



N° d'entreprise : 0867.754.872
Banque : ING : BE78 3101 7818 9086
Banque : Fortis : BE04 0014 4265 5031
Banque : KBC : BE54 7360 3240 1397
Téléphone : 02/340.84.50
Téléfax : 02/340.84.56

Amadeus Square
Avenue W.A.Mozart, 4
1620 Drogenbos

LA MAITRISE DE L' AÉROBIOCONTAMINATION EN MILIEU HOSPITALIER

ATIC

Le 16 janvier 2019

Ing. José DERMONT

Table des matières

0.	Préambule	1
1.	Sujet d'actualité.....	2
2.	Un peu d'histoire.....	3
3.	De quoi a-t-on peur ?	5
4.	Les vecteurs de transport.....	8
5.	Les moyens mis en œuvre	9
6.	Le bloc opératoire	17
7.	Conclusions.....	22
8.	Bibliographie	23

0. Préambule

La présentation qui va suivre ne constitue pas un cours de médecine ni de microbiologie. Elle résulte tout simplement d'une expérience de plus de 30 ans comme Ingénieur-Conseil dans le monde de la construction lié aux hôpitaux d'une part (rénovation et nouvelle construction) et des résultats de ma curiosité personnelle concernant le monde de l'infiniment petit d'autre part.

La contamination d'un patient dans un hôpital peut être due à plusieurs vecteurs tels que l'eau, l'air, les fluides médicaux, ... nous nous contenterons dans ce qui suit de la contamination liée à l'air d'où le nom d'aéro-contamination.

Après avoir brossé rapidement l'origine de la découverte de l'aéro-contamination, la présentation se focalisera sur un groupe de locaux pour terminer sur la salle d'opération, local emblématique d'un hôpital.

1. **Sujet d'actualité**

Le journal LE SOIR publie dans son édition du mercredi 5 septembre 2018, un article relatif à une étude de chercheurs australiens montrant les méfaits d'un germe cousin du staphylocoque doré dans les hôpitaux.

Selon cette étude plus de 7% des patients sont infectés à l'hôpital.

L'OMS estime que d'ici 2050, l'antibiorésistance pourrait causer 10 millions de décès chaque année dans le monde.

2. Un peu d'histoire

- 2.1. Hippocrate (377 avant J.C.), reconnu plus grand médecin de l'Antiquité « vante les vertus de l'aération », tout en ne sachant pas de quoi il protège ses patients.

Rappelons qu'aujourd'hui tout docteur en médecine prononce « le serment d'Hippocrate » avant de mettre en pratique ses connaissances.

Hippocrate et son collègue Galien, dans leur livre « de natura hominis et de flatibus », attribuent l'origine des fièvres malignes aux exhalations terrestres et aux vices de l'air. L'idée fera autorité durant près de vingt-quatre siècles.

Autre citation d'Hippocrate « Que tout aliment soit ton médicament ». Signalons également que durant cette période de l'histoire, aussi bien en Grèce, qu'à Rome, qu'en Égypte, les voies de circulation étaient, dans le milieu rural comme dans le milieu urbain, recouvert de matières dures (pierres, pavés, ...) et les bourgades étaient équipées d'infrastructures publiques comme par exemple les égouts.

- 2.2. Au Moyen Âge, l'homme méconnaît l'origine microbienne. On imagine que les maladies, les épidémies, ... sont dues à des colères de Dieu, à la conjonction des astres, aux éclipses, à l'apparition de comètes, aux humeurs putrides et vapeurs infectes provenant des marais ou des cadavres en putréfaction, ou venin d'animaux malfaisants et à la corruption de l'air. Cette interprétation aériste, héritée de l'Antiquité (Hippocrate), y associe la chaleur et l'humidité ambiante, le rôle des vents chauds qui accélèrent la putréfaction et multiplient les parasites.

Les rues des villes sont de véritables cloaques. Tous les détritiques sont jetés dans la rue. Les gens y défèquent sans vergogne. Le boucher découpe ses bêtes sur une étale devant son habitation. Pour ne pas souiller leurs chaussures, les « bourgeois » se déplacent sur les côtés surélevés des rues, d'où l'expression « tenir le haut du pavé ». C'est à partir du XVII^{ème} siècle qu'apparaît le vocable « miasmes » dans les écrits de certains érudits.

L'homme n'est toutefois pas resté les bras croisés pendant plus de 10 siècles devant ces véritables fléaux. Dès le XIII^{ème} siècle, on voit apparaître des hôpitaux-Dieu et des hospices. Les malades sont le plus souvent dirigés vers les hôpitaux-Dieu et les hospices accueillent de préférence les pèlerins, les voyageurs, les personnes vivant dans le dénuement, les vieillards non assistés par leur famille, les aveugles, les orphelins et les incurables. Ces institutions sont tenues par des moines ou des religieuses.

Nous vous suggérons vivement de visiter l'Hôpital Notre-Dame à la Rose à Lessines, créé en 1242 et fermé en 1992.

Pour terminer ce point, nous reprenons l'avis d'un médecin (LITRE) qui écrit : « La cause de la gonorrhée est probablement une espèce d'acide qui, dans le temps du coït, s'exalte et s'élève des parties naturelles d'une femme corrompue, et s'engage dans le canal de l'urètre de l'homme avec lequel elle a commercé ».

Écrit en 1711, cette « intuition » montre à quel point les processus de contagions microbiennes sont méconnus.

- 2.3. À partir de 1500 environ, l'évolution de la microbiologie connaît une découverte essentielle :
- a) 1510 – AMBROISE PARE – Chirurgien et anatomiste français, est considéré comme le père de la chirurgie moderne.

b) 1674 un drapier Hollandais du nom d'Antoon van Leeuwenhoek met au point le microscope pour examiner les détails de la texture de ces tissus. Certains attribuent l'invention du microscope à l'Italie. Bien que cette invention restera inaperçue des dizaines d'années car elle va à l'encontre des fondements de la théologie, elle constitue le point de départ de l'étude et du développement de la microbiologie. Van Leeuwenhoek découvrira ainsi qu'une goutte d'eau de pluie contient 27 millions d'individus et ces individus se déplacent, etc

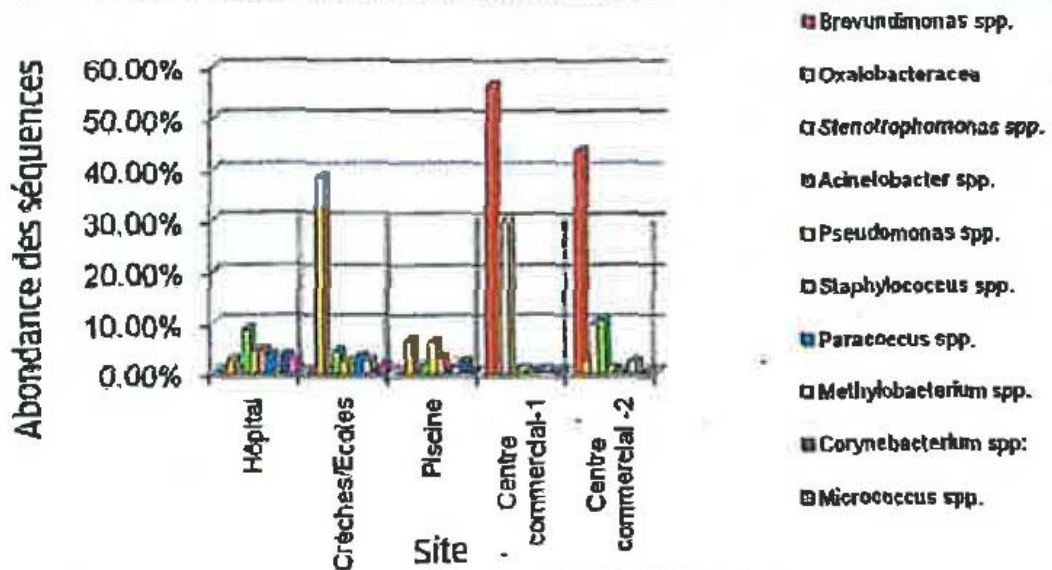
2.4. Dès la moitié du XIX^{ème} siècle, l'évolution de la microbiologie s'accélère, c'est la révolution pasteurienne

