

Des enceintes ventilées pour différents usages

Dans certaines situations professionnelles, il est nécessaire de protéger l'opérateur, l'environnement et le produit contre des agents chimiques ou biologiques dangereux : par exemple pour des manipulations en laboratoires d'analyses ou de recherche, pour produire des médicaments cytotoxiques, pour assembler des pièces électroniques... Il est alors nécessaire d'utiliser des enceintes ventilées. Mais quelle enceinte ventilée choisir pour ces différentes situations ?

Les enceintes ventilées sont des enceintes enveloppantes dans lesquelles pénètre un flux d'air qui s'oppose à la sortie des polluants. L'air pollué extrait des enceintes est traité et préférentiellement rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf (figure 1). Le recyclage de l'air extrait traité présente un risque de réintroduction des polluants dans le local de travail ; il n'est donc pas recommandé et nécessite des contrôles réglementaires plus contraignants de la qualité de l'air.

Selon leur conception, les enceintes répondent à différents objectifs de protection :

- **protéger qui/quoi ?**

- l'opérateur, des polluants situés dans l'enceinte,
- l'environnement, des polluants situés dans l'enceinte,
- le produit, des polluants extérieurs à l'enceinte ;

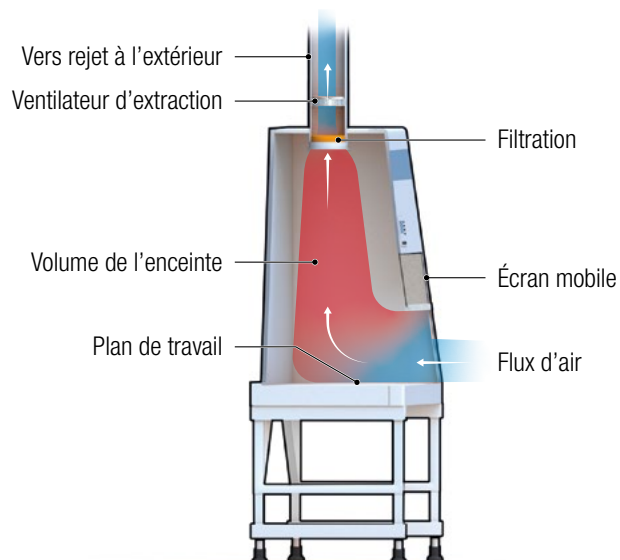
- **protéger contre quoi ?**

- les aérosols et projections d'agents biologiques,

– les vapeurs, aérosols et projections d'agents chimiques.

Parmi les enceintes, on distingue les postes de sécurité microbiologique (PSM), les postes de sécurité cytotoxique (PSC), les sorbonnes, les postes pour macroscopie et les isoleateurs.

Les termes « boîte à gants » et « hotte » possèdent une signification différente selon le secteur professionnel concerné et ne permettent pas d'identifier précisément les fonctions de l'enceinte ventilée.



■ Figure 1. Principe de fonctionnement d'une enceinte ventilée

Les postes de sécurité microbiologique (PSM)

Description

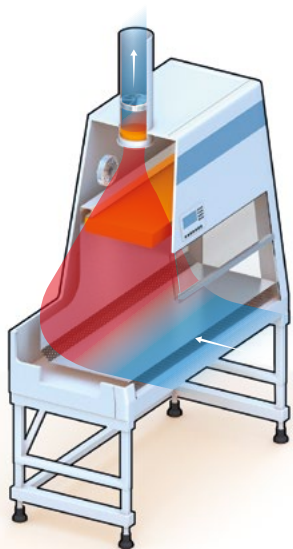
Les postes de sécurité microbiologique (PSM) sont conçus pour prévenir la dispersion des agents biologiques [1]. Il existe trois types de PSM (I, II, III), qui peuvent s'utiliser indifféremment dans les salles techniques de niveau de confinement 1, 2, 3 ou 4¹.

