



# Des technologies de réfrigération innovantes

Des alternatives pionnières aux méthodes conventionnelles de la réfrigération par compression



➤ premium pharma solutions



## Technologies de réfrigération innovantes en un coup d'œil

HOF s'engage depuis longtemps sur les questions de protection de l'environnement, de protection du climat et de gaz à effet de serre. C'est pourquoi nous proposons nos installations basées sur la technologie frigorifique conventionnelle ainsi que toute une série de technologies frigorifiques basées sur l'utilisation de fluides frigorifiques naturels. Au lieu d'utiliser des fluides frigorifiques ayant un impact élevé sur le climat, tels que le R404A/R507A, ces installations utilisent des hydrocarbures (éthane/propane), de l'azote liquide ou – comme dans le cas de notre machine à air froid innovante HOF CryoBlizzard – de l'air comme fluide frigorifique.

### > L'air comme réfrigérant

L'utilisation de l'air pour la réfrigération présente de multiples avantages. D'une part, l'air est disponible partout, peut être utilisé en toute sécurité et, avec un PRP de 0, ne contribue en rien au changement climatique. De plus, les températures inférieures à  $-80\text{ °C}$  peuvent être facilement atteintes avec des machines à air froid telles que le HOF CryoBlizzard. Les dispositions légales relatives au règlement sur les gaz fluorés ne s'appliquent donc pas.

### > Réfrigération par compression

Les réfrigérants tels que R452A, R404A, R410A ou R507A sont utilisés dans les systèmes de réfrigération conventionnels, que nous proposons avec des compresseurs à deux étages pour la réfrigération dans le processus de lyophilisation, à la demande du client. Ces réfrigérants connus et éprouvés ont l'avantage d'être ininflammables et non toxiques. Ils nécessitent également peu d'espace et de faibles coûts d'investissement. En ce qui concerne le règlement sur les gaz fluorés, il convient toutefois de tenir compte de certaines dispositions légales.

### > L'azote comme réfrigérant

Nos installations utilisant l'azote liquide comme réfrigérant offrent une performance de refroidissement immédiate, car l'azote froid à  $-196\text{ °C}$  est fourni directement par des réservoirs d'azote installés à l'extérieur. En outre, ces installations sont faciles à mettre en service et leur conception est à l'épreuve du temps, car elles ne sont pas affectées par les nouvelles réglementations légales. Elles séduisent également par leurs faibles coûts de maintenance tout en offrant un haut niveau de flexibilité en matière de température.

### > Les hydrocarbures comme réfrigérant

Notre système en cascade CAR6 à deux étages nous permet d'atteindre des basses températures avec des réfrigérants naturels. Les réfrigérants utilisés sont les hydrocarbures: éthane et propane, qui permettent d'atteindre un très haut niveau d'efficacité avec une flexibilité maximale. Les systèmes en cascade garantissent un fonctionnement sûr d'une installation qui est également à l'épreuve du temps.



# Lyophilisation avec l'air comme réfrigérant La nouvelle technologie innovante: HOF CryoBlizzard réfrigération centrale

## ■ L'air ambiant comme réfrigérant naturel

Cette approche est au cœur du nouveau et innovant CryoBlizzard HOF pour la réfrigération. Ce groupe froid permet de générer des températures basses à une pression de fonctionnement très faible en utilisant le processus d'air froid avec récupération de chaleur. Le HOF CryoBlizzard, en tant que groupe froid fermée, est doté d'un régulateur de vitesse et peut donc fonctionner à charge partielle de manière très efficace.