- 1864 Pasteur démontre que les bouillons de culture sont contaminés par des germes aériens et que la germination spontanée n'existe pas. Il pressent dès lors que toutes les maladies infectieuses proviennent de germes disséminés dans l'air ou l'eau.
- 1873 Klebs identifie le bacille de la diphtérie.
- 1876 Koch publie le résultat de ses travaux sur la bactériodie charbonneuse.
- 1880 Eberth découvre le bacille de la fièvre typhoïde.
- 1882 Koch découvre le bacille de la tuberculose.
- 1883 A Paris, une ordonnance de la préfecture institue l'usage de la « poubelle ».
- 1885 Pasteur expérimente pour la première fois le vaccin antirabique sur un enfant de 10 ans.
- 1890 La ville de Copenhague rend obligatoire la stérilisation du lait.
- 1897 Ernest Duchesne démontre les vertus prophylactiques d'une moisissure appelée *Penicillium glaucum* qui se développe sur le bleu d'Auvergne.
- 1914 Désinfection des eaux potables à la javel.
- 1928 Fleming découvre le pouvoir bactéricide *Penicillium glaucum*.
- 1938 Découverte du premier antibiotique connu.
- 1940-1943 La pénicilline est utilisée pour la première fois sur l'homme lors du débarquement allié en Sicile en 1943.
- 1955 Mise au point du vaccin contre la poliomyélite.

2.5. Les recherches effectuées durant la seconde guerre mondiale mais surtout dans la recherche de l'aérospatial ont fait avancer prodigieusement la microbiologie. Les connaissances de l'infiniment petit et les moyens de s'en préserver ont fait un bond formidable pour atteindre aujourd'hui à des manipulations génétiques dont l'homme d'aujourd'hui ne connaît pas encore les conséquences.

3. De quoi a-t-on peur ?

Distribution des différents groupes bactériens dominants comparée à d'autres environnements intérieurs



On constate que les espèces majoritairement rencontrées dans l'air sont différentes d'un environnement clos à l'autre.

A Synthèse des germes opportunistes retrouvés dans l'air et associés à la survenue d'infections nosocomiales

Espèces pathogènes opportunistes impliquées dans les IN	% dans l'inventaire moléculaire	% des IN (Source Ralsin 2004)	Multi-résistance aux antibiotiques	Pathologies associées
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0,50 %	9,89 %	x	Infections cutanées, sinusite, infections urinaires
<i>Acinetobacter baumannii</i>	0,99 %	1,10 %	x	Septicémies, endocardites, infections urinaires, pneumonies, méningites...
<i>Klebsiella oxytoca</i>	0,50 %	1,91 %	x	Infections urinaires, septicémie
<i>Corynebacterium jeikeium</i>	0,50 %	(Hansmeler et al., 2006)	x	Endocardites
Total bactérie	2,48 %	12,90 %		

**Genres pathogènes opportunistes
impliqués dans les IN**

<i>Acinetobacter spp.</i>	9,41 %	0,32 %
<i>Enterococcus spp.</i>	0,50 %	0,93 %
<i>Clostridium spp.</i>	0,50 %	0,68 %
<i>Prevotella spp.</i>	1,98 %	0,28 %
<i>Bacillus spp.</i>	2,48 %	0,06 %
<i>Pseudomonas spp.</i>	1,49 %	0,44 %
<i>Corynebacterium spp.</i>	4,95 %	0,34 %
<i>Propionibacterium spp.</i>	0,99 %	0,08 %
<i>Staphylococcus spp.</i>	0,50 %	5,22 %
<i>Streptococcus spp.</i>	1,49 %	1,44 %
<i>Aeromonas spp.</i>	0,50 %	0,08 %
<i>Moraxella spp.</i>	0,99 %	0,13 %
Total bactérie	25,75 %	9,86 %
<i>Aspergillus spp.</i>	2,22 %	nd
Total champignon	2,22 %	nd

**Autres pathogènes
opportunistes**

<i>Aerococcus viridans</i>	1,49 %
<i>Micrococcus luteus</i>	1,98 %
<i>Fusobacterium periodonticum</i>	0,50 %
<i>Staphylococcus cohnii</i>	0,50 %
<i>Thermoactinomyces thalipophila</i>	0,50 %
<i>Thermoactinomyces vulgaris</i>	0,99 %
<i>Chryseobacterium hominis</i>	0,50 %
<i>Rhizopus spp.</i>	2,22 %

Les pathogènes opportunistes représentent 20 genres et espèces différents et des séquences.

Infections contractées par voie aérienne

a) Les micro-organismes d'origine environnementale

L'aspergillose invasive pulmonaire :

Elle concerne surtout les patients immunodéprimés, en particulier les patients qui ont subi une greffe de moelle. Elle survient suite à une contamination par *Aspergillus fumigatus* souvent liée à de mauvaises conditions environnementales telles que :

- des travaux mal gérés à proximité de zones à risques (mauvais isolement des zones propres et des zones chantier, absence de sas à l'entrée des chambres ou des salles),
- une filtration peu efficace ou des systèmes de ventilation mal entretenus.

La légionellose :

Pneumonie aiguë bilatérale grave, mortelle dans 10% des cas, est la conséquence de l'inhalation de microgouttelettes d'eau contaminées par *legionella pneumophila* ayant pour origine des douches ou tours aéro-réfrigérantes.

La légionellose atteint souvent les personnes âgées et les patients transplantés, les grands brûlés, les patients hémodialysés, les personnes atteintes d'un cancer ou encore les personnes malades de la mucoviscidose.

b) Les micro-organismes d'origine humaine

La tuberculose :

est une maladie contagieuse due au bacille de Koch (*mycobacterium tuberculosis*) dont les facteurs de transmission sont notamment la concentration des droplets nuclei dans l'air, le temps d'exposition, l'immunodépression (causée par une maladie ou liée à un traitement).

Les infections du site opératoire :

issues de micro-organismes tels que *staphylococcus aureus* présents dans l'air au moment de l'intervention appelées infections nosocomiales (IN).

Les infections respiratoires :

liées dans la majeure partie des cas à des virus tels que le rhinovirus, l'adénovirus, le virus respiratoire syncytial ou le coronavirus du SRAS ... et plus rarement à des bactéries comme pneumocoque, *haemophilus influenzae*. Certaines infections respiratoires virales de transmission interhumaine (bronchiolites, grippe, SRAS) peuvent prendre une dimension épidémique en l'absence de mesures spécifiques.