PSM de type I

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air est ensuite extrait après filtration à haute efficacité. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols d'agents biologiques vers l'opérateur, et la vitre frontale, baissée, protège l'opérateur des projections. L'air du local entrant dans le volume de travail, la protection des produits manipulés n'est pas assurée (figure 2).

PSM de type II

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale, et passe sous le plan de travail par des orifices placés près de l'ouverture. Cette aspiration empêche la sortie



■ Figure 2. Principe de fonctionnement d'un PSM de type I

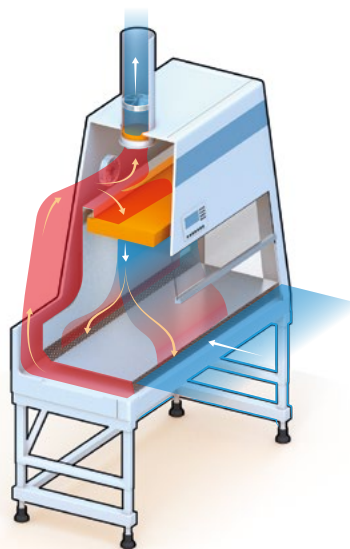
des aérosols d'agents biologiques vers l'opérateur, qui est également protégé des projections grâce à la vitre frontale baissée. L'air est aspiré à l'arrière de l'enceinte vers le haut du PSM d'où une partie est rejetée après filtration à haute efficacité. L'autre partie est soufflée verticalement dans l'enceinte après filtration à haute efficacité. Le flux unidirectionnel descendant d'air propre protège le produit et limite la contamination croisée² (figure 3).

PSM de type III

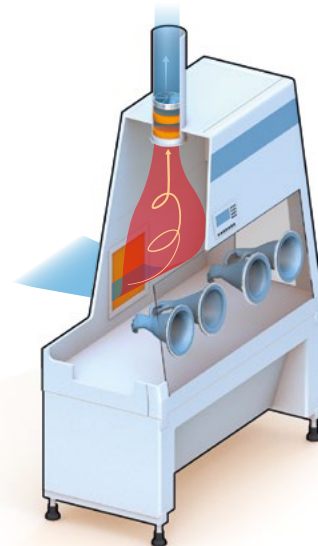
L'enceinte close, maintenue en dépression, ne comporte pas d'ouverture directe vers le local. L'opérateur accède au plan de travail au moyen de gants protecteurs fixés à l'enceinte. L'air aspiré dans le local traverse un filtre antiaérosols à haute efficacité, circule dans le volume de travail, puis est extrait après une nouvelle filtration à très haute efficacité. L'air propre entrant protège le produit des contaminations extérieures, mais le flux d'air turbulent ne protège pas le produit des contaminations croisées (figure 4).

Normes

Les PSM sont définis par la norme NF EN 12469 « Biotechnologie – Critères de performance pour les postes de sécurité microbiologique ».



■ Figure 3. Principe de fonctionnement d'un PSM de type II



■ Figure 4. Principe de fonctionnement d'un PSM de type III

Il existe également une marque NF – Postes de sécurité microbiologique qui s'applique uniquement aux PSM de type II. Cette marque garantit la conformité aux spécifications de la norme NF EN 12469 et aux exigences complémentaires du règlement de la marque.

Les postes de sécurité cytotoxique (PSC)

Description

Les postes de sécurité cytotoxique (PSC) sont conçus pour prévenir la dispersion des agents chimiques et protéger le produit manipulé contre les agents biologiques [1].