La capacité de refroidissement est assurée par un réservoir tampon dans lequel plusieurs consommateurs peuvent puiser de l'huile silicone. Le réservoir d'huile thermique permet de répondre à un besoin de réfrigération élevé avec la capacité de réfrigération relativement faible des machines à air froid. La technologie de réfrigération innovante et tournée vers l'avenir du HOF CryoBlizzard permet d'atteindre sans problème des températures inférieures à  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## ■ Une technologie qui fixe de nouveaux critères

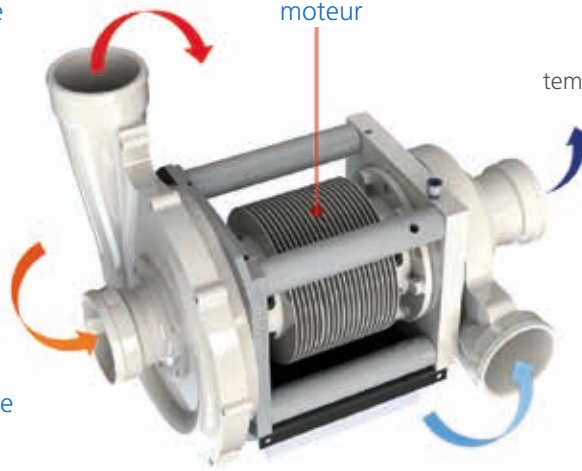
En tant que leader innovant sur le marché, HOF a toujours réfléchi et agi avec prévoyance lorsqu'il s'agit de répondre aux besoins des clients. C'est également le cas pour le développement du nouveau procédé du HOF CryoBlizzard en collaboration avec le partenaire de projet Mirai Intex ([mirai-intex.com](http://mirai-intex.com)).

Une installation de lyophilisation datant de 1998 a été réaménagée à cette fin. Il s'agit d'un lyophilisateur d'une capacité de 40 kg pour la production d'insuline. Avant la modernisation, la réfrigération était assurée par deux groupes frigorifiques, chacun contenant 12 kg de réfrigérant R404A (GWP 3922). L'installation de traitement était contrôlée par un contrôleur Siemens S5.

compresseur – sortie  
haute pression  
température élevée

moteur

turbodétendeur – sortie  
basse pression  
température extrêmement basse



compresseur – entrée  
basse pression  
basse température

turbodétendeur – entrée  
haute pression  
basse température

Turbo expander Mirai Intex



## „Nous savions que nous aurions...

à ouvrir de nouvelles voies à nos clients. L'avantage de l'air comme réfrigérant est évident. L'air est disponible, ininflammable, non toxique et ne présente aucun risque de suffocation. L'air n'a pas de PRP et n'est donc pas soumis au règlement sur les gaz fluorés ou à d'autres directives. C'est l'avenir", déclare Oliver Fleischer.

Chef de département Développement de la technologie de la réfrigération et gestion des services

## HOF a développé un nouveau processus

qui utilise l'air ambiant comme réfrigérant et dépasse les exigences actuelles en matière de lyophilisation et de surgélation.

### ■ Capacités élevées avec une distribution homogène de température

La modernisation a permis de convertir l'installation au nouveau système de réfrigération HOF CryoBlizzard et à la commande S7-1500 actuelle. Le nouveau processus de réfrigération se compose de machines à air froid redondantes qui sont commutées vers un réservoir tampon central dans un système modulaire.

Le réservoir tampon alimente directement en fluide frigorigène les unités consommatrices telles que les étagères de réglage, le condenseur à glace ou le congélateur à air pulsé et peut donc générer de grandes capacités avec une distribution homogène de la température en très peu de temps. Grâce au réservoir primaire, la consommation d'eau de refroidissement et d'électricité reste constante et il n'y a pas de pics de charge dans l'alimentation.