4. Les vecteurs de transport

4.1. Généralités

Les infections contractées en milieu hospitalier, appelées infections nosocomiales, ont deux principales sources (ou réservoirs) de contaminations :

- les individus : patients infectés ou non, personnels, visiteurs,
- l'environnement : eaux, aliments, surfaces, linge, déchets ; fluides médicaux.

Qualitativement et quantitativement, la contamination de l'environnement hospitalier est très variable selon les établissements ou les unités de soins.

Parmi toutes les voies possibles de transmission de germes au patient, la main et les instruments médico-chirurgicaux sont reconnus comme étant les vecteurs majeurs, mais, compte tenu de l'importance du problème des infections nosocomiales, toutes les autres sources doivent être parfaitement connues et maîtrisées, dans un même souci de cohérence. Le succès des traitements médicaux et chirurgicaux qui ont fait d'énormes progrès ces dernières décennies ne devrait plus être mis en échec, par une contamination environnementale, et notamment par un système de traitement d'air défaillant.

En ce qui concerne la transmission aérienne, la difficulté et la spécificité propre aux établissements de santé résident dans le fait que l'air y est contaminé par une flore microbienne diversifiée souvent résistante et variable dans le temps et dans l'espace.

Rappelons les modes de transmission principaux par l'air qui peuvent avoir pour conséquence des infections nosocomiales.

4.2. Modes de transmission par voie aérienne

La transmission aérienne se fait par l'intermédiaire de vecteurs :

- soit par les droplets nuclei (particules de taille comprise entre 1 et 5 μ m), provenant de la dessiccation des gouttelettes microbiennes ou générés directement par la toux ou les éternuements (200 km/h). Ces aérosols peuvent véhiculer des micro-organismes tels que celui de la rougeole, ou celui de la rubéole.
- soit par des spores telles que *Aspergillus* sp. (taille comprise entre 2 et 3 μ m) aérosolisées lors de la remise en suspension de la poussière lors de travaux.
- soit par des squames cutanées liées au renouvellement de l'épiderme (la couche la plus externe de l'épiderme se renouvelle complètement en 15 à 20 jours).

5. Les moyens mis en œuvre

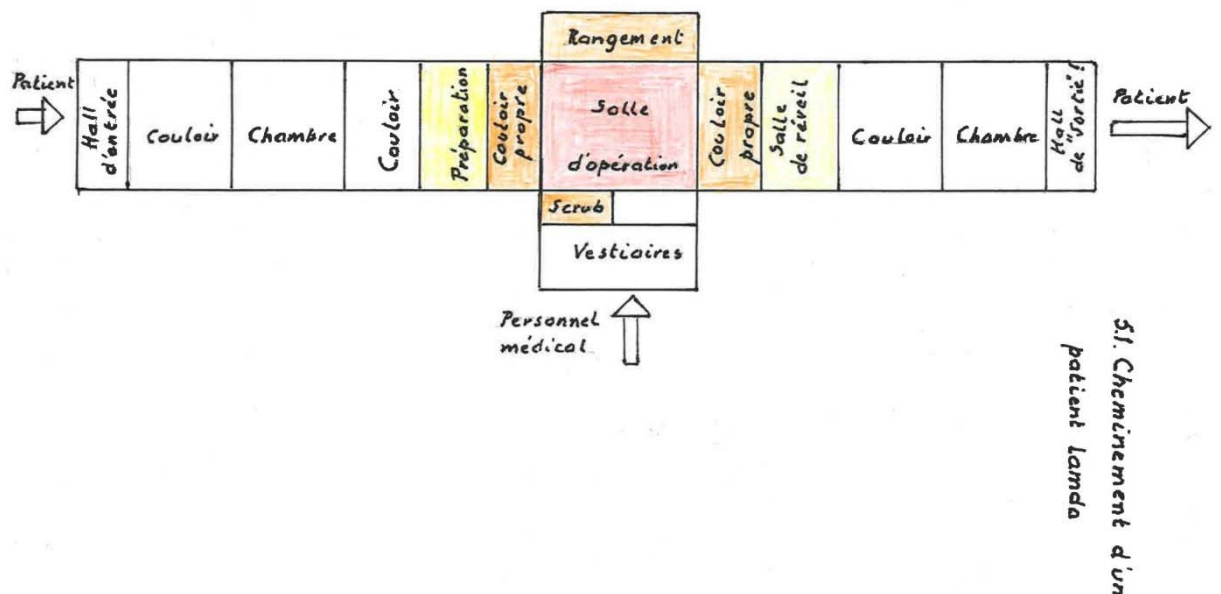
5.0. Spécificité du milieu hospitalier

Contrairement à l'industrie, les établissements de santé ont la particularité de pouvoir rassembler dans un même bâtiment, mais dans des secteurs distincts, des patients et des produits qui peuvent nécessiter des conditions de propreté extrêmes, mais qui peuvent également être un réservoir de contaminants. Ainsi, une intervention chirurgicale sur un milieu fortement contaminé par différents types de micro-organismes, comme l'est le tube digestif, n'est pas de même nature et n'a pas les mêmes conséquences qu'une implantation de prothèse de hanche dans un milieu stérile.

Il s'agit aussi d'une filière dans laquelle les soins sont donnés par du personnel se déplaçant d'une salle à l'autre (anesthésiste, par exemple), d'une chambre à une autre (infirmiers, aides-soignants), le personnel a souvent géographiquement, un rayon d'action très important. Ceci augmente les risques de propagation de micro-organismes.

À cela, il faut rajouter la multiplicité des fonctions assurées par du personnel de formations différentes et n'ayant pas la même organisation en terme de hiérarchie (directeur d'établissement, personnel administratif, personnel médical, personnel soignant, services techniques). Le langage, les besoins et les impératifs ne sont pas toujours les mêmes.

5.1. Cheminement d'un patient lambda



5.2. Objectifs de la mise en place de techniques et de procédures d'hygiène

Les techniques et l'ensemble des procédures d'hygiène mises en place ont pour but à la fois de :

- protéger les patients immunodéprimés, tels que ceux atteints d'un cancer ou ayant subi une transplantation d'organe, ou encore les prématurés,
- protéger les patients fragilisés, comme les patients âgés ou les patients porteurs de prothèse(s),
- pratiquer, dans des conditions de propreté définies, des actes invasifs dans un but d'examen ou de traitement (intubation, pose de sondes et cathéters) et certaines interventions chirurgicales (à titre d'exemple, orthopédie, ophtalmologie).

Dans un établissement, la maîtrise et la surveillance de la bio-contamination sont un impératif, sachant toutefois qu'il n'existe pas de relation directe entre les valeurs de bio-contamination de l'environnement hospitalier et le taux d'infections nosocomiales (relation dose – effet le plus souvent inconnue pour la grande majorité des micro-organismes).

5.3. Textes normatifs en vigueur

Textes transversaux :

- les normes transversales en vigueur sur les salles propres et environnements maîtrisés apparentés s'appliquent aux établissements de santé telles que la série de normes NF EN ISO 14 644 (parties 1, 2, 3, 5, 6 et 7) et la norme NF EN ISO 14 698 (parties 1 et 2). La partie 4 des NF EN ISO 14 644 a été transposée aux établissements de santé (NF S 90 351).

