



Formation des responsables de la sécurité et de la sûreté chimique (RSSC)

Algérie
Décembre 2011



SAND No. 2009-9395P
Sandia is a multiprogram laboratory operated by Sandia Corporation, a Lockheed Martin Company, for the United States Department of Energy's National Nuclear Security Administration under contract DE-AC04-94AL85000.




Discussion





Principes et éléments de la conception de laboratoire

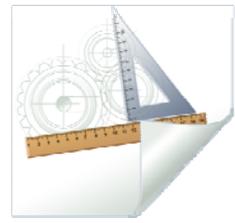


3




Buts de la conception de laboratoire

- Protéger le personnel
- Permettre le déroulement des travaux
- Sécuriser l'installation
- Protéger l'environnement
- Respecter la réglementation




4



Objectifs de la conception de laboratoire

- ▶ Créer un lieu de travail sûr et sécurisé
- ▶ Faciliter les activités du lieu de travail
- ▶ Efficacité
- ▶ Rentabilité

CSP Chemical Safety and Security Training

5

Obstacles à la bonne conception d'un laboratoire

- Coût
- Mauvaise communication
- Manque de connaissances scientifiques
- Complexité du projet
- Compromis
- Mentalités
- Maintenance

CSP Chemical Safety and Security Training

6

Bonne conception de laboratoire

Fondée sur:

Le confinement

Confinement optimal ↔ Contamination minimale

La clé est la redondance

CSP Chemical Safety and Security Training

7

Concept de confinement chimique

CSP Chemical Safety and Security Training

8



La protection chimique dépend des facteurs suivants:

1

Connaissances en chimie

Le personnel doit avoir des connaissances et une bonne compréhension



2

Confinement

Stockage sûr/sécurisé
Pratiques de travail conformes
Bonnes mesures techniques



9



La protection chimique dépend des facteurs suivants (suite):

3

Construction

Qualité de l'édification de l'installation



10



Principales parties prenantes



Architectes
Ingénieurs
Administrateurs
Constructeurs

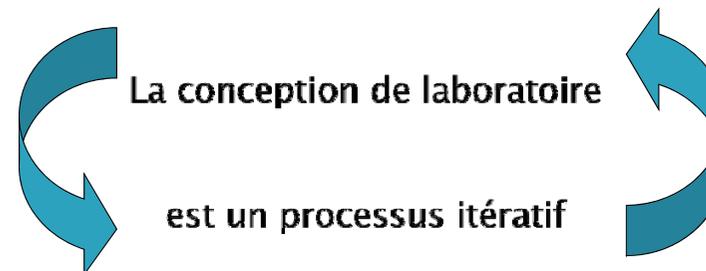


Professionnels EHS (santé et sécurité environnementales)

Utilisateurs du laboratoire

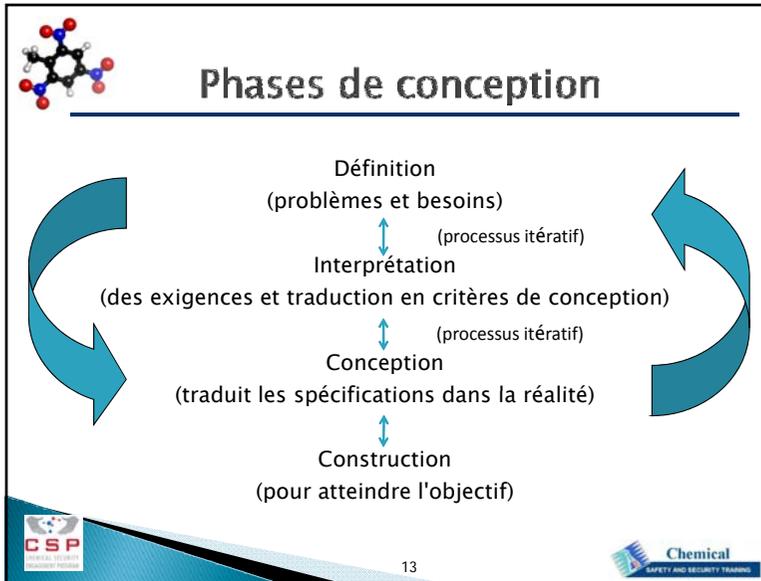


11



12





Principales normes et directives américaines

- **ANSI Z9.5**
American National Standards Institute, Norme Z 9.5 sur la ventilation en laboratoire
- **NFPA**
National Fire Protection Association
- **BOCA**
Building Officials Code Association
- **ASHRAE 110**
American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Norme 110 pour le contrôle et l'évaluation des hottes de laboratoire
- **Autres**
 - National Electrical Code
 - American Chemical Society, Green Chemistry Institute
 - www.acs.org/greenchemistry

CSP Chemical Safety and Security Training
14

Quelques caractéristiques architecturales :

- Configuration des bâtiments et des laboratoires
- Contraintes spatiales
- Agencement des équipements et des paillasses
- Issues de secours
- Contraintes de stockage
- Contraintes d'élimination des déchets
- Dispositifs de contrôle d'accès
- Fonctions de sûreté

CSP Chemical Safety and Security Training
15

Composantes de la conception de laboratoire

- ▶ **Composante spatiale**
 - Plan d'étage
 - Emplacement des salles et des équipements
 - Schéma de circulation des personnes et des équipements
 - Contrôle d'accès
- ▶ **Composante mécanique**
 - Ventilation
 - Utilités
 - Contrôle des effluents
 - Contrôle et surveillance
- ▶ **Sécurité et sûreté**

CSP Chemical Safety and Security Training
16

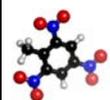


Facteurs dans la conception de laboratoire

- Facteurs architecturaux
 - CVC*
 - Sécurité et sûreté
 - Incendie
 - Urgences
 - Expositions
 - Contrôle des entrées et des sorties (installation, produits chimiques, équipements)
- (* chauffage, ventilation et climatisation)



17



Informations générales requises

- Nombre d'occupants et leurs qualifications techniques
- Exigences d'espace et de stockage
- Services publics nécessaires
- Équipements nécessaires
- Temps/durée d'occupation
- Changements anticipés dans les recherches/programmes
- Durabilité (initiatives écologiques et de protection de l'environnement)
- Impératifs de sûreté



18



Informations de sécurité/sûreté requises pour la conception du laboratoire



Type de travaux/recherches

Type de dangers

Type de déchets

Chimiques

Biologiques

Rayonnement

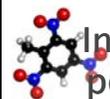
Haute tension



BIOHAZARD



19



Informations de sécurité/sûreté requises pour la conception du laboratoire (suite)



Types de produits chimiques
(classés selon leur état physique et leurs propriétés)

Inflammables

Corrosifs (acide ou base)

Réactifs

Toxicité aiguë (poisons)

Réglementés

Toxicité chronique (carcinogènes, agents toxiques pour la reproduction)

Risque de sûreté

Substances contrôlées

Déchets



20





Problèmes de sécurité/sûreté spécifiques au laboratoire de chimie

Incluent:

- Système de détection des incendies, alarmes et installations d'extinction
- Équipements de sécurité (douches de sécurité, stations de lavage oculaire et contrôle de la contamination)
- Ventilation (hottes de laboratoire, boîtes à gants, enceintes ventilées)
- Gestion des produits chimiques et des déchets
- Contrôle de l'accès à l'installation et aux salles de laboratoire



21



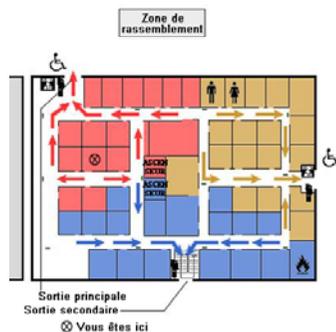
Quelques points à considérer pour la conception de laboratoire

- ▶ Zone de préparation et de stockage des échantillons
- ▶ Digestion d'échantillons séparée à l'aide de hottes de laboratoire adaptées aux acides
- ▶ Extraction par solvant séparée pour réduire la contamination par les vapeurs
- ▶ Positionnement correct des stations de lavage oculaire
- ▶ Plan d'évacuation adéquat
- ▶ Zone de stockage des déchets
- ▶ Stockage des bouteilles de gaz



Configuration du bâtiment : division en plusieurs zones

- ▶ Les zones ou aires de contrôle peuvent abriter :
 - différents types et niveaux de dangers
 - des quantités variables de produits chimiques
- ▶ La division en zones permet de mieux contrôler :
 - l'accès du personnel
 - les dangers à l'aide de
 - matériel
 - EPI
 - procédures administratives
- ▶ Exemples : zones de sécurité incendie, zones CVC, étages

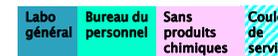
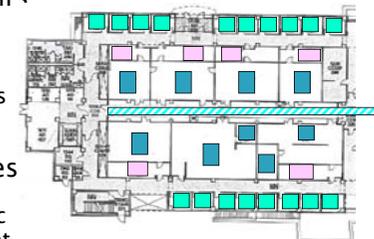


23



Configuration du bâtiment : couloirs

- ▶ Meilleure pratique: couloirs distincts pour
 - la population générale
 - le personnel de laboratoire
 - les produits chimiques et les matières de laboratoire
- ▶ « Couloirs de service » internes entre laboratoires
 - Transport des produits chimiques à l'écart du public
 - Accès aux services publics et autres équipements de soutien
 - Sorties supplémentaires du labo avec issues de secours vers les couloirs principaux



24



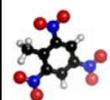


Configuration du bâtiment : Portes d'entrée/de sortie

- ▶ Sécurité : au moins deux sorties pour chaque laboratoire/salle/bâtiment
- ▶ Sûreté : contrôle des entrées dans chaque laboratoire/salle/bâtiment
- ▶ Issues de secours :
 - sans poignée ou verrouillées de l'extérieur
 - Barre anti-panique à l'intérieur
 - Déclenchement de l'alarme possible à l'ouverture



25



Configuration du bâtiment : entrepôts de produits chimiques

- ▶ Plusieurs entrepôts spécialisés sont préférables à un entrepôt central
 - Produits chimiques délivrés de personne à personne
 - Accès limité au personnel de l'entrepôt
 - Fermeture à clé lorsqu'il n'y a personne



- Entrepôt de formation
 - Trafic élevé
 - Conservez un stock de produits chimiques d'environ 1 semaine seulement pour les expériences des étudiants.
- Entrepôt central
 - Large éventail de produits chimiques et de matériaux
 - Dispositifs de contrôle et de confinement supplémentaires pour les produits chimiques réglementés, attractifs ou à double usage
- Produits chimiques stockés par groupes de compatibilité



26



Configuration du bâtiment : gaz comprimés

- ▶ Installer les bouteilles à l'extérieur du bâtiment et acheminer par canalisation dans le laboratoire
 - Utilisation fréquente à long terme du même gaz
 - Gaz extrêmement dangereux
 - Restriction de l'accès
 - Dans une annexe ou dehors, selon les conditions