### ■ L'air comme réfrigérant – gratuit et toujours disponible

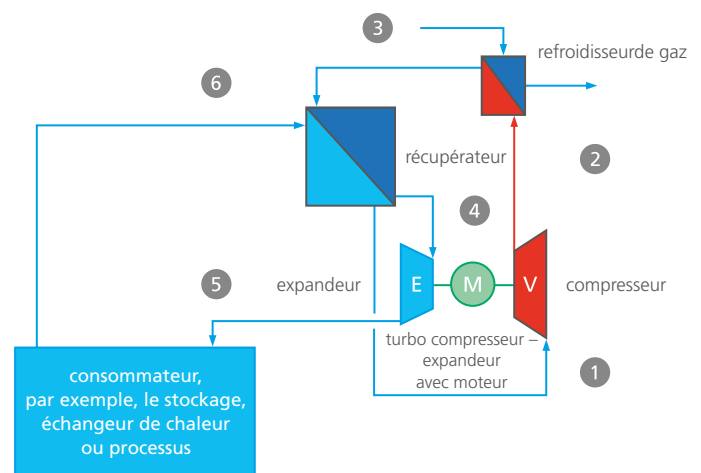
Les machines à air froid sont des refroidisseurs qui fonctionnent avec de l'air comme réfrigérant en utilisant le processus de Joule. La surpression maximale dans les machines est de 3 bars et peut être comparée à celle d'un pneu de bicyclette. Ces machines sont donc particulièrement sûres et respectueuses de l'environnement. Il n'en résulte aucune exigence particulière en ce qui concerne la salle des machines, la formation du personnel et les tests récurrents. En outre, l'air comme réfrigérant est gratuit et toujours disponible, a un PRP de 0 et n'est donc pas concerné par les réglementations.



Condenseur avec formation de glace

### ■ Le HOF CryoBlizzard turbo compresseur – sans huile et pratiquement sans usure

Le circuit de réfrigération est entraîné par un groupe turbo-compresseur-expandeur sans huile avec des paliers à air qui fonctionnent jusqu'à 88.000 tours/minute avec une usure pratiquement nulle. Le fluide frigorigène est refroidi dans le réservoir tampon, dans un échangeur de chaleur intégré au refroidisseur.



Organigramme du processus de Refolution

Le turbocompresseur aspire et comprime l'air ainsi chauffé. L'énergie du refroidisseur de gaz est ensuite transférée à l'eau de refroidissement. Dans un échangeur de chaleur interne – le récupérateur – l'air est fortement refroidi et détendu pour être utilisé efficacement dans l'expandeur. Le travail est renvoyé à la compression.



Système de 1998 après conversion en HOF CryoBlizzard



HOF CryoBlizzard ProPhase  
 Refroidissement de processus pour l'épuration des gaz d'échappement  
 et la condensation de solvants – la conformité avec le nouveau  
 règlement „TA-Luft“

L'énergie est absorbée par le réchauffement de l'air dans le milieu froid/l'échangeur de chaleur. Une fois que l'air du récupérateur est revenu à température, il est aspiré par le compresseur et le cycle recommence. Grâce à cette technologie, la machine à air froid peut couvrir des températures allant jusqu'à environ  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ce qui permet d'atteindre facilement les  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  souvent requis dans le condenseur.

### ■ Modernisation des installations existantes ou la mise en place de nouvelles installations avec le HOF CryoBlizzard

La conception modulaire du HOF CryoBlizzard permet d'en augmenter ou d'en réduire la capacité, ce qui permet de l'adapter à n'importe quel type d'application, qu'il s'agisse d'un lyophilisateur de laboratoire ou d'une usine de production, ou encore d'un système de refroidissement central pour des usines entières.

Les installations existantes peuvent être modernisées et les nouvelles installations peuvent être équipées du HOF CryoBlizzard. HOF a développé une solution d'avenir pour la lyophilisation et la surgélation qui est non seulement sûre pour les employés et l'environnement, mais qui pose également de nouveaux jalons en matière de qualité et de disponibilité de l'application.

### ■ Le bilan énergétique est également impressionnant

Le bilan énergétique de la modernisation a été comparé à celui de la machine sœur existante. Il reflète une comparaison exacte à 100 %. Un bureau d'études externe spécialisé a été chargé d'examiner le potentiel de cette technologie: une économie de 5 à 10 % par rapport au processus comparable dans la machine sœur.

