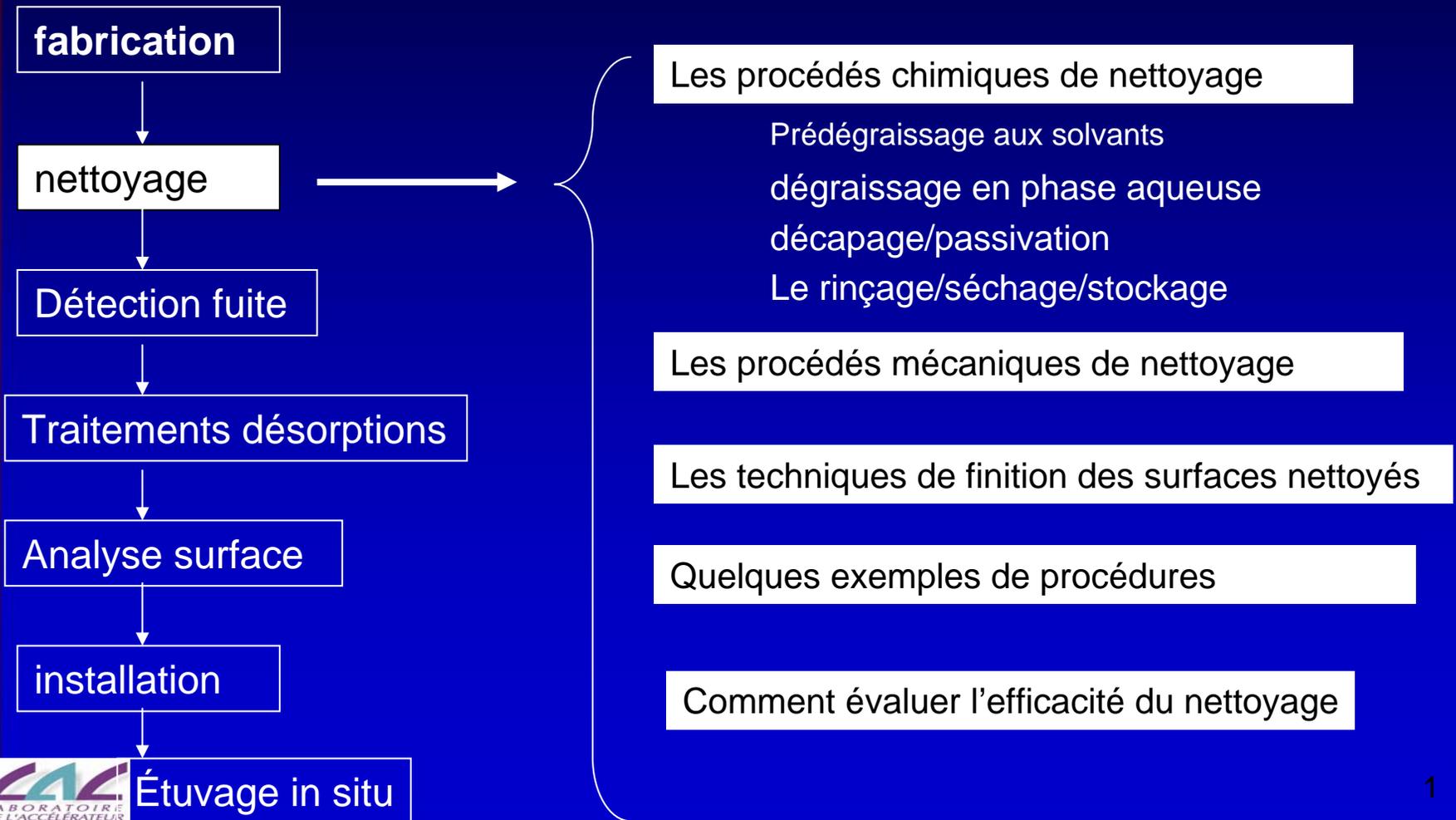


Introduction aux techniques de nettoyage



INTRODUCTION

Pourquoi nettoyer ??

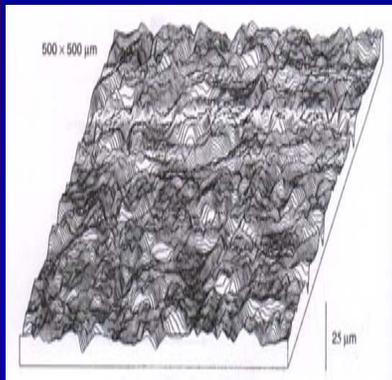
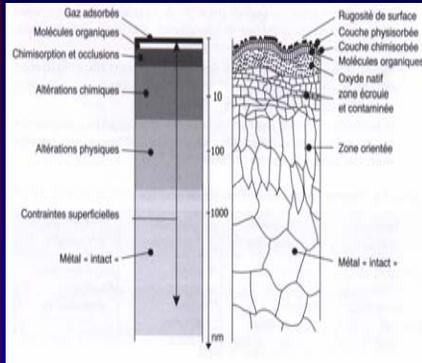
- ⇒ Taux dégazage dépend de la nature du matériau, de son procédé d'élaboration et **de sa propreté**
- ⇒ Atteindre le vide limite de l'installation
- ⇒ La qualité du vide obtenu (sans espèces contaminantes)
- ⇒ Des états de surfaces connus

Le nettoyage est une étape indispensable pour atteindre ces objectifs
Et à tous les stades de l'élaboration des enceintes

Les contaminations

Les salissures liées à l'historique de la pièce

- ⇒ L'usinage → huile de coupe (dégradation lubrifiant)
- ⇒ Coupe meulage → Incrustation de particules métalliques
Emprisonnement de gaz
- ⇒ La manipulation → Traces de doigts
Colle ruban adhésif crayon
stylo, résine
- ⇒ Le lieu de travail } → Fumées, poussières,
bactéries, ...
- ⇒ Le stockage }



La nature du matériau

- ⇒ La nature du matériau (pression de vapeur saturante faible) cadmium, zinc,..

