacité de stockage et de combiner les armoires de séchage décentralisées, une entreprise industrielle de fabrication a décidé de créer un nouveau système de stockage à plusieurs niveaux. Les dispositifs montés en surface (SMD) qui y sont stockés sont soumis à un niveau de sensibilité à l'humidité (MSL) et doivent donc être stockés en permanence dans un environnement où l'air présente une humidité relative $\leq 5\%$ à une température d'environ $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En raison de ce très faible taux d'humidité relative requis, l'environnement de la salle de stockage est soumis à des exigences très élevées, notamment pendant les mois d'été. Pendant cette période, l'air chaud a la plus forte teneur en humidité. Les charges d'humidité les plus importantes pendant le stockage résultent du processus d'accès à la salle de stockage jusqu'à 250 fois par jour et de l'apport constant d'air extérieur, qui est utilisé pour créer une légère surpression dans la salle afin de contrer les infiltrations. Dans la salle de stockage de 70 m^3 , le déshydrateur utilisé pour le séchage de l'air a une capacité totale d'air de $1\,400\text{ m}^3/\text{h}$. 10% d'air extérieur est ajouté en permanence à l'air recyclé (air évacué du magasin) dont le débit est de $1\,260\text{ m}^3/\text{h}$. Au cours de ce processus, la proportion d'air extérieur est pré-refroidie et pré-séchée de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ et 45% HR à $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ et presque 100% HR. Ce procédé de prétraitement de l'air extérieur permet d'absorber les pics d'humidité élevés de l'été et sa gestion par refroidissement mécanique est plus économe en énergie que celle par

sorption du déshydrateur. En mélangeant l'air recyclé et l'air extérieur, on obtient un flux d'air dont la température est de $14,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ et l'humidité relative de 16% . Il s'écoule dans le déshydrateur où il atteint une température de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une humidité absolue de $0,255\text{ g/kg}$ à la sortie du sécheur. Cela correspond à un point de rosée sec négatif de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'air maintenant séché est ensuite refroidi à la température cible de $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans un post-refroidisseur avant d'être introduit dans le magasin.

Le déshydrateur est contrôlé en permanence car les charges d'humidité fluctuent fortement en fonction de la fréquence d'accès et de la teneur en humidité de l'environnement. Il y a plusieurs capteurs dans le système de stockage, qui sont évalués en fonction de la valeur maximale et qui déterminent et ajustent la capacité du déshydrateur. En outre, l'humidité et la température de l'air extérieur traversant un échangeur de chaleur à plaques à flux croisés ont un impact direct sur le processus de régénération. Ce processus nécessite une quantité d'énergie d'autant plus faible que le taux d'humidité de l'air extérieur aspiré est bas.

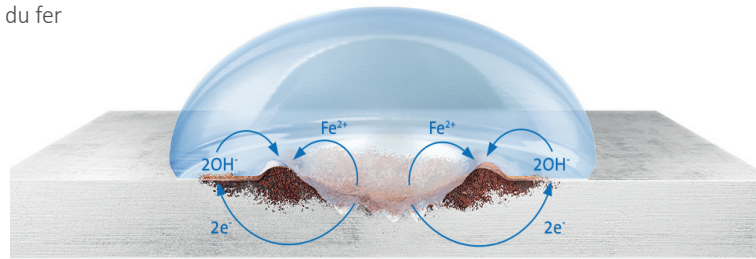
Le schéma ci-joint illustre le concept du système de l'exemple pratique susmentionné ; les quantités d'air et les conditions correspondantes ont été clairement résumées dans le tableau.