27



Configuration du bâtiment : gaz comprimés

- ▶ Bouteilles à l'intérieur du laboratoire
 - Grande variété de gaz
 - Faible taux d'utilisation
 - Fixées au mur ou à la paillasse par une sangle
 - Sécurité du transport



28





Configuration du bâtiment : déchets chimiques

- ▶ Les gros volumes de déchets chimiques doivent être stockés dans des zones peu fréquentées
 - Accès limité au personnel responsable
 - Fermeture à clé lorsqu'il n'y a personne
 - Déchets divisés en groupes chimiquement compatibles
 - Équipements de sécurité et alarmes



29



Configuration du bâtiment : déchets chimiques

- ▶ Zone de collecte des déchets dans les laboratoires d'enseignement/de recherche :
 - Utilisation facile pour les étudiants
 - Conteneurs vidés et retirés fréquemment
 - Déchets divisés en groupes chimiquement compatibles
 - Équipement de sécurité

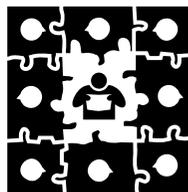


30

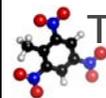


Conception de laboratoire modulaire

- ▶ Dimensions et agencements standards pour les paillasse, les équipements et les raccordements aux services publics
- ▶ Agencement personnalisé pour des applications spécifiques
- ▶ Avantages :
 - conception moins coûteuse
 - modifications plus faciles
 - rénovations plus faciles



31



Tendances actuelles en matière de sécurité/sûreté des laboratoires

- Laboratoires ouverts
- Économies d'énergie
- Préoccupations concernant la ventilation
- Conception des hottes
- Collecteurs de hotte
- Modélisation des effluents des cheminées d'échappement
- Mise hors service du laboratoire



32



Conception ouverte ou fermée

Laboratoire ouvert



Laboratoire fermé



33

Conception ouverte ou fermée

Envisagez les deux ou connectez l'accès :

Laboratoires ouverts

- ▶ Favorisent le travail d'équipe
- ▶ Facilitent la communication
- ▶ Partage :
 - des équipements
 - des paillasse
 - du personnel de soutien
- ▶ Adaptables et polyvalents
- ▶ Plus faciles à surveiller
- ▶ Conception, construction et fonctionnement moins coûteux
- ▶ Tendance depuis le milieu des années 90

Laboratoires fermés

- ▶ Travaux spécialisés, dédiés
- ▶ Plus coûteux
- ▶ Moins polyvalents
- ▶ Contrôle d'accès plus facile
- ▶ Nécessaires pour certains travaux
 - RMN
 - Spectrométrie de masse
 - Matières très dangereuses
 - Chambres noires
 - Lasers

34

Économies d'énergie, durabilité et chimie verte

- ▶ Conception conduisant à une productivité accrue
- ▶ Économies d'énergie et efficacité énergétique
- ▶ Générateur de chaleur centralisé
- ▶ Hottes et ventilateurs avec collecteur

- ▶ Réduction/élimination des substances et des déchets nocifs
- ▶ Utilisation efficace des matières et des ressources
- ▶ Recyclage et réutilisation



35

Facteurs d'économies d'énergie

- Enceintes ventilées
- Hottes à recyclage
- Hottes diverses
- Systèmes avec collecteur
- Recirculation de l'air évacué
- Systèmes à débit d'air variable
- Dispositifs de fermeture automatique de la guillotine
- Renouvellement d'air par heure
- Hottes à bas débit



36



Paramètres à prendre en compte pour la ventilation

- Besoins de chauffage et de refroidissement
- Maintien du sens de circulation de l'air
- Type de hotte
- Hottes simples ou avec collecteur



La conception des hottes de laboratoire et la ventilation sont traitées en détail dans d'autres présentations.



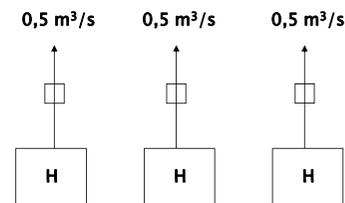
Paramètres généraux à prendre en compte pour les hottes de laboratoire

- Déterminez les besoins d'échappement minimaux.
- Communiquez les limites de fonctionnement des hottes aux utilisateurs.
- Affichez les restrictions (par ex. pas d'acide perchlorique).
- Systèmes d'alarme
- Tenez compte des besoins ultérieurs.



Paramètres à prendre en compte pour les collecteurs de hotte

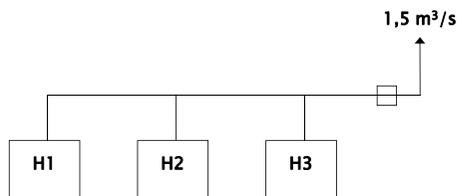
Hotte simple – ventilateur simple





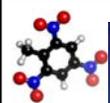
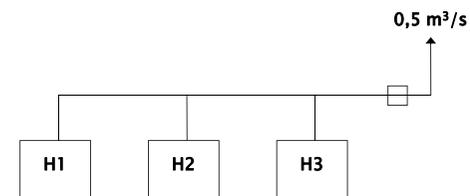
Paramètres à prendre en compte pour les collecteurs de hotte

Collecteur : 3 hottes, 1 ventilateur



Paramètres à prendre en compte pour les collecteurs de hotte

Diversité des hottes = 33 %

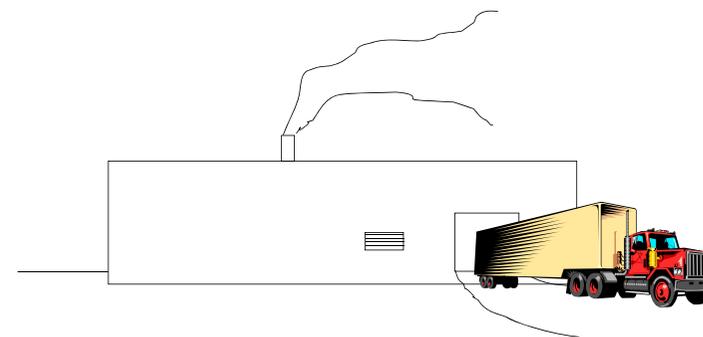


Évitez le réentraînement

Dispersez les émissions à la verticale et dans la direction du vent !



Conception de la ventilation: évitez la recirculation des gaz d'échappement





Configuration du laboratoire

- ▶ Essayez de placer les hottes, les services publics et les équipements de sécurité dans une position relative identique dans tous les laboratoires.
- ▶ Placez les éviers au centre de la salle.
- ▶ Les paillasse doivent être suffisamment espacées pour permettre aux employés de se croiser ($\geq 1,5$ m).
- ▶ Plus de détails sur cette question dans d'autres présentations :
 - Hottes de laboratoire
 - Douches de sécurité/stations de lavage oculaire
 - Gestion des produits chimiques



45



Configuration du laboratoire d'enseignement

- ▶ Fréquentation plus grande que celle des laboratoires de recherche
 - Nécessité de circuler facilement dans les locaux
 - Deux issues de secours
 - Paillasse disposées en « îlots »
 - Distance de 2 m entre les paillasse pour permettre aux étudiants de travailler dos à dos
 - Placez les instruments, les éviers, les espaces de stockage à l'écart des hottes pour minimiser le trafic à cet endroit



- Surface au sol requise par étudiant
 - 3,0 m² (minimum absolu)
 - 6,5 m² (laisse de l'espace pour les services publics, le stockage, le nettoyage, etc.)



46



Configuration du laboratoire

- ▶ Matériaux de construction adaptés aux produits chimiques
 - Plans de travail
 - Placards et étagères
 - Sols
 - Évitez les tuyaux d'évacuation en métal
- ▶ Stockez les produits chimiques et les déchets conformément aux règles de sécurité (pour éviter les déversements et les renversements).
- ▶ Conservez les produits chimiques en vrac dans l'entrepôt et non dans le laboratoire.
- ▶ Contrôlez l'accès aux laboratoires, en particulier en dehors des horaires de travail.



47



Modifications ou mise hors service du laboratoire

- ▶ Lorsqu'un laboratoire est modifié ou définitivement fermé, assurez-vous que :
 - Les produits chimiques ont été transférés en toute sécurité dans un autre laboratoire, renvoyés à l'entrepôt ou éliminés conformément à la réglementation.
 - Toute contamination a été éliminée :
 - des salles (sol, plafond, murs),
 - des meubles,
 - des équipements et des accessoires,
 - des installations de plomberie,
 - du circuit de CVC



48





Conclusion

Ensemble, nous pouvons concevoir, construire et utiliser des laboratoires sûrs et sécurisés !



49



Références

- ▶ « Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals », National Academy Press, 1995, ISBN 0-309-05229-7, également disponible en ligne : http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=4911
- ▶ « Laboratory Design, Construction, and Renovation: Participants, Process, and Product », National Academies Press, 2000, ISBN 0-309-06633-6, également disponible en ligne : http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9799
- ▶ « Handbook of Chemical Health and Safety », Robert J. Alaimo, Ed., Oxford University Press, 2001, ISBN 0-8412-3670-4
- ▶ « Guidelines for Laboratory Design: Health and Safety Considerations, 3rd edition » Louis J. DiBerardinis, et al., Wiley, 2001, ISBN 0-471-25447-9

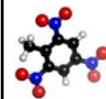


50



Pause

51



Principes et concepts de la ventilation de laboratoire



52



Exposition dangereuse

SOURCE

CHEMINEMENT

DESTINATAIRE

Confiner la source

CSP

53

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

Exposition dangereuse

SOURCE

CHEMINEMENT

DESTINATAIRE

Laboratoire

Risque potentiel

Chercheur

Stockage

Illustration reproduite avec l'aimable autorisation de Tom Smith, ECT Technologies, Cary, NC, USA

CSP

54

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

Ventilation

Source

Cheminement

DESTINATAIRE

Laboratoire

Chercheur hors de danger

Hotte de laboratoire

Procédure dangereuse

Alimentation en air conditionné

Effluent gazeux contaminé

Stockage

Personnel sécurisé

Illustration reproduite avec l'aimable autorisation de Tom Smith, ECT Technologies, Cary, NC, USA

CSP

55

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

Rappel:
ordre de priorité des mesures

- Mesures techniques
- Mesures administratives et pratiques de travail/d'utilisation
- Équipement de protection individuelle

CSP

56

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING



Rôles de la ventilation

- Maintenir la concentration des gaz/vapeurs au-dessous des LEMT
- Circulation de l'air pour réduire le stress thermique
- Maintenir les contaminants toxiques au-dessous des LEMT
- Entrée des espaces confinés
- Limiter l'accumulation de CO₂
- Contrôler l'air des salles blanches ou des environnements hospitaliers

LEMT = limite d'exposition en milieu de travail



57



Limites de la ventilation

- Peut nécessiter de grands volumes d'air (coûteux)
- L'air extérieur peut créer des problèmes
 - Conditionnement nécessaire
 - Réchauffement, refroidissement, déshumidification, humidification
 - Peut être « contaminé »
- Conception du système
 - Retirer le contaminant de la zone de respiration
 - Vitesse ou volume d'air insuffisants
- Nettoyage ou rejet de contaminants
- Formation nécessaire des utilisateurs



58



Mesures techniques pour la ventilation

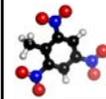


Ventilation générale
par dilution
Non valable

Ventilation par
échappement localisé
Préférable



59



Utiliser la ventilation par dilution (générale)

- Pour contrôler :
- la température
 - les substances non nocives
 - les nuisances
 - les odeurs



60



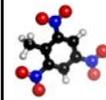


Utiliser la ventilation par échappement localisé (LEV)

- Pour renfermer et confiner
- Pour les contaminants toxiques
- Lorsque les employés travaillent à proximité de la source de contamination
- Lorsqu'un confinement total est impossible



61



Ventilation par échappement localisé



62

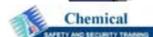


Principes de la ventilation par échappement localisé (LEV)

- Confiner la source
- Capturer le contaminant près de la source
- Éloigner le contaminant de la zone de respiration
- Alimenter la zone en air d'appoint de qualité
- Évacuation à l'écart de l'entrée d'air



63



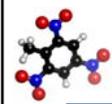
Définitions

- **Hotte** : tout dispositif d'aspiration, quelle que soit sa forme, qui confine, capte ou élimine les contaminants.
- **Ventilation par dilution** : déplace l'air dans la salle à l'aide d'un ventilateur et l'évacue parfois à l'extérieur.
- **Ventilation par échappement localisé (LEV)** : système de ventilation qui capte et évacue les contaminants émis.