Une autre référence est le HOF CryoBlizzard et les données associées qui sont utilisées comme base scientifique pour les demandes de futures installations à air froid. Par exemple: HOF a participé à la demande d'éligibilité au financement des centrales à air froid auprès de l'Office fédéral allemand des affaires économiques et du contrôle des exportations (BAFA).

#### Les avantages en un coup d'œil:

- Réfrigérant naturel (PRG 0)
- Utilise l'air ambiant
- „Augmentation“ de l'utilisation du refroidissement central
- À l'épreuve du temps et non affecté par les réglementations
- Faible effort de maintenance
- Flexibilité à haute température
- Faibles émissions sonores
- Presque aucune exigence pour la salle des machines (analyse de la pression/réfrigérant)
- Très peu de formation requise et bon aspect de la sécurité pour les employés et le site

## Lyophilisation avec réfrigération par compression

- **L'objectif:**  
combiner une technologie éprouvée avec un règlement sur les gaz fluorés

Le circuit de réfrigération à compression était le circuit de réfrigération le plus couramment utilisé. Ce processus de réfrigération est basé sur l'ébullition et la condensation des fluides frigorigènes. Ces derniers devront être remplacés ou réduits à l'avenir pour atteindre les objectifs du règlement européen sur les gaz à effet de serre fluorés.

Cela implique une réduction progressive des quantités d'hydrofluorocarbures qui peuvent être mises sur le marché dans l'UE. Il en résultera une pénurie de réfrigérants conventionnels disponibles, tels que le R404A, à laquelle HOF se prépare depuis de nombreuses années avec d'autres réfrigérants et des technologies de remplacement. Bien que ces réfrigérants ayant un PRG > 2500 puissent encore être utilisés dans le secteur des basses températures (applications de produits inférieurs à -50 °C) jusqu'en 2030, il existe déjà des goulets d'étranglement au niveau de l'approvisionnement, combinés à une forte augmentation des prix aujourd'hui. Après avoir mis en place un banc d'essai interne en 2015, HOF a été le premier fabricant à établir l'alternative à faible PRG R452A (GWP 2140) dans le domaine de la lyophilisation et de la congélation choc par soufflage.

Ce réfrigérant est idéal comme substitut pour les installations existantes et comme réfrigérant éprouvé pour les nouvelles installations. Le réfrigérant haute pression R410A (PRG 2088) est une autre alternative pour les conversions ou les nouvelles installations.

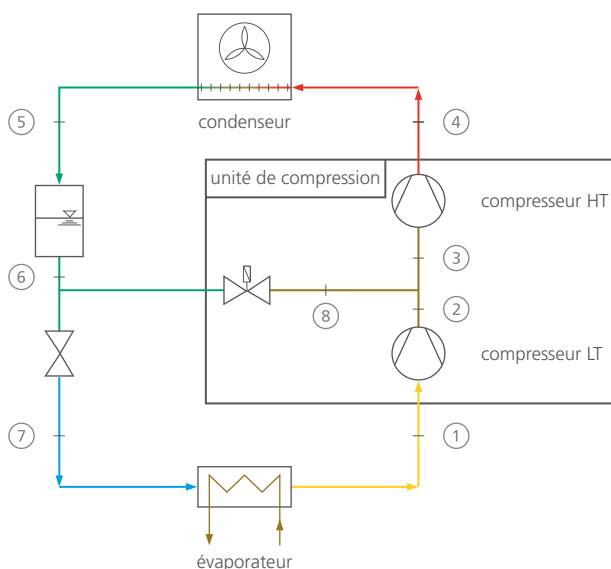
Cela nous permet d'offrir à tous les clients des options pour se conformer au règlement sur les gaz fluorés (PRG < 2500).



