

Instrumentation médicale dans le monde en développement

Robert MALKIN, éditeur

Engineering World Health
Memphis, Tennessee, USA

Copyright 2006 par Engineering World Health

Tous droits réservés

Reproduction et traduction de toute partie de ce travail au delà de ce qui est autorisé par les sections 107 et 108 du "1976 US Copyright Act", sans la permission d'Engineering World Health est illégale. Les demandes d'autorisation ou d'informations complémentaires doivent être adressées à Engineering World Health, 111 South Highland, Suite 289, Memphis TN, 38111.

Table des matières

1. Introduction aux équipements des pays en développement.....	9
1.1. Qu'est ce qui caractérise le monde en développement ?.....	9
1.2. La technologie biomédicale dans les pays en développement.....	10
1.3. Travailler dans une communauté	13
1.4. A votre retour.....	16
1.5. Conclusions	17
1.6. Références.....	17
2. Equipements des salles d'opération, des services de soins intensifs et des Urgences	18
2.1. Travailler dans une salle d'opération ou un service de soins intensifs	18
2.1.1. Habillement.....	18
2.1.2. Mains et Comportement	18
2.1.3. Travailler dans une Unité de Soins Intensifs	19
2.1.4. Sections de chaque chapitre.....	20
2.2. Ventilateurs	22
2.2.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement	22
2.2.2. Problèmes courants.....	24
2.2.3. Tests minimaux suggérés	25
2.3. Les concentrateurs à oxygène	27
2.3.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.	27
2.3.2. Problèmes courants.....	27
2.3.3. Tests minimaux suggérés.....	28
2.4. Pompes à perfusion.....	29
2.4.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.	29
2.4.2. Problèmes courants.....	30
2.4.3. Tests minimaux suggérés	30
2.5. Electrocardiographes.....	32
2.5.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement	32
2.5.2. Problèmes courants.....	34
2.5.3. Tests minima suggérés.....	36
2.6. Les Tensiomètres.....	38
2.6.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement	38
2.6.2. Problèmes courants.....	41
2.6.3. Tests minima suggérés.....	41
2.7. Oxymètre de pouls.....	43
2.7.1. 2.7.1 Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	43
2.7.2. Problèmes courants.....	44
2.7.3. Test minimum suggéré.....	44
2.8. Les défibrillateurs	45
2.8.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement	45
2.8.2. Problèmes courants.....	46
2.8.3. Tests minima suggérés	46
2.9. Moniteur fœtal et Doppler fœtal.....	48
2.9.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement	48
2.9.2. Problèmes courants.....	49
2.9.3. Tests minima suggérés	49
2.10. Incubateur néonatal.....	50
2.10.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	50
2.10.2. Problèmes courants	50

2.10.3. Tests minima suggérés	51
2.11. Couveuse	52
2.11.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	52
2.11.2. Problèmes courants	53
2.11.3. Tests minima suggérés	53
2.12. Appareil de photothérapie.....	54
2.12.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	54
2.12.2. Problèmes courants	54
2.12.3. Tests minima suggérés	54
2.13. Moniteur d'apnée ou Fréquencemètre respiratoire	56
2.13.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	56
2.13.2. Problèmes courants	57
2.13.3. Tests minima suggérés	57
2.14. Bistouris électriques	58
2.14.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	58
2.14.2. Problèmes courants	59
2.14.3. Tests minima suggérés	60
2.15. Aspirateur de mucosités (pompe d'aspiration).....	61
2.15.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	61
2.15.2. Problèmes courants	62
2.15.3. Tests minima suggérés	63
2.16. Scialytiques et autres éclairages	65
2.16.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	65
2.16.2. Problèmes courants	66
2.16.3. Tests minima suggérés	67
2.17. Les appareils d'anesthésie	68
2.17.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	68
2.17.2. Problèmes courants	72
2.17.3. Tests minima suggérés	73
2.18. Gaz en bouteille.....	74
2.18.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	74
2.18.2. Problèmes courants	74
2.18.3. Tests minima suggérés	75
2.19. Batteries	76
2.19.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.....	76
2.19.2. Problèmes courants	77
2.19.3. Tests minima suggérés	80
3. Équipements des laboratoire médicaux.....	81
3.1.1. Sections trouvées dans cette partie de l'ouvrage.....	81
3.2. Balances.....	82
3.2.1. Utilisation et principes de fonctionnement.....	82
3.2.2. Problèmes courants	82
3.2.3. Tests suggérés	82
3.3. Centrifugeuses and Moteurs Electriques	83
3.3.1. Utilisation et principes de fonctionnement.....	83
3.3.2. Problèmes courants	84
3.3.3. Tests suggérés	86
3.4. Microtomes	88
3.4.1. Utilisation et principes de fonctionnement.....	88
3.4.2. Problèmes courants	88
3.5. Bains-marie, agitateurs et plaques chauffantes	90
3.5.1. Utilisation et principes de fonctionnement.....	90
3.5.2. Problèmes courants	90

3.6. Microscopes	92
3.6.1. Utilisation et principes de fonctionnement	92
3.6.2. Problèmes courants	93
3.7. Autoclaves	94
3.7.1. Utilisation et principes de fonctionnement	94
3.7.2. Problèmes courants	95
3.7.3. Tests suggérés	96
3.8. Incubateurs de laboratoire	98
3.8.1. Utilisation et principes de fonctionnement	98
3.8.2. Problèmes courants	98
3.9. Purificateurs d'eau	99
3.9.1. Utilisation et principes de fonctionnement	99
3.9.2. Problèmes courants	102
3.9.3. Tests suggérés	102
3.10. Étuves de laboratoires médicaux	104
3.10.1. Utilisation et principes de fonctionnement	104
3.10.2. Problèmes courants	104
4. Sujets connexes	106
4.1. Sécurité électrique	106
4.1.1. Prises électriques	107
4.1.2. 60 Hz ou 50 Hz	108
4.2. Dépannage du Matériel médical	111
4.3. Ensembles minima recommandés d'outils	114
4.4. Définitions de certains équipements médicaux courants	115
4.5. Dictionnaire Espagnol-Anglais	120
4.6. Sources potentielles d'équipements de pièces détachées	120
4.7. Lectures, Manuels and autres sources d'informations	120
4.7.1. Sources de livres et autres informations (vérifiés en août 2014)	120
4.7.2. Sites Web avec l'information (vérifiés en août 2014)	122
4.7.3. Livres recommandés	122
4.8. Unités and Facteurs Conversion	123
4.8.1. Facteurs de conversion	124
4.8.2. Multiple de 10	126

Préambule

Ce livre est une traduction la plus fidèle possible du livre "Medical Instrumentation in the Developing World" publié en 2006 sous la direction de Robert Malkin, professeur à Duke University (Caroline du Nord; Etats-Unis), directeur de "Engineering World Health" et écrit par des enseignants et étudiants de "The Engineering World Summer Institute," par des ingénieurs qui ont travaillé dans des pays en développement. La version originale, en anglais, peut être trouvée à l'adresse Internet suivante :

<http://library.ewh.org/greenstone/collect/osrc0122/index/assoc/HASH0165.dir/COMPLETE%20BOOK%20--%20Malkin%20-%20Med%20Equip%20in%20Develop%202006%20V2%20%2528English%2529.pdf>

C'est un livre qui se veut très concret et s'adresse à des personnes qui ne sont pas des spécialistes du domaine biomédical, des ingénieurs, techniciens d'autres spécialités qui partent travailler dans un établissement de santé d'un pays en développement, aux techniciens de ces pays, aux personnes qui y vont, souvent avec une ONG, et qui souhaitent aider ces pays à combler leur impressionnant déficit en équipements médicaux. Il a la qualité d'être très court, ce qui ne devrait pas rebuter les lecteurs potentiels.

Beaucoup d'informations pratiques qu'il contient, ne se trouvent pas ailleurs, non seulement sur le plan technique pour effectuer les tests indispensables après toute intervention, mais aussi sur le plan humain en mettant bien en évidence les difficultés importantes créées par les différences culturelles, difficultés trop souvent sous-estimées si ce n'est complètement ignorées, à l'origine de nombreux échecs.

Il est intéressant aussi parce qu'il fait réaliser aux lecteurs qu'ils pourront trouver dans ces pays :

- des équipements adaptés pour fonctionner sur le réseau électrique américain qui délivre du 110 Volts à 60 Hz et qui ont été donnés. Pour rappel nos équipements fonctionnent sur du 220Volts à 50 Hz.
- des normes qui sont différentes de celles qu'il connaît, comme les codages couleur des bouteilles de gaz médicaux, comme les détrompeurs des prises de gaz, etc,

... ce qui entraîne là encore d'autres difficultés auxquelles le lecteur peut ne pas penser et qui vont compliquer sa tâche pour la maintenance des équipements.

Les équipements auxquels ce livre s'intéresse sont des équipements donnés pour la grande majorité. Ce sont donc des modèles anciens, d'autant plus "anciens" que le livre a été publié en 2006. Que les lecteurs spécialisés en biomédical ne soient donc pas surpris, si l'usage de certains produits dont il est question n'est plus autorisé dans les pays développés, s'ils ne connaissent pas certaines technologies qui ne sont plus utilisées chez eux. C'est d'ailleurs là un des intérêts de ce livre, de parler simplement et concrètement de technologies que les lecteurs ne connaissent pas nécessairement.

Maurice PAGE

Ingénieur-physicien médical

Bénévole de l'ONG française HUMATEM

qui a traduit ce livre en août 2014

Note sur la traduction : Tel qu'indiqué précédemment, les auteurs de ce livre m'ont demandé que la traduction en français soit une traduction fidèle de la version originale, sans modifications, notamment pour les données qui peuvent paraître anciennes maintenant. Ce que j'ai essayé de faire tant sur le plan de la technique que celui de l'écriture et du style. C'est pourquoi le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité des auteurs et de l'éditeur, de EWH, et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant mon approche des technologies biomédicales, et celle d'HUMATEM,

AVANT-PROPOS

Il est habituel dans la plupart des pays en développement de trouver des équipements de laboratoire qui ne peuvent pas être utilisés ou qui ne le sont pas parce qu'ils ne correspondent pas aux besoins locaux, qu'ils ne sont pas installés correctement ou qu'ils sont en panne à la livraison. Les utilisateurs ne sont pas souvent formés à leur utilisation ou maintenance

- adapté d'un document de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

Pour qui est ce livre ?

Comment testez-vous un défibrillateur sur un cochon fraîchement tué ? Comment pouvez-vous utiliser un morceau de poulet pour tester un bistouri électrique ? Comment pouvez-vous tester les bilirubinomètres avant de les mettre en service sur des enfants quand vous n'avez pas de photomètre ? C'est le type de questions qu'un ingénieur travaillant dans un hôpital d'un pays en développement se pose chaque jour. L'équipement de test approprié n'est pas disponible et l'hôpital en a désespérément besoin. Vous ne pouvez pas mettre en service l'équipement sans le tester ni priver le personnel médical du seul équipement qui pourrait aider le patient. Que devez-vous faire ? Ce livre fournit les réponses : les sortes de tests pratiques et les suggestions de réparation que les ingénieurs peuvent employer dans un hôpital très mal équipé, très loin d'un service de génie biomédical.

Si vous êtes un ingénieur qui doit partir bientôt dans un pays en développement, un technicien d'un pays en développement ou simplement un visiteur d'un de ces pays qui désire aider à combler le manque considérable d'équipements médicaux, alors ce livre est pour vous.

Ce livre s'adresse principalement aux ingénieurs et techniciens qui vont habituellement travailler dans un établissement de santé public de niveau secondaire d'un pays en développement. Lire ce livre et le prendre avec vous ne vous prépare pas complètement à cette aventure de travail dans les pays en développement, mais il devrait vous aider à comprendre ce qu'il faut en attendre, sur le plan technique.

Que couvre ce livre ?

La partie principale de ce livre est divisée en sections, chacune d'elles traitant d'un type d'équipement. "Engineering World Health" mentionna en 2003 que 44% des problèmes des équipements médicaux trouvés dans les pays en développement sont dus à une erreur d'utilisation (seulement un peu plus qu'aux Etats Unis). Par conséquent, la moitié de chaque section est consacrée à expliquer l'utilisation clinique de l'équipement et son principe de fonctionnement. Ce qui devrait permettre à un ingénieur patient de comprendre le fonctionnement technique du dispositif sans le manuel (étant donné que le manuel manque souvent dans les pays en développement).

Environ 27% des problèmes rencontrés dans les pays en développement sont signalés comme étant reliés au bloc d'alimentation électrique des équipements (power supply). Ces blocs d'alimentation ne sont pas traités dans ce livre car ils le sont de manière détaillée dans le manuel complémentaire qui traite des laboratoires d'électronique (*Lab Book 2014 (Student); Recueil des laboratoires 2014 (Étudiant)*).

La plupart des problèmes restants (25%) rencontrés dans les pays en développement sont décrits dans ce livre.

Plus important peut-être que la description des problèmes les plus fréquents, ce livre donne des informations détaillées sur la manière de tester un équipement pour déterminer s'il fonctionne. Cette étape, très importante de toute réparation, n'est pas souvent couverte dans les manuels pratiques. Elle constitue un défi dans les pays en développement où les équipements de test requis sont souvent absents.

Ce que ce livre ne couvre pas.

Ce livre ne couvre pas les équipements d'imagerie diagnostique. Cette spécialité est moins souvent rencontrée dans les pays en développement, mais surtout requiert une connaissance et des équipements très spécifiques qui ne sont pas habituellement disponibles à l'ingénieur bénévole qui passe quelques semaines dans un hôpital d'un pays en développement. Si le problème ne provient pas d'une erreur d'utilisation, l'ingénieur ne pourra probablement pas réparer l'appareil.

Ce livre ne couvre pas non plus les automates de laboratoire. Ces équipements sont très mal adaptés aux pays en développement car ils nécessitent des packs de réactifs très coûteux et une maintenance fréquente. Cette maintenance et les réparations demandent souvent des connaissances et des outils qui ne sont probablement pas disponibles. Dans la plupart des cas, l'ingénieur bénévole fait mieux de passer son temps ailleurs dans l'hôpital !

Comment utiliser ce livre

Il peut être utile de lire l'introduction et la fin de ce livre avant de partir. Les sections sur la façon de vivre et de travailler dans un pays en développement couvrent quelques points très importants qui peuvent améliorer considérablement votre plaisir du voyage. La liste des outils devrait être utilisée comme un guide pour préparer vos bagages enregistrés (vous devez faire l'hypothèse qu'il n'y aura pas d'outils disponibles dans l'hôpital du pays en développement). La partie sur la recherche et le diagnostic des pannes est une bonne revue des principes de base, si vous vous sentez "rouillé" sur cette question.