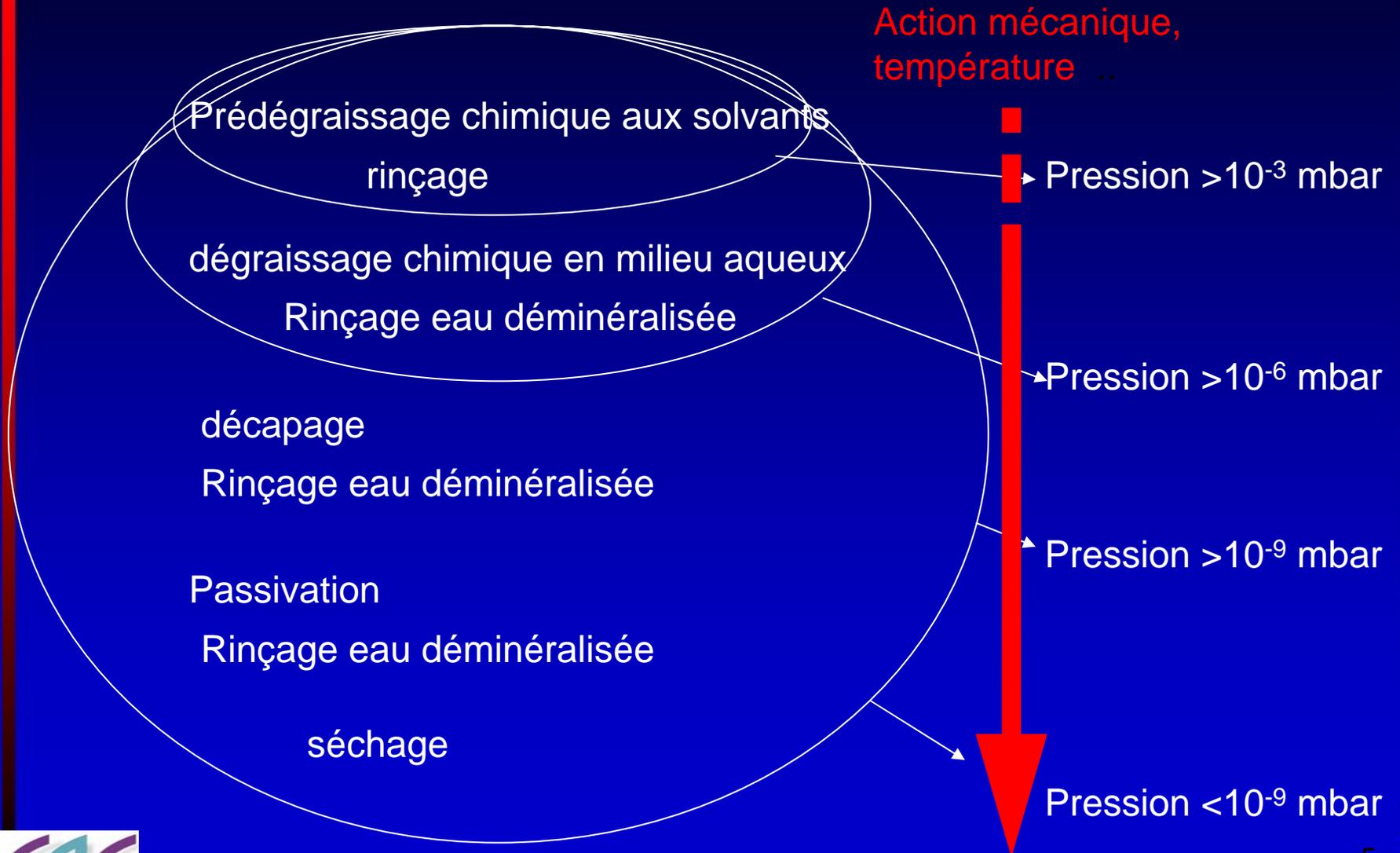
Les procédés chimiques de nettoyage

Le choix d'une procédure doit prendre en compte les critères suivants:

- ⇒ *La nature des salissures (Nature hydrophobe des graisses et des huiles)*
- ⇒ *Le niveau de vide à obtenir (primaire, poussé ou UHV).*
- ⇒ *Les contraintes du « process », la « propreté » du vide.*
- ⇒ *Les matériaux mis en œuvre.*
- ⇒ *La conception des installations*
- ⇒ *Les contraintes de l'hygiène et la sécurité.*
- ⇒ *Les coûts.*

Il n'existe pas une mais de multiples procédures

Procédure simplifiée de nettoyage



Prédégraissage chimique aux solvants

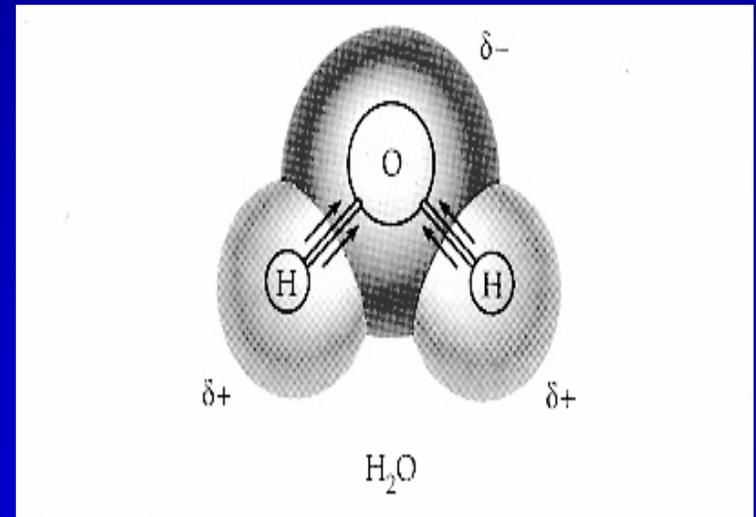
Un **solvant** est un liquide qui a la propriété de dissoudre et de diluer d'autres substances sans les modifier chimiquement et sans lui-même se modifier.

Les mécanismes d'interaction solvant soluté sont compliqués, Ils s'expliquent principalement par des liaisons de type Van der Waals:

Les molécules peuvent avoir naturellement ou de façon induite des centres de charges négatives et positives non coïncidents : il y a formation d'un dipôle électrique dont le moment est le produit distance intercentre-charge et qui est capable d'attirer une molécule ayant elle aussi une « dipolarité naturelle ou induite »

⇒ L'action principale des solvants est liée à leur fort moment dipolaire qui casse les liaisons salissures-surface.

⇒ Principalement 3 types de solvants (protique, aprotique polaire, aprotique apolaire)



Moment dipolaire

Dossier CNRS eau

Solvant protique

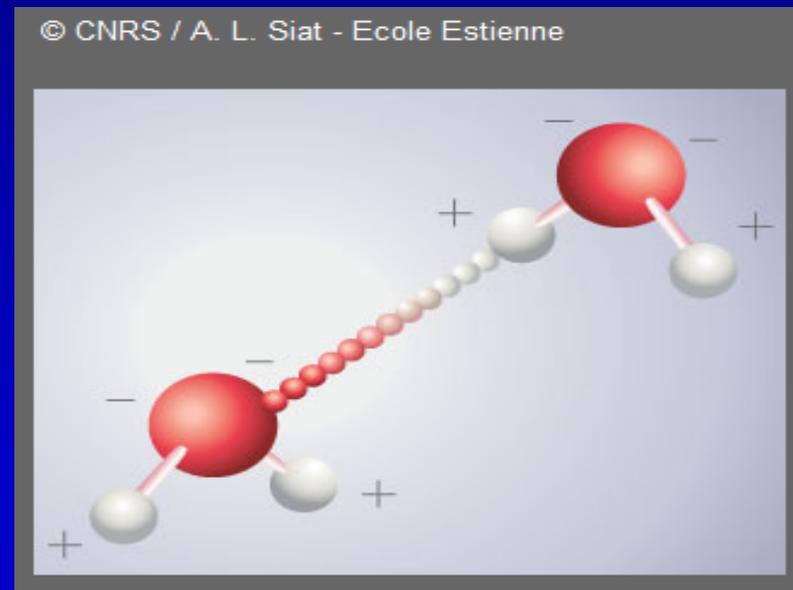
Solvant protique

eau, méthanol, éthanol, ammoniac...