- Le guide de bio contamination – Salles propres, environnements maîtrisés et zone de bio confinement (ASPEC-2008).

Textes spécifiques aux établissements de santé :

- la norme AFNOR NF S 90 351 concerne la maîtrise de la contamination aéroportée dans les établissements de santé Établissements de santé – Salles propres et environnements maîtrisés apparentés – Exigences relatives pour la maîtrise de la contamination aéroportée.

- Des guides techniques spécifiques des établissements de santé sont également disponibles et apportent des éléments précieux aux différents acteurs de cette filière :

. le guide surveillance microbiologique de l'environnement dans les établissements de santé. Air, eaux et surfaces (DGS/DHOS/CTIN-2002).

. les recommandations d'experts sur la qualité de l'air au bloc opératoire (SFHN-2004).

5.4. Notion de zone à risques

En préambule, il faut rappeler que la survenue d'une infection par des micro-organismes présents dans l'air dépend de facteurs associés au patient (par exemple son âge, d'éventuelles maladies sous-jacentes ou encore un état d'immunodépression), aux soins pratiqués (en termes de nature et de durée), au type d'intervention chirurgicale, à un traitement médicamenteux prolongé. La prise en compte de ces différents facteurs de risque permet une analyse des risques infectieux qui aboutit à classer un patient en fonction de son niveau de risque (risque infectieux faible, moyen, élevé ou très élevé).

Ce classement permet d'identifier des zones à risques, un espace géographiquement défini et délimité dans lequel des individus, des produits ou des matériels (ou toutes combinaison) sont particulièrement vulnérables à la bio contamination. Il faut préciser qu'une zone à risques peut être un ensemble de locaux, un seul local ou une partie d'un local. On peut se référer à la norme NF EN ISO 14698-1 et à des guides pratiques tels que ceux d'UNICLIMA et de l'ASPEC. Pour chaque établissement de santé, sont définis quatre types de zones à risques.

FAMILLES DE ZONES A RISQUES EN ETABLISSEMENTS DE SANTE	
TYPE DE ZONE	EXEMPLES DE LOCAUX
Zones à risques faibles	halls d'accueil, bureaux
zones à risques modérés	pédiatrie, maternité, gériatrie
Zones à hauts risques infectieux	services de réanimation et unités de soins intensifs (adultes et pédiatrie)
zones à très hauts risques infectieux	chambres de greffés, chambres d'immunodéprimés, chambres de grands brûlés, blocs opératoires de chirurgie orthopédique

Toutefois, il appartient au Comité de lutte contre les infections nosocomiales (CLIN) de chaque établissement d'adapter sa propre situation et de définir, en fonction de multiples facteurs, sa propre répartition des zones à risques. L'identification des zones à risques conduit à définir des zones à environnement maîtrisé, à concevoir des installations techniques spécifiques et aussi à adopter des mesures de prévention de la contamination microbiologique (règles d'hygiène, procédures de travail, maintenance périodique adaptée, bio nettoyage).

5.5. Moyens de traitement d'air associés

Dans le cas de la construction d'un nouvel établissement ou de la réhabilitation d'un bâtiment existant, des éléments de prospective notamment en ce qui concerne le traitement d'air doivent également être pris en compte. La qualification de conception, mentionnée dans la norme NF S 90 351, devra considérer cet aspect.

a) Principes généraux

Du point de vue du traitement d'air, on peut regrouper les zones à risques faibles et modérés. En effet, dans les deux cas, il s'agit de respecter les prescriptions du Code du travail pour les locaux à pollution spécifique (locaux sans recyclage d'air) et non spécifique (RGPT), mais également les prescriptions des établissements recevant du public.

- « assainir » les locaux en renouvelant l'air,
- apporter une température et une hygrométrie relative adaptées : il faut préciser que les conditions de confort des équipes médicales et du personnel soignant ne sont pas forcément les mêmes que celles du patient,
- maintenir un niveau de bruit le plus faible possible pour le confort du personnel mais aussi du patient.

b) Cas des zones à hauts et très hauts risques infectieux

Pour les zones à hauts et très hauts risques infectieux, qui nous intéressent plus particulièrement en terme de traitement de l'air, les mêmes paramètres doivent être maîtrisés mais s'ajoutent d'autres contraintes :

- garantir un taux de renouvellement d'air horaire suffisant (lié au débit et au type de système de diffusion de l'air),
- maintenir un gradient de pression d'au moins 15 Pascals entre des locaux de niveaux de risque, donc de propreté différents,
- maîtriser les taux d'empoussièrement et de bio-contamination de l'air en amenant de l'air propre par un système de filtration efficace avec filtre terminal de très haute efficacité,
- par balayage d'air propre, assurer le maintien de la protection d'une zone de soins, un lit de malade ou une table d'opération.

Le traitement d'air comprend un tronc commun, quelle que soit la zone à risques :

- filtre F6 ou F7 en entrée de centrale de traitement d'air,
- filtre F8 ou F9 en sortie de centrale de traitement d'air.

Pour les zones à hauts et très hauts risques infectieux, la filtration terminale est assurée par un filtre terminal au minimum de catégorie H13.

Des techniques de diffusion d'air différentes, mentionnées dans la norme NF S 90 351, sont appliquées aux zones à risques :

- flux d'air non unidirectionnel (ou « turbulent ») où l'air extérieur est traité en température et hygrométrie relative puis filtré et diffusé dans le local par des bouches

souvent situées en partie haute d'une pièce, ce type de flux est utilisé essentiellement dans les zones à risques modérés ou à risques infectieux. Les taux de renouvellement horaire sont de l'ordre de 15 à 30 V/h.

- flux d'air unidirectionnel (ou « laminaire ») qui peut être vertical ou horizontal. Des précautions sont à prendre quant à l'utilisation de ce type de flux. Cette technique est souvent utilisée dans une partie de local, le reste du local étant soumis à un flux non unidirectionnel. Les énergies mises en jeu liées à des débits d'air importants sont significatives et le taux de renouvellement horaire est supérieur à 50 V/h (en fonction de la taille du plafond soufflant), cette technique étant réservée aux zones à hauts ou très hauts risques infectieux.

5.6. La protection du matériel

Le matériel est toujours en acier inoxydable. Certaines études ont démontré, il y a quelques années, le pouvoir bactéricide du cuivre. Certains hôpitaux ont remplacé tous leur matériel par de l'appareillage en cuivre. Ils sont revenus rapidement, déçus, à la solution inoxydable devant la lourdeur des opérations, l'entretien et le nettoyage du cuivre.