Il n'est probablement pas nécessaire de lire chaque section sur chaque type d'équipement. Ce livre est fait pour vous accompagner dans votre voyage. Lorsque vous faites face à un équipement, avant de commencer le diagnostic et la réparation, lisez la section correspondante du livre. Puis commencez votre recherche et le diagnostic.

Vous devez tester la plupart des équipements avant de les remettre à leurs utilisateurs. Cependant, il est très probable que vous ne disposerez pas des équipements de test appropriés. Chaque section décrit un test que vous pouvez faire si vous disposez du jeu d'outils recommandé. Refaites ces tests autant de fois que nécessaire pour vous assurer que l'équipement est en parfait état avant de le remettre en service.

Comment ce livre a été écrit

Ce livre a été écrit par les professeurs et étudiants de "The Engineering World Summer Institute" ainsi que d'autres ingénieurs qui ont travaillé dans des pays en développement. Faites-nous savoir si vous pensez pouvoir contribuer à un chapitre, une section ou proposer des corrections. Peut-être y a-t-il une meilleure façon de tester un équipement ou une procédure plus complète? Ce n'est qu'au travers de l'ensemble de vos contributions que des livres comme celui-ci peuvent être mis à la disposition des personnes des pays en développement et des bénévoles qui les aident.

Robert Malkin

Robert.malkin@ewh.org

Directeur, Engineering World Health

Ce livre a été écrit avec d'importantes contributions des participants à EWHI et autres personnes :

Ben Schnitz, Frank Watts, Matt Christensen, Jody Riskowski, Marie Widner, James Needham, Jose Pujol, Bruce Carr, Meera Gopalakrishnan, Dave Harrington, Lauren Cooper, Chris Edmonds, Diane Muratore, William Hall, Michael Scott, Amber Jaeger, Zachary Crannell, Sarah Beykirch, David Sylvester, Sara Schubert, Brian Harry, Darcee Nelson, Michael Sealander, Margaret Lutz, Frank Billon, Nelson Riedel, Cynthia Moreno, Michelle Garst

1. Introduction aux équipements des pays en développement

Pour délivrer efficacement des soins de santé, même les hôpitaux les plus petits doivent disposer d'équipements fonctionnels [1] [2]. Cependant dans un hôpital d'un pays en développement, jusqu'à 60% des équipements ne fonctionnent pas [3] ! Des instruments de diagnostic de base, comme ceux d'imagerie radiologique, n'existent pas, ne fonctionnent pas ou manquent de l'infrastructure nécessaire pour être utilisés dans la majorité des hôpitaux publics. Les équipements fonctionnant dans les laboratoires hospitaliers se limitent souvent à rien de plus qu'une centrifugeuse manuelle et un microscope dont la lumière est cassée !

C'est dans un environnement difficile que l'ingénieur bénévole se trouve placé. Le succès dépend assurément des connaissances techniques et de l'habileté de l'ingénieur. La connaissance du contexte politique et économique est certainement nécessaire lorsqu'il s'agit de négocier le retrait d'un équipement pour réparation. Mais cette réussite dépend aussi de l'acceptation et de la compréhension du rôle que l'ingénierie a joué pour causer une telle situation.

L'ingénierie a joué un rôle essentiel en créant une situation où seulement une petite fraction de la population mondiale peut accéder à ce que les Américains considèrent comme une technologie médicale de routine. Par exemple, des équipements radiologiques, des microscopes sont présents dans un environnement clinique depuis plus de 100 ans. Malgré la conception moderne de ces instruments de base, ceux-ci ne fonctionnent guère plus de 6 mois une fois introduits dans les pays en développement. C'est, en partie au moins, la conception de tels équipements qui a échoué dans la majorité des pays du monde et la conception est du domaine de l'ingénierie biomédicale.

1.1. Qu'est ce qui caractérise le monde en développement ?

Qu'est-ce que le développement humain ?

(adapté de "United Nations Development Program",2003)

"L'objectif de base du développement est d'élargir les choix des personnes. En principe, ces choix peuvent être infinis et peuvent changer au fil temps. Les personnes valorisent souvent des réalisations qui ne se voient pas du tout, ou pas immédiatement, en termes de revenu ou de croissance : un meilleur accès à la connaissance, de meilleurs services de nutrition ou de santé, des moyens de subsistance plus sûrs, la sécurité vis-à-vis du crime ou de la violence physique, des heures de loisirs satisfaisantes, des libertés politiques et culturelles et le sens de la participation à des activités communautaires. L'objectif du développement est de créer un environnement qui permet aux personnes de profiter de longues vies créatives, en santé."

Mahbub ul Haq

Le développement humain est beaucoup plus que l'augmentation ou la baisse des revenus nationaux. Il s'agit de créer un environnement dans lequel les personnes peuvent développer pleinement leur potentiel et vivre de manière productive, créative, en accord avec leurs besoins et intérêts. Les gens sont la vraie richesse des nations. Le développement est donc élargir les choix des personnes pour qu'elles puissent mener une vie qu'elles apprécient. C'est donc beaucoup plus que la croissance économique, qui n'est qu'un moyen - même s'il est important- d'élargir les choix des individus.

Fondamental pour élargir ces choix est le renforcement des compétences humaines - l'ensemble des choses que les gens peuvent faire ou être dans leur vie. Les aptitudes les plus élémentaires du développement humain doivent conduire à des vies longues et saines, à être informé, à avoir accès aux ressources nécessaires à un niveau de vie décent et à être en mesure de participer à la vie de la communauté. Sans cela, de nombreux de choix ne sont tout simplement pas disponibles et bien des opportunités dans la vie demeurent inaccessibles.

11 millions d'enfants de moins de 5 ans meurent chaque année de causes évitables - ce qui équivaut à plus de 30 000 par jour.

Environ 1,2 milliard de personnes vivent avec moins d'un dollar (\$) par jour (chiffres de 1993), et 2,8 milliards avec moins de 2 \$ par jour

34 millions de personnes vivent avec le SIDA (HIV) (fin 2000)

163 millions d'enfants de moins de 5 ans sont en insuffisance pondérale.

L'Indice de Développement Humain

L'Indice de Développement Humain (IDH) est une mesure du développement humain dans un pays. L'indice est calculé en utilisant une combinaison de facteurs comprenant l'espérance de vie à la naissance (en années), le taux d'alphabétisation (% de plus de 15 ans), une combinaison des taux bruts de scolarisation dans le primaire, secondaire, tertiaire, le PIB par personne, l'indice de longévité, l'indice d'éducation et celui du PIB.

Quels sont les pays les plus pauvres dans le monde ?

Les 10 pays les plus pauvres sont tous africains (Nom/ Indice de développement humain) :

Mali	51,5
République Centrafricaine	44,3
Tchad	45,7
Guinée-Bissau	44,8
Ethiopie	43,9
Burkina Faso	46,7
Mozambique	39,3
Burundi	40,6
Niger	45,2
Sierra Leone	38,9

Les 10 pays les plus riches dans le monde sont (Nom/ Indice de développement humain) :

Norvège	78,5
Suède	79,7
Canada	78,8
Belgique	78,4
Australie	78,9
Etats-Unis	77,0
Islande	79,2
Pays-Bas	78,1
Japon	81,0
Finlande	77,6

1.2. La technologie biomédicale dans les pays en développement

Les causes qui ont conduit à un faible indice de développement humain sont différentes d'un pays à l'autre. Un régime militaire ou un parti unique peut conduire à un faible développement humain [5]. Le manque d'adhésion aux standards internationaux des droits de l'homme conduit à la torture et à d'autres traitements qui abaissent le développement humain. Une guerre civile a déchiré beaucoup de pays au bas de l'échelle du développement humain des Nations Unies.

On dit parfois qu'il y a des facteurs inhérents, tels que le climat et la géographie, dans les régions des pays en développement, qui contribuent à leur état. Le climat peut jouer un rôle dans certaines maladies. Cependant, dans de nombreux pays en développement, il existe un secteur de santé privé prospère. En dépit du climat et d'autres facteurs inhérents, le secteur privé délivre généralement d'excellents soins de santé, rivalisant à ceux disponibles dans le monde développé, mais à un prix élevé.

La relation entre le secteur privé et le secteur public est quelque peu différente dans les pays en développement. Aux Etats-Unis, le secteur privé dessert la majorité de la population via une assurance souscrite par les

employeurs. Les utilisateurs paient une petite quote-part. Les citoyens américains sans assurance vont dans les hôpitaux publics où les traitements sont souvent gratuits (pour les plus pauvres). Dans les pays en développement, le secteur privé dessert un pourcentage très faible de la population (peut-être 3-4%). Les patients doivent payer le plein tarif pour ses services. Les hôpitaux publics et centres de santé traitent la majorité de la population. Les patients du public dans les pays en développement doivent payer une petite quote-part. Par conséquent, contrairement aux Etats-Unis, mais de manière similaire à l'Europe, les soins de santé sont délivrés à la majorité des citoyens à un faible coût dans les hôpitaux publics.

Cependant, par manque d'équipements, la qualité des soins peut y être très mauvaise. Un exemple peut être instructif. L'imagerie par rayons X est critique pour délivrer des soins de qualité. Cependant elle reste inaccessible à la plupart des hôpitaux des pays en développement. L'ONG "Engineering World Health" a récemment publié une petite enquête sur la disponibilité de l'imagerie diagnostique par rayons X dans quelques uns des pays les plus pauvres au monde [4]. Dans cette enquête, EWH a visité un total de 8 hôpitaux en Sierra Leone (le pays le plus pauvre au monde), Haïti (le pays le plus pauvre de l'hémisphère occidental) et au Nicaragua (le deuxième pays le plus pauvre de l'hémisphère occidental). L'enquête concerne les équipements de radiologie qui fonctionnent ou pas, mobiles ou stationnaires. Lorsque l'équipement ne fonctionnait pas, les raisons de son retrait du service étaient notées. Les résultats de cette enquête sont résumés dans le tableau suivant :

Pays	Hôpital	Nombre de machines mobiles	Nombre de machines stationnaires	Nombre de lits
Sierra Leone	Connaught	1 (1)	1 (2)	500
	Good Shepard	0	0 (1)	30
	Bo	0	1 (2)	225
	Kissy	0	0 (1)	150
Haïti	Jacmef	0 (2)	1 (1)	250
	La Vallée	0	0	50
Nicaragua	La Mascota	0 (1)	0 (2)	250
	Leon	0 (1)	1 (2)	400

(Les nombres entre parenthèses indiquent le nombre d'équipements en panne.)

Chacun de ces hôpitaux dispose d'au moins une salle d'opération et d'une unité de soins intensifs. La Mascota et Leon ont de la chirurgie thoracique. Cependant, un seul des huit hôpitaux avait un mobile de radiologie, un équipement généralement considéré comme indispensable pour la chirurgie thoracique et presque indispensable dans une unité de soins intensifs. Plusieurs hôpitaux disposaient d'un équipement mobile, mais il était en panne, le plus souvent sur casse du tube à rayons X. Les équipements fixes étaient aussi en panne par manque de pièces détachées, et notamment de tube à rayons X. Seulement près de la moitié des hôpitaux avaient un équipement fixe fonctionnel. Même La Mascota, le plus grand hôpital pédiatrique au Nicaragua (250 lits) n'avait pas d'équipement fonctionnel, de quelque type que ce soit, mobile ou fixe. En bref, un des outils médicaux les plus importants et peut être essentiels, reste largement indisponible dans les pays en développement.

Problèmes avec solutions pour la technologie biomédicale

Un ingénieur placé face à un équipement en panne, veut le réparer pour aider les gens autour de lui. De plus, il est inévitable d'essayer d'imaginer des solutions au problème plus large de manque général d'équipement. Mais avant de choisir une solution aux problèmes que l'ingénieur rencontre, il est important d'avoir une vision réaliste des difficultés que ces solutions au problème de disponibilité d'équipements médicaux peuvent rencontrer.

L'augmentation constante du coût des développements de la technologie biomédicale moderne est certainement un des obstacles à l'implantation de certaines technologies. Par exemple une simple IRM peut coûter 10 millions de dollars, soit à peu près 0,5% de l'économie entière de la Sierra Leone (par opposition à 0,0001% de l'économie américaine) [11]. Alors qu'il n'est pas possible pour la Sierra Leone, un pays de 5,6 millions d'habitants, d'acheter un tel équipement, la ville de Memphis, Tennessee, de 1,2 millions d'habitants, dispose de plus de 5 IRM. L'Université de Saskatchewan a récemment installé une IRM pour chiens [12].

Cependant, dans beaucoup de cas, le coût d'achat n'est pas le principal obstacle à la technologie dans les pays en développement. Par exemple, beaucoup d'entreprises américaines sont prêtes à donner de leurs équipements de seconde main, parfois fonctionnels, à des hôpitaux qui en ont besoin. Ces dons, bien intentionnés, se terminent souvent en désappointement et frustration des bénéficiaires. Même après le don de l'équipement d'autres obstacles surgissent à sa mise en service.

Le problème le plus sérieux est le manque de pièces détachées. Inévitablement un appareil tombe en panne. Les pièces détachées peuvent ne pas être disponibles parce qu'elles ne sont plus fabriquées et que le personnel local n'a pas une expertise suffisante pour trouver des sources de rechange. Pour les équipements plus récents, les pièces sont fabriquées, mais peuvent ne pas être disponibles dans les pays en développement. Et quand les pièces sont fabriquées et disponibles, leur coût peut être prohibitif. Et même quand les pièces sont disponibles à un coût modeste, l'hôpital peut manquer de l'expertise ou des outils requis pour effectuer la réparation.

Le manque d'outils est un gros problème dans les pays en développement. Même des tournevis ou clés à molettes manquent aux responsables de la maintenance biomédicale. Des outils légèrement plus techniques tels les voltmètres et oscilloscopes sont rarement disponibles dans les pays les plus pauvres du monde. Les équipements de test, que les techniciens biomédicaux considèrent comme indispensables aux Etats-Unis, comme les simulateurs de patient, les poumons artificiels, les calibreurs de défibrillateurs sont pratiquement inexistant dans le tiers monde.

Après le manque de pièces de rechange et d'outils, le principal obstacle suivant est le manque de manuels techniques. Sachant que chaque fabricant fournit les manuels techniques avec leurs équipements, ce manque de manuels résulte souvent du fait que les donateurs ne les fournissent pas avec les équipements tout comme les manuels utilisateur. Et même dans le cas où l'équipement est acheté, les manuels sont souvent perdus, ou sont fournis dans une autre langue que celle du pays (surtout les manuels techniques).