- ⇒ Moment dipolaire
- ⇒ Liaisons hydrogènes liées à des hétéroatomes (O,N)
(Liaison hydrophile)

La liaison hydrogène

- ⇒ Liaison dipôle- dipôle . la charge partielle positive formé par un des deux dipôles est porté par un atome d'hydrogène



Liaison hydrogène de l'eau

Solvant protique

Solvant protique permet
des Liaisons hydrogènes

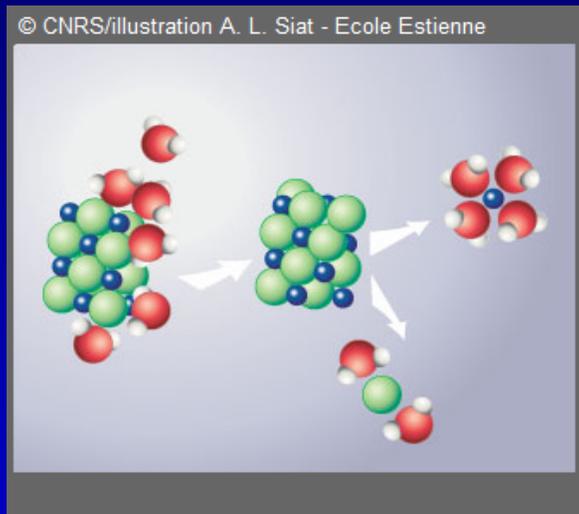


Composé
hydrophile



Soluble dans l'eau

Exemple de la dissolution du chlorure de sodium par de l'eau



Bon solvant pour les composés ioniques (les sels) ,pour les moléculaires polaires,
peu efficace pour les huiles et les graisses. (solvant volatile et inflammable)

Utilisation fréquente de l'éthanol pur (Peu de résidu)

Solvant aprotique apolaire

Solvant aprotique apolaire

Solvant chloré, fluoré et pétrolier

trichloréthane, tétrachloréthylène,
polychlorofluoréthanes, cyclohexane ...

- ⇒ Pas de moment dipolaire
- ⇒ Pas de liaisons hydrogènes
- ⇒ Molécules hydrophobes

→ Non soluble dans l'eau

Les molécules hydrophobes tendent à se regrouper, ce qui crée une force, une liaison hydrophobe.

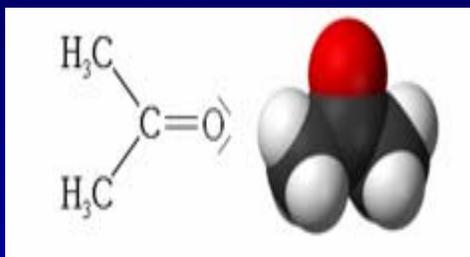
Solvant moyen, salissure moyennement tenace, corps gras, huiles pas les souillures minérales

Ils ont l'avantage en général de ne pas être inflammables mais
ils sont très nocifs

Solvant aprotique polaire

Solvant aprotique polaire

Acétone, dichlorométhane, diméthylformamide,...



Acétone

⇒ Pas de liaisons hydrogènes

L'hydrogène est lié à des atomes de Carbone

⇒ Moment dipolaire

⇒ Solvant à caractère hydrophile par son atome d'oxygène et plutôt hydrophobe par son radical CH₃

Bon solvant pour les colles, les résines, graisses
En général, solvant très volatile et très inflammable

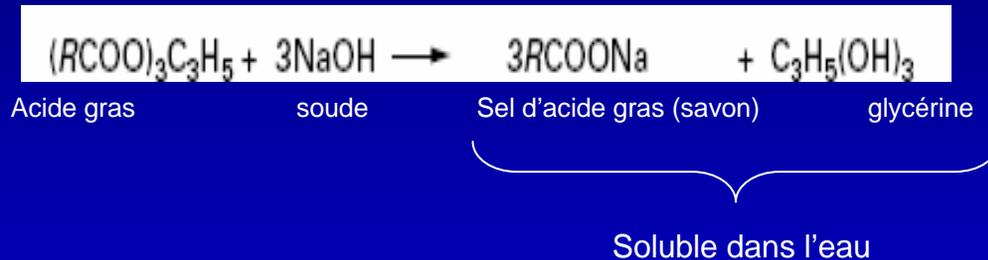
Le prédégraissage permet d'éliminer de l'ordre de 95 % des huiles sur la surface. (contamination organique résiduelle d'environ 10^{-4} g.cm⁻²)

Le dégraissage chimique en phase aqueuse

Élimination du film huileux résiduel s'effectue schématiquement par deux modes d'action

La saponification :

Réaction chimique entre l'huile et une base (solution alcaline)

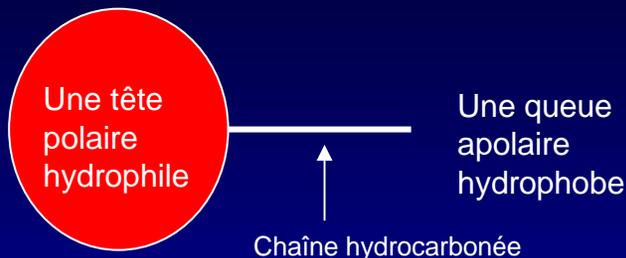
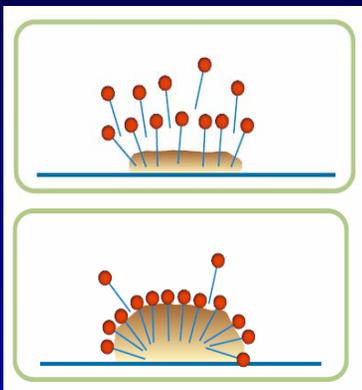


La détergence :

Agents tensioactifs permettant de décoller les salissures et de les encapsuler

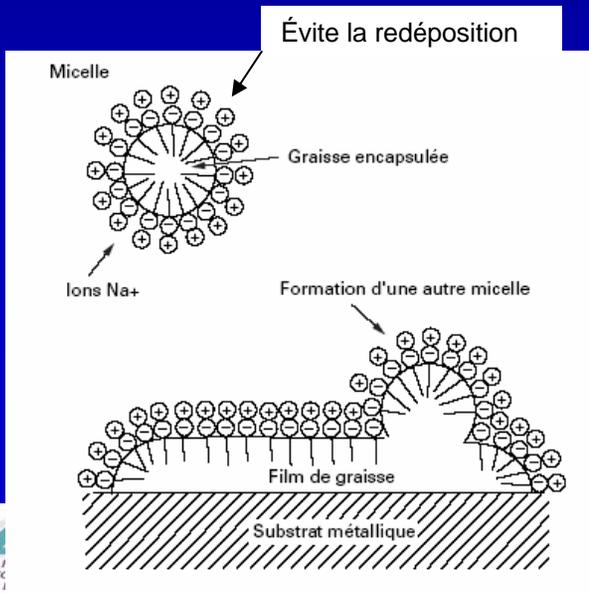
Le dégraissage chimique en phase aqueuse

Action des agents tensioactifs



⇒ Diminution de la tension superficielle de la phase aqueuse

└─> Meilleure solvabilité de la graisse



Avantages des lessives sont leurs non toxicités, leurs coûts modérés mais elles laissent souvent des résidus (sel), un rinçage soigneux est nécessaire

⇒ Le PH est en principe non neutre (alcalin ou acide) peut engendrer des oxydations des surfaces (voir même un léger décapage sur certains oxydes et alliages (brasure,...))