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et passe sous le plan de travail par des orifices placés près de l'ouverture. Cette aspiration empêche la sortie des aérosols et vapeurs de polluants vers l'opérateur, qui est également protégé des projections grâce à la vitre frontale baissée. L'air arrivant sous le plan de travail passe à travers un filtre antiaérosols à haute efficacité, avant d'être aspiré à l'arrière de l'enceinte vers le haut du PSC. À ce niveau, une partie de l'air est rejetée hors du PSC après filtration antiaérosols à

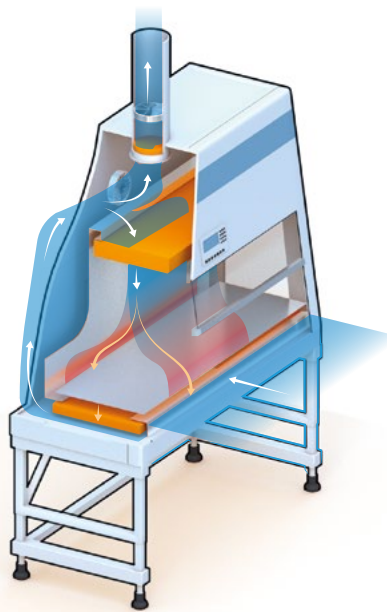
1. Confinements définis par l'arrêté du 16 juillet 2007 modifié, fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, à mettre en œuvre dans les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologiques, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes.

2. Contamination croisée : Contamination biologique ou chimique d'un matériel ou d'un produit provenant d'un autre matériel ou produit situé dans l'enceinte.

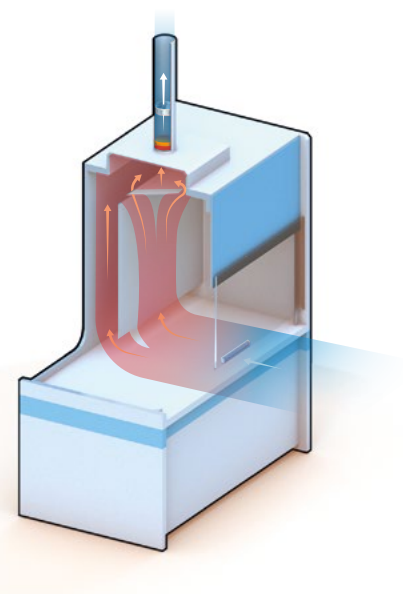
haute efficacité. En raison de la toxicité des substances manipulées et des limites des dispositifs d'épuration et de contrôle d'efficacité, l'air extrait du PSC est rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf. L'autre partie de l'air est soufflée verticalement dans l'enceinte après filtration antiaérosols à haute efficacité. Le flux unidirectionnel descendant d'air propre protège le produit et limite la contamination croisée (figure 5).

Normes

Il n'existe pas de norme spécifique pour les postes de sécurité cytotoxiques, mais il convient de suivre les normes relatives aux PSM et aux sorbonnes afin de garantir un niveau de protection approprié.



■ Figure 5. Principe de fonctionnement d'un PSC



■ Figure 6. Principe de fonctionnement d'une sorbonne

Les sorbonnes

Description

Les sorbonnes sont conçues pour prévenir la dispersion des agents chimiques [2].

L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air passe par des fentes situées à l'opposé de l'ouverture, puis est extrait de l'enceinte pour être rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf, après traitement des polluants chimiques. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols et vapeurs chimiques vers l'opérateur et la vitre frontale, baissée, protège l'opérateur des projections (figure 6).

Cas particulier : Les enceintes pour toxiques à recyclage d'air filtré (Etraf) fonctionnent par principe en recyclage de l'air extrait dans le local de travail. Leur usage n'est donc en général pas recommandé, et proscrit pour les produits CMR³.

Normes

Les normes NF EN 14175-1 à 14175-4 et 14175-6 à 14175-8 décrivent les sorbonnes, notamment la norme NF EN 14175-2 « Sorbonnes – Partie 2 : exigences de sécurité et performances ».

En complément, la spécification technique XP CEN/ TS 14175-5 fournit des recommandations quant à leur installation, et la norme NF X 15-206 fixe les seuils pour les essais de confinement et de vitesse d'air.