Structure modulaire de six compresseurs

- **Refroidisseur à compression à deux étages**

Contrairement à la réfrigération de l'air, la réfrigération de la vapeur est le processus de CARNOT. Dans la pratique, ce cycle de réfrigération à compression à deux étages est une conception technique sophistiquée. Tout d'abord, la technologie dépend des propriétés des matériaux des réfrigérants et des propriétés des composants. Deuxièmement, il est important de trouver une solution idéale pour le transport d'huile et le fonctionnement sous pression requis par la conception.



Processus conventionnel de réfrigération par compression en deux étapes

Dans les refroidisseurs à compression/déplacement à deux étages, l'ensemble du rapport de pression est réparti entre deux compresseurs ou, par conception, dans un refroidisseur à deux étages. Le compresseur du premier étage comprime le réfrigérant du niveau de pression le plus bas à une pression moyenne. Avec le placement du surpresseur, le deuxième compresseur comprime le réfrigérant de la pression moyenne à la haute pression.

### Avantages du conventionnel les refroidisseurs à compression:

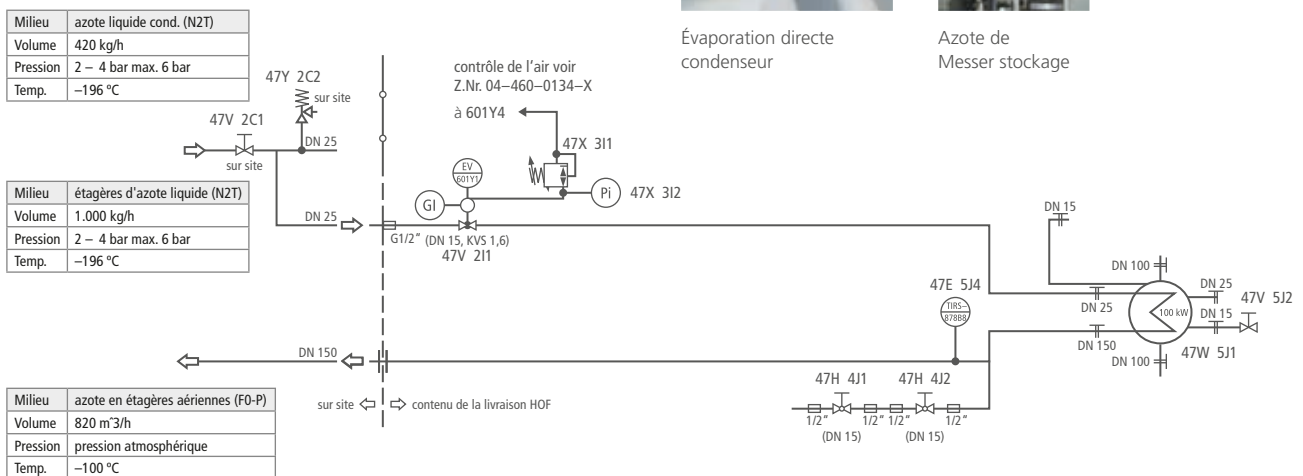
- Pas d'exigences particulières pour le matériau
- Éprouvé, testé et optimisé
- Réfrigérant du groupe de sécurité A1
- Besoin d'espace

# Lyophilisation avec l'azote comme réfrigérant

## ■ Un procédé simple avec une substance naturelle de l'atmosphère

Les avantages du procédé de lyophilisation HOF avec de l'azote liquide comme réfrigérant reposent sur le réfrigérant lui-même: L'azote est un composant naturel de l'atmosphère. Livré par le fournisseur d'azote et stocké dans des réservoirs extérieurs, la capacité de réfrigération est disponible immédiatement et sans restrictions.

Un réseau d'azote d'usine peut être utilisé comme alternative, de sorte qu'il n'y a pas de coûts d'exploitation supplémentaires en ce qui concerne l'infrastructure. La capacité de réfrigération élevée est obtenue en vaporisant l'azote. L'azote utilisé peut alors être implémenté pour d'autres processus tels que le pré-refroidissement, ou être rejeté en toute sécurité dans l'atmosphère.