Liste de solvant et de détergent

Solvents		
Trade name	Producer	Main component
FREON	Du Pont	CFC 113
AXAREL9100	Du Pont	Blend hydrocarbons
BIOSANE SL80	M.C.C. Tech. Indust.	Blend isomers and esters
PURASOLV ELS	Purac	Ethyl-S(-)-Lactate
CLERANE 260	Total	White spirit desaromat.
DOWCLENE PX16S	Dow	Alkoxypropanols
DERTOSOL N	D.R.T.	Terpenic hydrocarbons
ENSOLV	Enviro Tech.Intern.USA	Halogen.Aliph.Hydrocarb.
VERTREL MCA	Du Pont	Hydrofluorocarbon
VERTREL MCA + XF	Du Pont	Hydrofluorocarbon
HFE 71 IPA	3 M	Hydrofluoroether

Detergents	
Trade name	Producer
DECON 90	Decon
DL 1	Phagogene
Almeco 18	Henkel
Tickopur R33	DR.H. STAMM GmbH
Simple green chrystal	Simple Green

exemple de solvant
et de détergent

C. Benvenuti and all,
surface cleaning efficiency
measurements for UHV
applications, Vacuum 53,
317 (1999)

Nocivité des solvants

- ⇒ **Interdiction** de certains solvants chloré et/ ou fluoré **CFC113** (fréon 113), trichloéthane (T111),
- ⇒ Trichloréthylène (trichlo), Perchloroéthylène (perchlo), benzène (<0,1%),...
Toxicité importante, Cancérigène probable, utilisation industrielle très stricte, à éviter
- ⇒ hydrochlorofluorocarbures **HCFC 141b** interdiction janvier 2009

TOUS LES SOLVANTS SONT TOXIQUES



Fiches toxicologiques



Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles WWW.INRS.FR

Nocivité des solvants

Nom de la substance	VME ppm-mg/m3	VLE ppm-mg/m3	LIE-LES en val. %	Point d'éclair	Etiquette «travail»
1,1,1-Trichloroéthane	Interdit de production depuis janvier 1996 et d'utilisation depuis octobre 2000		10 - 15	-	Xn - N - R 20, R 59
1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoréthane (R 113)	Interdit de production depuis janvier 1995 et d'utilisation depuis octobre 2000				R 59
1,1 Dichloro-1-fluoroéthane (R141b)	Interdit d'utilisation (sauf application aérospatiale et aéronautique) depuis janvier 2002		5.6 - 17.7	-	
Acétone (*)	750 ppm 1800 mg/m ³	-	2.15 - 13	-18°C à -9.4°C	R11, R36, R66, R67
Butanone (MEK) (*)	200 ppm 600 mg/m ³	-	1.8 - 11.5	-9°C à -4°C	R11, R36, R66, R67
Dichlorométhane (chlorure de méthylène) (*)	50 ppm 180 mg/m ³	100 ppm 350 mg/m ³	13 - 22	.	Xn - R 40

Nom de la substance	VME ppm-mg/m3	VLE ppm-mg/m3	LIE-LES en val. %	Point d'éclair	Etiquette «travail»
Ethanol (*)	1900 ppm	5000 ppm	3.3 - 19	12.8°C à 16°C	F - R11
HFE (ex)	200 ppm	400 ppm		aucun	R53
Isopropanol (*)	-	400 ppm 980 mg/m ³	2 - 12	12°C à 18°C	F - Xi - R11, R36, R67
Méthanol (*)	200 ppm 260 mg/m ³	1000 ppm 1300 mg/m ³	6.7 - 36.5	12°C à 16°C	F - T - R11, R23/24/25, R39/23/24/25
Methylisobutylcétone (MIBK) (*)	20 ppm 83 mg/m ³	50 ppm 208 mg/m ³	1.4 - 8	14°C	Xn - F - R11, R20 R36/37, R66
Tétrachloroéthylène (perchloroéthylène) (*)	50 ppm 335 mg/m ³	.	.	.	Xn - N - R 40, R 51/53
Trichloroéthylène (*)	75 ppm 405 mg/m ³	200 ppm 1080 mg/m ³	12,5 - 90	.	T - R 45, R 36/38, R 52/53, R 67

(*) Ces substances sont assujetties à la Directive européenne n° 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative aux composés organiques volatils (COV).

Signification des codes en annexe

Décret ministériel N° 2002-680 du 30 avril 2002 (nettoyage, dégraissage pour des bacs supérieurs à 20 litres)

Substitut aux solvants

Nouveau substitut:

Le CO₂ supercritique

- ➡ Meilleure mouillabilité (tension surface faible)
Au delà 31°C et 73 bars et jusqu'à 80°C et 300 bars.
- ➡ Etat intermédiaire entre liquide et gaz
- ➡ Peut être utiliser avec un solvant ou un détergent

Le procédé de nettoyage impliquant le CO₂ supercritique présente de nombreux avantages, comparé aux équipements mettant en œuvre des solvants chlorés [39] :

- Sécurité d'utilisation (absence de point éclair du produit),
- Faibles rejets,
- Coûts d'exploitation faibles,
- Absence de risque de corrosion grâce à l'inertie chimique du CO₂,
- Haute qualité de propreté (proche du nettoyage de précision [1 µg/cm²]),
- Pas de traces résiduelles de solvant sur les pièces nettoyées,
- Suppression des charges de rinçage et de séchage,
- Recyclage quasi total du CO₂,
- Innocuité pour la santé des opérateurs.

Substitut aux solvants

Nettoyage par jets de bille de glace ou de CO₂ froid (-78°C)

Sublimation du Co2 sur l'impact

Choc thermique

Échange de chaleur entre Le CO₂ et la surface contaminée

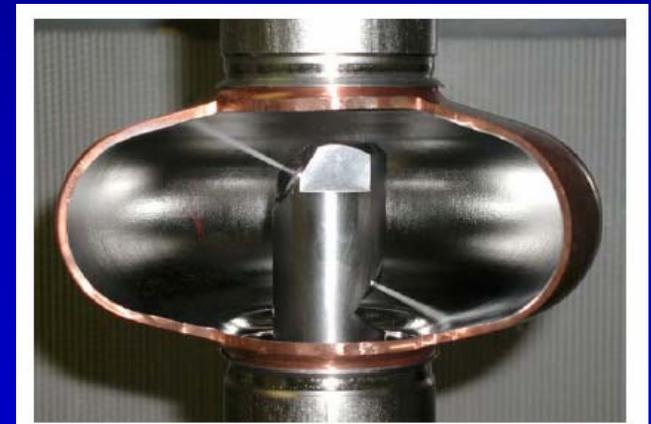
l'onde de choc

Expansion du gaz (x500)

Action chimique solvant aprotique non polaire

⇒ Solvant non abrasif et sans résidu

⇒ Attention à la propreté du gaz comprimé, de la filtration du Co₂, du lieu de nettoyage, difficulté pour les pièces complexes. Coût important.