Différentes qualités d'aciers inoxydables

Produit	Désignation UNS	Autres désignations	Composition			
			Cr	Ni	Mo	Autres
Austénitique						
Standard	S30400	AISI 304, W.Nr.1.4301	19	9	2.5	
Standard	S31600	AISI 316, W.Nr.1.4401 AFNOR 26CND 17-11	17	12		
Divers européen	S31726	W.Nr.1.4439	17	13	4.5	N
Divers européen	NO8904	W.Nr.1.4539	20	25	4.5	Cu
VDM	NO8904	W.Nr.1.4529	20	25	6	Cu, N
Avesta-Sheffield	S31254	W.Nr.1.4547	20	18	6	Cu, N
VEW		VEW963	17	16	6	Cu, N
Ugine		NSCD	18	16	5.5	Cu
Standard	S31726	W.Nr.1.4439	17	14	4	N
Allegheny	NO8367	AL-6XN	21	24	6	N
Carpenter		20Mo-6	24	22	7	Cu, N
Avesta-Sheffield	S32654	W.Nr.1.4652	24	22	7	Cu, N
Ferritique						
TEW		W.Nr.1.4575	28	4	2.5	Nb
Trent/Crucible	S44660	Seacure	27.5	1.2	3.5	Ti
Allegheny	S44735	29-4C	29	0.5	4	Ti
Mixte						
Divers européen	S31803	W.Nr.1.4462	22	5	3	N
Sandvik	S32750	SAF 2507	25	7	4	N
Langley	S32550	Ferralium	25	6	3	Cu, N
Weir Materials	S32760	W.Nr.1.4501, Zeron 100	25	7	3	Cu, N, W

Notes : AISI et UNS sont des désignations américaines. W.Nr est une désignation allemande et l'AFNOR est française.

Celui qui est le plus utilisé, sauf pour l'eau saline, est un austénitique avec 18Cr en 10Ni. Il correspond aux inox 304 et 316 (désignation américaine) dont on peut trouver la composition dans le tableau ci-dessus et également ci-dessous.

Type 304 : 18-20% Cr, 8-10.5% Ni, 0,08% C au maximum, plus Mn, Si, P, S.

Type 316 : 16-18% Cr, 10-14% Ni, 0,08% C au maximum, 2-3% Mo, plus Mn, Si, P, S.

5.7. La protection du matériel scellé

Tout matériel scellé (pinces, ...) est ouvert par l'infirmière, sans toucher le contenu. Le chirurgien ganté prend le matériel sans toucher l'emballage.

5.8. La protection des personnes

La source principale de pollution bactérienne dans une salle d'opération est constituée par les personnes.

Le personnel médical

Le chirurgien : il se frotte les mains et les avant-bras longuement avec un savon aux propriétés antiseptiques. Cette opération se fait dans le « scrub », petit local adjacent à la salle d'opération et équipé d'un bac en acier inoxydable avec robinetterie à commande au coude ou électronique.

Le chirurgien s'habille d'une tenue stérilisée, pliée par le service de stérilisation, de telle sorte qu'il ne touche que les parties intérieures (contre le corps) de la tenue. Cette procédure permet d'éviter tout contact entre les mains du chirurgien et le côté extérieur de la tenue.

La fermeture finale par tirette dans le dos se fait par un long cordon accroché à la commande de la tirette. La tenue précitée est accompagnée du calot, du masque et des sabots. Il faut aussi tenir compte de l'existence de chirurgiens droitiers et gauchers.

Enfin, le port de tout signe extérieur de virilité masculine : moustache, barbe, cheveux longs, ..., est normalement prohibé. Encore, se déambuler en dehors du bloc opératoire en tenue de travail (tenue en général verte) est strictement interdit.

L'anesthésiste : circulant de salle en salle, l'anesthésiste est le perturbateur principal dans un bloc opératoire. Il est à noter que la position du patient dans la salle d'opération par rapport à la porte d'entrée à partir du couloir propre détermine plus ou moins l'impact de la pollution par l'anesthésiste. Nous avons rencontré deux pratiques dans les blocs opératoires des hôpitaux : entrée du patient les pieds d'abord et entrée du patient la tête d'abord.

Il est clair que dans la 1^{ère} pratique le trajet dans la salle d'opération est le plus court et donc le moins polluant.

L'infirmière : moins proche du patient et donc moins « dangereuse », l'infirmière doit toutefois s'équiper d'une tenue complète, d'un calot, d'un masque et des sabots.

Le patient : lorsqu'il est encore opérationnel, le patient est invité à prendre une douche avec produit antiseptique. Il est ensuite invité à enfiler une chasuble stérile fournie par l'hôpital. Dans certains cas (cardiologie), le patient est préparé en le revêtant d'isobétadine sur tout le corps. Afin d'impacter au minimum la surface d'intervention sur le corps du patient, le chirurgien et l'infirmière établissent un champ opératoire limitant au maximum la zone opérée du patient.

Tous : notons la présence de produits désinfectant à l'entrée de chaque chambre qui permet à tout un chacun de se désinfecter les mains avant (et après) d'entrer dans la chambre.

5.9. La protection des robots

En cas d'utilisation de robots, les éléments mécaniques de ces derniers sont intégralement et individuellement protégés.

5.10. La maîtrise de l'air

Éléments essentiels dans la maîtrise de la contamination de l'air : les filtres.

5.10.1. Constitution

La cellule filtrante est constituée d'un cadre qui contient une couche poreuse, cette couche poreuse est généralement un papier spécial qui, dans le cas des filtres à haute efficacité, est élaboré à partir de très fines fibres de verre.

La structure d'une telle couche avec des fibres inférieures au μm et des orifices de passage qui dépassent la dizaine de μm . Si un tel papier apparaît visuellement comme une surface continue, il est en fait essentiellement constitué de vide. Dans un volume déterminé de papier, le volume occupé par les fibres dépasse rarement 5%. Cette circonstance est heureuse car elle permet de faire passer des débits d'air importants en dépensant peu d'énergie, cette dépense étant quantifiée par la perte de charge.

Bien que les orifices de passage soient de grande dimension, la couche filtrante arrête des particules fines. Cette efficacité est la conséquence de l'action simultanée de plusieurs mécanismes d'arrêt dont les principaux sont l'interception, l'impaction et la diffusion brownienne. Un point important est que cette efficacité d'arrêt varie de façon significative avec la taille particulaire.

5.10.2. Mécanisme de fonctionnement

Les trois mécanismes importants pour la rétention des petites particules sont l'impaction, la diffusion et l'interception, dans une moindre mesure, on a également le tamisage. On doit admettre que les forces électrostatiques ne revêtent pas une grande importance dans les filtres absolus.

5.10.3. Extrait d'un cahier spécial des charges

2.4.9. ARTICLE C16 - FILTRES À AIR

Ce texte annule et remplace l'article C16 du cahier des charges-type 105 de 1990 (chauffage central, ventilation et conditionnement d'air) de la Régie des Bâtiments.

C16.1. Domaine d'application

Les présentes impositions s'appliquent aux filtres mécaniques fixes, qui retiennent les particules contenues dans l'air par un ou plusieurs effets mécaniques tels que le tamisage, les effets d'inertie, d'interception, de diffusion, etc. Elles ne concernent ni les filtres à déroulement automatique, ni les filtres électrostatiques, ni les filtres séparant les vapeurs de graisse ou d'huile, ni les filtres à charbon actif.

C16.2. Terminologie

Remarque préliminaire : dans le présent texte, lorsqu'il est fait référence à une norme belge, il faut toujours prendre en compte la dernière édition enregistrée de la norme en question.

Sauf mention contraire, la terminologie et les symboles utilisés dans le présent texte sont :

- *pour les filtres à air de ventilation générale, ceux de la norme N.B.N. EN 779 ;*
- *pour les filtres à air à très haute efficacité et les filtres à air à très faible pénétration, ceux de la norme N.B.N. EN 1822.*

Par « filtre » ou « filtre complet », on entend l'ensemble comprenant l'armature fixée à demeure dans l'installation et la partie remplaçable du filtre.