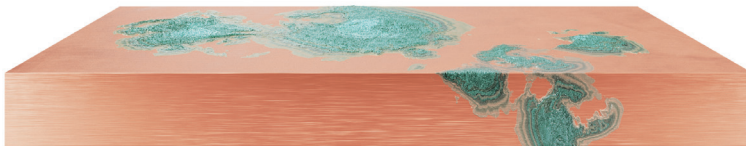
Point de données		Volume du flux d'air [m³/h]	Température [°C]	Humidité relative [% de HR]	Humidité absolue [g/kg]
1	Proportion d'air extérieur ODA	140	35	45	16
2	ODA pré-refroidi	140	12	95	8,7
3	Air de recirculation dans la salle de stockage RCA	1 260	15	8,6	0,9
4	Point de mélange RCA & ODA	140 + 1 260	14,7	15,7	1,69
5	Processus de séchage	1 400	26	1	0,255
6	Post-refroidissement de l'air d'alimentation SUP	1 400	15	2	0,255
7	Air intérieur IDA	1 400	15	≤ 5	≤ 0,5
8	ODA pour régénération	400	35	45	16
9	Air de régénération Activé HR	400	60	13	16
10	Air humide Désactivé avant HR	400	90	4	21,1
11	Air d'évacuation humide après HR	400	58	18	21,1

Là où l'humidité est indésirable

Oxydation du fer



Oxydation du cuivre



Par rapport au fer, par exemple, le cuivre est beaucoup moins sensible à la rouille. Bien que la corrosion puisse également se produire avec le cuivre lorsqu'il entre en contact avec de l'eau ou à des niveaux d'humidité élevés, cela s'arrête généralement très rapidement. Une couche d'oxyde fermée se forme- la patine vert de gris, qui protège le cuivre sous-jacent contre toute corrosion supplémentaire. Toutefois, cela empêche ou entrave gravement l'utilisation et la transformation ultérieures du cuivre en composants électroniques de haute qualité.

En revanche, d'autres matériaux tels que les plastiques, les adhésifs, les matériaux de soudure et les isolants utilisés dans la fabrication de composants électriques et électroniques sont dans certains cas beaucoup plus sensibles à une humidité excessive et peuvent causer des dommages irréparables aux composants finis par oxydation et diffusion.

Ces effets négatifs sont moins susceptibles de se produire au cours du processus de production proprement dit, mais peuvent survenir pendant le stockage, souvent très long, des matières premières et des produits finis.

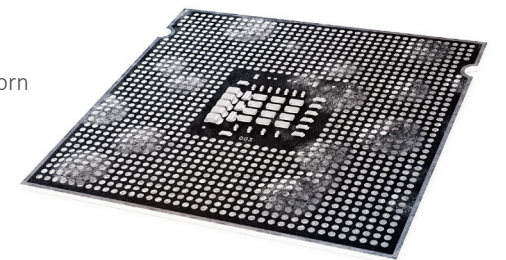
Impact de l'humidité de l'air sur le résultat de soudage

Le brasage par refusion de composants semi-conducteurs CMS qui ont absorbé un niveau (trop) élevé d'humidité peut entraîner des défauts et des fissures ainsi que le détachement des matériaux fixés. La probabilité de délamination augmente avec la charge de température pendant le processus de soudage. L'interdiction des soudures au plomb et la nécessité de travailler à des températures plus élevées (plus de 250°C) ont encore accru ce phénomène. L'augmentation de volume due à l'évaporation soudaine de l'humidité stockée à la surface et dans le substrat peut provoquer un effet pop-corn.

Même des écarts apparemment mineurs dans le profil de la soudure peuvent entraîner des écarts négatifs par rapport au résultat souhaité.

Un séchage préventif approprié avant le processus de soudage est donc absolument nécessaire pour garantir la qualité du produit ; il permet également d'éviter des processus de séchage autrement nécessaires, qui sont souvent longs, coûteux et dommageables !

Effet pop-corn

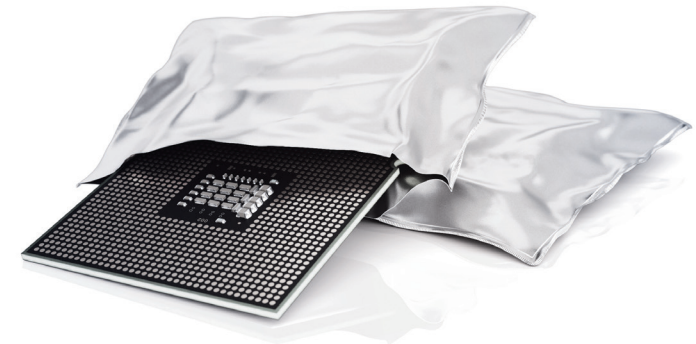


Sachets avec barrière anti-humidité – ou stockage dans un environnement sec ?