Un autre manque est celui d'une alimentation électrique ou en eau, fiable. La plupart des équipements requièrent une infrastructure existante en eau et électricité. Parfois de l'eau distillée, dé-ionisée doit être disponible. En petites quantités, la fourniture d'eau traitée n'est pas un problème. Mais les sources en continu ne sont pas souvent disponibles. L'électricité est rarement disponible de manière continue et fiable dans les hôpitaux, et parfois totalement absente. Il y a des équipements qui consomment tellement d'énergie que, sans alimentation électrique fiable, il est impossible de les faire fonctionner. Heureusement, beaucoup d'équipements ne demandent pas une grande puissance électrique. Un équipement idéal tolérerait de très larges fluctuations du réseau électrique, disposerait de batteries ou d'alimentations de secours à connexion manuelle lorsque le réseau électrique tombe. Malheureusement, la plupart des équipements ne sont pas conçus pour tolérer des fluctuations sur le réseau électrique.

Il y a aussi un petit nombre de problèmes plus subtils qui valent d'être mentionnées. Il y a une fuite des cerveaux très importante dans les pays en développement. Il faut dire que les équipements biomédicaux modernes demandent souvent des techniciens très bien formés pour les utiliser ou maintenir. Or, une fois qu'un technicien ou ingénieur devient hautement qualifié il peut trouver des emplois beaucoup mieux rémunérés dans le monde développé. De sorte qu'ils partent. Le résultat est qu'il y a très peu de techniciens très bien formés dans les pays en développement, alors que les besoins de personnel spécialisé, formé pour la maintenance des équipements médicaux, augmentent.

Et même lorsqu'il y a du personnel adéquatement formé, l'environnement (pas d'outils, pas de pièces détachées, pas de manuels) peut les conduire à être frustrés. La corruption au sein du gouvernement, qui peut s'étendre jusqu'aux hôpitaux publics ou aux services biomédicaux centralisés, peut s'ajouter à cette frustration. Une frustration qui existe depuis longtemps peut conduire à un détachement par rapport à son environnement. Et ce détachement peut se dégrader jusqu'au point où aucun travail n'est tenté, même s'il peut être fait. De sorte que des équipements restent en panne, même si les outils, les pièces détachées, les manuels techniques et l'expertise sont disponibles.

La prolifération de matériel à usage unique, alors que des solutions réutilisables alternatives existent, est un autre obstacle difficile à franchir pour les hôpitaux des pays en développement. Par exemple, il n'y a que peu, si ce n'est pas, d'hôpitaux américains, qui utilisent des électrodes ECG métalliques réutilisables pour la surveillance de routine, les ayant remplacées par des pads adhésifs, à mousse, jetables. A première vue, cette substitution paraît

être moins coûteuse puisque leur mise en place est plus rapide et qu'elles ne demandent pas de nettoyage et de désinfection entre deux patients. Les gains apparents sont des gains en coût de personnel. Or dans les pays en développement, le coût du personnel est très faible; les électrodes ECG métalliques sont en fait une alternative moins coûteuse dans ces pays. C'est souvent cette différence de coût de la main d'oeuvre qui conduit les ingénieurs biomédicaux à favoriser des équipements apparemment moins chers (systèmes automatiques, mélanges d'étalonnage tout préparés, etc.) alors qu'ils sont plus coûteux à exploiter dans les pays en développement.

Les contrats de maintenance des équipements sophistiqués deviennent un autre obstacle inhérent à l'appareil. En d'autres termes, les équipements sont conçus expressément pour être maintenus à intervalles réguliers. Dans quelques cas, les équipements arrêtent de fonctionner s'ils ne sont pas maintenus tous les six mois. De tels niveaux de maintenance ne sont pas réalistes dans les pays en développement. Les équipements doivent pouvoir fonctionner avec un entretien minimum pendant plusieurs années. Et quand de la maintenance est requise, elle ne doit pas demander une formation spécialisée, des instruments spécifiques (comme un ordinateur) ou des manuels. Les équipements les plus frustrants sont ceux qui requièrent des connaissances (parfois arbitraires, comme un code secret) qui ne peuvent être acquises qu'après avoir suivi le cours de formation du fabricant.

Des problèmes qui n'en sont pas pour les équipements dans les pays en développement.

Tout comme la tentative de mettre en oeuvre une solution à un problème qui a lui même des problèmes inhérents peut paralyser le meilleur ingénieur, celle de solutions basées sur des idées préconçues, fausses sur les obstacles de la mise en oeuvre de la technologie dans les pays en développement, doit être évitée.

Une erreur courante est que les instruments doivent être simples. Ce n'est pas vrai du tout. Les individus des pays en développement peuvent être formés à utiliser n'importe quel équipement tout comme vous. En fait il y a souvent des connaissances sur l'utilisation des équipements médicaux dans les pays en développement qui ne sont plus disponibles dans le monde développé.

Bien qu'il ait été mentionné précédemment que le coût d'achat d'un équipement moderne soit un obstacle, dans beaucoup de cas le gouvernement peut rassembler ses ressources pour acheter une seule unité d'un équipement très coûteux. Mais si cette unité demande une infrastructure importante pour fonctionner, comme des équipements spécifiques, une maintenance fréquente, ou du personnel spécifiquement formé, il est fort probable que ce précieux investissement fonctionnera les premiers mois, puis sera en panne. Ce résultat est frustrant pour les politiciens, les médecins et les patients. Cependant les coûts d'investissement ne sont pas toujours un obstacle.

1.3. Travailler dans une communauté

Avant de choisir une solution à un problème, l'ingénieur devrait chercher qui d'autre travaille dans la région et pourrait être en mesure de l'aider. En fait, le problème de formation est si important que c'est seulement par de telles collaborations que nous pouvons contribuer de manière significative aux populations des pays en développement.

Puisque l'infrastructure requise par les équipements modernes est absente dans les pays en développement et qu'une population éduquée peut bâtir cette infrastructure, une solution à ce problème consiste à former la population locale. A cette fin, beaucoup d'ONG ont mis en place des écoles pour former des techniciens. "Project Hope", "International Aid" et beaucoup d'autres organismes gèrent des écoles pour les ingénieurs biomédicaux dans les pays en développement.

Une solution pour réduire le fossé technologique est d'exporter la technologie des pays développés dans le tiers monde. Il y a beaucoup d'organismes qui donnent des équipements aux pays en développement et les Nations Unies, la Banque Mondiale peuvent accorder des prêts ou faire des dons aux pays pauvres pour acheter des équipements médicaux. Dans certains cas, c'est la solution idéale pour reconstruire un pays. Cependant, dans d'autres cas, cette approche n'a connu qu'un succès limité. Il y a certainement des milliers, si ce n'est des millions, d'équipements donnés dans les pays en développement. Mais seul un faible pourcentage fonctionne encore. En plus de tous les obstacles au bon fonctionnement des équipements déjà mentionnés, les équipements donnés

peuvent être inutilisables parce qu'un câble ou un accessoire a été oublié, que l'équipement a été endommagé pendant le transport, que le personnel technique de l'hôpital n'est peut être pas formé pour installer correctement l'équipement ou pour l'utiliser.

Tout comme beaucoup d'organismes envoient des médecins dans les pays en développement, "Engineering World Health" et de nombreuses autres ONG envoient des ingénieurs biomédicaux dans les pays en développement. Quand ces ingénieurs arrivent, ils apportent des équipements, forment la population locale, livrent des pièces détachées et installent des équipements. Des formations de courte durée, fréquentes, peuvent donner une compétence.

Plusieurs chapitres à la fin de ce livre listent des organismes, des sites Internet et des livres qui contiennent des mines d'information sur la technologie biomédicale dans les pays en développement.

Conditions de travail des ingénieurs bénévoles

Un des points les plus importants dans le choix des solutions aux problèmes est de comprendre les conditions de travail auxquelles un ingénieur d'un pays développé doit faire face. Savoir comment travailler dans ces conditions est aussi important.

Travailler avec succès dans l'environnement des pays en développement requiert de la patience et un état d'esprit différent de celui auquel on est habitué. Avant tout, il est impératif d'apprendre à connaître le personnel local et de gagner sa confiance. A votre arrivée, prenez du temps pour parler aux employés locaux, installez tous les équipements fonctionnels, réparez les équipements les plus valorisés. Cela va vous gagner le respect et la confiance de ces personnes. Elles ont eu beaucoup de promesses, mais vu peu de réalisations et la méfiance – des américains en particulier- est une réaction normale pour eux. Cette méfiance n'est pas cruelle ou perfide, mais le personnel local ne croit plus que quelqu'un peut réellement leur fournir des pièces et les aider à réparer des équipements cassés depuis des années.

Une fois que vous aurez gagné la confiance du personnel, vous pourrez réussir et profiter de votre séjour à un rythme plus détendu. Le personnel commencera à vous apporter les équipements en panne et demander de l'aide ou vous donnera des listes d'équipements qu'ils souhaitent. Vous devez devenir expert pour comprendre un problème tel qu'ils le décrivent et leur faire part de la solution à laquelle vous pensez. Un bon nombre des problèmes que vous rencontrerez trouvent leur origine dans la communication et les erreurs d'utilisation, pas dans les problèmes techniques.

Vous devez être extrêmement patient. Le rythme de travail est très lent comparé au notre; un simple projet peut prendre des jours pour se terminer. C'est important d'être méticuleux dans vos notes pour être sûr que vous n'avez pas oublié de terminer quelque chose. (perpétuant le mythe que les étrangers ne viendront pas à leur aide) et encore plus important de persister à vouloir obtenir l'aide ou l'avis des techniciens locaux. Vous devez vouloir demander leur aide et leur assistance parce que vous ne pouvez pas réussir en essayant de tout faire à votre manière. Apprenez plutôt à travailler dans le contexte normal de l'hôpital et adaptez-vous à lui.

Il ne sert à rien de donner un équipement si les utilisateurs n'ont pas confiance dans son utilisation. Nous pouvons observer, faire des suggestions, et essayer d'améliorer, mais si nous dépassons nos limites le personnel local redeviendra méfiant. Si vous suspectez une procédure locale de ne pas être correcte, prenez le temps de poser des questions pourquoi la procédure est suivie. Si, après une longue discussion avec le personnel, vous décidez que la procédure devrait être changée, ne vous attendez pas à ce que vos suggestions soient suivies immédiatement. Discutez les changements nécessaires avec le chef du service, puis avec chacun des membres du personnel, et par dessus tout soyez patient et souple. Vous devez être confiant dans le fait que le travail que vous faites est suffisant et que faire votre travail complètement et patiemment est le meilleur moyen d'avoir un impact positif sur l'hôpital et le personnel.

Conditions de vie dans les pays en développement.

Vivre dans les pays en développement amène un bon nombre de problèmes personnels qui peuvent se transformer en problèmes professionnels. Les conditions de vie sont souvent très rustiques et sont toujours

différentes de celles auxquelles vous êtes habitués. Il y a quelques conseils de base qui vous aideront à survivre, mais le choc culturel est toujours le problème le plus important auquel vous aurez à faire face.

Parmi les conseils de base, essayez d'éviter de vous plaindre et tout ce qui pourrait conduire à des discussions ou dissensions avec vos hôtes et chefs de service. Vous ne connaissez pas les coutumes locales. Dans beaucoup de pays, les plaintes et les critiques sont très mal tolérées.

Ne sortez pas n'importe où de vous-même, sans chercher à connaître les limites de ce que vous pouvez faire. Il y a des dangers dans les pays en développement avec lesquels vous pouvez ne pas être familiers.

Ne laissez pas des objets de valeur sans surveillance ou ne provoquez pas d'autres situations qui inciteraient au vol. Les sacs banane (ou quelque chose de similaire à porter sur votre ceinture) sont plus sûrs que les porte-monnaie. Vous devez impérativement apporter et porter sous vos vêtements une pochette fermée et pour votre argent, votre passeport, et autres pièces d'identité.

Ne buvez pas ou ne lavez vous pas les dents avec l'eau du robinet. Utilisez plutôt de l'eau en bouteille à la place. Prenez toujours avec vous du gel désinfectant pour les mains ou équivalent pour nettoyer vos mains juste avant de manger.

Utilisez un répulsif à moustiques avec au moins 30% de DEET pour vous protéger à la fois de la nuisance des moustiques et de ceux qui donnent la dengue (quelque peu semblable à la malaria). Une crème antisolaire doit être utilisée s'il y a un risque de coup de soleil. Prenez toujours un désinfectant avec vous comme la *Polusporin*¹ ou *Neosporin* and utilisez-le pour chaque blessure à la peau. Consultez un professionnel de la santé si vous avez des questions à leur sujet ou sur des questions connexes.

Ne pensez pas que vous être meilleur ou plus intelligent que vos hôtes. Vous devrez essayer de respecter leurs habitudes et chercher à apprendre d'eux comme ils le font de vous et de votre groupe. Faites attention que certains mots ou formes de communication non verbale, qui peuvent être amicales dans notre culture, peuvent avoir des sens opposés dans d'autres cultures.

Le choc culturel

Le problème le plus sérieux auquel vous aurez à faire face est le choc culturel. Il peut être très débilitant. Tout le monde éprouve un choc culturel la première fois qu'il visite un pays pendant une longue période. Le choc culturel est un type de stress psychologique qui affecte ceux qui s'ajustent à une nouvelles culture ou environnement. Ce n'est pas simplement le choc d'expérimenter quelque chose de nouveau, mais c'est un changement complet d'environnement qui peut prendre des semaines voire des mois à surmonter.

Comme les cultures fonctionnent et se traduisent de façon très différentes les unes par rapport aux autres, les gens sont surpris - ou rendus temporairement mal à l'aise - par les différences et le caractère imprévisible de ce qu'ils rencontrent que ce soit au niveau de la langue, de la nourriture ou des comportement sociétaux dans la vie de tous les jours. Un des points positifs de cette expérience est qu'elle permet de mieux comprendre sa propre culture et société.

Un choc culturel est habituellement vécu par étapes. Vous trouverez ci-dessous un résumé des 4 premières étapes du choc culturel. Et juste avant de revenir chez vous, vous pourrez vivre la cinquième étape (de la tristesse et une envie de rester). Finalement, vous pourrez faire l'expérience d'un choc culturel inverse lorsque vous rentrez au pays. Ces deux dernières étapes ne vous causent pas de difficultés pour effectuer votre travail dans un hôpital des pays en développement.

Stade 1 : l'euphorie. L'accueil est agréable, les paysages touristiques sont surprenants, les populations locales sont courtoises et serviables; on pense qu'une expérience merveilleuse nous attend.

¹ Les noms de marques, de produits, d'équipements américains sont écrits en italique.

Stade 2 : dépression. Tout ce qui est différent est un problème. Les malentendus semblent fréquents. La reconnaissance que nous attendions semble manquer. Des problèmes de santé peuvent arriver. Les comportements au travail sont différents et frustrants. On a envie d'abandonner et de rentrer à la maison.

Stade 3 : adaptation. On commence à comprendre quelques uns des comportements et assez de la langue du pays pour limiter l'isolement. La situation semble moins désespérée. On recommence à rire.