Par « élément de filtre » on entend la partie de filtre comprenant un médium filtrant (ou une matière filtrante) et un support indissociable (élément de filtre fixe tel que poche, filtre compact ou panneau).

Un élément de filtre peut :

- constituer à lui seul la partie remplaçable du filtre : poche unique d'un filtre à poches, filtre compact ;
- constituer une image réduite de la partie remplaçable du filtre : poche d'un filtre à poches qui en comprend plusieurs ;
- ne constituer ni la partie remplaçable du filtre ni une image réduite de celle-ci : panneau d'un filtre dièdre.

Le « débit d'utilisation » d'un filtre, dont il est question dans le présent texte et dans le cahier spécial des charges, est le débit d'air destiné à traverser le filtre dans l'installation où celui-ci doit être placé.

C16.3. Classification des filtres

Les filtres sont classés en groupes et en classes selon leurs performances de filtration.

On distingue les groupes suivants :

- groupe G : filtres pour poussière grossière,
- groupe F : filtres pour poussière fine,
- groupe H : filtres HEPA (à très haute efficacité),
- groupe U : filtres ULPA (à très faible pénétration).

Dans chaque groupe, plusieurs classes sont définies. Ces classes sont détaillées ci-dessous.

C16.3.1. Groupes G et F

Le tableau suivant fixe les différentes classes de filtres à air de ventilation générale. Les essais en vue de l'établissement de la classe d'un filtre G ou F sont réalisés conformément à la norme N.B.N. EN 779.

groupe de filtre	classe de filtre	perte de charge finale (*)	rendement initial à la tache E_A (%)	rendement gravimétrique moyen A_m (%)	rendement moyen à la tache E_m (%)
grossier (G)	G1	150 Pa	$E_A < 20$	$A_m < 65$	-
	G2	150 Pa		$65 \leq A_m < 80$	-
	G3	150 Pa		$80 \leq A_m < 90$	-
	G4	150 Pa		$90 \leq A_m$	-
fin (F)	F5	250 Pa	$20 \leq E_A < 98$	-	$40 \leq E_m < 60$
	F6	250 Pa		-	$60 \leq E_m < 80$
	F7	250 Pa		-	$80 \leq E_m < 90$
	F8	350 Pa		-	$90 \leq E_m < 95$
	F9	350 Pa		-	$95 \leq E_m$

(*) la perte de charge finale définie ici est la perte de charge finale maximale lors de l'essai du filtre.

Elle détermine la fin de l'essai dans le cas où aucune des conditions limites explicitées au point 6.5.1.4. de la norme N.B.N. EN 779 n'a été rencontrée.

C16.3.2. Groupes H et U

Les filtres à air à très haute efficacité (filtres HEPA, groupe H) et à très faible pénétration (filtres ULPA, groupe U) sont classés suivant la norme N.B.N. EN 1822. Le tableau suivant détaille les différentes classes en fonction des résultats aux essais décrits dans la norme précitée :

groupe de filtre	classe de filtre	valeur globale ⁽¹⁾		valeur locale ⁽¹⁾	
		efficacité E (%)	pénétration P (%)	efficacité E (%)	pénétration P (%)
HEPA (H)	H10	85	15	-	-
	H11	95	5	-	-
	H12	99,5	0,5	-	-
	H13	99,95	0,05	99,75	0,25
	H14	99,995	0,005	99,975	0,025
ULPA (U)	U15	99,999 5	0,000 5	99,997 5	0,002 5
	U16	99,999 95	0,000 05	99,999 75	0,000 25
	U17	99,999 995	0,000 005	99,999 9	0,000 1

(1) Les essais sont réalisés avec un aérosol dont le diamètre moyen des particules doit correspondre, pour le médium filtrant testé, à la dimension des particules pour laquelle la pénétration est la plus élevée.

5.10.4. Montage des filtres absolus

Lorsqu'un filtre absolu quitte l'usine où il a été fabriqué et testé, il doit être installé de la manière qui convient. S'il est correctement emballé, transporté et mis en place par du personnel qualifié, alors l'intégrité du filtre sera conservée. Cependant, pour s'assurer qu'il n'y a aucune incursion d'air non filtré dans la salle propre, le filtre doit être installé sur un support bien conçu. Ce support doit être d'une bonne construction et une attention particulière sera portée à la méthode d'étanchéité avec le filtre. D'habitude, des joints néoprène permettent d'appliquer le média filtrant sur un cadre plan et ainsi, d'éviter les fuites.

Ce procédé peut convenir tant qu'aucune distorsion n'est introduite dans le média, le cadre ou les joints, et ainsi être la cause de fuites. Un support bien conçu permet d'éviter les problèmes.

5.10.5. La perte de charges du plafond filtrant est autorégulant sur l'entièreté de sa surface. Les cassettes sont remplacées tous les trois à cinq ans lors du nettoyage complet de la salle. Elles ne sont montées qu'en dernier lieu juste avant le recalibrage de la salle.

6. Le bloc opératoire

6.1. Salles propres ou salles blanches

6.1.1. Qu'est ce qu'une salle d'opération

Il est évident qu'une salle propre est une pièce qui est propre. Cependant, sa définition est précisée dans la norme Federal Standard n°209^E comme suit :

« Une salle dans laquelle la concentration particulaire est maîtrisée et qui contient une ou plusieurs zones propres ».

La norme ISO 14644-1 donne la définition suivante :

« Une salle dans laquelle la concentration particulaire est maîtrisée et qui est construite ou utilisée de manière à minimiser l'introduction, la génération et la rétention de particules à l'intérieur et qui est également conçue pour que des paramètres tels que la température, l'humidité et la pression relative puissent être contrôlés autant que nécessaire.

6.1.2. Classification des salles propres

Cette classification est fonction de la propreté de l'air. Le plus simple et le plus courant consiste à reprendre la définition donnée dans la version D de la norme américaine n°209 qui énonce que le nombre de particules, de 0,5 µm ou plus, présentes dans un volume d'un pied cube, correspond à la classe d'empoussièrement.

Le tableau ci-après montre une présentation simplifiée de la classification d'empoussièrement selon la norme 209 D.



BASIC DATA - CLEAN ROOM - SUMMARY

www.camfilfarr.be

Report :
Diagram : 10
Datum :

Outdoor Air		
Number of particles larger than size		
Size μm	particles/m ³	
	dirty	clean
0,1	1x10 ¹⁰	5x10 ⁸
0,3	3x10 ⁸	2x10 ⁷
0,5	3x10 ⁷	1x10 ⁶

Human Dust Generation			
Number of particles/second larger than size per person			
Size μm	Maximum	Walking Cleanroom Clothes	Carefully walking clean room cloths
		0,1	1x10 ⁸
0,3	4x10 ⁵	2x10 ⁴	2x10 ³
0,5	2x10 ⁵	1x10 ⁴	1x10 ³

Particles per m ³ > 0,5 μm	ISO Class 14 644-1 1999	US 209E 1992	US 209D 1988	EEC GGMP 1989	France AFNOR 1981	Germany VDI 2083 1990	Britain BS 5295 1989	Japan JACA 1989
1								
3,5	2					0		2
10		M1						
35,5	3	M1,5	1			1		3
100		M2	3					
353	4	M2,5	10			2		4
1 000		M3	28					
3 530	5	M3,5	100	A + B	4 000	3	E or F	5
10 000		M4	283					
35 300	6	M4,5	1 000			4	G or H	6
100 000		M5	2 833					
353 000	7	M5,5	10 000	C	400 000	5	J	7
1 000 000		M6	28 328					
3 530 000	8	M6,5	100 000	D	4 000 000	6	K	8
10 000 000		M7	283 286					