Le niveau de sensibilité à l'humidité (MSL) définit le seuil de sensibilité à l'humidité des composants électriques. La classification des MSL, leur gestion et leur utilisation sont définies dans les normes industrielles IPC/JEDEC J-STD-020 et IPC/JEDEC J-STD-033. Ce dernier point ouvre la possibilité que- si les composants semi-conducteurs CMS des classes MSL jusqu'à 5a sont stockés à une humidité ambiante de $\leq 5\%$ HR- cette procédure est mise sur le même plan que le stockage dans des sachets avec barrière anti-humidité étanches à l'air et résistants à la diffusion (MBB) avec une durée de conservation illimitée et les composants peuvent être stockés pendant une période illimitée.

De même, la durée de vie à l'air libre des pièces sensibles à l'humidité peut être réinitialisée lorsqu'elles ont été exposées à l'air ambiant humide. Pour les composants MSL de classe 4, 5, et 5a dont la durée d'exposition à l'air libre est inférieure ou égale à 8 heures, un stockage ultérieur dans un environnement sec de $\leq 5\%$ % d'humidité relative et une période de stockage égale à 10 fois la durée d'exposition peut réinitialiser la durée de vie à l'air libre.

Sachets avec barrière anti-humidité



Choisir la bonne technologie de déshumidification

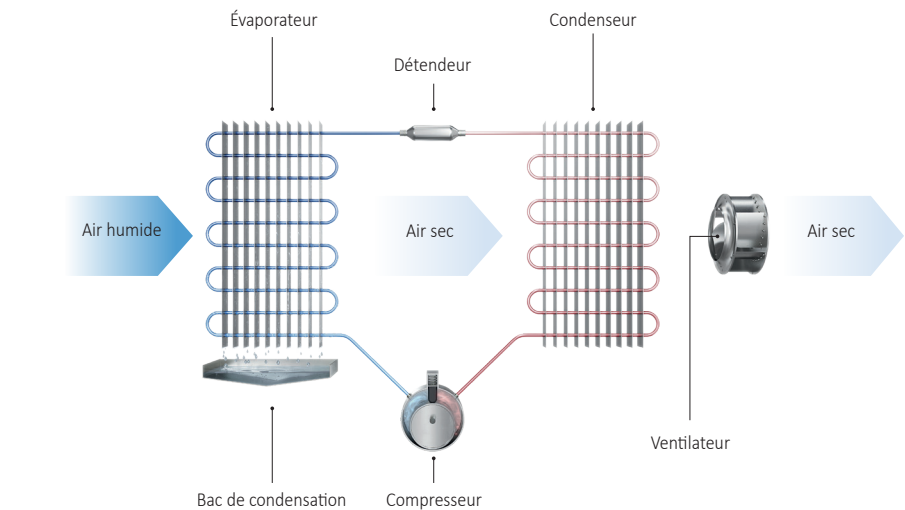
Comme le montre la brochure, il existe différents défis à relever en matière de déshumidification de l'air. Selon le type de production, de traitement ultérieur et de stockage des matières premières, le spectre va de « haute température avec faible taux d'humidité » à « basse température avec faible taux d'humidité ».

Une possibilité de déshumidification de l'air est l'utilisation d'unités de ventilation avec refroidisseurs d'eau intégrés. Dans ce processus, l'air extérieur aspiré dans l'unité de ventilation est fortement refroidi dans le refroidisseur, donc déshumidifié, puis introduit dans la pièce. Cependant, par temps humide, ce type de déshumidification ne suffit souvent qu'à absorber les pics. En outre, les valeurs d'humidité qui peuvent être atteintes d'un point de vue économique ne correspondent souvent pas aux conditions cibles requises et doivent être déshumidifiées davantage. Afin de réduire de manière significative les coûts d'exploitation de la déshumidification de l'air, des unités de déshumidification de l'air secondaire sont généralement utilisées. Elles déshumidifient un flux d'air partiel requis ou sont installées directement dans la pièce. Elles y aspirent en permanence l'air ambiant, qui est filtré, déshumidifié, puis réinjecté dans la pièce sous forme d'air sec. Les deux types de déshumidification présentent des avantages et des inconvénients et doivent être testés et évalués pour chaque application. En cas d'installation directe dans la pièce, il faut tenir compte, en plus de la charge d'humidité interne, de la charge d'humidité externe, par exemple de la ventilation mécanique en été.