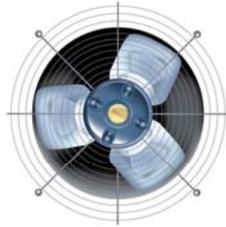
64



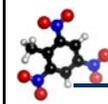


Composants du système

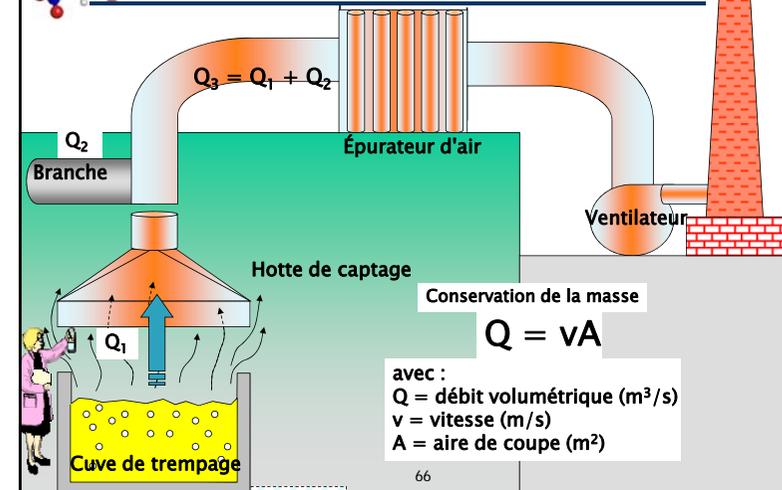
- Hotte
- Conduits
- Épurateurs d'air (facultatifs)
- Ventilateur
- Refoulement



65



Caractéristiques du système



66



$$Q = vA$$

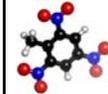
Q = débit volumétrique de l'air (m³/s)

v = vitesse de l'air circulant (m/s)

A = aire de l'ouverture par laquelle l'air pénètre (m²)

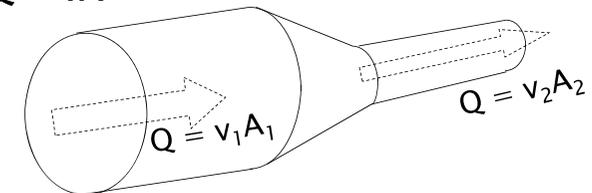


67



Débit volumétrique

$$Q = vA$$



Q = débit volumétrique, m³/s
 v = vitesse moyenne, m/s
 A = aire de coupe, m²



68





Pertes du système

- **Perte par frottement**
 - Des surfaces plus rugueuses entraînent une vitesse plus élevée
 - $PF \propto LV^2/d$
 - PF : unités de longueur de tuyau
- **Perte dynamique**
 - Turbulence due aux coudes ou aux changements/transitions de superficie de la section transversale
 - Turbulence à l'entrée de la hotte
 - Coefficient d'admission « C_a », mesure l'efficacité de l'admission de la hotte
 - Plus le coude ou la transition sont abrupts, plus la PD augmente
 - PD : unités de longueur de tuyau équivalente ou fraction de PV (pression du vent)
- **Pertes de pression provenant des dispositifs du système**
 - Ventilateurs, épurateurs d'air, etc



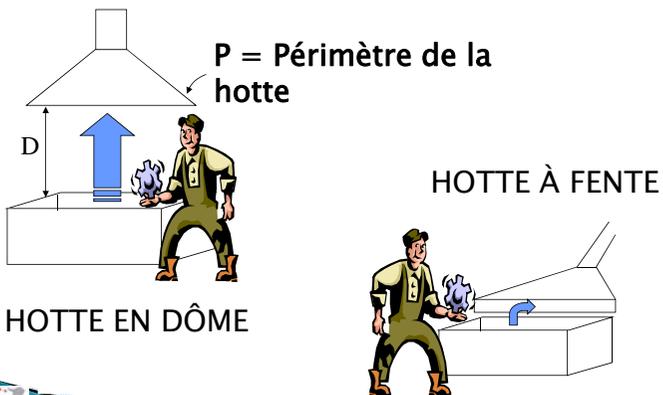
69



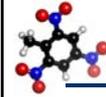
Salle de presse – système de ventilation



Hottes de ventilation par échappement localisé



71



Hotte en dôme – atelier d'usinage



72





Hotte de soudage portable



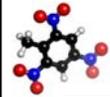
73



Hotte chimique traditionnelle



74

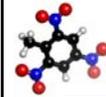


Objectifs de conception des enceintes équilibrées

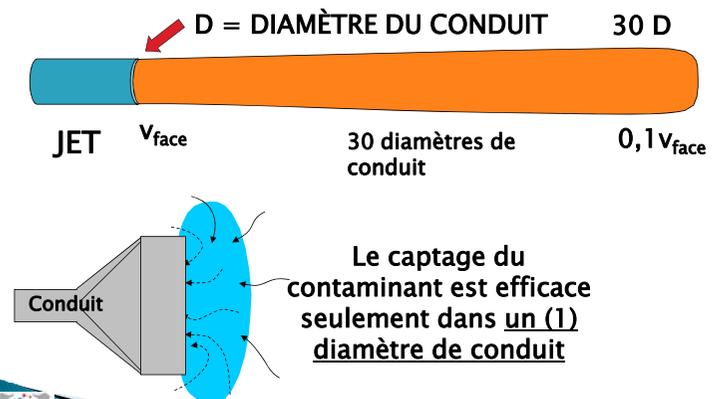
- Haut niveau de confinement
- Lecture fiable de l'équilibre
- Ergonomie, visibilité, confort
- Polyvalence en fonction de la tâche
- Efficacité énergétique
 - enceinte de 2 pieds = $0,047 \text{ m}^3/\text{s}$ (100 CFM) d'air
 - hotte de 6 pieds = $0,566 \text{ m}^3/\text{s}$ (1200 CFM) d'air
 - $0,566 \text{ m}^3/\text{s}$ (1200 CFM) = 5000 \$/an



75

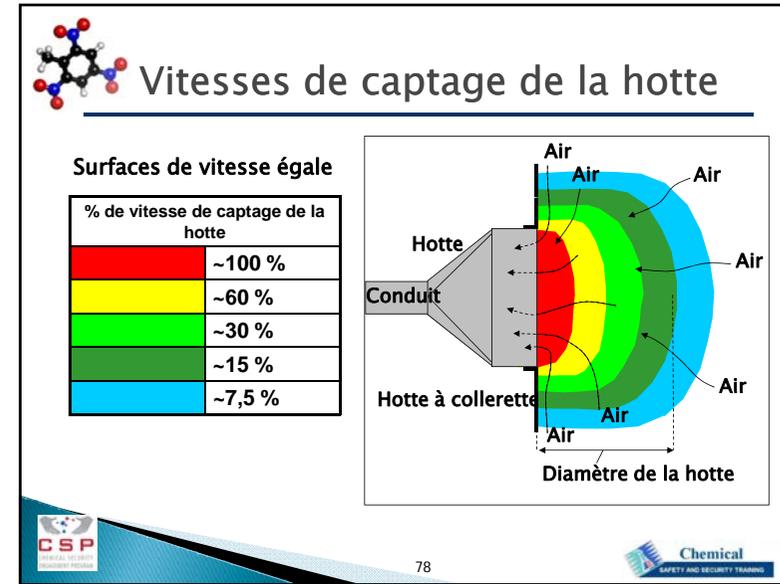
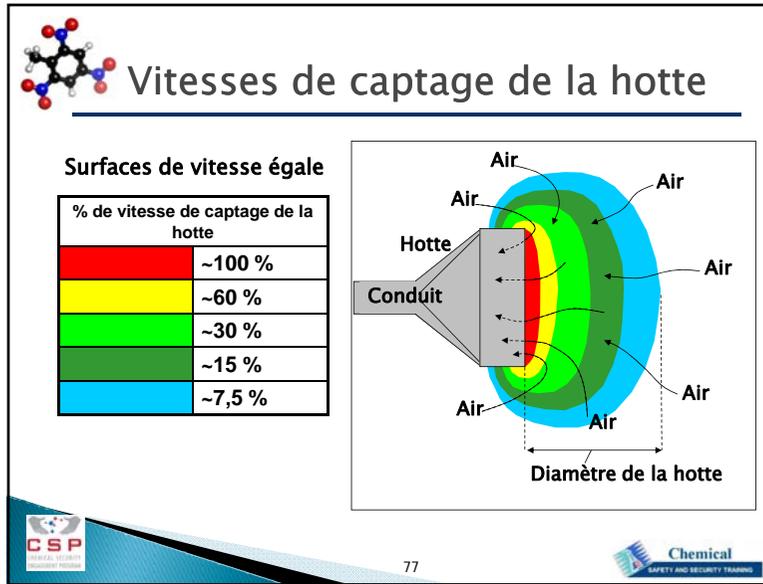


Débit de sortie et d'entrée



76





Vitesses de captage recommandées

CONDITION	EXEMPLES	VITESSE DE CAPTAGE pieds/mn (m/s)
Vitesse nulle, air calme	Évaporation de réservoirs, dégraisseurs	50 – 100 (0,25 – 0,5)
Vitesse faible, air modérément calme	Cabines de pulvérisation, remplissage de conteneur, soudage, placage	100 – 200 (0,5 – 1,0)
Génération active en zone agitée	Peinture au pistolet (cabines peu profondes), broyeurs	200 – 500 (1,0 – 2,5)
Vitesse initiale élevée dans une zone à mouvement d'air très rapide	Meulage, décapage par projection d'abrasif, tonnelage	500 – 2000 (2,5 – 10,1)