LN2 R728

## ■ Faible fréquence de défaillance et peu d'entretien

Outre les avantages de l'azote, les installations HOF offrent d'autres avantages: Les systèmes sont de conception très simple et ne comportent que peu de pièces mobiles, car l'azote est transporté dans le système par la pression dans le réservoir. Cela garantit un niveau élevé de durabilité et un faible effort de maintenance.

## ■ Une technologie éprouvée – les détails

Lorsque l'azote est utilisé pour la réfrigération, HOF remplace les machines frigorifiques par des échangeurs de chaleur cryogéniques. Il peut s'agir d'un condenseur à évaporation directe, développé par HOF, ou alimenté par un cycle secondaire avec un échangeur de chaleur.

Comme pour tous les types de réfrigération, une distribution uniforme de la température pour les étagères de réglage est bien entendu assurée. Les condenseurs à évaporation directe ou à commande par huile peuvent donc être adaptés à toutes les exigences des clients.



Évaporation directe condenseur



Azote de Messer stockage

## Avantages de la lyophilisation avec de l'azote liquide:

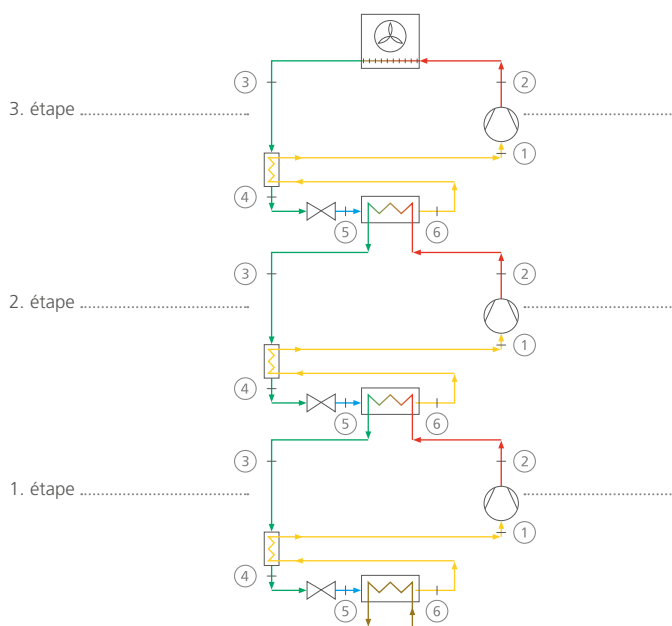
- Réfrigérant naturel (GWP 0)
- Processus simple
- Éprouvé depuis 1994
- À l'épreuve du temps et non affecté par les réglementations
- Faibles émissions sonores
- Faibles coûts d'entretien

## Lyophilisation basée sur les hydrocarbures comme réfrigérants naturels

### ■ Refroidisseur à compression en cascade

La cascade est une autre variante du cycle de réfrigération à compression classique. Le principe de base associe plusieurs systèmes de réfrigération distincts avec des réfrigérants différents. Pour les réfrigérants naturels, nous utilisons une cascade à deux étages.

Le réfrigérant éthane (R170) utilisé dans la première étape est disponible pour toute application à basse température. Dans la deuxième étape, nous utilisons le réfrigérant naturel propène (R2170). Outre la liquéfaction de l'éthane (R170), cette fournit également un étage de contrôle pour le cycle de réglage des étagères.



### ■ Lancement réussi de HOF-CAR6 en 2007

L'objectif du règlement européen sur les gaz fluorés est de réduire considérablement l'utilisation des hydrofluorocarbures. En fait, HOF travaille depuis de nombreuses années sur de nouveaux procédés utilisant des réfrigérants naturels. Un système en cascade utilisant de l'éthane et du propane a ainsi été mis sur le marché dès 2007. Le système en cascade se compose de deux cycles distincts qui forment un module individuel. Pour réaliser des redondances ou des augmentations de capacité, des modules supplémentaires peuvent être combinés de manière flexible en fonction des besoins du client.