Stade 4 : nostalgie. On accepte les coutumes du pays, peut-être pas avec enthousiasme, mais sans que cela nous irrite. Les soucis du travail quotidien ont disparu. On commence à avoir la nostalgie du pays, mais sans que cela soit excessif.

Le choc culturel se produit habituellement quelques jours ou quelques semaines après son arrivée lorsque la nouveauté du lieu commence à s'estomper et que vous n'êtes plus comme un touriste, mais au début de l'intégration dans la société locale. Reconnaître les symptômes décrits ci-dessous peut vous aider à vous connaître ainsi qu'à entrer en empathie avec les autres.

Le symptôme le plus fréquent est une sensation de manque de contrôle et d'impuissance. Ce qui peut être une expérience positive ou négative en fonction de la façon dont vous vous adaptez, suivant que vous avancez et vous adaptez ou que vous vous retirez et perdez confiance. Les défis de trouver de nouveaux endroits pour manger, faire vos courses et jouer peuvent être pesants pour n'importe qui; vous devrez essayer de vous relaxer et de ne pas vous forcer les premières semaines de votre séjour à l'étranger. Le choc culturel est vécu à des rythmes différents. Ne laissez pas vos amis plus adaptés vous dire leur désaccord ou essayer de vous faire faire quelque chose avec laquelle vous n'êtes pas à l'aise.

Vous pouvez éprouver des difficultés à dormir, un mépris pour la vie quotidienne, un retrait de la vie sociale, des difficultés à manger, une perte de poids, le mal du pays, une aversion pour les races ou cultures autres que la vôtre, des problèmes de santé, une maladie récurrente, des difficultés de socialisation, une inquiétude obsessionnelle, de la peur, ou une dépression.

La bonne nouvelle est que les symptômes diminueront avec le temps à mesure que l'adaptation se fait. Il y a plusieurs façons de combattre un choc culturel. N'ayez pas peur d'admettre que vous n'êtes pas à l'aise ou désorienté dans une nouvelle situation. Sentez-vous libre d'exprimer votre frustration à des amis compréhensifs ou à votre responsable du voyage. Ne soyez pas surpris si les activités normales sont plus difficiles à faire qu'à la maison. Installez une routine aussi vite que possible. Rendez votre séjour confortable. Apprenez les us et coutumes de votre nouvel endroit. Apprenez autant de langue locale que possible. Profitez de nouvelles occasions et activités. Essayez de vous atteler directement aux problèmes; ne tergivez pas. Restez en contact avec vos amis restés au pays (par courriel ou téléphone). Notez sur papier vos expériences (faites un journal de bord). Essayez de garder le sens de la pondération, de l'humour, de la mise en perspective. Ignorez ceux qui voudraient vous forcer à changer ou ne comprennent pas votre expérience. Comprenez que s'ajuster prend du temps, et que ce n'est en aucun cas impossible ou traumatisant.

1.4.A votre retour

Un choc culturel, appelé choc culturel inverse, vous accompagnera également à votre retour au pays. Vous pourrez constater que vos amis en ont assez d'entendre vos histoires avant que vous ne soyez fatigué de les leur raconter. Finalement vous aurez à vous réadapter à votre propre culture.

Avec un peu de chance, votre première expérience des pays en développement ne sera pas la dernière. Les besoins sont immenses et le groupe qui pourrait avoir le plus grand impact sur l'état des soins de santé dans les pays en développement est celui des ingénieurs. Vous pouvez toujours rester impliqué et être utile longtemps après votre retour. Vous pouvez former, faire de la recherche pour de nouvelles technologies, concevoir de nouveaux outils et développer des stratégies complètes pour donner des soins de santé fiables et à faible coût.

Peu de choses sont faites pour concevoir des équipements adaptés aux pays en développement. Alors que les ingénieurs se concentreront sur l'adaptation d'aides pour les handicapés physiques, aucun effort équivalent n'est fait pour les handicapés économiques. Des solutions d'ingénierie pour les pays en développement peuvent être envisagées en radiologie, échographie, électrochirurgie, équipements de laboratoire. Des conceptions alternatives

évitent les consommables, tiennent compte du très faible coût du travail, demandent peu d'énergie, peu de maintenance (ou une maintenance facile à réaliser), demandent peu de formation spécialisée pour cette maintenance, etc.

Finalement il y a peu, si ce n'est aucun, argent d'investi dans la recherche et le développement de technologies pour les pays en développement. Il y a quelques exceptions remarquables pour le diagnostic et le traitement de certaines pathologies comme le paludisme, la tuberculose, le sida qui sont l'objet d'une attention considérable. Cependant, le financement de technologies alternatives pour la radiologie diagnostique, les incubateurs néonataux, l'électrochirurgie et de nombreuses autres technologies courantes est presque inexistant. Les ingénieurs devraient être à l'avant-garde pour encourager leurs gouvernements à financer ces types de développement de technologie sur une base équivalente à celle des projets orientés sur une seule pathologie.

1.5. Conclusions

Avant de se plonger dans les chapitres techniques, cela vaut la peine de réfléchir à ce signifie « faire une différence » ou « avoir un impact » sur l'hôpital et la population. Les conditions de vie dans les pays en développement sont si difficiles que les attentes sont très faibles. Pourtant, dans l'ensemble, les gens sont heureux et reconnaissants pour toute aide qu'ils reçoivent. Ce n'est pas votre rôle, en tant qu'ingénieur bénévole, de remettre en état tout l'hôpital en quatre semaines. Si vous contribuez simplement à remettre en service quelques équipements, si vous vous faites quelques amis, et vous engagez à revenir, vous aurez eu un très grand impact sur les soins dans les pays en développement.

1.6. Références

- [1] Rigal J, Szumilin E. Clinical Guidelines: Diagnostic and treatment manual, Médecins Sans Frontières, 1999
- [2] The New Emergency Health Kit, Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1998.
- [3] Maintenance and repair of laboratory diagnostic imaging, and hospital equipment, OMS, 1994.
- [4] Malkin, R. A; X-Ray Technology in the Developing World. Engineering World Health Situation Report, 2003.
- [5] UN Human Development Report 2001, Oxford University Press, Oxford, Angleterre, 2001.
- [6] Banque Mondiale "International Development Goals: Strengthening Commitments and Measuring Progress." 2001.
- [7] OMS, 1997. Health and Environment in Sustainable Development: Five Years after the Earth Summit. Geneva.
- [11] World Fact Book, Central Intelligence Agency, Washington, DC 2003.
- [12] Canadian Broadcasting Company "First MRI for pets in Canada" Jan 28, 2003.
- [13] Johns, WL, El-Nageh MM. Selection of basic laboratory equipment for laboratories with limited resources, OMS, 2000.
- [14] Principles of management of health laboratories, OMS, 1993.

2. Equipements des salles d'opération, des services de soins intensifs et des Urgences

2.1.Travailler dans une salle d'opération ou un service de soins intensifs

Dans les pays en développement, un ingénieur biomédical est très souvent appelé dans une salle en activité pour faire une réparation rapide ou un réglage. Vous aurez besoin de connaître quelles procédures suivre. Ces procédures peuvent varier d'un hôpital à l'autre, mais les exigences de base sont les mêmes. La plupart des salles d'opération sont organisées en 3 secteurs distincts : propre, sale et stérile. Il y a dans les couloirs sur le sol, ou sur le mur ou sur une porte, une ligne rouge qui indique l'entrée en zone stérile. Pour entrer dans cette zone, vous devez porter les habits appropriés, la tête et les chaussures couvertes, et porter un masque. Dans la zone dite "propre", les habits appropriés, la tête et les couvre-chaussures sont nécessaires. Dans l'espace dit "sale", les habits ordinaires sont permis, mais c'est une bonne idée que d'être habillé correctement, car vous pouvez avoir à traverser les autres zones.

2.1.1.Habillement

Il y a des combinaisons que vous pouvez enfiler sur vos vêtements de ville. Cependant elles sont chaudes et inconfortables après 30 minutes. En général, vous devrez vous changer pour enfiler une tenue chirurgicale. Dans les pays en développement, elle sera en coton. Dans le vestiaire, vous trouverez des boîtes de masques, de couvre-chaussures et couvre-tête (charlottes). Les masques sont en papier jetable ou coton réutilisable. Si c'est un masque jetable, la barrette nasale doit être courbée pour s'ajuster étroitement sur les arrêtes nasales. C'est très important car un mauvais ajustement du masque causera de la buée, due à votre respiration, sur vos lunettes. Si vous allez fréquemment dans les salles d'opération vous pouvez demander d'avoir une paire de chaussures spécifiques portées uniquement dans les blocs. Vous n'aurez plus besoin de couvre-chaussures. Si vous sortez du bloc opératoire ou dans une autre zone, vous devez vous changer et remettre vos vêtements de ville. Dans les pays en développement il n'est pas raisonnable de ranger vos vêtements de bloc avant de le quitter si vous pensez y revenir plus tard.

2.1.2.Mains et Comportement

Vous n'avez pas à porter des gants dans un bloc, mais vous ne devrez rien toucher. Une bonne attitude à prendre est de croiser les bras sur votre poitrine quand vous vous déplacez dans la salle. Quelqu'un du personnel vous conduira vers le problème et vous dira s'il est possible de toucher l'équipement ou s'il doit être emmené pour le réparer. Ne pensez jamais que vous pouvez toucher quelque chose dans une salle en activité. Si elle ne l'est pas, après une intervention, il n'y a en général pas de problème pour toucher les équipements. Si la salle a été préparée pour une autre intervention, considérez là comme en activité. Soyez spécialement attentif à tout ce qui est bleu dans la zone stérile d'une salle en activité.

Si vous devez travailler sur un dispositif médical pendant une intervention, vous pourrez avoir à nettoyer les outils et équipements de test à l'alcool avant de commencer. Cependant cette précaution est rarement respectée. Déplacez vous lentement en regardant où vous marchez. Faites attentions aux fils électriques au sol et aux plaques de liquides. Restez à l'écart du champ stérile (choses en bleu) sauf indication spécifique par le personnel. Parlez doucement et adressez-vous à la personne qui vous a appelé dans la salle. Tous les liquides organiques et tissus humains doivent être considérés comme des matières dangereuses.

Une exposition aux rayonnements ionisants est possible avec les rayons X émis dans la salle d'opération et avec les implants radioactifs posés dans un patient. La plupart des équipements de rayons X sont bien collimatés et il y a peu de matériel diffusant, mais c'est quand même une bonne idée de rester à plus de 3,6 mètres (12 pieds) aussi bien du générateur que du patient.

Le plus grand danger dans un bloc opératoire est l'égo des chirurgiens ou des infirmières. Le personnel peut être sous une grande tension et devenir agressif et odieux pour le personnel de soutien (c'est-à-dire vous). Dans leur

esprit, ils ne peuvent rien faire de mal et ce sont les autres qui contribuent à leurs problèmes. Si cela se produit, c'est le moment de partir jusqu'à ce qu'ils se calment.

2.1.3. Travailler dans une Unité de Soins Intensifs

Avec le développement de la technologie médicale, dans les années 1950, il a été décidé de localiser les équipements dans des espaces restreints, confinés, plutôt que de les répartir dans tout l'hôpital. Ce qui a conduit à la création des premières unités de soins intensifs. Dans les grands hôpitaux il peut y avoir plusieurs unités de soins intensifs (USI en français), unité de soins cardiaques (CCU en anglais), chirurgicaux (SICU), cardio-thoraciques (CTU), médicaux (MICU), neurologiques (NCU), néonataux (NICU) et respiratoires (RICU). Dans les très grands hôpitaux, il peut y avoir un service juste pour les patients atteints de maladie infectieuse où ils sont isolés du reste de l'hôpital. Dans les hôpitaux plus petits, ces patients sont souvent placés dans des chambres d'isolement à l'intérieur d'une unité de soins intensifs.

Dans une unité de soins intensifs type, les infirmières et autres personnels sont soumis à un stress très important et peuvent ne pas être très amicaux avec l'ingénieur biomédical. Ils ont besoin et s'attendent à ce que leurs équipements marchent, et marchent comme chaque fois qu'ils l'utilisent.

Dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire de changer de vêtements et il n'y a pas d'obstacle à toucher certaines zones (il n'y a pas de champ stérile). Cependant, si vous êtes appelé à travailler sur un équipement utilisé, vous devez être extrêmement prudent. Les patients sont très malades et tolèrent habituellement mal les perturbations. Si c'est possible, retirez l'équipement de la chambre avant de travailler dessus. Soyez particulièrement prudents avec les ventilateurs qui peuvent causer de sérieux problèmes s'ils sont débranchés ou branchés prématurément.

Dans les USI des pays en développement, il peut y avoir ou non des prises électriques secourues. S'il y en a, les prises sont habituellement réparties sur plusieurs circuits. La plupart des prises seront secourues, repérables par leur couleur, généralement rouge, mais parfois blanche. Toutes les prises devraient porter le numéro du circuit pour réactiver le bon disjoncteur. Dans les pays en développement, les pannes de courant sont très courantes. Cependant, il est habituel –ou non- que le générateur de secours fonctionne correctement. Dans quelques hôpitaux, même ceux avec une unité de soins intensifs, le générateur de secours peut être l'unique source de courant.

Quelques prises dans les USI sont sur des circuits dédiés à des équipements, généralement les moniteurs et ordinateurs. Les autres équipements ne doivent pas y être branchés. Malheureusement il n'est pas rare que d'autres prises soient connectées sur ces circuits, ce qui rend les rend non-dédiés. Dans les pays en développement, les circuits dédiés sont rarement respectés.

Dans les USI des pays développés, il y a un certain nombre de prises de gaz comprimé à la tête de chaque lit. Il y aura une ou plusieurs prises d'air, une ou plusieurs prises d'oxygène et probablement une prise de vide. La pression à la sortie de ces prises devrait être de 50 psi (environ 3,4 bars)². Les connecteurs des tuyaux des équipements à ces prises en sortie murale sont spécifiques à chaque gaz de sorte que les erreurs de connexion sont impossibles. Cependant il est beaucoup plus fréquent dans les pays en développement de trouver des bouteilles de gaz. L'oxygène est habituellement le seul gaz disponible. Dans quelques hôpitaux on ne trouve même pas de bouteilles. Dans ce cas un concentrateur d'oxygène est utilisé.

Si le ventilateur fonctionne avec de l'air comprimé et que celui-ci n'est pas disponible en tête de lit, il faut utiliser un compresseur. Quelques respirateurs ont un compresseur intégré, mais la plupart n'en ont pas. Un compresseur externe doit être branché sur le secteur électrique; mais il peut demander un courant si important que rien d'autre ne peut être branché sur le circuit, une raison très fréquente de coupure du disjoncteur.