TYPE DE HOTTE	DESCRIPTION	RAPPORT DE FORME VL	DÉBIT D'AIR
	FENTE	0.2 OU MOINS	$Q=3,7LVX$
	FENTE À COLLERETTE	0.2 OU MOINS	$Q=2,6LVX$
	OUVERTURE SIMPLE ET ARRONDI	0.2 OU PLUS	$Q=V(10X^2+A)$
	OUVERTURE À COLLERETTE ET ARRONDI	0.2 OU PLUS	$Q=0,75V(10X^2+A)$
	CABINE	À ADAPTER AU TRAVAIL	$Q=VA+VWH$
	DÔME	À ADAPTER AU TRAVAIL	$Q=1,4PVD$ VOIR LA FIGURE VS-99-03 P=PÉRIMÈTRE D=HAUTEUR AU-DESSUS DU PLAN DE TRAVAIL
	OUVERTURE SIMPLE À PLUSIEURS FENTES 2 FENTES OU PLUS	0.2 OU PLUS	$Q=V(10X^2+A)$
	OUVERTURE À COLLERETTE À PLUSIEURS FENTES 2 FENTES OU PLUS	0.2 OU PLUS	$Q=0,75V(10X^2+A)$



Calculs du type de hotte nécessaire

Ouverture simple : $Q = v (10X^2 + A)$

Ouverture à collerette: $Q = 0,75 v (10X^2 + A)$

Q = débit d'air (m^3/s)

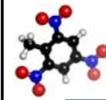
v = vitesse d'air (m/s)

X = distance entre la face de la hotte et la source de contamination (m)

A = aire (m^2)

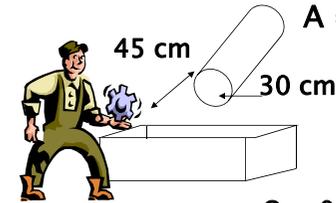


81



Calculs de débit de hotte: exemple

Déterminez le débit d'air nécessaire pour capter de la vapeur de trichloréthylène d'un dégraisseur à l'aide d'un conduit à ouverture simple d'un diamètre de 30 cm dont la face est située à 45 cm de la source de vapeur.



$$A = \frac{\pi(30\text{cm}/100)^2}{4} = 0,071 \text{ m}^2$$

$$Q = v (10X^2 + A)$$

Supposez une vitesse de captage de 0,5 m/s $Q = 0,5 \text{ m/s} [(10 \times 0,45^2) + 0,071 \text{ m}^2]$
 $Q = 0,5 \text{ m/s} (2,096 \text{ m}^2) = 1,048 \text{ m}^3/s$



82



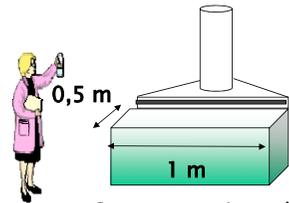
Calculs de débit de hotte : exemple

Déterminez le débit d'air requis pour capter la vapeur de trichloréthylène d'un dégraisseur à l'aide d'une hotte à fente de 4 cm avec collerette, mesurant 1 m de long, située à l'arrière d'une cuve de trempage à 0,5 m du bord avant.

$$Q = 2,6LvX$$

$$Q = 2,6(1 \text{ m})(0,5 \text{ m/s})(0,5 \text{ m})$$

$$Q = 0,65 \text{ m}^3/s$$



Supposez une vitesse de captage de 0,5 m/s

La hotte à fente avec collerette utilise nettement moins d'air et est sans doute plus efficace dans l'ensemble.



83



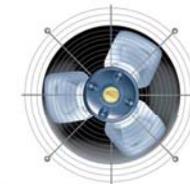
Vitesse du ventilateur et débit d'air

Ventilateur délivrant en valeur nominale 5,0 m^3/s d'air et tournant à 400 tr/min. Si la vitesse du ventilateur augmente de 25 % et passe à 500 tr/min, quel est le nouveau débit d'air ?

$$Q \propto \text{tr/min}$$

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{\text{tr/min}_2}{\text{tr/min}_1} \right)$$

$$Q_2 = 5 \left(\frac{500}{400} \right) = 6,25 \text{ m}^3/s$$



84



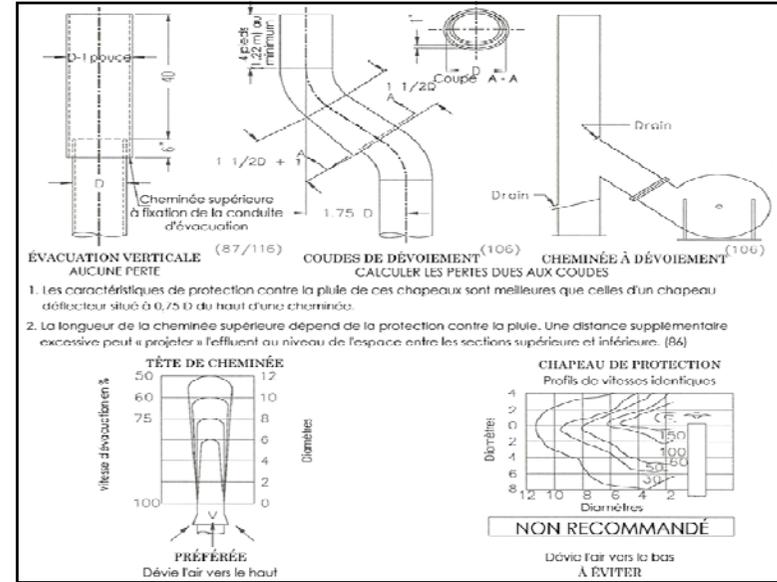


Échappement de l'air pollué

- Hauteur
- Vitesse d'échappement
- Configuration



85



Mesures techniques : éviter la recirculation de l'air évacué

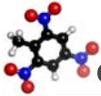
Échappement de hotte

Admission d'air



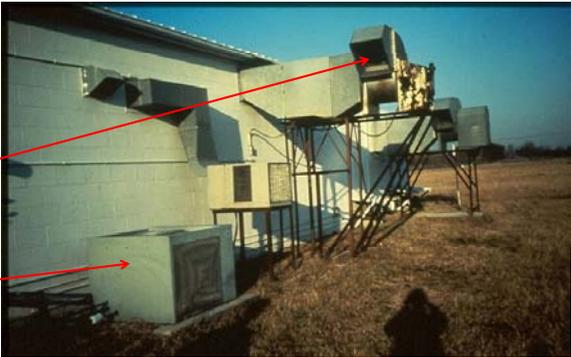
88



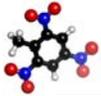
 **Mesures techniques :**
éviter la recirculation de l'air évacué

Échappement de hotte très dangereux

Admission d'air



 89 

 **Problèmes possibles**

- Volume d'air insuffisant
- Débit d'air trop élevé
- Mauvais emplacement
- Configuration inadaptée
- Mauvaise conception de hotte
- Vitesse trop faible dans le conduit
- Air d'appoint insuffisant
- Système bouché
- Bruit



 90 

 **Remerciements**

- ▶ Tom Smith, Exposure Control Technologies, Cary, NC, USA <http://www.labhoodpro.com/>
- ▶ Nelson Couch, PhD, CIH, CSP, Triangle Health & Safety Inc., Durham, NC, USA ncouch@earthlink.net
- ▶ Ray Ryan, Flow Sciences International, Leland, NC, USA <http://www.flowsciences.com>

 91 

 **Des questions ?**



 92 




Hottes chimiques : Fonctionnement et dépannage

CSP
CHEMICAL SAFETY
TRAINING PROGRAM

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

93



Utilisation incorrecte des hottes



CSP
CHEMICAL SAFETY
TRAINING PROGRAM

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

94



Hotte chimique de laboratoire

- ▶ Également appelée hotte fermée ou sorbonne
- ▶ Conçue pour limiter l'exposition à des aérosols dangereux ou inconfortants
- ▶ Utilisée pour la première fois par des alchimistes il y a 500 ans



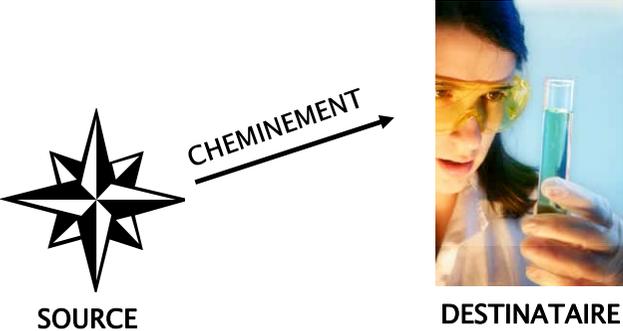
CSP
CHEMICAL SAFETY
TRAINING PROGRAM

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

95



Conception du contrôle



CSP
CHEMICAL SAFETY
TRAINING PROGRAM

Chemical
SAFETY AND SECURITY TRAINING

96



Mise en œuvre de la LEV

- Identifier et caractériser le contaminant
- Caractériser le mouvement d'air
- Identifier les différentes solutions de contrôle
- Sélectionner la plus efficace
- Mettre en œuvre la solution
- Évaluer le contrôle
- Entretien du contrôle



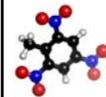
Captage de la LEV

- Configuration de la hotte (type de hotte)
- Degré de confinement (par ex. boîte à gants à confinement total)
- Mouvement de l'air dans la hotte (uniforme, laminaire, non turbulent)



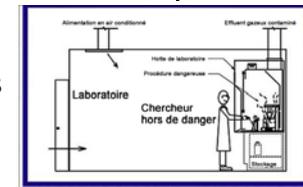
Conception des conduits

- Fournir une vitesse de captage adéquate
 - Généralement 0,4 à 0,6 m/s (80 à 120 pieds/minute)
- Maintenir la vitesse de transport
 - Pour les laboratoires chimiques ~ 1,2 m³/s (2500 pieds cubes/mn)



Conception des conduits (suite)

- Maintenir l'équilibre du système
 - c'est-à-dire égaliser l'air neuf et l'air recyclé de retour
 - équilibrer les débits d'air entre les différentes hottes avec collecteur
- Réduire au minimum la consommation électrique
 - c'est-à-dire économiser l'énergie
 - réduire les coûts





Exigence de conception des hottes LEV

- Capturer les émissions à proximité de la source
- Éloigner le contaminant de la zone de respiration
- Tenir compte des mouvements d'air naturels pour positionner la hotte
- Minimiser les mouvements d'air à proximité de la source
- Ne pas perturber le travail de l'opérateur



101



Hottes de laboratoire

Les hottes et la ventilation de laboratoire sont le fondement des mesures techniques.
Elles doivent être correctement *sélectionnées, situées, utilisées* et *entretenu*s.