Application jets CO₂ sur une cavité supra à Desy

Proceedings of EPAC 2006

Substitut aux solvants

Les détergents substitués des solvants

Le guide n°6 « action hydro dégraissage » unité technique de documentation/ Cram BFC nov. 2006

- ➔ Mise en œuvre et suivi des bains
- ➔ Réglementation des installations
- ➔ Traitement des effluents
- ➔ Risques et préventions

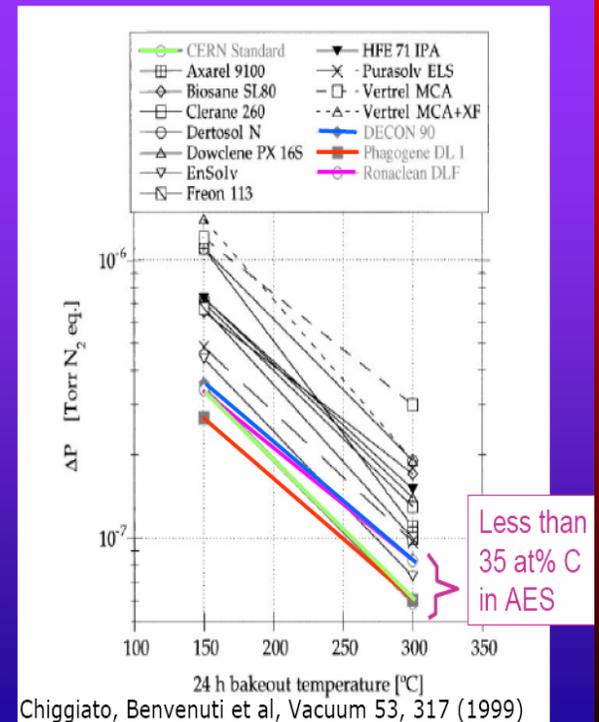
Les détergents plus efficaces que les solvants

Desorption induite par 500eV électrons après 150°C cuisson et après 300°C cuisson

All the detergents (colour lines) tested so far are better than the solvents (possible residues left....)

Typical η (150°C)

H ₂	0.1
CO	0.02
CO ₂	0.03
CH ₄	0.004



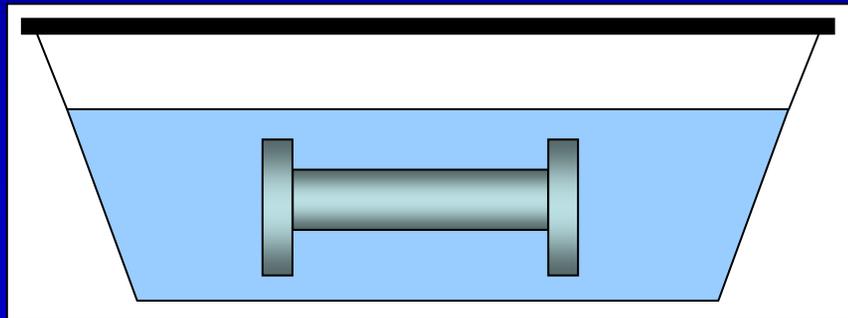
M.Taborelli, CERN, CAS-2006

Les techniques de nettoyage

Action mécanique simple :

- ➔ Par frottement d'un tissu non pelucheux imbibé de solvant
- ➔ Problème des pièces importantes et complexes

Par immersion dans un dégraissant

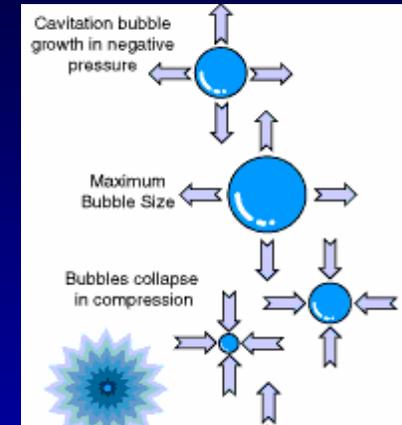


Amélioration par des actions mécaniques et/ou par la température

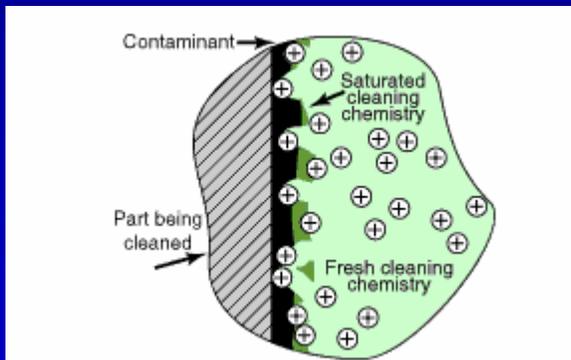
Les techniques de nettoyage

Les ultrasons dans un liquide

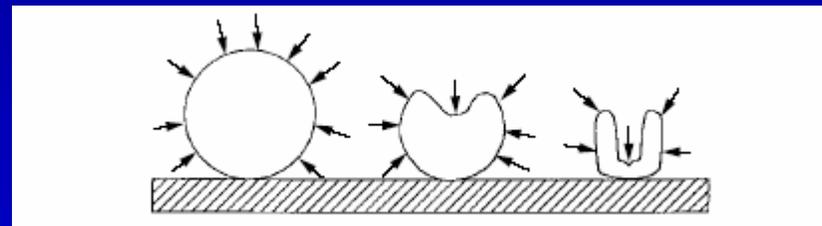
- ⇒ Formation de microbulles (cavitation)
- ⇒ Implosion des microbulles
- ⇒ Énergie restituée sous forme d'onde de choc et d'élévation de température



Principe



efficacité accrue du dégraissant



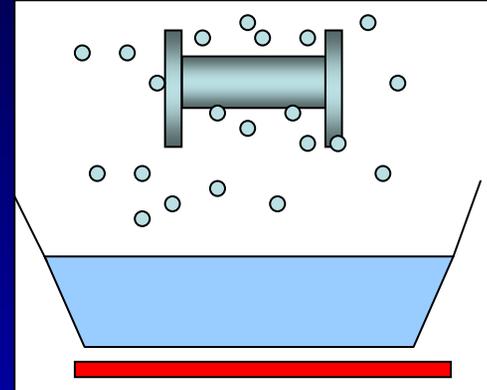
Implosion au niveau d'une surface

Possibilité d'augmenter la température (~80°C)
Durée du cycle Choix du dégraissant
Attention aux métaux tendres

Les techniques de nettoyage

Sans immersion mais par phase vapeur

- ⇒ Évaporation du dégraissant par augmentation de la température
- ⇒ Maintenir la pièce froide pour condenser le dégraissant
- ⇒ Récupération du liquide condensé avec les contaminants dissous dans un bain recyclé



Le dégraissant est continuellement distillé et purifié mais nécessité de ne pas perdre de solvant (solvant chloré, fluoré) Equipement étanche → coût

Avec immersion dans une cuve ultrason ou en phase vapeur permet de nettoyer convenablement les pièces de formes complexes (soufflets, volumes inaccessibles, trous,...)

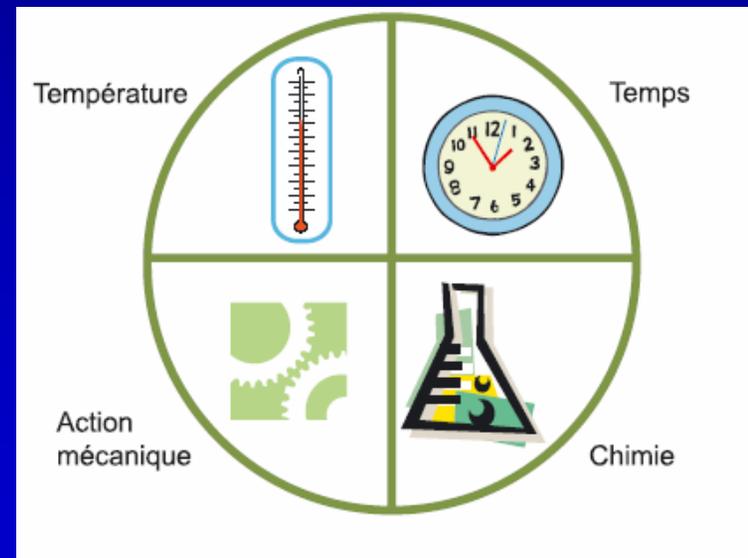
Les techniques de nettoyage

Par aspersion:

- ➡ Projection du dégraissant
- ➡ Grandes pièces
- ➡ Nécessité d'installation aux normes

Efficacité des techniques de nettoyages:

La règle des 4 facteurs



Le décapage par acides

Le décapage: Mise à nu du métal sans altération

⇒ Enlève la couche d'oxyde superficielle, des hydroxyde, des particules métalliques incrustés,..