Les déshumidificateurs utilisés à cette fin sont disponibles en tant que déshumidificateurs à condensation et déshydrateurs.

Les déshumidificateurs à condensation sont des unités prêtes à l'emploi pour les processus de déshumidification standard où une humidité relative allant jusqu'à 40 % HR doit être maintenue à une température ambiante d'environ +5 à +35 °C.

Les unités contiennent un refroidisseur avec un compresseur, un évaporateur et un condenseur. Comme le montre l'illustration ci-dessous, le ventilateur aspire l'air ambiant humide dans l'unité, le filtre, puis le fait passer dans l'évaporateur. Le réfrigérant liquide circule dans cet évaporateur, extrayant la chaleur de l'air et permettant son évaporation par la même occasion. Cela refroidit l'air à tel point que sa température tombe en dessous du point de rosée et que l'eau se condense hors de l'air. Plus la température dans l'évaporateur est basse, plus la quantité d'eau libérée par l'air sous forme de condensation est importante. L'eau est recueillie dans un bac de condensation et évacuée dans les égouts. Ensuite, l'air maintenant déshumidifié mais frais passe par le condenseur du refroidisseur. Là, il est chauffé par la chaleur de la condensation et retourne dans la pièce sous forme d'air entrant déshumidifié. La continuité de ce processus signifie que l'air de la pièce est constamment déshumidifié au niveau cible souhaité.



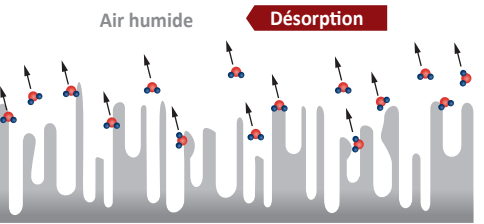
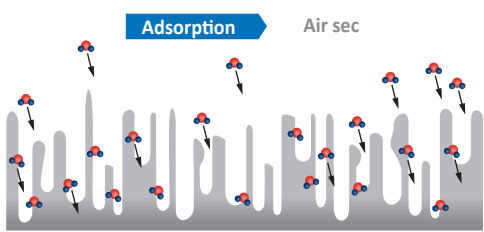
Déshumidification par condensation — principe de fonctionnement

Les déshydrateurs sont utilisés lorsqu'il faut produire une faible humidité inférieure à environ 10 % HR à des températures souvent très basses. Étant donné que la déshumidification de l'air en abaissant sa température nettement en dessous du point de rosée, par exemple avec un déshumidificateur à condensation, serait à la fois trop coûteuse et trop gourmande en énergie, les propriétés des gels de silice sont utilisées dans la déshydratation par dessiccation.