Le nombre de prises d'aspiration (de vide) en tête de lit change suivant le type d'unité de soins intensifs. Dans une unité chirurgicale ou cardio-thoracique, une aspiration est nécessaire pour les tubes d'aspiration des voies respiratoires, de l'estomac et éventuellement pour un tube d'aspiration pulmonaire et de plaie. Dans une unité de soins intensifs coronaires, une aspiration des voies respiratoires ou gastrique sera utilisée. Les exigences pour le

² Un tableau pour la conversion des unités se trouve en fin de ce livre.

vide et les gaz sont les mêmes qu'au bloc opératoire. Des régulateurs d'aspiration sont habituellement installés sur chaque prise utilisée. Ces régulateurs peuvent avoir un sélecteur pour choisir une aspiration continue ou intermittente et une position d'arrêt. L'aspiration continue est utilisée pour les voies respiratoires, les applications gastriques et pulmonaires. La fonction intermittente est utilisée pour l'aspiration des plaies. Cependant il est plus fréquent de trouver dans les pays en développement des unités indépendantes d'aspiration appelées *Gomco*, que celles-ci soient fabriquées ou non par la société Gomco. Il y a un chapitre sur ces équipements plus loin dans le livre.

La plupart des unités de soins intensifs fonctionnent dans un environnement à pression positive. C'est à dire que la pression de l'air à l'intérieur de l'unité est plus grande que celle de l'extérieur, ce qui empêche les micro-organismes d'entrer dans l'unité de soins intensifs. C'est réalisé par le système de traitement d'air de l'hôpital qui filtre également l'air entrant. Ce système de traitement d'air peut utiliser de l'air extérieur ou recycler tout ou partie de l'air, avec des filtres "HEPA". Quelques unités de soins intensifs peuvent avoir des chambres d'isolement. Dans ces chambres, la pression de l'air est négative par rapport à la zone adjacente, ce qui empêche tout ce qui se trouve à l'intérieur de sortir de la chambre. Il y a deux jeux de portes pour séparer ces chambres d'avec celles adjacentes qui sont sous pression positive. Il est très fréquent dans les pays en développement de trouver des unités de soins intensifs conçues avec ces types de traitement de l'air en tête, même si les portes restent ouvertes ou si un système de traitement d'air n'a jamais été installé.

Les chambres d'isolement sont utilisées lorsque les patients sont contagieux. Si vous devez entrer dans une de ces chambres, vous devez suivre les consignes affichées concernant les vêtements, gants et masques pour votre propre protection. Les consignes peuvent indiquer des "précautions inverses" qui signifient que vous pouvez être infecté par le patient. "Précautions" indique que vous pouvez infecter le patient. En général vous ne pourrez pas entrer, quitter ou travailler dans une de ces chambres sans aide. L'habillement et les restrictions de manipulation changent d'un patient à l'autre et d'hôpital à hôpital.

2.1.4. Sections de chaque chapitre.

Les chapitres suivants décrivent tous les équipements que vous allez probablement trouver dans une unité de soins intensifs. Environ 44% (suivant un rapport récent de Engineering World Health; EWH) des erreurs que vous allez rencontrer sont des erreurs d'utilisation. Comme les manuels sont souvent manquants dans les hôpitaux des pays en développement, vous devrez souvent déduire le fonctionnement d'un équipement de la compréhension de ce que ce type d'équipement est censé faire et comment il est supposé le faire. Par conséquent la première section de chaque chapitre décrit l'utilisation médicale qui est faite du type d'équipement et de ses principes de fonctionnement.

Environ 27% des problèmes rencontrés sur les équipements des pays en développement, suivant une enquête récente de EWH, se rapportent au bloc d'alimentation (power supply). Ils comprennent des fusibles sautés, des câbles qui ne conviennent pas aux prises (les dons proviennent de partout dans le monde), des équipements prévus pour du 110 V alors qu'il n'y a que du 220 V, et occasionnellement des problèmes plus complexes. Comme le bloc d'alimentation électrique des équipements est le point central du manuel des laboratoires qui accompagne ce livre, ces problèmes ne sont pas traités ici.

Après avoir éliminé les problèmes d'utilisation et du bloc d'alimentation, il reste un certain nombre de problèmes qui sont fréquemment observés sur un type d'équipement donné. Ceux-ci sont traités dans la deuxième section de chaque chapitre.

D'après les rapports annuels d'activité d'Engineering World Health, environ 54% des équipements inutilisés dans les pays en développement peuvent être remis en service. Bien que la plupart de ces succès soient dûs à une erreur d'utilisation ou à un problème de bloc d'alimentation, 26% des équipements qui montrent un autre type de problème (pas d'utilisation ou de bloc d'alimentation) sont aussi réparés par des ingénieurs qui ont étudié ce livre. Par conséquent, les informations contenues dans ce manuel et celui des laboratoires qui l'accompagne, sont suffisantes plus de la moitié du temps.

Enfin, lorsque vous aurez terminé votre réparation, vous devrez tester l'équipement avant de le remettre en service. Comme chaque équipement est utilisé de manière différente par les différents membres du personnel, c'est de la seule responsabilité de l'ingénieur qui a fait la réparation de s'assurer qu'il est en bon état de

fonctionnement. Malheureusement, vous n'aurez probablement pas souvent l'équipement de test requis pour tester correctement un équipement. Par conséquent la troisième section de chaque chapitre donne des indications pour vous permettre de réaliser les tests les plus importants dans l'environnement techniquement très pauvre de l'hôpital d'un pays en développement. Chaque test peut et doit être effectué après chaque réparation avant de remettre en toute confiance un équipement en service.

2.2. Ventilateurs

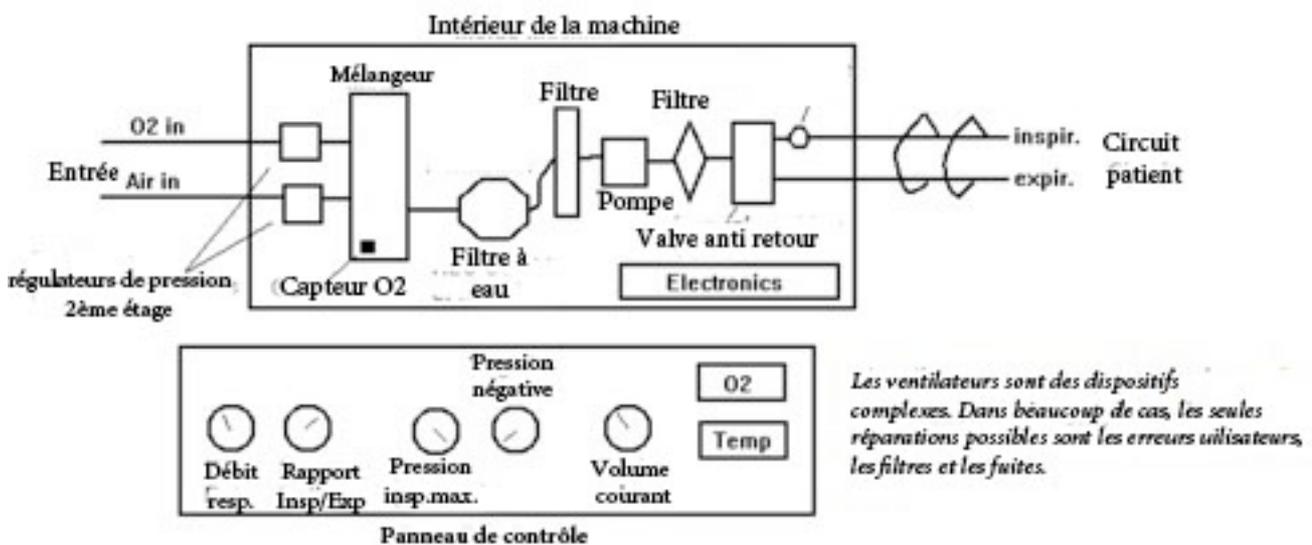
2.2.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Beaucoup de patients aux soins intensifs et au bloc opératoire demandent une ventilation mécanique de leurs poumons. Par exemple, tous les patients en chirurgie thoracique en demandent une. Quelques patients nécessitent seulement une assistance respiratoire quand ils récupèrent de certaines maladies ou opérations chirurgicales. Dans tous les cas, les ventilateurs peuvent prendre en charge le plus gros des efforts de la respiration du patient.

Beaucoup de personnes utilisent de manière interchangeable les termes de ventilateur et de respirateur. Ils ne sont pas équivalents. Un respirateur est un dispositif qui fournit ou filtre l'air dans un environnement difficile. Le patient respire par lui-même lorsqu'il utilise un respirateur. Dans la plupart des cas, sans un ventilateur, le patient ne pourrait pas respirer de lui-même ou aurait beaucoup de difficulté à le faire.

Éléments de base d'un ventilateur

Un ventilateur peut comprendre une pompe qui met de l'air sous pression pour le délivrer au patient. Mais, dans la plupart des cas, la machine est reliée à des gaz sous pression. Le gaz comprimé est sous très haute pression, de sorte qu'un régulateur de pression est habituellement connecté à la bouteille ou au ventilateur ou aux deux (voir le chapitre sur les gaz en bouteille pour plus de détails). Il y a en général un piège à eau et un filtre à particules sur la ligne d'arrivée des gaz. Le schéma ci-dessous détaille la plupart des composants et les contrôles les plus courants. Cependant il y a de grandes différences entre fabricants.



Quelques modèles peuvent accepter de l'air, de l'oxygène ou un mélange des 2. Quelques uns mesureront la concentration en oxygène délivrée au patient, déclenchant une alarme sonore si elle devient trop haute ou trop basse.

De très vieux ventilateurs délivrent directement le gaz sous pression au patient. Mais c'est très rare, même dans les pays en développement. Les ventilateurs mesurent plus fréquemment le volume (dérivé habituellement de la mesure du débit) et la pression du gaz délivré. Un ordinateur s'en sert pour gérer la synchronisation et la pression du cycle suivant.

Tous les ventilateurs doivent assurer que le patient ne respire pas à nouveau le gaz qu'il vient d'expirer parce que ce gaz, sans traitement, pourrait devenir excessivement concentré en dioxyde de carbone. Aussi, dans la plupart des cas, le simple ventilateur à volume contrôlé contient un clapet anti-retour qui s'ouvre pour admettre du mélange frais dans le circuit, qui se ferme pendant l'inspiration et s'ouvre lors de l'expiration pour évacuer dans la salle du mélange sortant des poumons ou passer dans un bac de collecte des déchets (CO₂). Dans la plupart des modèles récents, le clapet anti-retour est dans le circuit patient, auquel cas il est à usage unique.

Le clapet anti-retour peut être connecté à un tube séparé relié au ventilateur pour le forcer à s'ouvrir et se fermer. Ou le clapet anti-retour peut s'activer sur la pression du mélange gazeux inspiré. Dans les deux cas, il fonctionne comme une valve à sens unique qui permet au mélange de s'écouler du tube inspiratoire jusqu'au patient, mais quand le patient expire, il ferme le circuit inspiratoire, permettant au gaz expiré de passer dans le tube expiratoire séparé.

La plupart des ventilateurs humidifient le mélange gazeux. Les gaz provenant des bouteilles sont trop secs pour hydrater correctement le corps. De l'eau stérile devrait être utilisée pour l'humidification, mais ce n'est pas souvent le cas dans les pays en développement. L'eau est chauffée et la vapeur conduite dans le flux du mélange de gaz vers le patient. Dans certains cas, l'eau est nébulisée par ultrasons.

La plupart des ventilateurs ont un bras auquel le circuit patient est attaché. Il enlève le poids du circuit pour le patient. La plupart des raccords de la tubulure sont spécifiques pour interdire les erreurs de connexion. Sur les circuits adulte, le connecteur du circuit patient au ventilateur est de 22mm et celui de l'extrémité côté patient est de 15 mm. Ces connexions sont souvent manquantes ou trafiquées afin de pouvoir utiliser des circuits non compatibles.

Quelques modèles ont la possibilité de chauffer le circuit ou le mélange gazeux délivré ou les deux. Ce qui limite la formation d'eau dans le gaz délivré au patient. Sur quelques modèles anciens, vous pouvez encore trouver des pièges à eau qui collectent celle-ci dans le circuit patient.

Modes ventilatoires

Il existe plusieurs types ou modes de ventilation. La plupart des modèles de ventilateur, mais pas tous, permettent de choisir parmi plusieurs modes. Le choix du ventilateur dépend idéalement de la condition du patient, mais dans un pays en développement, celui-ci est souvent dépendant de sa disponibilité. En fait, la ventilation est si importante que la disponibilité du ventilateur ou du mode respiratoire approprié dicte souvent quelles interventions peuvent ou ne peuvent pas offertes par un hôpital donné.

Il y a trois modes de base de ventilation: volume limité, pression limitée et durée de cycle contrôlée. Le cycle à durée contrôlée est une combinaison des deux autres modes de base. La jet-ventilation est un mode fondamentalement différent de ventilation, mais il est rarement disponible dans les pays en développement.

Dans le mode à volume limité, un volume prédéterminé est délivré au patient sans contrôler la pression atteinte dans les poumons ou le temps pris pour compléter l'inspiration. C'est un processus simple dans lequel le mélange gazeux est admis dans un cylindre, puis évacué de force hors du cylindre dans les poumons. Il est rarement utilisé sur les patients à cause de l'absence de contrôle de la pression.

Dans le mode à volume limité, le volume de mélange admis dans le cylindre est ajustable au volume désiré. Le rythme du moteur est réglable, généralement entre 5 et 50 cycles par minute (rythme respiratoire). Le mécanisme d'entraînement est un arbre à came qui crée une insufflation rapide des poumons et permet une expiration sur une période de temps plus longue.

Dans le mode à pression limitée, une limite de pression est fixée qui permet au gaz de remplir les poumons jusqu'à ce que cette limite soit atteinte, sans tenir compte du volume délivré. C'est un dispositif simple dans lequel le gaz passe par un régulateur de pression réglé à la valeur désirée, puis par une soupape qui permet au gaz d'arriver dans les poumons. Il est rarement utilisé sur les patients à cause de son manque de contrôle du volume.

Le dispositif le plus simple habituellement utilisé sur les patients est le cycle à temps contrôlé. C'est le plus courant car il combine les deux modes de fonctionnement à volume et à pression limité.

Dans le cycle à temps contrôlé, le médecin fixe la fréquence respiratoire, le volume courant (volume à délivrer pendant un cycle), la limite supérieure de pression et le rapport des temps inspiration/expiration. Si la limite de pression n'est pas dépassée, le ventilateur délivre le volume de gaz souhaité, plus ou moins régulièrement pendant toute la phase inspiratoire. La durée de cette phase est égale à la durée d'un cycle (un sur la fréquence respiratoire) multipliée par le rapport inspiration/expiration. Par exemple, si le volume courant est de 1 litre, la fréquence respiratoire de 20 par minute (3 secondes par cycle) et le rapport inspiration/expiration de 0,5

(l'inspiration dure deux fois moins que l'expiration), le temps d'inspiration sera de 1.0 seconde. Un litre de gaz sera délivré en une seconde.