Clean Lines Classes ISO 14 644 - 1							EEC GGMP	
Max. concentration (particles/m ³) for particles equal to and larger then considered sizes shown down below							Classe Bio.(germes)	
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1,0 μm	5,0 μm	GGMP	$\mu\text{f}/\text{m}^3$
ISO Class 1	10	2						
ISO Class 2	100	24	10	4				
ISO Class 3	1000	237	102	35	8			
ISO Class 4	10000	2370	1020	352	83		rest./ act.	max.in act.
ISO Class 5	100000	23700	10200	3520	832	29	B + A	<1 10
ISO Class 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293		
ISO Class 7				352000	83200	2930	C + B	100
ISO Class 8				3520000	832000	29300	D + C	200
ISO Class 9				35200000	8320000	293000		

$\mu\text{f}/\text{part} = 10^3 / 5000$

Filter Efficiency	(example of clean room filters)				100% - Global Efficiency = Global Penetration			
	Filters Media	initial Efficiency %	Eurovent 4/4&4/5	EN1822	Classe	min(%)	max(%)	max(%)
	0,1 μm	0,3 μm	0,5 μm	MPPS	EU / EN1822	global Eff.	global Pen.	local Pen.
Super Gold Seal	99,999995	99,99999	100	99,99998	U17	99,999995	0,000005	X20= 0,0001
Gold Seal	99,99998	99,99999	100	99,99997	U16	99,99995	0,00005	X5 = 0,00025
Absolute	99,9997	99,999	99,9999	99,9995	na U15	99,9995	0,0005	X5 = 0,0025
Absolute *	99,9997	99,998	99,9999	99,9995	EU14 / H14	99,995	0,005	0,025(0,01)
* following air speed					H13	99,95	0,05	X5 = 0,25
Micretain	99	98,5	99	98	EU13 / H12	99,5	0,5	na
					EU11 / H11	95	5	na
					H10	85MPPS	15	na
Hi Flo 9	70	80	90		EN779 F9			
Hi Flo 7	50	60	70		F7			
Hi Flo 6	15	20	25		F6			

Hot DOP monodispersé = 0,3 μm Ondina/DEHS /Emery = 0,2 to 0,3 μm MPPSsize round 0,12 to 0,2 μm

NB: with Eurovent 4/4 Scan for EU13 & EU14
wss max Local Pen. = 10X Global Pen.
for H14 CamfilFarr accept max X2 local Pen.

info@camfilfarr.be

Av. Mommaertsiaan 10/12 - 1140 Evere
Tel : 02 705 80 70 - Fax : 02 705 89 46

20070302 / PB

6.2. La maîtrise dynamique de la contamination

La maîtrise dynamique de la contamination se fait à partir d'air pulsé et extrait. Les principes de conception sont les suivants outre les filtres explicités au paragraphe ci-avant.

- un groupe de ventilation par salle pour éviter la contamination entre salles. Ce groupe de ventilation est constitué de parois en acier inoxydable pour permettre un nettoyage et une décontamination aisés.

- maintien d'une surpression d'environ 15Pa. Cette dernière est contrôlée par un magnehelic situé sur le tableau de commande de la salle d'opération.

- un ventilateur de pulsion et un ventilateur d'extraction. Ces ventilateurs sont, en principe, du type « à roue libre ». Ils sont sous la dépendance de variateurs de fréquences. Les deux ventilateurs sont liaisonnés électroniquement de telle sorte que le débit de pulsion soit toujours supérieur au débit d'extraction.

Dans certains cas (patients contaminés) il doit être prévu une possibilité d'inversion des pressions (pression négative en salle d'opération). Dans ce cas, le fonctionnement doit se faire en tout air neuf.

- pulsion de l'air par un « plafond » pulsant composé de cassettes protégeant les filtres HEPA.

- extraction de l'air par des bouches murales traditionnelles placées aux quatre coins de la salle. À chacun des coins, sont prévues deux bouches, l'une en partie basse, l'autre en partie haut répartissant le débit d'extraction respectivement de 2/3 – 1/3 du débit total. Les quatre bouches inférieures sont équipées d'un filtre « anti coton » retenant les fibres de coton arrachées des vêtements du personnel médical.

- le fonctionnement du groupe de ventilation est le suivant : jour, recyclage avec une quantité d'air frais proportionnelle au nombre de personnes présentes dans la salle. Le fonctionnement se fait à débit nominal et nuit, recyclage complet avec fonctionnement à environ 50% du débit nominal.

- la température de pulsion est aussi basse que possible (18°C voir 16°C) afin de créer une ambiance peu propice au développement des bactéries. Cette température est obtenue par des batteries chaudes et froides.

- l'humidité relative de l'air doit être au moins égale à 55% (imposition par le § 666 de l'Arrêté Royal du 06 novembre 1979) portant fixation des normes de protection contre l'incendie et la panique, auxquelles doivent répondre les hôpitaux. Cette disposition est prévue pour limiter l'apparition d'électricité statique pouvant enflammer le gaz anesthésiant lors de la provocation d'une étincelle. L'humidification est assurée par un générateur à vapeur pour sa qualité antiseptique.

- il est encore à noter qu'en considérant le volume occupé par un groupe de ventilation d'une part et le principe d'un groupe par salle, il est indispensable de prévoir un étage supplémentaire d'une surface équivalente au bloc opératoire, si possible au-dessus de ce dernier et d'une hauteur de 2,50m minimum.

6.3. La maîtrise statique de la contamination

La maîtrise statique de la contamination se réalise par différentes pratiques, notamment :

- principe du « flush », ce principe définit la planéité des parois, y compris aux raccords divers. Aucun moyen de pose, de raccords, d'insertion, ... ne doit permettre le dépôt de poussières.

- l'utilisation de blochets spéciaux pour l'installation des équipements électriques.

- conception des scialytiques évoluant de la forme d'un couvercle de casserole à un appareil avec bras libérant en grande partie la surface proche de l'horizontale susceptible de recevoir de la poussière.

- l'étanchéité à l'air de la salle d'opération est obtenue par la pose d'une double paroi. La paroi extérieure doit être étanche à l'air, la paroi intérieure de bonnes caractéristiques mécaniques (coups, ...). Les raccords parois verticales-horizontales (plinthes) sont arrondis. Les matériaux utilisés sont le gyproc, le trespac, ...

- les portes d'accès à la salle d'opération doivent être conçues avec un débit de fuite contrôlé.

En dehors de la salle d'opération proprement dite, citons encore :

- la création d'un couloir propre et d'un couloir sale permettant d'accéder à chaque salle d'opération. Les déchets « opératoires » ne transitent pas par le même couloir que les patients sortant du local de préparation ou se dirigeant vers la salle de réveil. Il en est de même pour les techniciennes de surface non qualifiées pour la désinfection des salles.