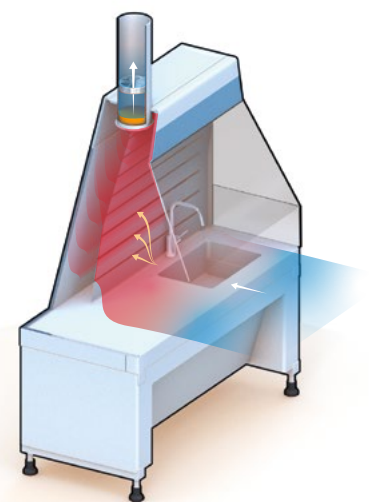
Les postes de macroscopie

Description

La macroscopie de pièces anatomiques fraîches présentant des risques biologiques se fait sous PSM. La macroscopie de pièces fixées avec des solutions telles que le formol ou la fixation de pièces anatomiques expose l'opérateur à des agents chimiques et se fait donc sous sorbonne.

Pour mieux répondre aux besoins de la macroscopie, il est possible de concevoir une enceinte sur mesure, munie d'un évier, d'un système de récupération des effluents et d'une vitre inclinée permettant à l'opérateur de se pencher en toute sécurité sur la pièce anatomique [3]. L'air du local est aspiré par l'ouverture frontale et traverse le volume de travail. L'air passe par des fentes situées à l'opposé de l'ouverture, puis est extrait de l'enceinte après traitement des polluants chimiques, pour

être rejeté à l'extérieur du bâtiment, loin des prises d'air neuf (figure 7). Si cette enceinte est également destinée aux macroscopies de pièces fraîches présentant un risque biologique, l'air rejeté passera préalablement à travers un filtre antiaérosols à haute efficacité. L'écoulement d'air entrant s'oppose à la sortie des aérosols et des vapeurs de polluants vers l'opérateur. La vitre frontale, baissée, protège l'opérateur des projections. Par contre, la pièce anatomique n'est pas protégée des contaminations possibles de l'air extérieur.



■ Figure 7. Principe de fonctionnement d'un poste de macroscopie

3. CMR : Cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction.

Normes

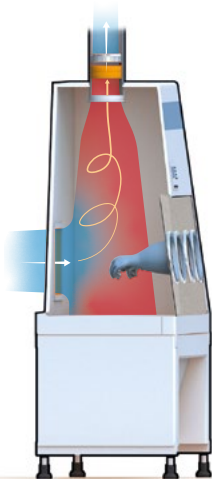
Il n'existe pas de norme spécifique pour les postes de macroscopie, mais il convient de suivre les normes relatives aux PSM et aux sorbonnes afin de garantir un niveau de protection approprié.

Les isolateurs

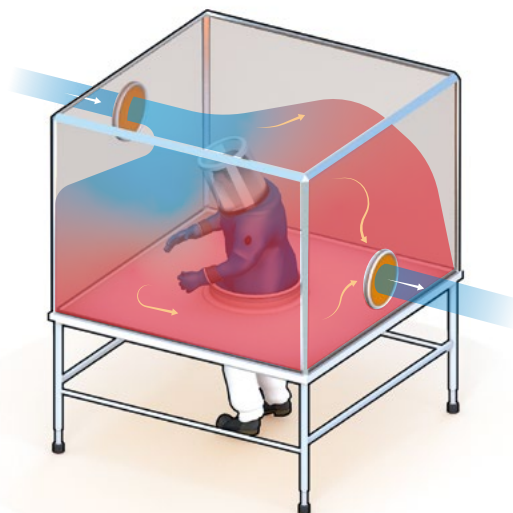
Description

Les isolateurs ont pour but de séparer le produit de son environnement [4]. Seuls les isolateurs en dépression peuvent prévenir la dispersion des agents chimiques et biologiques.