Si la pression limite a été dépassée, une alarme va se déclencher. Le mélange gazeux continue à être délivré quand cette limite est atteinte, mais la pression ne peut pas dépasser la limite. Par conséquent le volume courant souhaité ne sera probablement pas atteint.

Le mode jet-ventilation est un mode de ventilation plus récent. Il est rarement disponible dans les pays en développement. C'est un mode principalement utilisé pour les nouveau-nés. Il n'y a pas de rapport inspiration/expiration ni de limite de pression de fixés. Le principe de base est d'envoyer au patient une série régulière de petits volumes de gaz.

Contrôles de la ventilation

Il y a plusieurs façons de contrôler un ventilateur. Les modes de base peuvent être contrôlés et assistés. Cependant, de nouveau, la combinaison des deux est la plus courante dans la pratique.

Le mode de contrôle le plus simple est le mode contrôlé. Dans ce mode le patient ne fait aucun effort pour démarrer un cycle. Le ventilateur délivre un volume de gaz à une fréquence donnée aussi longtemps que nécessaire. Quelques modèles disposent d'un mode "soupir" qui fournit un plus grand volume courant tous les X cycles respiratoires ou toutes les Y minutes.

Dans le mode de ventilation assistée, le patient déclenche le débit de gaz en commençant à inspirer. Quand le volume inspiré où le niveau de pression négative atteint une certaine valeur, le ventilateur commence son cycle. Le mode assisté est normalement utilisé quand le patient est en cours de sevrage du ventilateur.

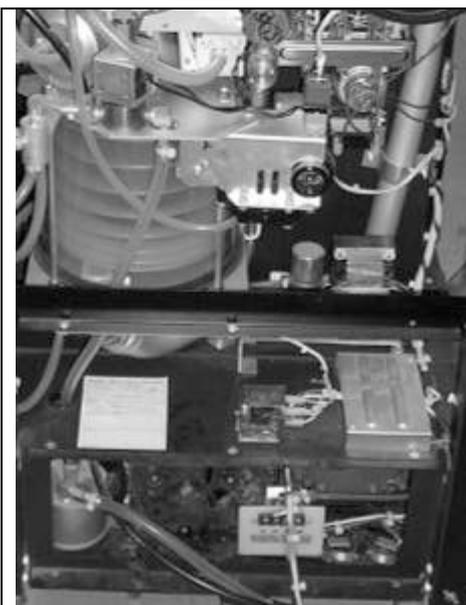
Le mode le plus courant est une combinaison des modes assistés et contrôlés. Dans un premier temps, le patient est placé entièrement sous un mode contrôlé de ventilation. Lorsqu'il commence à récupérer, il commence à faire des efforts pour respirer de lui-même. Ce qui est appelé "se battre contre le respirateur", et constitue une étape importante de sa récupération. Une fois que cette étape est atteinte, le personnel commute le ventilateur dans un mode assisté et commence à sevrer du ventilateur le patient.

Le sevrage est réalisé en augmentant lentement le niveau de la pression négative ou du volume inspiré requis pour déclencher le cycle du ventilateur. Ce processus de sevrage peut durer des heures jusqu'à des mois dépendant de la condition du patient. Si un patient ne fait plus d'effort respiratoire pendant un certain nombre de secondes, le ventilateur passe automatiquement en mode contrôlé jusqu'à ce qu'il recommence à faire des efforts respiratoires de lui-même.

2.2.2. Problèmes courants

Les ventilateurs sont un des types de dispositifs de support qui, s'ils font défaut, entraînent la mort s'il n'y a pas intervention du personnel et remplacement par un dispositif disponible. De plus les tissus des poumons sont très délicats et peuvent être facilement détruits par un ventilateur mal calibré. En conséquence, il est primordial de maintenir les ventilateurs en parfait état de fonctionnement.

Cependant les dangers résultant d'un manque de ventilation combinés aux dangers résultant d'une mauvaise calibration du ventilateur, placent l'ingénieur d'un pays en développement dans une position très difficile. D'une part, sans formation spécifique sur le ventilateur à maintenir, il peut mettre en danger le patient s'il intervient dessus. D'autre part, s'il n'y a pas de ventilateur de remplacement, il compromet également l'état du patient s'il ne le répare pas.



L'intérieur de ce ventilateur Bennett illustre la complexité du dispositif. Heureusement, les réparations nécessaires sont généralement simples. Si elles ne le sont pas, la réparation sur place peut ne pas être possible.

Heureusement, les ventilateurs sont des dispositifs très fiables. Les problèmes les plus courants résultent d'une erreur de manipulation, du bloc d'alimentation ou des filtres et des tuyaux. Les erreurs de manipulation les plus courantes sont dues à la non-standardisation des commandes d'un fabricant à l'autre et à l'absence des manuels lors du don de l'équipement, ou à leur écriture dans une langue que le personnel de l'hôpital ne comprend pas.

Si le problème vient du bloc d'alimentation du ventilateur ou d'un problème mécanique très simple (tel que les roues, un capot ou le bras du circuit patient.), la réparation est simple.

Le problème le plus courant avec les tubulures à usage unique est qu'elles sont réutilisées. La valve anti-retour peut casser ou le tuyau fuir. Les fuites peuvent être réparées avec de la colle Epoxy ou un produit au silicone dans la plupart des cas. Le clapet anti-retour ne peut pas être habituellement réparé. Cependant il peut être possible d'adapter le clapet d'un circuit qui fuit sur un autre circuit qui ne fuit pas, mais qui a un problème de clapet.

Si le problème n'est pas un de ceux décrit précédemment, c'est probablement mieux de ne pas essayer de réparer le ventilateur sans une formation appropriée. Cependant votre décision doit être prise en étroite collaboration avec les médecins. Discutez quels risques court le patient si vous ne réparez pas la machine et quels sont les risques si vous la réparez et qu'accidentellement il délivre une pression supérieure ou ventile moins que prévu le patient. La décision finale est celle des médecins et vous devez suivre leurs instructions.

2.2.3. Tests minimaux suggérés

Si votre intervention a été une simple réparation mécanique ou du bloc d'alimentation, vous pouvez remettre la machine en utilisation avec un test simple. Celui-ci consiste à mesurer la fréquence respiratoire (elle doit être de plus ou moins quelques cycles par minute égale à la valeur demandée sur toute la plage de fonctionnement) et à mesurer le rapport inspiration/expiration (il doit être approximativement de plus ou moins 20% par rapport à la valeur affichée). Testez la pression maximale en bouchant partiellement la sortie patient avec votre main. L'alerte de pression doit se déclencher.

Si le ventilateur doit être utilisé dans une unité de soins intensifs il est probable qu'il soit utilisé pour sevrer un patient. Dans ce cas, vérifier que les modes assistés fonctionnent. Après avoir fait les tests précédents, vous pouvez brancher le ventilateur sur vous. Le faire en plaçant doucement le circuit patient, que vous aurez désinfecté, dans votre bouche (en faisant attention à pouvoir l'enlever facilement en cas de problème). Dans le mode assisté, aussi longtemps que vous respirez, le ventilateur délivre du gaz uniquement quand vous inspirez. Puis, retirez le circuit de votre bouche. Le dispositif doit continuer en mode contrôlé. Remplacez le circuit dans votre bouche et respirez normalement. Le ventilateur doit retourner en mode assisté.

Si la réparation a été faite sur le circuit patient, alors il vous suffit de tester le circuit et le clapet anti-retour. Le circuit ne doit pas fuir : bouchez une extrémité et souffler fort dans l'autre extrémité avec le circuit plongé dans de

l'eau. Il ne doit pas y avoir de bulles. Le clapet anti-retour est une valve à un sens. Si elle n'est pas branchée au ventilateur vous pouvez la vérifier en soufflant simplement à partir de l'embout patient et en vérifiant que l'air passe par le tuyau d'expiration. Aspirez alors et vérifiez que l'air vient du tuyau d'inspiration. Si le clapet est connecté au ventilateur, il est nécessaire de faire fonctionner celui-ci. Vérifiez que le gaz circule dans le bon tuyau en bouchant l'autre en le comprimant. Et en vous assurant qu'il n'y a pas de changement dans la circulation de l'air.

Si votre intervention a concerné autre chose que le bloc d'alimentation, les tuyaux ou la mécanique, alors vous devez effectuer d'autres tests. Bien discuter avec les médecins de vos limites quant aux tests du dispositif avant de commencer toute intervention au-delà de l'alimentation, de la tubulure et de la mécanique. Cependant, si vous et le médecin vous mettez d'accord pour que vous fassiez l'intervention, faites au moins deux tests de plus avant de remettre en service le ventilateur : celui de la limite de pression et celui du volume délivré. Ces deux paramètres sont généralement testés avec un équipement de contrôle dédié que vous n'aurez probablement pas. Cependant ils peuvent être évalués approximativement.

La limite de pression est testée correctement en connectant le tuyau patient à un tuyau en U rempli d'eau. Le ventilateur devrait pousser l'extrémité éloignée de la colonne d'eau de la hauteur de la valeur du réglage de la pression et déclencher l'alarme de pression. Par exemple, si la limite de pression est fixée à 25 cm d'eau, alors le sommet de la colonne le plus loin du ventilateur devrait être plus haute de 25 cm que le sommet de l'eau dans la colonne la plus proche. Testez plusieurs valeurs de cette limite de pression. Discutez de la précision de ce test avec le médecin.

Le volume peut être approximé en connectant un ballon au circuit patient. Vous devez calibrer le ballon en volume avant de commencer. La façon la plus facile de le faire est de remplir le ballon avec un volume connu d'eau. Faites deux marques sur le ballon à une distance connue et marquez la valeur du volume. Répétez cette procédure pour plusieurs volumes. Lors du test, lorsque le ballon est gonflé d'un volume donné, les marques pour ce volume devraient se trouver à la distance connue. Pour utiliser votre ballon calibré, clamez-le à la fin du cycle inspiratoire. Testez plusieurs réglages de volume et discutez de la précision du test avec le médecin.

2.3. Les concentrateurs à oxygène

2.3.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.

L'oxygène est un médicament très souvent prescrit aussi bien à l'hôpital qu'à la maison. L'hypoxie, ou un montant insuffisant d'oxygène, est le principal état physiologique requérant cette médication. Elle est présente dans nombre de conditions mettant en jeu la vie des patients. Elles incluent les pathologies pulmonaires obstructives chroniques qui résultent de la restriction, de l'inflammation ou de l'infection des bronchioles ou alvéoles et entraînent une fourniture, ou un transfert limité, d'oxygène au sang. L'insuffisance cardiovasculaire cause également une hypoxie quand un rythme irrégulier, un débit sanguin diminué ou un transport inefficace empêche de fournir aux tissus périphériques assez d'oxygène.

En plus de ces états pathologiques, une source d'oxygène fiable est indispensable chaque fois que des gaz anesthésiques sont administrés, pour ajouter de l'oxygène au mélange de gaz inspiré par le patient et aussi pour le réveil, bien que d'autres dispositifs comme des ventilateurs puissent être utilisés suivant les besoins.

L'oxygène est traditionnellement fourni en bouteilles dans les pays en développement. Cependant ils sont lourds et coûteux. Leur transport dans des endroits isolés est difficile et peu fiable. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande l'utilisation de concentrateurs à oxygène comme le meilleur investissement à long terme pour les petits hôpitaux ou hôpitaux éloignés dans les pays en développement.

Informations techniques

L'air ambiant contient 78% d'azote (N), 21% d'oxygène (O₂) et 1% de traces d'autres gaz. Un concentrateur d'oxygène sépare et enlève l'azote de l'air ambiant, laissant de l'oxygène presque pur (95%). Ce taux d'oxygène peut chuter à haut débit.

La plupart des modèles récents fonctionnent par adsorption modulée en pression. L'air ambiant, comprimé, passe au travers de zéolite, un silicate d'aluminium synthétique. La zéolite agit comme un tamis moléculaire en se liant à l'azote, mais seulement à haute pression. La zéolite est fabriquée avec une structure poreuse pour maximiser la surface du tamis moléculaire.

L'oxygène haute-pression, concentré, est stocké dans un réservoir. Un régulateur de pression est utilisé pour réduire la pression à la valeur désirée.

Lorsque la zéolite est saturée en azote, la valve conduisant au réservoir d'oxygène est fermée et la pression diminuée dans le réservoir de zéolite. Alors que la pression diminue, la zéolite relâche l'azote qui est renvoyée dans l'air ambiant. Une petite quantité d'oxygène enrichi est renvoyée balayer la zéolite pour la purger de tout reste d'azote. Comme le patient demande un flot continu d'oxygène, un concentrateur normal est doté de deux canisters de zéolite, un concentre l'oxygène pendant que l'autre est purgé.

Un concentrateur est facile à faire fonctionner avec seulement un interrupteur d'alimentation et un débitmètre. Une alarme se déclenche si la pression dans la chambre de compression descend en dessous de 20 psi. Certains modèles comprennent un système intégré appelé OCSI en anglais (Oxygen Concentration Status Indicator) qui mesure la concentration de l'oxygène immédiatement avant la sortie. Sur ces modèles, une alarme peut se déclencher si la concentration est basse. Certains modèles s'arrêtent automatiquement si celle-ci descend en dessous de 70%.

2.3.2. Problèmes courants

Il se peut que les concentrateurs fonctionnent mal et leur réparation peut demander une bonne expertise; des pièces usées du compresseur et des valves peuvent devoir être remplacées. Si tout le reste marche bien, la durée de vie du concentrateur est limitée par celle attendue des cristaux de zéolite, qui est d'au moins 20 000 heures.

Puisque ce type de machine est très répandu et qu'elle a peu d'options de contrôle, les erreurs de manipulation sont improbables. Les problèmes les plus fréquents sont une concentration en oxygène faible et une diminution du

débit. Un filtre encrassé peut en être la cause. Le filtre est situé entre la prise d'air et le conteneur de zéolite. Certains modèles peuvent avoir plusieurs filtres.

Si le débit au patient est insuffisant, les tubulures et connecteurs doivent être vérifiés s'il y a des fuites. Se rappeler qu'une partie du circuit d'alimentation du patient en oxygène peut se trouver à l'intérieur du concentrateur.

Si le moteur ou compresseur ne fonctionne pas correctement, l'air dans les réservoirs de zéolite n'est pas mis suffisamment sous pression pour piéger une quantité suffisante d'azote. Il faut alors contrôler tous les joints des sous-ensembles impliqués. Dans la chambre de zéolite, la pression standard est de 20 psi (.