102

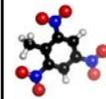


Critères d'emplacement des hottes

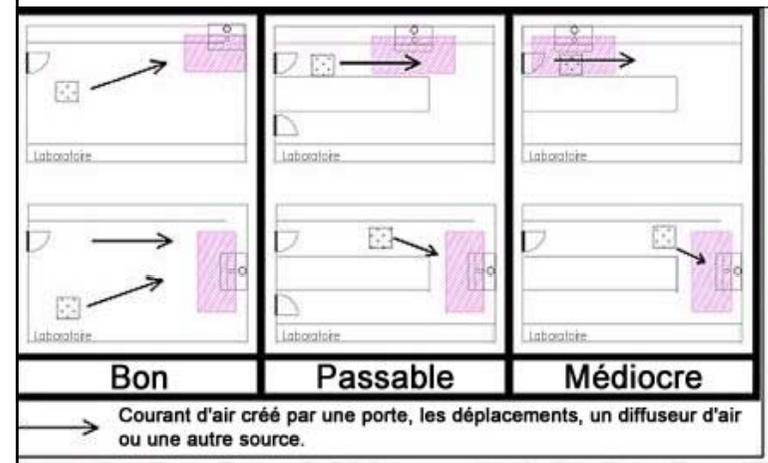
- ▶ Le plus près possible de la source de contamination
- ▶ Pour éloigner le contaminant de l'opérateur
- ▶ Réduire au minimum les courants d'air
- ▶ Ne pas placer près des fenêtres ou des portes
- ▶ Ne pas placer près d'un diffuseur de climatisation/chauffage
- ▶ Ne pas perturber le travail d'autres personnes
- ▶ Placer à l'écart du trafic
- ▶ Place vers l'arrière du laboratoire



103



Une personne marchant à la vitesse de 0,9 à 1,3 m/s génère des courants d'air de 1,3 m/s qui peuvent interférer avec le captage par la hotte.





Principes de conception et de fonctionnement des hottes

- ▶ Renfermer au maximum la zone de travail.
- ▶ Placer les commandes de gaz, électricité, etc. à l'extérieur ou aussi près que possible de l'avant de la hotte.
- ▶ Les éclairages des hottes doivent être étanches à la vapeur.
- ▶ Fixer le moteur de la hotte *à l'extérieur du bâtiment et à l'écart des prises d'air du bâtiment.*
- ▶ Ne pas utiliser les hottes pour des usages non prévus (digestion à l'acide perchlorique, radio-isotopes).
- ▶ Veiller à ce que le matériau des conduits soit compatible avec les gaz d'échappement.
- ▶ Ne pas utiliser la hotte si elle ne fonctionne pas correctement.



105



Principes de conception et de fonctionnement des hottes (suite)

- ▶ Ne pas mettre la tête dans la hotte.
- ▶ Utiliser des EPI adaptés (gants, protection oculaire, etc.).
- ▶ Placer les équipements volumineux au-dessus de la surface sur des blocs de 5 cm pour permettre une circulation d'air uniforme.
- ▶ Baisser la guillotine à 30 – 50 cm pendant l'utilisation.
- ▶ Abaisser entièrement la guillotine après utilisation.
- ▶ Utiliser un tapis protecteur ou un plateau à l'intérieur de la hotte pour contenir les déversements.



http://www.news.harvard.edu/gazette/daily/0403/photos/03-meltonstem_1.jpg



106



Principes de conception et de fonctionnement des hottes (suite)

- ▶ Travailler au centre de la hotte et à 15 cm de la guillotine.
- ▶ Ne pas stocker de produits chimiques ou de matériel dans la hotte.
- ▶ Ne pas bloquer les déflecteurs (fentes).
- ▶ Entretenir régulièrement la hotte (inspecter la courroie de ventilateur, lubrifier le moteur).
- ▶ Tester régulièrement la hotte (débit, noter la hauteur de travail de la guillotine).
- ▶ Signaler les problèmes, les doutes et les défaillances immédiatement.



107



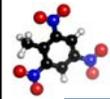
Types de hotte de laboratoire

- **Volume d'air constant (VAC)**
 - Traditionnelle/Standard/conventionnelle
 - Dérivation
 - HOPEC (guillotine à coulisse horizontale et verticale)
 - Air auxiliaire (non recommandé pour les travaux de laboratoire)
- **Volume d'air variable (VAV)**



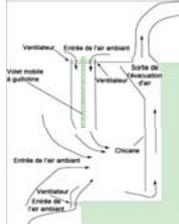
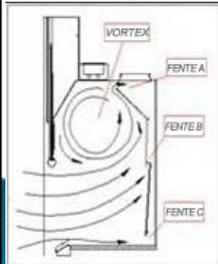
108





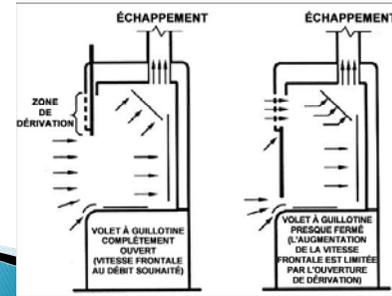
Hotte traditionnelle à volume constant

- La totalité de l'air d'appoint pénètre par la face de la hotte.
- Le volume d'air refoulé est constant, quelle que soit la taille de l'ouverture de la face ou la hauteur de la guillotine.
- Le volume d'air en mouvement est constant, mais la vitesse varie en fonction de la hauteur de la guillotine.



Hotte à dérivation à volume constant

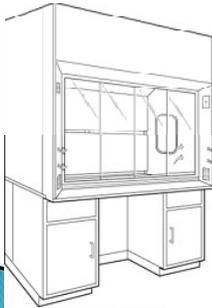
- L'air d'appoint pénètre par la face et par une dérivation.
- L'ouverture de la dérivation varie en fonction de l'ouverture et de la fermeture de la guillotine.
- À mesure que la guillotine est déplacée, une zone presque équivalente est dégagée, ce qui maintient une ouverture constante et donc un volume constant d'air traversant la face.



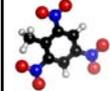
Sorbonne HOPEC (Hand Operated Positive Energy Control)

La guillotine à coulisse horizontale et verticale limite l'ouverture frontale à 50 % au plus.

Maintient un volume d'air constant et limite la consommation d'énergie.



111

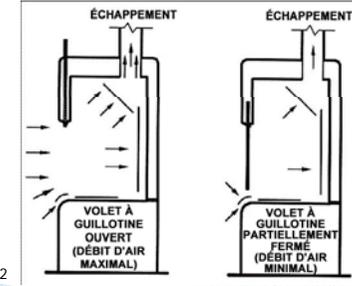
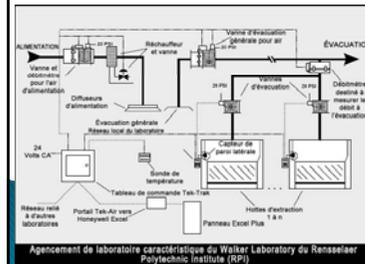


Sorbonne à débit variable

Utilise des commandes mécaniques et électroniques pour maintenir une vitesse d'air constante.

Interface avec l'alimentation d'air de la salle pour maintenir une vitesse frontale constante et d'économiser ainsi l'énergie.

La complexité des composants électroniques requiert une formation spéciale pour son entretien.



Agencement de laboratoire caractéristique du Walker Laboratory du Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)

112



Hottes spécialisées

- ▶ Pour acide perchlorique (lavage à l'eau)
- ▶ Pour radio-isotopes (avec des filtres spéciaux)
- ▶ Hottes de plein-pied (improprement appelées « walk-in »)
- ▶ Hottes de distillation (à ~0,5 m du sol)
- ▶ Hottes à dôme (non adaptées à la plupart des travaux de laboratoire)
- ▶ Hottes à fente
- ▶ Hottes à recyclage
- ▶ Enceintes ventilées ou hottes spéciales
- ▶ Boîtes à gants (confinement total)
- ▶ Armoires de biosécurité (BSC)



113



Hottes spécialisées

Hotte pour handicapés



Boîte à gants



Hotte à dôme



Hotte de plein-pied



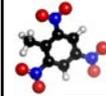
114

Ventilation de laboratoire

EXEMPLE : Extracteur de fumées "Snorkel"



Extraction des vapeurs de soudure au plomb



Exemple de hotte à dôme

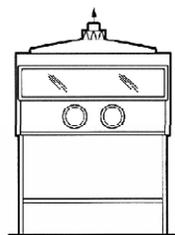


116



Boîtes à gants

- Les boîtes à gants sont utilisées lorsque la toxicité, le niveau de radioactivité ou la réactivité à l'oxygène des substances à l'étude représentent un risque trop grand pour les utiliser dans une hotte d'extraction....
- Le principal avantage réside dans la protection du travailleur et du produit.



VUE DE FACE



VUE LATÉRALE



Hottes ventilées à usage spécial



Poste de pesée chimique



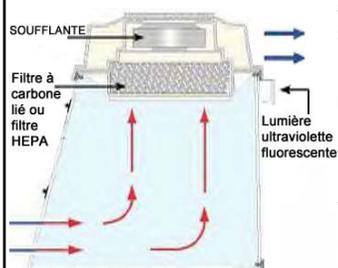
Poste de transvasement de poudre en vrac



118



Hottes à recyclage



À utiliser uniquement dans les cas suivants :

- Petites quantités de substances non volatiles connues
- Avec des filtres HEPA seulement
- Jamais avec des substances volatiles
- Les filtres à charbon ne sont pas fiables sauf si le temps de protection pour le produit chimique spécifique utilisé est connu



119



Hottes spécialisées

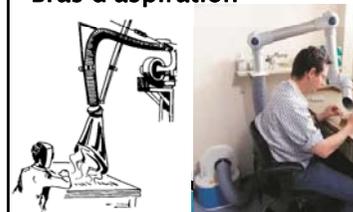
Hotte à poussière, aliments pour animaux



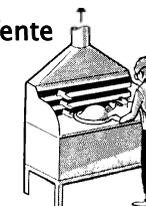
Table aspirante



Bras d'aspiration



Hotte à fente



120



Armoires de biosécurité (BSC)

Plusieurs types/classes et configurations.

Conçus pour protéger l'échantillon, et parfois l'opérateur, d'une contamination biologique.

La plupart des BSC ne sont pas adaptées aux produits chimiques volatils et dangereux.

Généralement pas de ventilation vers l'extérieur.



Référence: <http://www.cdc.gov/od/ohs/bioafty/bisc/bisc.htm>



121



Problèmes de hotte et pièges à éviter

- Vitesse frontale
 - Recommandée 0,4 à 0,5 m/s (80 à 100 pieds/minute)
- Renouvellements d'air par heure
 - Recommandés : 6 à 10/heure

Aucune de ces mesures ne peut garantir le captage ou le confinement dans la hotte.