⇒ Le type de décapage va dépendre de la nature des oxydes

Mélange d'acides chlorhydrique (HCl), nitrique (HNO₃), sulfurique (H₂SO₄), fluorhydrique (HF)..

Tableau 3 - Compositions types de solutions de décapage pour les aciers inoxydables [43]

Solutions de décapage	Utilisation	Composition chimique (% en volume)				Tempéra (°C)
		HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄	HF	
Pour aciers austénitiques et austénoferritiques inoxydables au Cr-Ni et au Cr-Ni-Mo	Prédécapage	2 à 4	.....	8 à 12	.....	60 à 80
	Prédécapage, passivation	.....	20 à 30	.....	.....	20 à 30
	Décapage courant	.....	15 à 20	.....	2 à 3	30 à 40
	Décapage courant	.....	3 à 4	3 à 5	1 à 2	40 à 60
	Décapage courant	35 (*)	3 à 4	.....	4 à 5	20 à 30
	Décapage courant	10 à 15 (*)	5	10 à 12	.....	40
	Décapage courant	50 (*)	5	.....	.....	30 à 50

(*) Il est recommandé l'emploi d'inhibiteurs pour éviter la corrosion par piqûres.

Technique de l'ingénieur

⇒ Ce traitement s'applique en règle générale par immersion

La passivation par les acides

Réaction chimique permettant de recréer rapidement une couche d'oxyde compact, homogène et protectrice.

- ⇒ Le processus naturel prend du temps
 - ⇒ Possibilité de recontamination
 - ⇒ Neutralise les éventuelles traces d'acides du décapage
 - ⇒ Exemple de l'Inox: l'acide nitrique

Attention au surdécapage, aux rugosités importantes et à la fragilisation par l'hydrogène

Attention à l'utilisation des acides

- ⇒ Ne jamais verser de l'eau sur un acide mais plutôt de l'acide sur de l'eau

Le rinçage à l'eau

Principalement deux actions:

- ⇒ Élimination des résidus du bain précédent et des poussières
- ⇒ Joue le rôle de barrière anti-pollution entre deux traitements

Importance de la qualité de l'eau:

Utilisation d'eau déminéralisée et mesure de sa résistivité (à 25°C)

L'eau Ultra pure
~ 18 MΩ.cm

L'eau distillée
~ 1 MΩ.cm

Eau de ville
~ 0,003 MΩ.cm

Attention à la dissolution du CO₂

Amélioration de l'efficacité par la température, par la pression, par les ultrasons

Séchage / stockage

Le séchage

- ⇒ Par lampes infrarouges
- ⇒ Étuve avec circulation d'air chaud filtré
- ⇒ Balayage d'azote « propre »
- ⇒ Four sous vide

Attention à l'air comprimé du labo

Et comment préserver ce nettoyage

Attention aux manipulations,

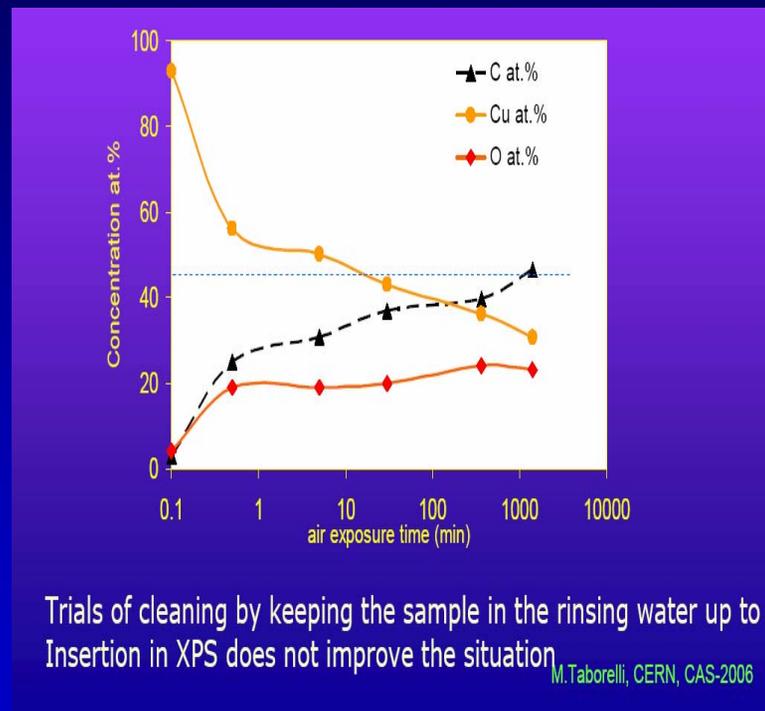
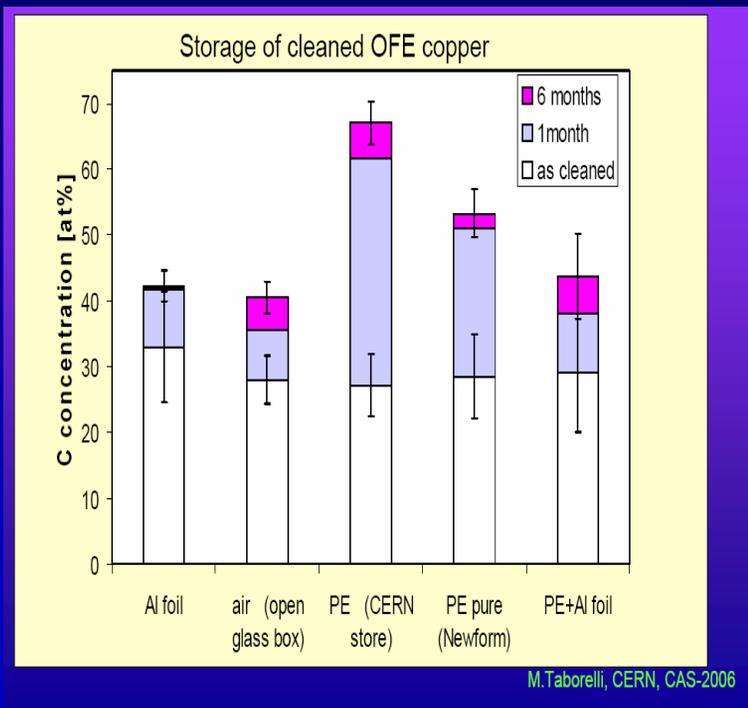
- ⇒ **gant « propre », tissus type « batiste », nettoyage des outils,...**

Attention au stockage

- ⇒ Protection des ouvertures par du papier alu + capot plastique
- ⇒ Stockage sous azote
- ⇒ Stockage dans une salle « propre »

Stockage

Etudes du CERN sur le conditionnement



Techniques de finition des surfaces nettoyées

Le microbillage:

- ➔ Nettoyage par jet de microbilles d'alumine, de silice, de verre, ..
- ➔ La propulsion de ce jet se fait par un flux porteur air ou eau pressurisé
- ➔ Importance de la granulométrie (peut être $<$ à $45 \mu\text{m}$) et de la géométrie des microbilles

État de surface:

- ➔ **diminution de la rugosité, aspect satiné à poli miroir**
- ➔ **écrouissage**
Amélioration des caractéristiques mécaniques de la surface

précautions

- ➔ Billes neuves, sans recyclage

D'un point de vue du vide, le flux porteur peut introduire des contaminants qui peuvent être piégés par la surface, de plus des microbilles « cassées » peuvent s'incruster dans le matériau

Techniques de finition des surfaces nettoyées

Le polissage mécanique

Application d'un abrasif sur des surfaces préalablement nettoyées

- ⇒ Poudre diamant mouillé avec de l'alcool et appliqué avec un support non pelucheux

Le polissage électrolytique

Attaque chimique contrôlée très finement en polarisant la pièce à polir

- ⇒ **Le plus adapté à la technique du vide**
- ⇒ **Diminution de la surface réelle Poli miroir $Ra < 0,2$**
- ⇒ **Attention à la qualité du bain**

Le microbillage et le polissage sont à utiliser que pour des raisons de tenu aux champs électriques importants ou pour des propriétés thermiques et optiques des surfaces.