Les valves à l'entrée et à la sortie des réservoirs de zéolite ne doivent pas fuir et être synchronisées correctement. Durant la mise sous pression, la valve d'entrée doit être ouverte et celle de sortie fermée. Durant la phase d'adsorption pendant laquelle l'azote se lie la zéolite et qui dure de 8 à 20 secondes, les deux valves doivent être fermées. Pendant la fourniture de l'oxygène concentré au patient, seule la valve de sortie doit être ouverte. Se rappeler que pendant la phase de régénération, une petite quantité d'oxygène est relâchée dans le canister de zéolite pour enlever toute trace d'azote. La plupart des modèles ont des valves synchronisées entre les chambres. Cependant, vérifier le moment d'ouverture et fermeture des valves. Les réservoirs de zéolite seront dans des phases différentes du cycle de pression qui permettent à l'un d'eux de concentrer l'oxygène pendant que l'autre se régénère.

2.3.3. Tests minimaux suggérés

Il est important d'atteindre une concentration en oxygène d'au moins 90% et de fournir un débit dans la fourchette prévue par le fabricant, en gardant à l'esprit que pour des débits importants (environ 5 litres/minute) la concentration sera plus faible. Il n'est pas sûr de faire confiance aux débitmètres et capteurs de mesure de l'oxygène en sortie de machine. Ces données nécessitent d'être vérifiées respectivement avec un analyseur d'oxygène et un débitmètre externes. Ce n'est pas généralement un problème dans les pays en développement de mesurer le débit car il y a abondance de débitmètres. La mesure de la concentration en oxygène peut être un challenge. Si vous êtes incapable de trouver un capteur de mesure d'oxygène, discutez de ce problème avec le médecin avant de remettre en service le concentrateur sans avoir fait le test de concentration. La mesure doit être réalisée au moins 10 minutes après avoir mis en marche le concentrateur pour que la concentration puisse atteindre sa valeur standard.

2.4. Pompes à perfusion

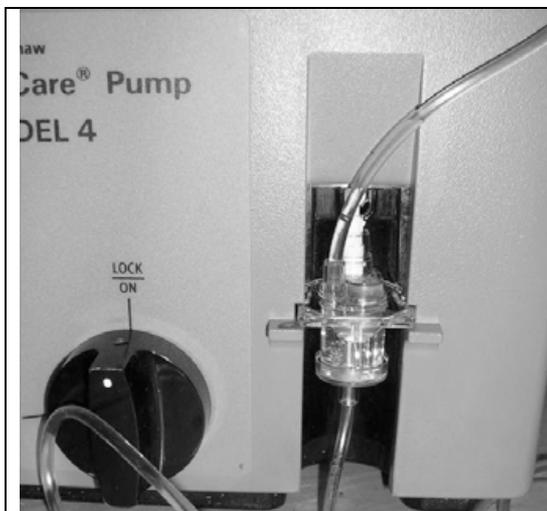
2.4.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement.

Il n'est pas inhabituel pour un patient dans une unité de soins intensifs d'être relié à 6 pompes à perfusion ou plus, connectées aux veines, artères, à l'oesophage. Ces pompes peuvent fournir les fluides, électrolytes, apports nutritionnels, antibiotiques, analgésiques. Certaines pompes peuvent avoir jusqu'à 4 canaux indépendants qui perfusent des liquides au même moment.

La pression positive générée par les différents modèles et fabricants de pompes peut varier considérablement. Toutes les pompes doivent être capables de dépasser la pression artérielle d'un patient (150-200 mm Hg). La plupart des pompes ont une limite de pression de 500 mmHg (10 psi). Si la limite est atteinte, une alarme d'occlusion doit se déclencher. Sur certains modèles l'utilisateur peut baisser les limites de pression. Les pompes dont les limites ont été baissées sont souvent classifiées comme pédiatriques.

Sur de nombreuses pompes la pression de sortie a une limite basse. Si la pression dans la tubulure d'injection est en dessous de cette limite, une alarme doit indiquer une déconnexion éventuelle de la tubulure au niveau du patient ou de la veine (une alarme d'infiltration, lorsque le cathéter n'est plus dans le vaisseau, mais infuse les tissus environnants).

Toutes les pompes à perfusion fonctionnent sur un des trois principes, déplacement de volume, galet péristaltique ou (doigt) péristaltique linéaire. Une pompe à déplacement de volume demande d'utiliser un ensemble (kit) de perfusion spécifique (c'est à dire applicable à un seul modèle de pompe), disponible seulement chez le fabricant. Le kit spécifique comprend une petite cassette qui agit comme chambre de pompage. Une poche de perfusion intraveineuse (IV) ou une autre source est suspendue à une certaine distance au-dessus de la pompe. Ces pompes sont relativement rares dans les pays en développement car la fourniture des kits IV dédiés n'est pas fiable.



Cette pompe à perfusion à déplacement de volume demande une cassette dédiée (cylindre sur le côté droit). Parce que ces cassettes ne sont pas facilement disponibles, ce type de pompe n'est pas souvent utilisé dans les pays en développement.

Une pompe péristaltique linéaire "trait", pousse le liquide au travers de la tubulure IV sans utiliser de cassette contenant une chambre de pompage. Ce qui peut imposer une tubulure spéciale en silicone flexible inerte (*silastic*). Le principe de base est de boucher la pompe avec un doigt (roller), puis d'avancer ce doigt pour forcer le liquide à avancer dans la tubulure. Celle-ci et les galets sont disposés de manière linéaire. Puisque la tubulure a un diamètre connu, le volume perfusé par ce type de pompe peut être calculé par le produit de sa section par la distance de déplacement des galets.



Une pompe péristaltique linéaire utilise des doigts (roller, à côté de la grosse flèche noire) qui "traient" le liquide le long de la tubulure. Une tubulure spéciale est en principe requise, ce qui rend ce genre de pompe moins populaire dans les pays en développement.

Une différence majeure d'avec une pompe péristaltique est qu'elle a un dispositif qui empêche un écoulement libre. Il s'agit d'un système mécanique qui bouche la tubulure quand la porte est ouverte de sorte que le patient n'est pas perfusé par un bolus (dose unique importante).

Une pompe péristaltique à galets est une pompe péristaltique dont les doigts sont des galets (rollers), habituellement placés en cercle. Très peu de modèles de ce type de pompe sont utilisés pour une administration intraveineuse de liquides. La plupart sont utilisées comme pompes de nutrition et comme pompes dans les machines cœur-poumon (opération à cœur ouvert).

Un pousse-seringue est utilisée lorsque le liquide à perfuser est très limité en volume ou qu'une quantité très précise de médicament doit être injectée. Une seringue est placée sur l'équipement et un moteur pas à pas avance son piston pour injecter le liquide au patient. Ces pompes peuvent fonctionner sur batterie ou circuit électrique. La plupart des modèles demandent de programmer la pompe, à partir du panneau de contrôle, en fonction du volume de la seringue (10 à 60 cc), du débit de perfusion et du volume à perfuser.

2.4.2. Problèmes courants

Les erreurs d'utilisation sont très fréquentes avec les pompes. Même si le personnel clinique est le seul habilité à programmer la pompe, le technicien doit connaître la manière de la programmer afin qu'il puisse diagnostiquer les problèmes ou calibrer les unités. Par conséquent, si vous en avez l'occasion, essayez d'utiliser ces pompes dans les unités de soins intensifs lorsqu'elles ne sont pas en service.

Un grand nombre des pompes disponibles dans les pays en développement sont de modèles qui sont distribués gratuitement ou pour un coût très bas dans le pays, mais qui demandent l'achat d'une tubulure spécifique. Les pompes sont données avec l'hypothèse incorrecte qu'elles peuvent être utilisées dans les pays en développement. Comme ces tubulures sont en général très coûteuses, celles-ci ne sont pas habituellement disponibles. Dans la plupart des cas, vous ne serez pas capables d'adapter une autre tubulure.

Quelques uns des problèmes les plus courants résultent d'une mauvaise préhension de la tubulure qui cause une perfusion du médicament moindre que demandée, des mécanismes de verrouillage qui ne positionnent pas correctement la seringue sur la pompe et de batteries défectueuses. Les utilisateurs laissent aussi souvent tomber à terre les pompes.

Avec les pompes à galets, ces derniers peuvent demander un réglage. Si le galet est trop près du tube, il crée une friction très importante, diminue le débit et use prématurément la tubulure et le moteur. La tubulure peut fonctionner aussi bien cependant. Si le galet est trop loin, l'occlusion de la tubulure est insuffisante pour faire avancer la quantité de liquide attendue. Les débits peuvent diminuer en dépit du mouvement rapide des galets.

2.4.3. Tests minimaux suggérés

Le débit des pompes doit être testé. C'est facilement réalisé à l'aide d'une éprouvette graduée et d'un chronomètre. Si le débit est réglé à 10 millilitres par minute, alors vous devez mesurer 10 millilitres en une minute (ou 100 millilitres en 10 minutes) de liquide dans l'éprouvette ou la tasse à mesurer.

La pression limite d'occlusion doit être testée. Le test idéal est réalisé avec un manomètre. Cependant un test valable est de relier la pompe à un tube en U fixé au mur. La pompe devrait pousser l'eau jusqu'à atteindre la limite de pression, s'arrêter et déclencher une alarme. Par exemple, si la limite de pression est fixée à 200 mm de Hg, alors la colonne d'eau devrait monter de 271 cm (20 cm de Hg équivaut à 271 cm d'eau). Dans le pire des cas, boucher simplement la tubulure et vérifier que l'alarme se déclenche.

Si la pompe dispose d'une alarme d'infiltration (basse pression), elle peut être testée en laissant l'eau s'écouler de la pompe à différentes hauteurs par rapport à la pompe. L'alarme se déclenche normalement quand la tubulure est à quelques cm au dessus de la pompe. Si l'eau doit s'écouler au niveau de la pompe ou en dessous pour qu'elle déclenche, c'est qu'elle ne fonctionne pas.

Si la pompe peut fonctionner sur batterie, il est habituellement suffisant de vérifier qu'elle le fait pendant quelques minutes. Un test plus complet est décrit dans la section "batterie" de ce livre.

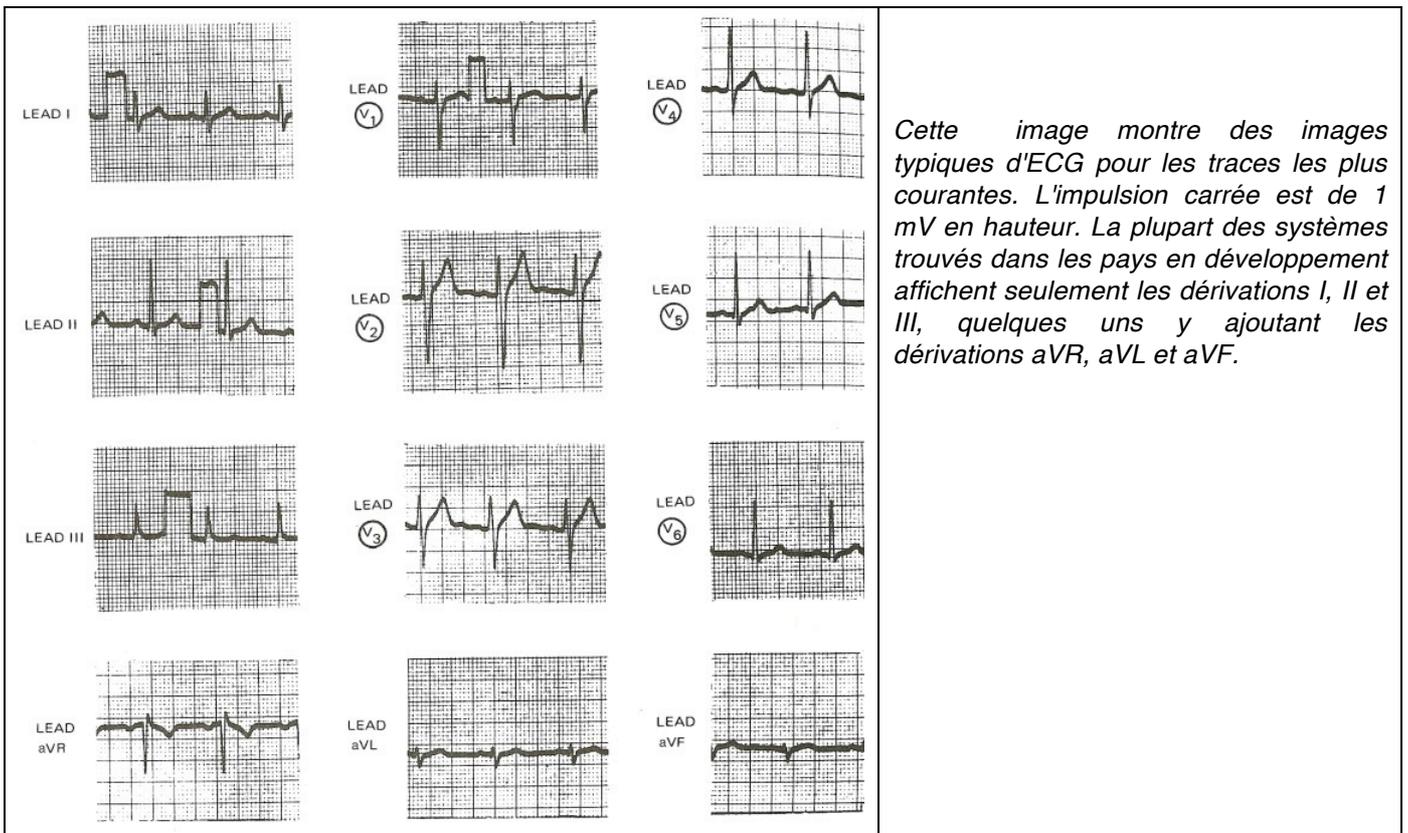
Enfin, si la pompe dispose d'un dispositif de prévention de l'écoulement libre, vérifiez que si vous enlevez la tubulure, celui-ci ne permet pas un écoulement libre du liquide dans le patient.

2.5. Electrocardiographes

2.5.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Un amplificateur ECG (EKG est un terme allemand très largement utilisé) est un amplificateur dont les 3 à 10 signaux d'entrée sont combinés pour montrer de une à 12 traces (leads ou dérivations) de l'activité électrique cardiaque. Chaque entrée amplifie le signal de 2 électrodes ou plus placées sur la peau.

Si l'ECG est utilisé pour surveiller l'état d'un patient, alors de 3 à 5 câbles sont habituellement connectés au patient et un signal ECG de basse résolution est affiché en continu avec la fréquence cardiaque, pour le médecin. Ces dispositifs de surveillance comprennent des alarmes qui se déclenchent sur des changements significatifs de rythme ou de forme du signal. Si l'ECG est employé comme outil de diagnostic, alors de six à dix câbles sont normalement connectés au patient et un ou deux cycles cardiaques sont affichés ou imprimés en haute résolution.