122



Évaluation des hottes

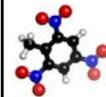
- Vitesse frontale, condition nécessaire mais non suffisante
- Essais au tube fumigène
- Essais à la bougie fumigène
- Tests à l'encens
- Test 110-1995 (SF₆) de l'ASHRAE
- Facteurs de protection (FP = 300-10 000) :



FP = $\frac{\text{Concentration de contaminant dans l'air extrait}}{\text{Concentration de contaminant dans la zone de respiration}}$



123



Évaluation du système de ventilation

- Sources de fumée
 - Inspection visuelle du mouvement d'air
 - Évaluation de l'efficacité de captage
- Essais au tube fumigène
- Essais à la bougie fumigène
- Générateurs de fumée
- Bâtons d'encens



124





Évaluation du système de ventilation

- Mesures de la vitesse
 - Anémomètre/vélocimètre
 - en pieds/mn ou m/s
 - directionnel
 - Anémomètre thermique
 - en pieds/mn ou m/s
 - non directionnel



125



Évaluation de la hotte Vitesse frontale ou confinement

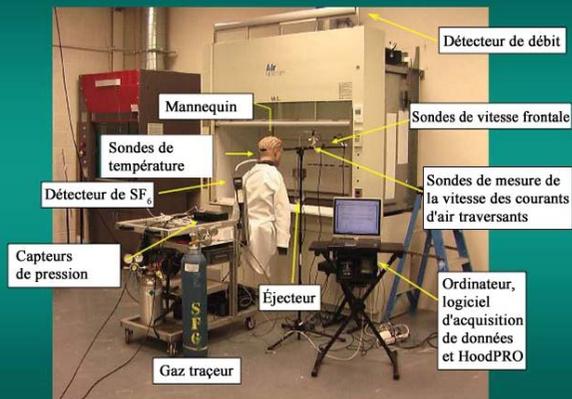
- ▶ Les tests de performance des hottes de laboratoire évaluent le confinement des contaminants. Comment déterminer le confinement?
- ▶ La vitesse frontale est-elle représentative?
- ▶ Des études montrent que 59 % des hottes remplissent les critères de vitesse frontale, mais seulement 13 % d'entre elles sont conformes à la norme ASHRAE 110 (essai au gaz traceur).
- ▶ 30 à 50 % des hottes présentant des taux de contaminants excessifs passent avec succès les tests de vitesse frontale.
- ▶ Certaines hottes de laboratoire ayant une vitesse frontale de 0,25 m/s peuvent fournir des facteurs de protection 2 200 plus grands que les hottes dont la vitesse frontale atteint 0,76 m/s.



126



Appareil d'essai des hottes d'extraction



Bouteille de gaz à l'intérieur d'une hotte



128



Essai de simulation en charge de la hotte



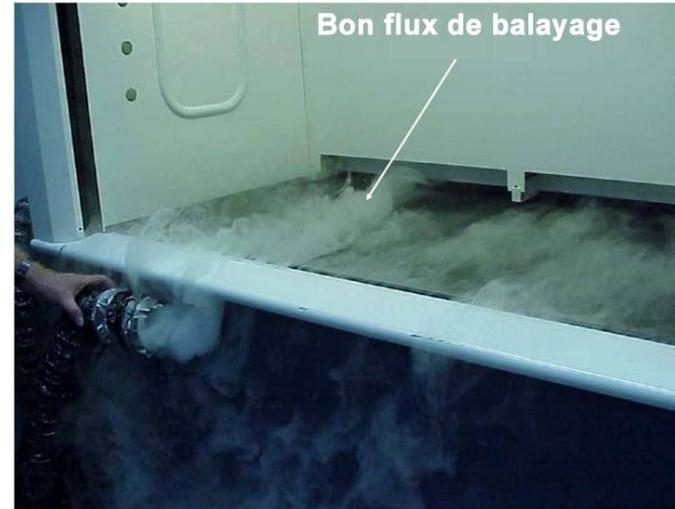
Essai de simulation avec passage devant la hotte



Essai de simulation de courants d'air traversants



Bon flux de balayage



Résumé des résultats

- Meilleurs modèles aérodynamiques et de flux d'air
- Performances équivalentes (confinement) aux hottes d'extraction classiques
 - < 0,05 ppm conformément à sa fabrication
 - < 0,1 ppm conformément à son installation et à son utilisation
 - Meilleur confinement avec les volets à guillotine complètement ouverts
 - Dépendent moins de la taille du mannequin
- Vitesse frontale minimale d'au moins 60 pieds/mn (18,3 m/mn)
- Influence persistante de facteurs externes
 - Courants d'air traversants supérieurs à 50 pieds/mn (15,2 m/mn)
 - Les courants d'air perpendiculaires sont pires que les courants d'air horizontaux
 - Les mises à l'épreuve thermique et en charge de la hotte peuvent avoir une influence sur le confinement
 - La circulation devant la hotte peut avoir une influence sur le confinement
- Toutes les hottes de haute précision ne se comportent pas de la même manière
- Les détecteurs de hotte d'extraction ont besoin d'être plus exacts et précis aux faibles débits

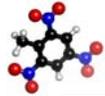


Conclusions

- ▶ La sécurité des hottes de laboratoire dépend de nombreux facteurs, notamment :
 - la conception des hottes
 - l'utilisation des hottes
 - la conception du laboratoire
 - le fonctionnement du système



134

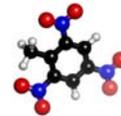


Remerciements

- ▶ Tom Smith ECT, Inc., Cary, NC, USA
- ▶ University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA
- ▶ Texas A & M University
- ▶ Flow Sciences Inc, Leland, NC, USA
- ▶ Knutson Ventilation, Edina, MN, USA
- ▶ AirClean Inc, Raleigh, NC, USA



135



Déjeuner

136



Gestion des produits chimiques

Meilleures pratiques



137





Gestion des produits chimiques sur cycle de vie complet



Réception



Stockage



Utilisation



Élimination



138





Gestion des produits chimiques: meilleure pratique pour la sécurité *et* la sûreté chimique

- Réduit les déchets dangereux
- Réduit les coûts
 - Achats
 - Élimination des déchets
 - Efficacité accrue
- Améliore la sécurité
 - Menaces internes
 - Menaces externes
- Facilite la mise en conformité avec les normes environnementales
- Améliore la qualité des recherches
- Améliore la qualité de l'apprentissage en laboratoire

Nouveau produit chimique





Déchets





139





Programme de gestion des produits chimiques: plusieurs éléments essentiels

Éléments de la gestion des produits chimiques

- Réduction des déchets à la source
- Procédures de commande et d'élimination des produits chimiques
- Gestion des stocks et suivi
- Stockage en entrepôts
- Contrôle d'accès
- Recyclage des produits, des contenants et des conditionnements



140






Planifiez les expériences à l'avance !

Quels produits chimiques sont nécessaires ?

Quelle quantité est nécessaire ? 

Comment les produits chimiques seront-ils manipulés ? 

Quels sont les produits de réaction ?

Comment les produits chimiques seront-ils stockés ?

Comment seront-ils éliminés ?

CSP CHEMICAL SAFETY

141

Chemical SAFETY AND SECURITY TRAINING



Gestion des stocks

Moins, c'est mieux !

- ▶ Commandez uniquement ce dont vous avez besoin 
- ▶ Réduisez la taille des expériences. 
- ▶ Stockage moins coûteux
- ▶ Élimination moins coûteuse

"Less is Better: Guide to minimizing waste in laboratories", Groupe de travail sur l'environnement, la santé et la sécurité des laboratoires, American Chemical Society, 2002.
http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?nfb=true&pageLabel=PP_SUPERARTICLE&page_id=2230&use_sec=false&sec_url_var=region1&_uuiid=ef91c89e-8b83-43e6-bcd0-ff0b2c0e33

CSP CHEMICAL SAFETY

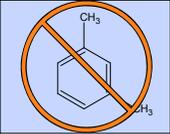
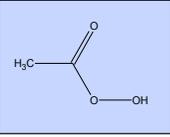
142

Chemical SAFETY AND SECURITY TRAINING



Réactifs de substitution pour réduire les déchets

- Solvants à base d'agrumes à la place du xylène au laboratoire d'histologie
- Acide peracétique à la place du formaldéhyde pour le nettoyage des appareils de dialyse rénale
- Thermomètres sans mercure
- Nettoyants enzymatiques et à base de peroxyde à la place du chromerge (NoChromix)
- Pensez aux déchets chimiques lors de l'achat d'équipements automatisés

CSP CHEMICAL SAFETY

143

Chemical SAFETY AND SECURITY TRAINING



Meilleure pratique : commande et stockage des produits chimiques

- Vérifiez que votre établissement n'en possède pas déjà (surplus)
- Commandez la quantité minimale requise (vous ne ferez pas une affaire en achetant de grandes quantités)
- Renseignez-vous sur les conditions spéciales de stockage (réfrigération, boîte sèche, etc.) 
- Notez la date de réception/d'ouverture (produit chimique instable)
- Possibilités d'élimination (déchets radioactifs, mixtes, etc.)

CSP CHEMICAL SAFETY

144

Chemical SAFETY AND SECURITY TRAINING

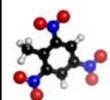


Commande et gestion des stocks de produits chimiques

- Outils de gestion des stocks de produits chimiques : bases de données et feuilles de calcul
 - Utilisation possible de codes à barres
 - Substances faciles à trouver
 - Suivi des dates de péremption
 - Traçabilité des produits chimiques
 - Documentation de l'élimination
- Rapprochement avec les stocks réels
 - Garantit la fiabilité de la base de données
 - Permet une inspection visuelle de l'état des produits chimiques



145



La base de données permet le suivi et la déclaration sécurisés du stockage et de l'utilisation des produits chimiques

Recherches et rapports :

- Recherche d'une FDS
- Menu de recherche des stocks de produits chimiques
- Menu de recherche des rapports réglementaires de produits chimiques
- Recherche de lieux de stockage de produits chimiques



Transferts, suppressions, vérifications et entrées de stock :

- Transfert ou suppression d'un produit chimique portant un code à barres
- Menu de vérification des stocks de produits chimiques
- Ajout de produits chimiques
- Menu d'échange de produits chimiques

Procédures, formulaires et liens :

- Voir les procédures, formulaires et autres documents de stockage
- Voir les liens connexes vers d'autres produits chimiques



146



Recherche de produits stockés

Par nom chimique ou appellation commerciale

Par numéro CAS

Par composant

Par lieu/société

Par lieu/propriétaire

Par demandeur

Par code à barres



147



Résultat d'une recherche sur le toluène : code à barres, lieu, service, quantité et date de commande

CODE À BARRES	LIEU	SERVICE	QUANTITÉ	UNITÉ	Date d'achat
AQ00600682	NM/518/1111	1725	1	l	24/10/2006
AQ00602185	NM/518/1123	1111	100	ml	20/11/2006
AQ00582298	NM/518/1302	1131	1	l	8/8/2006
AQ00602186	NM/518/1302	1131	100	ml	20/11/2006
AQ00602187	NM/518/1302	1131	100	ml	20/11/2006
AQ00582307	NM/518/1302	1131	4	l	8/8/2006

Des FDS et certificats d'analyse peuvent également être inclus



148





Produits chimiques susceptibles d'être utilisés dans d'autres laboratoires

ACIDES
Acide acétique (pur)
Acide chlorhydrique
Acide sulfurique

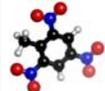
SOLVANTS
Dichlorométhane (chlorure de méthylène), acétone, chloroforme, acétate d'éthyle, glycérol, hexanes, alcool isopropylique, méthanol, éther de pétrole, toluène, xylènes

OXYDANTS
Brome, chlorate de potassium, dichromate de potassium, nitrate d'argent

POISONS
Indicateurs, iode (solide ou solution), métaux (poudres, poussières, grenaille)
Sels de sodium, de calcium, d'argent et de potassium




149



Les produits chimiques en surplus sont mis à disposition et peuvent faire l'objet d'une recherche

NOM CHIMIQUE	FDS	QTÉ	ÉTAT	DATE D'ACHAT	OUVERT ?
KIT DE RÉSINE ÉPOXY 5 MIN DEVCON	NL203800	2,5 ON CES	Liquide	25/07/2001	Non ouvert
KIT DE RÉSINE ÉPOXY 5 MIN	NL203800	2,5 ON CES	Liquide	06/08/2003	Non ouvert
TOLUÈNE	OHS23590	500 ml	Liquide	25/03/1999	Non ouvert
TOLUÈNE	OHS23590	500 ml	Liquide	25/03/1999	Non ouvert




150



Gestion des stocks



Moins, c'est mieux !
C'est plus sûr !