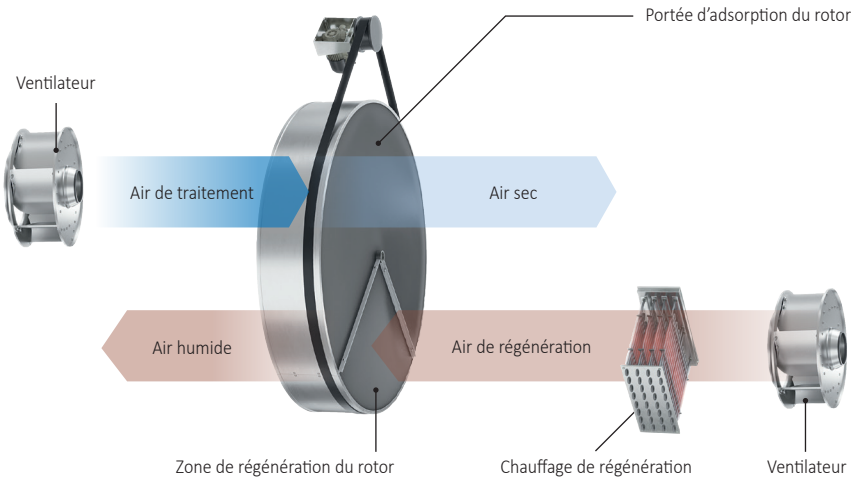
Un déshydrateur se compose d'un échangeur de chaleur rotatif, de filtres à air, de deux ventilateurs pour transporter l'air de traitement et l'air de régénération, d'un réchauffeur pour chauffer l'air de régénération et de la commande associée (voir la figure ci-dessous).

Le ventilateur d'air de traitement achemine l'air à sécher dans l'unité. Après avoir traversé un filtre à air, l'air atteint le rotor de sorption qui tourne lentement. Ce dernier est constitué de plus de 82 % de gel de silice sur une structure alvéolaire en fibre de verre perméable à l'air. Le gel de silice est très hygroscopique en raison de sa très grande surface intérieure, qui peut atteindre 800 m² par gramme. Il peut donc absorber de grandes quantités d'eau provenant de l'air de traitement à la surface et la stocker dans sa structure interne.

Lorsque l'air traverse le rotor de sorption, deux processus se déroulent simultanément : L'air de traitement peut être fortement déshumidifié. Cependant, selon l'intensité de la déshumidification, la température de l'air peut augmenter considérablement. Par conséquent, il est souvent nécessaire de refroidir l'air maintenant déshumidifié mais chaud avant de le renvoyer dans la pièce.



Pour que ce processus de déshumidification fonctionne, le rotor de sorption doit être régénéré en permanence : L'humidité stockée dans le gel de silice doit donc être constamment retirée de celui-ci. Cela se fait avec de l'air de régénération venant de l'autre côté et traversant le rotor de sorption à contre-courant. L'air de régénération est chauffé et donc séché jusqu'à un niveau d'humidité relative si minime que l'eau peut être expulsée du gel de silice et se fixer dans l'air sous forme de vapeur (désorption). L'air de régénération, maintenant humide, quitte le déshydrateur et est évacué à l'extérieur, si nécessaire après une récupération de chaleur supplémentaire. Les moyens utilisés pour chauffer l'air de régénération sont l'eau chaude, la vapeur, les brûleurs à gaz ou l'énergie électrique.



Déshydratation — principe de fonctionnement

Les déshydrateurs

Condair série DA

Partout où des taux d'humidité très bas sont requis, par exemple dans les processus de séchage industriels ou dans les processus à très basse température, les déshydrateurs de la série DA de Condair sont utilisés. Le rotor de sorption revêtu de gel de silice fonctionne pratiquement sans usure dans des conditions de fonctionnement optimales et permet un fonctionnement sûr jusqu'à des températures de -30 °C, en atteignant même les niveaux d'humidité les plus bas. Le gel de silice utilisé comme moyen de séchage est non respirable et ininflammable.

En plus des 30 modèles standard avec des capacités de déshumidification de 0,6 à 182 kg/h pour des débits d'air de traitement de 120 à 27 000 m³/h, les sècheurs DA sont également disponibles en tant que gamme de modèles spéciaux. Par exemple, les serpentins de pré-refroidissement et/ou de post-refroidissement et les modules d'échange de chaleur ou de condensation

peuvent déjà être installés dans les unités en usine. En particulier, le refroidissement ultérieur souvent nécessaire de l'air de traitement séché, mais donc chauffé, doit être pris en compte dès le début du processus de planification. Outre la sélection de différents processus de régénération, il est également possible d'utiliser des médias existants tels que la vapeur ou l'eau chaude. Leur combinaison avec le réchauffeur électrique à régénération intégré à l'unité permet de réaliser des économies considérables sur les coûts d'exploitation, notamment pour les systèmes de grande taille.