### ■ Une excellente sécurité basée sur une excellente expérience

Chaque module individuel est placé dans un boîtier spécial. Ce boîtier génère une unité hermétiquement fermée en cas de défaillance. En cas de panne, un ventilateur évacue l'atmosphère du réfrigérant dans l'enceinte concernée. Le module individuel peut également être déconnecté de l'alimentation électrique. L'échange de capacité a lieu dans chaque module individuel pour chaque unité de consommation. Cela signifie que le condenseur et les étagères de réglage sont des unités de consommation commandées par l'huile. Cette conception redondante spéciale garantit la sécurité du produit en cas de défaillance. Rien ne remplace l'expérience – et plus de 80 modules individuels réalisés par HOF sont la preuve de son savoir-faire et de son esprit pionnier.



Génération HOF-CAR6, avantages garantis un développement continu

### Avantages de la lyophilisation avec un réfrigérant naturel :

- Très faible PRG  $\leq 6$
- Haute efficacité
- Expérience depuis 2007
- À l'épreuve du temps et non affecté par les réglementations
- Système modulaire
- Fiabilité



## Vers un avenir prospère avec la connaissance et la force d'innovation

### ■ S'appuyer sur les connaissances et l'expérience

Avec plus de 30 ans d'expérience, HOF Sonderanlagenbau GmbH est le principal spécialiste de la fabrication de systèmes individuels de lyophilisation, de systèmes de chargement et de déchargement, et d'équipements de congélation et de décongélation pour l'industrie pharmaceutique et biotechnologique.

Sur nos sites de Lohra et de Mornshausen, près de Marburg, des employés hautement motivés et qualifiés travaillent sur notre propre site de production d'une superficie d'environ 15.500 mètres carrés. Notre équipe de service flexible s'occupe des systèmes HOF et de leurs utilisateurs, en maintenant un contact étroit avec les clients en Allemagne et à l'étranger.

### ■ Assurer la réussite future

La qualité et la fiabilité sont les paramètres décisifs pour le succès d'une entreprise dans le domaine de la pharmacie et de la biotechnologie. Elles sont garanties par l'utilisation de systèmes spéciaux de HOF, notamment parce que la technologie des systèmes de l'entreprise est développée pour répondre aux exigences futures.



### ■ La force de l'innovation au cœur de l'action de l'entreprise

HOF ne connaît qu'une seule réponse aux nouvelles exigences en constante évolution de ses clients: l'innovation! L'entreprise se caractérise par sa recherche de solutions nouvelles et meilleures, toujours dans l'optique du client. La force d'innovation de HOF est cruciale pour le succès de ses clients.

### ■ Qualité supérieure à tous les niveaux...

...c' est la marque de fabrique de l'entreprise spécialisée dans les solutions individuelles depuis sa création: de la conception à la fabrication consciencieuse de systèmes fiables et personnalisés, en passant par une planification complète.



### Systèmes HOF

ils sont toujours un très bon investissement pour l'avenir.



## HOF Sonderanlagenbau GmbH

Systemes de lyophilisation | Systemes de chargement et de déchargement |  
Unités de congélation et de décongélation | Service | LYOPOOL

Siège social: Ludwig-Rinn-Str. 1-3 | 35102 Lohra | Allemagne

Emplacement Mornshausen: Vor dem Langen Loh 2 | 35075 Gladenbach-Mornshausen | Allemagne

Téléphone +49 6462 9169-0 | Fax +49 6462 9169-199

info@hof-sonderanlagen.de | www.hof-sonderanlagen.com



Siège social Lohra



Emplacement Mornshausen



➤ premium pharma solutions