C'est peut-être plus économique de commander de l'**éther de diéthyle** en gros,

mais s'il est conservé longtemps après ouverture, des peroxydes peuvent se former !





151



Gestion des stocks - vieillissement des produits chimiques

- ▶ Depuis quand détenez-vous vos produits chimiques ?
- ▶ Certains produits chimiques se dégradent avec le temps
 - Faites la rotation des stocks
 - Étiquetez et datez
- ▶ Les kits d'analyse chimique ont des dates de péremption






152



Explosifs et réactifs

Exemples :

- Formation de peroxydes : éthers
- Formation de perchlorate : acide perchlorique
- Sensibilité à l'eau/l'humidité : Na, K, Li, LiAlH, métaux inflammables

Mesures de contrôle :

- Contrôle des stocks
- MON, inspections



153



Gestion des stocks

Il est important de ne pas laisser des produits chimiques qui sont susceptibles de former des peroxydes s'évaporer entièrement ou s'accumuler sous les capuchons de vis.



Produits chimiques formant des peroxydes

Même avec des inhibiteurs, ils peuvent devenir dangereux à long terme

- Éliminez ou testez en cas de doute
- Étiquetez et datez à la réception, à l'ouverture et indiquez la date de péremption

Des kits et bandelettes de test de peroxyde doivent être disponibles



154



Produits chimiques formant des peroxydes



Les peroxydes peuvent exploser lorsqu'ils sont exposés à un choc thermique ou mécanique

Exemples : éthers, dioxane, tétrahydrofurane



Références :

Il existe d'excellents sites Web sur les dangers, l'utilisation, le stockage et l'élimination des produits chimiques formant des peroxydes. Consultez par exemple :

http://www.med.cornell.edu/ehs/updates/peroxide_formers.htm



155



Stockage des produits chimiques

- ▶ Protégez les produits chimiques pendant les activités normales
- ▶ Protégez les produits chimiques contre les événements imprévisibles
 - Inondations
 - Raz de marée
 - Tremblements de terre
 - Typhons
 - Ouragans



156



Stockage de produits chimiques: concepts de base

- Séparer les produits chimiques incompatibles
- Éloigner les produits inflammables/explosifs des sources d'inflammation
- Utiliser des armoires de stockage spéciales pour les grandes quantités de solvants inflammables
- Stocker les métaux alcalins à l'abri de l'humidité
- Stocker les acides et les bases séparément



157



Stockage de produits chimiques: concepts de base

- Stocker l'acide nitrique à part
- Stocker les grands récipients sur les étagères inférieures
- Conserver sous clé les médicaments, les agents posant un risque de sécurité et de sûreté chimique et les produits chimiques hautement toxiques
- Ne pas stocker d'aliments dans les réfrigérateurs contenant des produits chimiques



158



Stockage des bouteilles de gaz

- Arrimer (avec une chaîne/une bride) séparément les bouteilles de gaz
- Visser complètement les bouchons des bouteilles
- Stocker dans un local bien ventilé
- Séparer et étiqueter les bouteilles vides
- Stocker les bouteilles vides à part
- Séparer les gaz inflammables des gaz réactifs/oxydants



159



Stockage incorrect des bouteilles de gaz



160





Dégâts causés par l'incendie des bouteilles de gaz



161



Conditions réunies pour un accident



162



Vidéo de CSB : incendie de bouteilles de gaz comprimé



163



Stockage des produits chimiques: bonnes pratiques

- ▶ Limiter l'accès
 - Étiquetage « Personnel autorisé uniquement »
 - Fermeture à clé des zones/salles/armoires de stockage non utilisées
- ▶ Veiller à ce que le site soit frais et bien ventilé
- ▶ Fixer les étagères de stockage au mur ou au sol
- ▶ Les étagères doivent avoir un rebord d'une hauteur de 2 cm.
 - Dans les régions sismiques, l'étagère doit être munie d'une barre située à quelques centimètres du rebord.



164



Stockage des produits chimiques: bonnes pratiques

▶ Séparer les produits chimiques incompatibles

- Classer les produits chimiques par groupes de compatibilité
- Ranger les produits chimiques dans l'ordre alphabétique au sein de chaque groupe de compatibilité



165



Stockage des produits chimiques : mauvaises pratiques



- ▶ Ne pas stocker les produits chimiques
 - en haut des armoires
 - sur le sol
 - dans des hottes
 - avec des aliments ou des boissons
 - dans des réfrigérateurs utilisés pour la nourriture
 - dans des lieux soumis à de grandes variations de température ou d'humidité ou exposés à la lumière du soleil



166



Stockage des produits chimiques: récipients

- ▶ Ne pas conserver d'aliments dans des récipients pour produits chimiques
- ▶ Ne pas conserver de produits chimiques dans des récipients pour aliments
- ▶ S'assurer que tous les récipients sont hermétiquement fermés
- ▶ Essuyer l'extérieur du récipient avant de le ranger
- ▶ Transporter/porter tous les conteneurs avec précaution
 - Utiliser de préférence un conteneur à protection externe



167



Stockage incorrect des produits chimiques



Ne jamais utiliser les couloirs comme lieux de stockage

Risque d'accident !!

Obstruction des voies de secours en cas d'urgence !!!



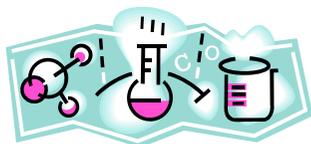
168





Suggestions de groupes de stockage sur étagères: organiques

- ▶ Acides, anhydrides
- ▶ Alcools, amides, amines
- ▶ Aldéhydes, esters, hydrocarbures
- ▶ Éthers, cétones, hydrocarbures halogénés
- ▶ Époxydes, isocyanates
- ▶ Azides, peroxydes
- ▶ Nitriles, sulfides, sulfoxydes
- ▶ Crésols, phénols



Source : « School Chemistry Laboratory Safety Guide », publication du NIOSH US 2007-107



169




Suggestions de groupes de stockage sur étagères: matières inorganiques

- ▶ Métaux, hydrures
- ▶ Halogénures, halogènes, phosphates, sulfates, sulfures
- ▶ Amides, azides, nitrates, nitrites
- ▶ Carbonates, hydroxydes, oxydes, silicates
- ▶ Chlorates, chlorites, perchlorates, peroxydes
- ▶ Arséniates, cyanures, cyanates
- ▶ Borates, chromates, manganates
- ▶ Acides
- ▶ Arsenic, phosphore, soufre

Source : « School Chemistry Laboratory Safety Guide », publication du NIOSH US 2007-107



170




Meilleure pratique : contrôle d'accès

- Formation adéquate du personnel manipulant les produits chimiques
- Seul le personnel qualifié et autorisé
 - a accès aux entrepôts et aux clés
 - possède des droits administratifs d'accès aux stocks et à la base de données
- Fermeture à clé des portes et armoires contenant des substances contrôlées
 - Matières radioactives
 - Médicaments et alcool destiné à la consommation
 - Explosifs (installation de manutention spéciale)
 - Produits chimiques à double usage
 - Déchets dangereux - produits chimiques hautement toxiques



171




Références

- « Less is Better », American Chemical Society, Washington DC, 2003, disponible en ligne : http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=2230&use_sec=false&sec_url_var=region1&_uuid=ef91c89e-8b83-43e6-bcd0-ff5b9ca0ca33
- « School Chemistry Laboratory Safety Guide », publication du NIOSH 2007-107, Cincinnati, OH, 2006, disponible en ligne : <http://www.cpsc.gov/CPSC/PUBS/PUBS/NIOSH2007107.pdf>
- « Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Chemicals », National Academy Press, 1995, disponible en ligne : http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=4911



172





Autres dangers existant dans un laboratoire de chimie



173



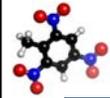
Dangers physiques

Conditions autres que des menaces chimiques, biologiques ou radiologiques, susceptibles d'entraîner des blessures, des maladies et des décès :

Incendie/amiante	Bruit
Centrifugeuses	Chaleur/froid
Fluides cryogéniques	Lumière du soleil
Ergonomie	Rayonnement non ionisant
Bureau	Dangers mécaniques
Stress/tension physique	Dangers électriques
Chantier	Entretien des locaux
	Déversements / trébuchements



174



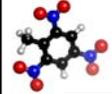
Équipements contenant de l'amiante

- ▶ Gants
- ▶ Hottes de laboratoire
- ▶ Paillasse



175





Centrifugeuses

- ▶ Usages
- ▶ Dangers
- ▶ Maîtrise des dangers
 - Seuls les utilisateurs autorisés peuvent utiliser l'équipement
 - Une formation est nécessaire
 - La personne responsable est le technicien de laboratoire
 - Des inspections périodiques doivent être effectuées



179



- Rotor
- Arbre d'entraînement
- Moteur
- Le meuble fournit divers niveaux de protection



Sécurité des centrifugeuses



Ne surchargez pas la centrifugeuse



Vérifiez l'absence de fissure sur le rotor



Le rotor et la centrifugeuse doivent rester propres



Maintenez-la en position verticale



181



Stockage des produits chimiques: fluides cryogéniques

- ▶ Séparez les fluides cryogéniques des autres produits chimiques
- ▶ Stockez les fluides cryogéniques (azote liquide) et la glace carbonique dans des locaux bien ventilés
- ▶ Portez des EPI adaptés (y compris une protection oculaire) lors de la manipulation et du transport de fluides cryogéniques
- ▶ N'utilisez pas de fluides cryogéniques dans des zones confinées



183



Cryogènes

- ▶ Définition
- ▶ Usages
- ▶ Dangers
- ▶ Contrôle
 - formation
 - inspection



184





 **Stockage des cryogènes**



Laboratoire détruit par l'explosion d'une bouteille d'azote liquide




187

 **Glace carbonique**

- ▶ Définition
- ▶ Usages
- ▶ Dangers
- ▶ Mesures de contrôle





188



Tenue des locaux



Ne pas bloquer
le flux d'air
Placer les
équipements
volumineux sur des
blocs de 5 cm à
l'intérieur de la
hotte pour
permettre une
circulation d'air
uniforme autour et
au-dessous.