- le barrage physique placé à la sortie des vestiaires du personnel médical constitué d'un muret d'une hauteur de 50 cm environ et d'une largeur telle qu'il soit infranchissable sans « sauter » au-dessus ou en montant sur le muret. Cet obstacle a pour but d'obliger le personnel à s'asseoir dessus avec les pieds côté « sale », d'enlever ses chaussures sales, de passer ses jambes au-dessus du muret et d'enfiler ses sabots du côté « propre ».

6.4. Autres dispositifs à prévoir dans une salle d'opération

Les règles de bonnes pratiques imposent des prescriptions très sévères en matière d'électricité, à savoir la T013-Rédigée par le Comité Electro-technique Belge a.s.b.l.

Ce règlement constitue un « guide de consignes de sécurité relatives à l'installation et l'utilisation des dispositifs médicaux ». Il définit des classes de protection en fonction du type d'intervention sur/dans le corps humain, à savoir :

- S0 : actes médicaux ne faisant pas usage d'appareils médicaux (ou alimentés par pile).
- S1 : actes médicaux faisant usage d'appareil électro-médicaux susceptibles de provoquer un contact galvanique avec la peau intacte du patient
- S2 : actes médicaux faisant usage d'appareil électro-médicaux qui nécessitent un contact galvanique avec la peau, les muqueuses, les liquides ou tissus internes du patient.
- S3 : actes médicaux faisant usage d'appareil électro-médicaux qui peuvent provoquer un contact galvanique dans ou à proximité immédiate du cœur.

C'est la raison pour laquelle le sol d'une salle d'opération doit être électro-conducteur. À cet effet, le revêtement de sol doit emprisonner un tressage de fils de cuivre avec un raccordement à la mise à la terre aux quatre coins de la salle. La résistance ohmique est contrôlée par un Organisme Agréé.

6.5. Les tests

Les tests sont effectués par un Organisme spécialisé dans la matière. L'empoussièrement de la salle (non-occupée) est mesurée par un compteur de particules (scanner) sous un flux d'air chargé de particules préalablement calibrées (en général à 0,5 microns). Le nombre de particules comptées rapportées au débit d'air connu détermine la classe d'empoussièrement. Un rapport d'essai réel est joint au présent document.

6.6. Un cas concret – La rénovation du bloc opératoire de l'hôpital d'HORNU

L'hôpital d'HORNU a rejoint le groupe EPICURA en 2012. Il propose 350 chambres d'hospitalisation. Les travaux de rénovation du bloc opératoire se sont déroulés en quatre ans de 2011 à 2014.

Le bloc opératoire rénové comprend :

- l'arsenal ou la préparation des malades,
- six salles d'opération.
- la salle de réveil,
- les vestiaires pour le personnel médical et infirmier.

Extrait du cahier spécial des charges

Les classes d'empoussièrement et les débits d'air des salles d'opération sont indiqués au tableau ci-dessous.

Salle	Débit d'air par salle (durant une intervention)	Centrale de traitement d'air	Classe d'empoussièrement	Fed st 209
6	9,700 m ³ /h	GP-GE QO 5	ISO 5	100
5	9,700 m ³ /h	GP-GE QO 6	ISO 5	100
4	**	GP-GE QO 1	*	*
3	**	GP-GE QO 2	*	*
2	**	GP-GE QO 3	*	*
1	**	GP-GE QO 4	*	*

* les classes d'empoussièrement seront précisées lors des travaux de rénovation des salles 1 à 4 (hors entreprise).

** les débits d'air actuellement utilisés par salle sont à mesurer sur site par la présente entreprise.

Les classes d'empoussièrement sont données, salles hors activité et après un temps de décontamination de 10 minutes.

La diffusion de l'air dans les salles d'opération est réalisé par un plafond de diffusion équipé de filtres absolus H14. La vitesse du flux d'air est voisine de 0,45 m/s (écoulement unidirectionnel).

La reprise est réalisée dans les 4 angles de la salle, par des grilles d'extraction équipées de filtres anti-coton.

7. Conclusions

- 7.1. Tous les conseils, les règles, ..., cités ci-avant ne constituent pour la plupart que des recommandations. Un grand nombre de concepteurs de la construction, des techniques spéciales, des techniques médicales, des utilisateurs, du personnel, ... respectent ces recommandations.

Pour avoir côtoyé le mode médical de près et pendant de longues années, il n'est pas rare de relever des infractions à ces recommandations.

- 7.2. Les recommandations précitées sont appliquées dans les pays disposant d'infrastructures performantes. Il n'en est pas toujours le cas. Ci-après, une photo d'une opération par un chirurgien français (Jacques Bérès, 76 ans) d'un blessé en Syrie, lors de la guerre toujours en cours. Sans commentaires.

7.3. Les conditions de l'innovation

Modifier les pratiques dans le monde hospitalier est à la fois une obligation et la promesse de rencontrer des difficultés. Les premières difficultés concernent les utilisateurs et la modification des pratiques. Dès la phase de programmation, le travail commun avec les utilisateurs constitue un temps stratégique. Ce travail passe par une co-construction des organisations et fonctionnement renouvelés. Il passe par des séquences d'entretiens, d'observations, de travail en groupes thématiques, de visites d'opération présentant des similitudes, mais par définition jamais totalement identiques sinon nous ne parlerions pas d'innovation. Il passe également par des temps d'analyse et de justification permettant de pré-valider les fonctionnements, les dimensionnements et les incidences sur les organisations humains. Cette obligation de projection dans des façons de faire en rupture avec les pratiques actuelles demande du temps, de la confiance et parfois des échanges contradictoires. Les secondes difficultés concernent les aspects techniques, constructifs et réglementaires. Imaginer de nouvelles configurations impacte, surtout dans un secteur aussi technique que le bloc opératoire, les conditions de réalisation. Les contraintes de traitement de l'air, les contraintes de sécurité incendie, traitement de la notion de zone protégée et coupe-feu 2 heures du bloc dans le cadre d'une solution de type transstockeurs ou encore les contraintes de réalisation structurelle (trame, surcharge d'exploitation, ...) constituent autant de risque à expertiser le plus tôt possible dans le processus de programmation afin d'en mesurer l'incidence en termes de coûts de construction. Les troisièmes difficultés concernent les risques de modifications et de retour en arrière durant les phases de la mise au point du projet. Les conditions à réunir sont donc une équipe projet assurant le suivi du projet à minima jusqu'à la phase avant-projet détaillé (APD) et qu'elle puisse être accompagnée dès la phase programme par un appui programmatique, technique et logistique (*revue Techniques Hospitalières – mai/juin 2018*).

8. Bibliographie

- Hôpitaux Notre Dame à la Rose à Lessines – R. DEBRUYN.
- Le traitement de l'air – Salles propres. Environnement maîtrisés et zones de bio-confinement – ASPEC.
- Les salles propres – W.WHITE – Ed. BRESIN.
- La biocontamination – Salles propres. Environnements maîtrisés et zones de confinement – ASPEC.
- norme NF S90-351.
- L'homme et les microbes – P. DARMON – FAYARD.
- Salles propres – Magazine n°114 – Avril-Mai 2018.
- Techniques hospitalières n°770 – Mai-Juin 2018.
- Médecins - Archives des métiers – EDL.
- Barbiers, chirurgiens et médecins – L'art de soigner et réparer au Moyen-Âge – PIXURES.
- La pollution au Moyen-âge – J.P. Leguay – Ed. J.P.GISSEROT.