Procédure de nettoyage UHV pour l'inox (sur les accélérateurs)

- ➡ Nettoyage des grosses taches avec un solvant (acétone) au chiffon
- ➡ Rinçage à l'eau sous pression
- ➡ Dégraissage en phase vapeur (**perchloréthylène** à 120°C, temps moyen 30 minutes)
A remplacer par des détergents
- ➡ Égouttage et séchage pour éliminer les traces de Perchlo
- ➡ Dégraissage en phase aqueuse dans une cuve ultrason avec une lessive Almeco18 (2% en vol.) de chez Henkel 20 minutes à 60°C
- ➡ Rinçage sous pression avec de l'eau déminéralisée puis immersion
- ➡ Attaque acide: Netinox acide nitrique 30/40%, 5% acide fluorhydrique et de l'eau déminéralisée immersion environ 5 minutes
- ➡ Rinçage sous pression avec de l'eau déminéralisée puis immersion
- ➡ passivation
- ➡ Égouttage et soufflage avec un flux d'azote propre .
- ➡ Séchage dans un four à 100°C une trentaine de minute (sous vide primaire)

Procédure valable
pour le titane

Procédure de nettoyage UHV pour le cuivre/ aluminium (sur les accélérateurs)

- ➡ Nettoyage des grosses taches avec un solvant (acétone) au chiffon
- ➡ Rinçage à l'eau sous pression
- ➡ Dégraissage en phase vapeur (**perchloréthylène** à 120°C, temps moyen 30 minutes)
A remplacer par des détergents
- ➡ Égouttage et séchage pour éliminer les traces de Perchlo
- ➡ Dégraissage en phase aqueuse dans une cuve ultrason (50% puissance) avec une lessive NGL 17.40 alu III de chez NGL cleaning technology, 20 minutes à 60°C
- ➡ Attaque acide/ passivation: pour le cuivre mélange sulfo chromique 30%,
pour l'aluminium, acide nitrique 50%, 3% acide fluorhydrique
- ➡ Rinçage sous pression avec de l'eau déminéralisée puis immersion
- ➡ Égouttage et soufflage avec un flux d'azote propre .

- ➡ Séchage dans un four à 80°C une trentaine de minute (sous vide primaire)

Procédure de nettoyage UHV pour la céramique

- ⇒ Nettoyage des grosses taches au chiffon
- ⇒ Dégraissage en phase vapeur
- ⇒ Égouttage et séchage pour éliminer les traces de Perchlo
- ⇒ Passage dans un bain de soude à 45°C pendant 1 à 1,5 mn
- ⇒ Rinçage à l'eau déminéralisée
- ⇒ Immersion dans de l'acide nitrique + 1% acide fluorhydrique
- ⇒ Rinçage à l'eau déminéralisée
- ⇒ Séchage (un étuvage sous vide est souvent nécessaire)

Autre méthode

Passage au four à l'air à 1000°C pendant 1 h

Attention aux passages céramiques (risque de piégeage des produits de nettoyage, fragilisation des brasures) procédure plus simple avec simplement un dégraissage et d'un rinçage aux ultrasons avec du propanol (C_3H_8O)

Procédure de nettoyage préconisée par DESY

Inox, Titane

Bain ultrasons avec eau ultra pure + 1% Tickopur R33 (détergent) à 50°C : trois fois 5 minutes séparées par intervalles de 1 min sans ultrasons, rinçage à la main avec eau ultra pure
bain de rinçage eau ultra pure pendant 30 min, séchage air chaud 60°C pendant 30 min

Le cuivre

bain ultrasons avec eau ultra pure + 1% Tickopur R33 (détergent) à 50°C : trois fois 5 minutes séparées par intervalles de 1 min sans ultrasons, rinçage à la main avec eau ultra pure, bain ultrasons avec eau ultra pure + 1,5% Elma Clean 115C (solution d'acide citrique) à 65°C : trois fois 5 minutes séparées par intervalles de 1 min sans ultrasons, rinçage à la main avec eau ultra pure, bain de rinçage eau ultra pure pendant 30 min, séchage air chaud 60°C pendant 30 min

Aluminium et ses alliages

bain ultrasons avec eau ultra pure + 2% P3 Almeco 18 à 65°C : six fois 5 minutes séparées par intervalles de 1 min sans ultrasons, rinçage à la main avec eau ultra pure, bain de rinçage eau ultra pure pendant 5 min, séchage air chaud 60°C pendant 1 h

Procédure simplifiée pour des pressions plus importante

> 10⁻³ mbar

Lavage avec un détergent aqueux chaud
Rinçage à l'eau + séchage

> 10⁻⁶ mbar

Lavage ultrasons avec un détergent aqueux chaud
Rinçage à l'eau déminéralisée + séchage

Généralités: Nettoyage et conception des pièces

Dés la Conception des installations

⇒ Prendre en compte les problèmes de nettoyage

Tenir compte de La nature des matériaux

⇒ de la géométrie des pièces
⇒ de leur encombrement

À éviter: Fissures, porosités, rainures, trous borgnes, volumes morts,...

Pour les soufflets à coupelles minces soudées

⇒ Étirer au max le soufflet, le rinçage et le séchage doivent être rigoureux

Liquide	0°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
Eau	76	73	70	66	63	59
Benzène	32	29	26	24	21	
Méthanol	25	23	21			16
Éthanol	24	22	21	19		
Acétone	26	24	21	19	16	

en mN.m⁻¹

⇒ **Rinçage favorable avec un solvant de faible tension superficielle. (éthanol, acétone,...)**

Tensions superficielles de quelques liquides purs à différentes températures.