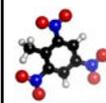


Les écrans de
sécurité
peuvent
bloquer le flux
d'air et réduire
l'efficacité de
la hotte





La nourriture n'est jamais autorisée dans les laboratoires.



Qu'est-ce qui est inapproprié sur cette photo ?



Les chaussures à bout ouvert ne sont pas autorisées dans les laboratoires.

Le port de gants, de blouses ou d'autres EPI à l'extérieur du laboratoire est à proscrire.



Travaux en solitaire/sans surveillance

- ▶ Travaux en solitaire
 - À éviter !
 - Vous serez sujet à la loi de Murphy ! (Tout ce qui peut mal tourner va mal tourner !)
 - Travaillez en tandem
- ▶ Travaux et réactions sans surveillance
 - Attention aux principales sources d'incendie, de déversement et d'explosion !
 - Procédez à des vérifications périodiques !
 - Mesures de sécurité intégrée
 - Laissez les lumières allumées pour signaler la présence d'une opération sans surveillance
 - Affichez des mises en garde appropriées et les numéros des personnes à contacter en cas d'urgence
 - Informez les personnes potentiellement affectées par une défaillance



196





Dangers électriques

- ▶ Problème potentiellement grave
 - Fils électriques effilochés, pas de certification UL, circuits saturés
 - Électricité statique
- ▶ Dangers
 - Incendie, électrocution, pannes de courant
- ▶ Contrôle
 - Inspection, action immédiate, formation



197



Dangers électriques

Vérifiez que toutes les prises sont mises à la terre et que la polarité est correcte.



198



Dangers électriques

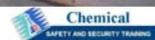
Les zones de stockage doivent être à au moins 1 m des tableaux électriques, des locaux techniques, des conduites d'air, des appareils de chauffage et des appareils d'éclairage.

Ne stockez pas les produits combustibles dans les locaux techniques ou les armoires électriques.

En cas d'urgence, il peut être nécessaire d'accéder rapidement à ces tableaux de commande.



199



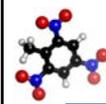


Dangers électriques

Les blocs multiprises doivent être agréés et **ne doivent pas** être utilisés pour les équipements à haute intensité de courant (fours, réfrigérateurs, etc.)



201



Chauffe-ballons

- ▶ Usages
- ▶ Dangers
- ▶ Rhéostats non protégés
- ▶ Mesures de contrôle



202



Troubles liés aux mouvements répétitifs

Environ 15 à 20 % des employés effectuant des tâches requérant des mouvements très répétitifs des épaules, des bras, des poignets ou des mains développent des troubles liés aux mouvements répétitifs.

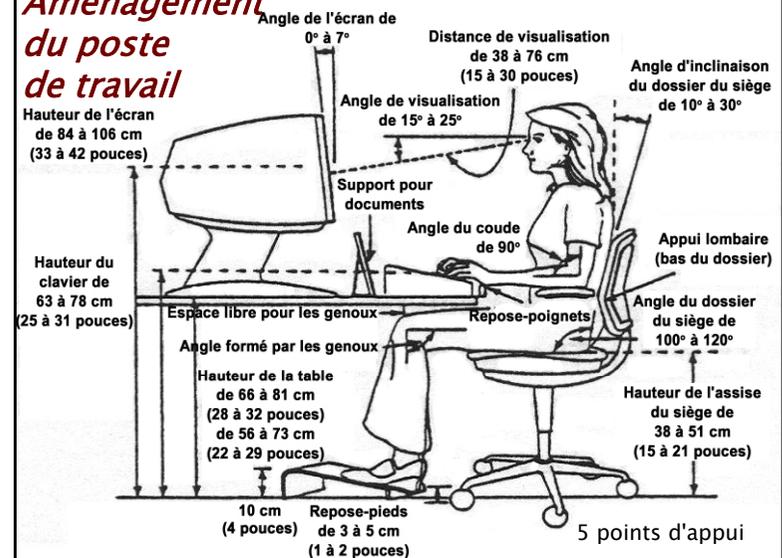
Trouble	Site affecté
Syndrome du canal carpien	Poignet
Tendinite	Coude, poignet, main
Ténosynovite	Coude, poignet, main
Épicondylite	Coude du joueur de tennis
Syndrome de Raynaud	« Doigt mort »
Neuropathie ulnaire	Doigts



203



Aménagement du poste de travail





Congélateurs



- ▶ Températures extrêmement basses
 - -20°C , -80°C
 - armoire ou chambre
- ▶ Alimentation de secours
- ▶ Étiquettes



- Précautions
 - Pas de glace carbonique dans les congélateurs !
 - Stockage non conforme
 - EPI



205



Manipulation de la verrerie

- ▶ Dangers potentiels
 - Ergonomie
 - Haute température
 - Verrerie brisée
 - Utilisation incorrecte
- ▶ Contrôle
 - Inspection
 - Formation



Attention à la verrerie contaminée, en particulier si elle est brisée !



206



Explosion d'un autoclave



207



Réactions sous haute pression

- ▶ Expériences menées à des pressions supérieures à 1 atmosphère (~ 1 bar, 760 torrs, $\sim 100\,000$ Pa)
 - Utilisation de fluides supercritiques (CO_2)
- ▶ Dangers
 - Explosions, panne du matériel
- ▶ Mesures de contrôle
 - MON, formation, mesures techniques, inspection
 - Essais à sec



208





Travaux sous vide

- Usages
 - Aspiration
- Dangers
 - Blessures dues au bris de verre
 - Toxicité du produit chimique sous vide
 - Incendie provoqué par le bris du flacon/ballon
 - Huile de pompe contaminée
- Mesures de contrôle
 - MON, inspection, formation

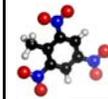


209



Les dangers mécaniques tels que les courroies d'entraînement dénudées avec des points de pincement doivent être munis d'écrans et de dispositifs de protection.

Les pompes à huile requièrent un bac d'égouttement pour récupérer l'huile.



Bruit

- Des niveaux de bruit élevés peuvent poser un problème.
- Dangers potentiels
 - Exemples : scies à os, aspirateurs d'eau mécaniques, sonicateurs, pompes
- Mesures de contrôle
 - Inspections, EPI, étiquettes de mise en garde, formation



212



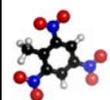


Champs magnétiques

- ▶ Usages : RMN, IRM
- ▶ Dangers
 - Champ magnétique
 - Haute tension
 - Fluides cryogéniques
 - azote, hélium par exemple
 - Autres matériaux dangereux au labo
- ▶ Mesures de contrôle
 - Contrôler l'accès au local
 - Formation
 - Indications d'avertissement

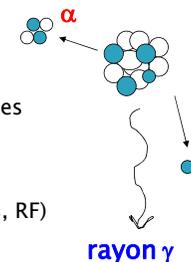


213



Rayonnement ionisant et non ionisant

- ❖ RAYONNEMENT IONISANT
 - Particules ou électromagnétique
 - Chargé (α , β) ou non chargé (γ , X, n)
 - Provoque la **ionisation** des atomes ou des molécules
- ❖ RAYONNEMENT NON IONISANT
 - Électromagnétique (UV, IR, micro-ondes, RF)
 - Ne peut ioniser les atomes ou les molécules

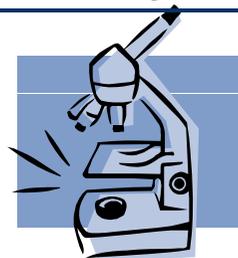


214

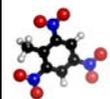


Microscopes électroniques

- ▶ Types
 - MEB, MET
- ▶ Dangers
 - Rayons X
- ▶ Maîtrise du danger
 - Maintenance périodique
 - Effectuer une enquête de radioprotection
 - Impliquer le personnel dans le programme de radioprotection

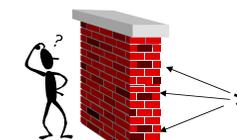
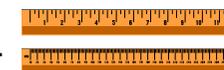


215



Mesures de protection personnelle :

- DURÉE - Limitez le temps passé à proximité de la source
- DISTANCE - Éloignez-vous.
- ÉCRAN DE PROTECTION - Absorbe l'énergie
- CONTRÔLE DE LA CONTAMINATION



216



Matériaux de l'écran de protection

${}^4_2\alpha^{++}$ alpha
 ${}^0_{-1}\beta^{-}$ bêta
 ${}^0_0\gamma$ rayons gamma et X
 1_0n neutrons

Papier
 Plastique
 Plomb ou béton
 Eau

CSP
 Chemical
 SAFETY AND SECURITY TRAINING

217

Rayonnement non ionisant

- ▶ UV, visible, IR, lasers
- ▶ Dangers
 - Érythème cutané
 - Lésions oculaires
- ▶ Mesures de contrôle
 - Formation, EPI, indications et étiquettes d'avertissement, systèmes de verrouillage

CSP
 Chemical
 SAFETY AND SECURITY TRAINING

218

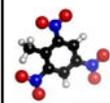


Radiofréquences et micro-ondes

- ▶ Usages
 - Fours et fourneaux
- ▶ Dangers
 - Cataractes, stérilité
 - Projection d'étincelles – utilisation de métaux dans le micro-ondes
 - Surchauffe de liquides
 - Explosion de flacons bouchés
- ▶ Mesures de contrôle
 - MON, formation, inspection

CSP
 Chemical
 SAFETY AND SECURITY TRAINING

220

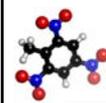


Robotique

- ▶ Pièces mobiles
 - Blessures provoquées par un heurt
- ▶ Bruit
- ▶ Lasers
- ▶ Génération d'aérosol



221



Objets pointus, aiguilles, lames

Dangers

- Piqûres d'aiguille
- Coupures
- Contamination



- ▶ Mesures de contrôle
 - MON
 - Formation
 - Modification des pratiques de travail
 - Mesures techniques



222



Faux pas, trébuchements et chutes

- ▶ Blessures les plus courantes
- ▶ Causes
 - Déversements et fuites de produits chimiques
 - Pratiques de travail non conformes
- ▶ Mesures de contrôle
 - MON, équipement adapté, communication efficace, mesures techniques



223



Maîtrise des dangers

- ▶ **Réfléchissez !**
- ▶ Élaborer des MON, un manuel de sécurité et des politiques
 - examinés et approuvés par la direction
- ▶ Examinez le protocole de recherche
- ▶ Appliquez des mesures techniques
- ▶ Fournissez des EPI
- ▶ Dispensez la formation
- ▶ Effectuez des inspections de routine et non annoncées avec le superviseur du laboratoire
- ▶ Documentez et assurez le suivi
- ▶ Agissez



224





Des questions ?




Pause

226



Lab Assessment Exercise
Part 2: Physical & Other Hazards






**Des questions ?
Discussion libre
Travaux à domicile**




228