En fonction des conditions de fonctionnement actuelles, tous les processus en cours dans le déshydrateur sont contrôlés par l'ICA sur site ou, en option, par le PLC installé dans l'unité afin d'atteindre les conditions cibles de l'air entrant.



Condair DA 160 – 440
Des déshydrateurs compacts et efficaces dans un caisson durable en acier inoxydable. Pour une utilisation dans des pièces plus petites, comme les laboratoires, les caves et les archives.

Capacité de séchage nominale**
0,6 à 1,4 kg/h.



Condair DA 210 – 450
Des déshydrateurs puissants mais compacts pour les entreprises industrielles et commerciales. Conception robuste et facile à entretenir dans un caisson en acier inoxydable AISI304.

Capacité nominale de séchage**
à 2,2 kg/h.



Condair DA 500 – 9400
Un déshydrateur pouvant être configuré de différentes manières pour répondre aux besoins individuels de nos clients, notamment pour une utilisation dans les zones de production et les grandes salles.

Capacité de séchage nominale**
3,3 à 54 kg/h.

Les déshumidificateurs à condensation

Condair série DC

Si les déshydrateurs sont surtout utilisés dans les zones de production extrêmement sensibles de l'industrie électronique en raison de leur système, il existe de nombreuses tâches de déshumidification en dehors de la production proprement dite qui peuvent être résolues de manière sûre et efficace par des déshumidificateurs à condensation. Avec la série DC, Condair offre une large gamme de déshumidificateurs industriels à condensation dans différentes capacités de sortie et modèles. La déshumidification de l'air par condensation est basée sur un processus de refroidissement. Une basse température est générée par le refroidisseur, qui condense la vapeur d'eau de l'air et déshumidifie ainsi l'air. Ces déshumidificateurs sont particulièrement adaptés pour garantir des taux d'humidité compris entre 40 % et 60 % HR environ. Les déshumidificateurs à condensation de Condair peuvent être configurés de différentes manières pour s'adapter aux besoins individuels de nos clients. Avec des capacités de

déshumidification de 75 à 930 l/24 h pour des débits d'air de 800 à 8 500 m³/h, les dix modèles standard couvrent déjà un large éventail d'applications. Ils peuvent être autonomes ou configurés pour une utilisation mobile, et peuvent même être connectés au réseau de gaines d'air pour assurer une distribution optimale de l'air séché. Cela signifie qu'il est également possible de réguler l'humidité de très grands espaces à l'aide d'un seul ou de quelques appareils. En outre, il existe des modèles et des séries pour le montage mural, sur paroi arrière et au plafond, ainsi qu'avec une dissipation thermique externe et pour les basses températures. Des modèles spéciaux avec condensateurs extérieurs conviennent aux zones sensibles à la température. Dans ce cas, la chaleur de condensation du déshumidificateur est évacuée par un condensateur externe afin de ne pas affecter la température ambiante. Tous les déshumidificateurs DC sont contrôlés de manière entièrement automatique par des microprocesseurs pour obtenir le fonctionnement souhaité.



Condair DC 50 – 200 W
Déshumidificateur mural à condensation

Capacité de déshumidification nominale*
49 à 190 L/jour



Condair DC 50 – 200 R
Déshumidificateur à condensation à montage mural arrière

Capacité de déshumidification nominale*
49 à 190 L/jour



Condair DC 50 – 200 C
Déshumidificateur à condensation monté au plafond

Capacité de déshumidification nominale*
49 à 190 L/jour



Condair DC 75 – 100
Déshumidificateur à condensation puissant et compact

Capacité de déshumidification nominale*
73,0 à 95,2 L/jour.

*à 30 °C- 80 % HR



Condair DC-N
Déshumidificateur à condensation avec dissipation thermique externe

Capacité de déshumidification nominale*
263,1 à 939,3 L/jour.



Condair DC-LT
Déshumidificateur à condensation pour basses températures

Capacité de déshumidification nominale*
263,1 à 939,3 L/jour.

**à 20 °C- 60 % HR