L'air du local passe à travers un filtre antiaérosols à haute efficacité avant d'entrer dans l'enceinte close. Le produit est ainsi protégé des contaminations de l'air extérieur. Cependant, le flux d'air turbulent ne protège pas le produit des contaminations croisées. Dans certains cas, le flux d'air propre est injecté dans l'enceinte de façon unidirectionnelle et peut alors protéger le produit des contaminations croisées. L'opérateur accède au produit grâce à des gants (figure 8) ou un demi-scapandre (figure 9). L'air de l'isolateur est rejeté de l'enceinte après passage sur filtre antiaérosols à haute efficacité. Le PSM de type III est un exemple de ce type d'isolateur. En présence d'agents chimiques, l'air extrait est rejeté à l'extérieur du bâtiment, après traitement des polluants chimiques.



■ Figure 8. Principe de fonctionnement d'un isolateur avec manchon



■ Figure 9. Principe de fonctionnement d'un isolateur avec demi-scapandre

Certains isolateurs fonctionnent en surpression pour protéger le produit. Cependant, les fuites potentielles d'air sortant n'assurent plus la protection complète de l'opérateur vis-à-vis des agents chimiques ou biologiques manipulés dans l'enceinte. Pour supprimer ce risque d'exposition, il est donc recommandé d'utiliser des isolateurs en dépression.

Normes

La norme NF EN ISO 14644-7 « Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – Partie 7 : dispositifs séparatifs (postes à air propre, boîtes à gants, isolateurs et mini-environnements) » spécifie les exigences minimales de conception des isolateurs.

La norme NF EN ISO 13408-6 « Traitement aseptique des produits de santé – Partie 6 : systèmes isolateurs » concerne également les exigences de conception des systèmes isolateurs.

Conclusion

Le comparatif de ces différentes enceintes (tableau 1) montre que la protection de l'opérateur passe par une mise en dépression de l'enceinte dans laquelle est manipulé le produit dangereux. Pour renforcer cette protection et limiter les risques de pollution du local de travail, il est très fortement recommandé d'évacuer l'air de l'enceinte à l'extérieur du bâtiment. Les fortes contraintes concernant le

■ Tableau 1. Fonctions des différentes enceintes ventilées

	PSM			PSC	Sorbonne	Poste pour macroscopie	Isolateur				
	I	II	III				A	B	C	D	
Dépression											
Surpression											
Flux d'air unidirectionnel											
Protection contre les agents biologiques											
Protection de l'opérateur											
Protection du local											
Protection du produit		1	2	1			2	1	2	1	
Protection contre les agents chimiques											
Protection de l'opérateur et du local											

■ oui ; ▨ non

1 : Protection du produit de l'air extérieur et des contaminations croisées.

2 : Protection du produit de l'air extérieur.

recyclage de l'air pollué par des produits chimiques rendent d'ailleurs indispensable l'évacuation de l'air hors du bâtiment. Cette recommandation reste valable même en présence d'un système de traitement de l'air extrait de l'enceinte, car elle limite les risques de pollution en cas de défaillance de ce système. La protection du produit est assurée par l'introduction d'un air propre dans le volume de travail. Si ce flux d'air est émis de façon unidirectionnelle, il peut également limiter les contaminations croisées.

Fiche INRS élaborée
par Christine David

Références

- [1] *Postes de sécurité microbiologique. Postes de sécurité cytotoxique. Choix et utilisation*, INRS, ND 2201.
- [2] *Sorbonnes de laboratoire. Guide pratique de ventilation n° 18*, INRS, ED 795.
- [3] *Laboratoires d'anatomie et de cytopathologie. Guide pratique de ventilation n° 22*, INRS, ED 6185.
- [4] *Les isolateurs : qualifications et maintenance, Salles propres, environnements maîtrisés & zones de confinement*, Aspec.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 157

1^{re} édition | septembre 2024 | ISBN 978-2-7389-2925-9 | Disponible uniquement au format web
Mise en pages : Valérie Causse. Illustrations : Jean-André Deledda

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie - Risques professionnels