Comment évaluer l'efficacité du nettoyage

inspection visuelle

inspection du chiffon blanc

⇒ Contrôle rapide pour des nettoyages peu poussés

Test de rupture du film d'eau

⇒ Rupture du film d'eau, point d'accroche caractéristique d'un défaut de nettoyage. (ATTENTION à certains oxydes métalliques (nitrure et carbure) de nature plutôt hydrophobe)

Test de la résistivité de l'eau

⇒ La diminution de la résistivité est fonction de la pollution (poussières, sels..) difficulté de mise en œuvre (dissolution CO_2)

Compter les particules

⇒ Flux d'azote ionisé → comptabilisation des particules $> 0,3\mu\text{m}$
Coupleur XFEL < 10 particules par m^3

Comment évaluer l'efficacité du nettoyage

Contrôle par micropesée

- ➡ Différence de poids entre pièce polluée et non polluée. Le taux de pollution mesurable est de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Spectrométrie par infrarouge (IR)

- ➡ Les énergies du rayonnement IR correspondent aux transitions vibrationnelles des liaisons chimiques. Le spectre d'absorption de ce rayonnement est caractéristique de la composition chimique et de la géométrie d'une molécule.
- ➡ pollution mesurable est de l'ordre du $10^{-4}\mu\text{g}/\text{cm}^2$
- ➡ Efficace pour déterminer des traces de silicone

Les analyse de surface

XPS, AES, SIMS,... (voir cours)

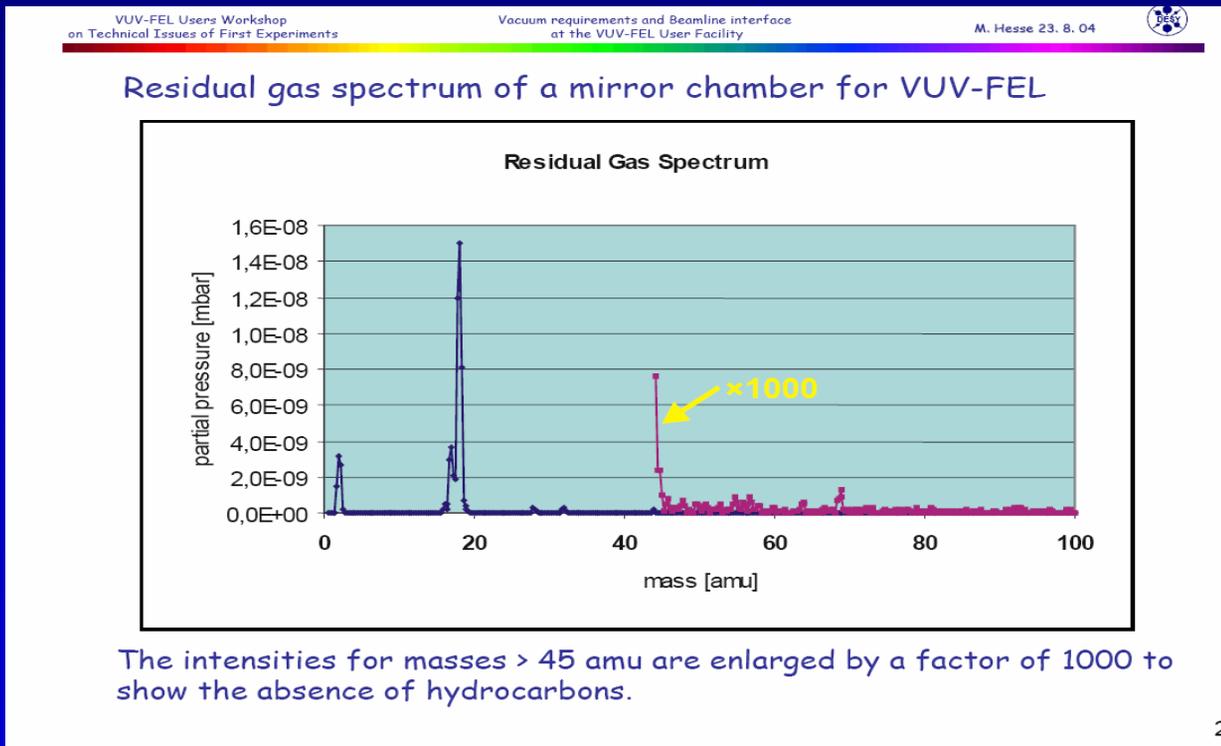
- ➡ Au CERN, le critère pour accepter un nettoyage UHV est la proportion de carbone à la surface de l'échantillon.

En XPS, l'ordre de grandeur est de 40%at C pour l'inox, 44%at C pour le CU (OFE), 29%at C pour l'al, 30 at% C pour le Be et 36%at C pour le Ti (dépend des paramètres XPS)

Comment évaluer l'efficacité du nettoyage

Par mesure du taux dégazage avec analyse du gaz résiduel

- ➔ Difficulté de mesurer de faible taux de dégazage
- ➔ Analyse du gaz résiduel



autres moyens de nettoyage

Les différents traitements thermiques

Les techniques de désorption par bombardement ionique (par décharge), électronique.

⇒ Ils s'effectuent après un nettoyage préalable

voir cours suivant !!

références

- ⇒ Le guide n°6 « action hydro dégraissage » unité technique de documentation/ Cram BFC nov. 2006
- ⇒ Cleaning and surface properties M. Taborelli, CERN CAS 2006
- ⇒ M. Wery, Dégraissage, technique de l'ingénieur
- ⇒ M. Wery, Décapage chimique des surfaces métalliques, technique de l'ingénieur
- ⇒ A. Brinkmann and all, dry ice cleaning on SRF-cavities, EPAC proceedings 2006, Edinburgh
- ⇒ R. J. Reid, Cleaning for vacuum service, CERN CAS 1999
- ⇒ C. Benvenuti and all, surface cleaning efficiency measurements for UHV applications, Vacuum 53, 317 (1999)



Merci

pour votre attention!!

Codes des risques chimiques

- R 1 Explosif à l'état sec.
- R 2 Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.
- R 3 Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.
- R 4 Forme des composés métalliques très sensibles.
- R 5 Danger d'explosion sous l'action de la chaleur.
- R 6 Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.
- R 7 Peut provoquer un incendie.
- R 8 Favorise l'inflammation des matières combustibles.
- R 9 Peut exploser en mélange avec des matières combustibles.
- R 10 Inflammable
- R 11 Facilement inflammable.
- R 12 Extrêmement inflammable.
- R 14 Réagit violemment au contact de l'eau.
- R 15 Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables.
- R 16 Peut exploser en mélange avec des substances comburantes.
- R 17 Spontanément inflammable à l'air.
- R 18 Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif.
- R 19 Peut former des peroxydes explosifs.
- R 20 Nocif par inhalation.
- R 21 Nocif par contact avec la peau.
- R 22 Nocif en cas d'ingestion.
- R 23 Toxique par inhalation.
- R 24 Toxique par contact avec la peau.
- R 25 Toxique en cas d'ingestion.
- R 26 Très toxique par inhalation.
- R 27 Très toxique par contact avec la peau.
- R 28 Très toxique par ingestion.
- R 29 Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.
- R 30 Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation.
- R 31 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
- R 32 Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
- R 33 Danger d'effets cumulatifs.
- R 34 Provoque des brûlures.
- R 35 Provoque de graves brûlures.
- R 36 Irritant pour les yeux.
- R 37 Irritant pour les voies respiratoires.
- R 38 Irritant pour la peau.
- R 39 Danger d'effets irréversibles très graves.
combinée, par exemple : R 39/23 – Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation.)
- R 40 Effet cancérigène suspecté – preuves insuffisantes.
- R 41 Risque de lésions oculaires graves.
- R 42 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.
- R 43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
- R 44 Risque d'explosion si chauffé en chambre confinée.
- R 45 Peut provoquer le cancer.
- R 46 Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires.
- R 48 Risques d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée.
(Toujours combinée, par exemple : R 48/23 – Toxique : risques d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation.)
- R 49 Peut provoquer le cancer par inhalation.
- R 50 Très toxique pour les organismes aquatiques.
- R 51 Toxique pour les organismes aquatiques.