La plupart des ECG trouvés dans les pays en développement sont du type moniteur de surveillance. Pour eux, trois ou quatre câbles patient sont connectés directement aux extrémités des patients : jambe droite (RL en anglais – pas toujours utilisé); bras droit (RA), jambe gauche (LL) et bras gauche (LA). Si l'ECG est relativement récent, les brins seront codés en couleurs. Mais comme le code de couleurs est différent en Europe et que les hôpitaux des pays en développement ont souvent un mélange de dons provenant d'Europe et d'Amérique, ce code de couleur n'a pas beaucoup de valeur. Une "cinquième" connexion marquée "C" est souvent présente, mais elle est rarement utilisée et peut être laissée déconnectée dans la plupart des cas. Un commutateur sur l'avant de l'appareil permet le changement de l'affichage pour monitorer la différence entre les paires d'électrodes : I, II, III, aVr, aVf et V. Le tableau ci-dessous montre les électrodes actives pour chaque position du commutateur. Le brin jambe droite RL, si présent, est toujours actif étant utilisé comme "terre", passive ou active, pour réduire le bruit. Si le brin jambe droite RL n'est pas présent, un des brins inutilisés est utilisé comme référence.

Position du commutateur	Electrodes utilisées
Dérivation I	LA, RA
Dérivation II	LL, RA

Dérivation III	LL, LA
Dérivation aVr	RA, LA, LL
Dérivation aVl	RA, LA, LL
Dérivation aVf	RA, LA, LL
Dérivation V	C, RA, LA, LL (rarement utilisée)

La terminologie peut se révéler confuse pour distinguer les entrées, qui ont des fils qui sont appelés dérivation (leads) par les ingénieurs et les entrées qui correspondent à une caractéristique clinique, aussi appelées dérivation par le personnel clinique. En terminologie clinique, il y a des dérivation de membres et des dérivation de membres modifiées. Les dérivation de membres ont les électrodes placées sur les membres, habituellement les poignets et juste au dessus des chevilles. Les dérivation modifiées ont les électrodes placées sur les épaules et juste au dessus de la taille du patient. Les dérivation de membres ne sont utilisées que pour du monitoring. Pour les fins de diagnostic il y a des équipements d'ECG à 12 dérivation, avec des électrodes placées en des points spécifiques sur la poitrine, en plus des électrodes de membres modifiées. En plus des six dérivation déjà mentionnées (dérivation I, II, III, aVR, aVL et aVF), un électrocardiographe à 12 dérivation affiche V1, V2, V3, V4, V5, V6, un total de 12 dérivation.

Pour fonctionner l'équipement doit d'abord être mise sous tension. Puis il doit être connecté au patient par les séries appropriées d'électrodes. Après quelques secondes, l'appareil devrait commencer à enregistrer l'ECG. Dans quelques cas, il faut pousser sur un bouton de démarrage. Quelques modèles d'ECG 12 dérivation demandent à l'utilisateur de saisir le nom du patient, son sexe et d'autres détails.

Toutes les entrées sont isolées de l'alimentation électrique de l'amplificateur par un transformateur d'isolement. Cela empêche tout problème du bloc d'alimentation d'appliquer une tension sur les électrodes et de donner possiblement un choc électrique au patient. Chaque entrée dispose également d'une diode, résistance ou circuit éclateur qui mettra toute haute tension/toute impulsion de haute intensité à la terre de sorte que l'amplificateur n'est pas endommagé par la défibrillation, par exemple. L'impédance d'entrée d'un amplificateur ECG est typiquement de 100 mégohms.

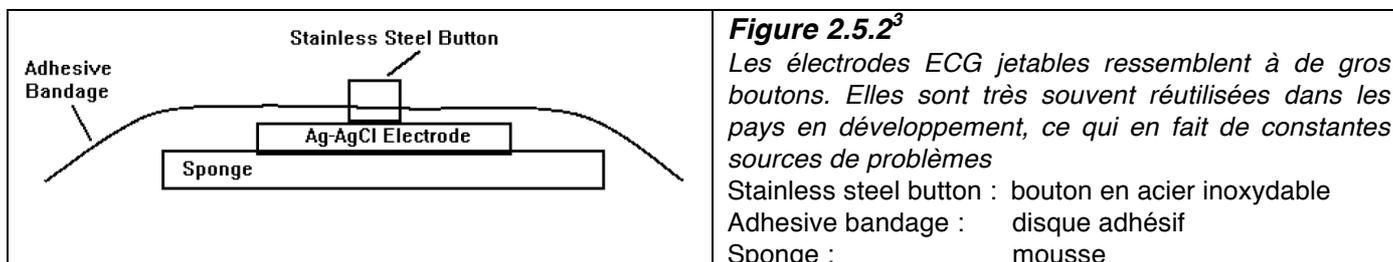
Les amplificateurs, aussi bien ceux utilisés en monitoring qu'en diagnostic ont un mécanisme de commutation qui sélectionne l'onde (dérivation) à afficher. Le commutateur peut être à rotation, par bouton poussoir ou écran plat. Sur certains modèles d'enregistreurs, il y a un bouton automatique qui change la sortie pour l'ensemble des dérivation suivant le mode choisi. Sur certains modèles, il y a une position de calibration sur le commutateur qui affiche un signal de 1 mV quand il est sélectionné. Ce signal de calibration de 1 mV sert à vérifier le gain de l'amplificateur et c'est un bon moyen de faire une vérification rapide du bon fonctionnement de l'amplificateur. Si la sortie montre le signal de 1 mV, l'amplificateur fonctionne.

Le gain standard d'un amplificateur ECG est d'environ 1 000 cm/V, ce qui signifie qu'un signal de 1 mV à la surface du corps devient un cm sur l'écran. Cependant quelques modèles ont un contrôle du gain automatique et quelques uns ont des commutateurs libellés comme 0,25 (gain de 250), 0,5 (gain de 500), 1,0 (gain standard de 1000), 3.0 (gain de 3000) et 5,0 (gains de 5000). Comme avec n'importe quel amplificateur, la saturation peut devenir un problème, même pour les gains les plus faibles. C'est fréquent quand le patient est petit, un nouveau-né ou un athlète adulte mince. Il en résulte une forme d'onde distordue, habituellement avec des pics et des creux ou, dans le pire des cas, une ligne horizontale au sommet ou au bas de l'affichage. Il peut également y avoir un décalage de tension créé par les électrodes du patient. Ce décalage de tension peut faire bouger la ligne de base vers le haut ou le bas et créer une saturation temporaire de l'amplificateur.

Les amplificateurs ECG ont deux bandes de fréquence qui sont sélectionnables, surveillance et diagnostic. La bande de fréquence pour de l'observation de longue durée de l'ECG du patient, comme dans une unité de soins intensifs, est de 0,5 à 35 Hz. Beaucoup de moniteurs trouvés dans les pays en développement n'observent pas la standardisation récente des bandes de fréquence. De sorte que la bande de fréquence de monitoring peut aller jusqu'à 50 Hz. La bande de fréquence diagnostique va de 0,1 à 100 Hz, ou jusqu'à 150 Hz, avec ou sans filtre passe-bande pour enlever le 50 ou 60 Hz de la ligne d'alimentation.

Il existe plusieurs types d'électrodes utilisés pour relier le patient au moniteur. Ces électrodes sont conçues pour une utilisation de court à long terme. Beaucoup de modèles d'électrodes de surveillance sont à usage unique avec

une colonne centrale conductrice entourée par une mousse plastique ou un disque ou carré en papier adhésif pour tenir en place cette colonne conductrice. Au sommet de la colonne conductrice se trouve un bouton-pression auquel est fixé le câble de la dérivation qui va à l'amplificateur (figure 2.5.2). Ces électrodes coûtent entre \$0,05 et \$0,11 chacune. Elles ne peuvent pas être nettoyées ou autrement réutilisées. Avec le temps, la colonne conductrice sèche, rendant l'électrode inefficace.



Il existe des alternatives non-jetables pour la surveillance. La plus courante est une électrode plate qui est plaquée sur le patient par un ruban de caoutchouc. On place un gel conducteur entre l'électrode et la peau du patient pour obtenir un bon contact électrique. Mais ce gel n'est pas critique. De la gaze imbibée d'une solution saline, ou simplement quelques gouttes d'eau, peuvent améliorer la qualité de l'enregistrement. Si des électrodes plates sont utilisées, elles doivent être vérifiées et nettoyées à chaque utilisation.

Pour les enregistrements ECG de diagnostic, les électrodes les plus courantes sont à usage multiple. La "Welch cup" est la plus courante. C'est une électrode argentée, en forme de coupelle avec une poire de succion au sommet. La corrosion est un problème courant comme le manque de succion avec le vieillissement de la poire. Il n'est pas rare de trouver une poire de succion pleine de gel. Il est connu que des champignons peuvent y pousser.

Il y a deux méthodes principales pour afficher le signal ECG, électroniquement ou sur papier. La forme la plus courante d'affichage électronique est sur un écran CRT. La taille de l'affichage et le type de phosphore employé dans sa fabrication peuvent influencer sur la qualité de la forme du signal. La présentation du signal ECG peut être dans le même format sur papier ou présentation graphique avec les données les plus récentes sur le bord gauche de la présentation, souvent appelée trace mobile ou solide. Certains fabricants utilisent une présentation, parfois appelée trace stationnaire, avec une barre noire d'effacement. Dans cette présentation le signal ECG est stationnaire et un espace vide, ou barre, se déplace sur l'écran CRT avec les données les plus récentes à la gauche de la barre.

L'autre façon habituelle de présenter l'ECG est sur du papier. La taille et forme du papier change avec les fabricants. Il y a quatre principaux types de papier utilisés pour une présentation de l'ECG, à l'encre, à l'argile, à la cire et chimique/thermique. Chacun offre des bénéfices et problèmes particuliers.

Le papier à encre a une surface brillante avec des lignes de graphique pré-imprimées. Il peut être sous forme de feuilles ordinaires, en bande continue, rouleau ou pliées en Z, ou une bande continue qui constitue une seule feuille. Dans la plupart des cas, il y a plusieurs traces ECG d'imprimées avec une ou plusieurs configurations de dérivations par canal. Le libellé des dérivations est fait avec des caractères alphanumériques ou des points ou tirets. Si le stylet n'est pas entretenu correctement il peut y avoir des bavures ou des taches sur le tracé ECG. La cire est utilisée avec un stylet chaud. Elle est rare. Le papier thermique est le plus courant. On le trouve en rouleaux et papier plié en Z. Il se distingue par son absence de lignes de graphique. Le papier thermique ressemble au papier thermique des fax et en fait cela en est. La vitesse de déroulement sur la plupart des enregistreurs et affichages électroniques est de 25 et 50 mm/sec. Quelques modèles ont des vitesses additionnelles. Quand la vitesse est de 25 mm/sec, chaque mm sur l'axe horizontal correspond à 0,04 secondes.

2.5.2.Problèmes courants

L'appel le plus courant à l'ingénieur est dû à une simple erreur d'utilisation. Des équipements d'ECG sont couramment donnés aux pays en développement, mais les manuels ne le sont pas. Et même lorsqu'ils sont donnés, ils sont fréquemment dans une langue que le personnel ne comprend pas. Et même quand le personnel

³ Les libellés des schémas et photos sont traduits sous le commentaire que les accompagne

peut lire le manuel, il ne le fait pas. Les appareils ECG récents peuvent offrir une multitude de boutons, de contrôles et peuvent être peu clairs. Pour toutes ces raisons, si l'équipement se met en marche, la première chose à suspecter est une erreur d'utilisation du dispositif.

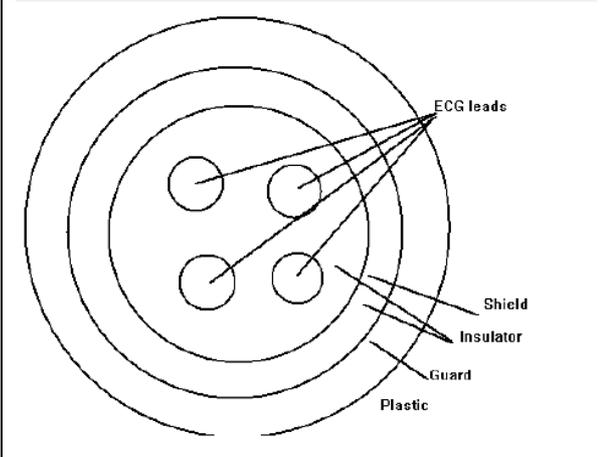
Un problème courant sur les modèles anciens est celui d'obtenir la fréquence correcte. Le dispositif de mesure du rythme cardiaque peut ne pas avoir un contrôle automatique du gain. Dans ces conditions, l'utilisateur peut ne pas se rendre compte qu'il lui faut ajuster le gain pour que le rythme soit correct.

L'erreur utilisateur ne se cantonne pas à la seule utilisation de l'équipement. Bien que le positionnement des électrodes soit de la responsabilité du médecin ou de l'infirmière, il peut conduire à un appel au biomédical quand il n'est pas bien fait. Le symptôme le plus typique est un signal ECG saturé ou distordu par le bruit de la ligne du réseau électrique. Quelques points à mémoriser pour le placement des électrodes sont : 1) les électrodes ne doivent pas être placées sur une cicatrice, 2) les électrodes ne doivent pas être placées sur une zone poilue, 3) celles placées à moins de 5 cm l'une de l'autre peuvent ne pas enregistrer un bon signal et 4) si plus d'un équipement demande de placer des électrodes sur le patient, elles peuvent interférer entre elles. Changer de dérivations, repositionner les électrodes, raser la peau peut résoudre le problème.

Après les électrodes, le maillon le plus faible d'un ECG est constitué par les câbles. Un câble patient devrait durer des années. Mais, une utilisation abusive peut entraîner une rupture des fils. Avant de réformer un câble, en essayer un d'un autre équipement pour confirmer qu'il en est bien la cause. Les câbles paraissent souvent en mauvais état à cause de restes de ruban adhésif. Ces restes peuvent être enlevés avec de l'alcool ou d'autres solvants.

Si le câble est défectueux, le remplacer est la meilleure option. Cependant ces câbles peuvent être réparés sous certaines conditions. Pour trouver le câble défectueux, remuez-le à son extrémité, au milieu là où les 5 brins se séparent et au connecteur de l'ECG, pour chacune des positions du commutateur. Une rupture est mise en évidence par une déviation importante de l'affichage. Si elle est située dans l'extrémité, habituellement très fine, du câble, celui-ci peut être coupé et soudé de manière standard car les trente derniers cm (douze pouces) ne sont pas habituellement blindés. S'il y a un blindage, faire attention aussi de le reconnecter.

Les problèmes les plus courants sont au niveau de la connexion au câble principal ou à celle de l'appareil. Ce câble contient habituellement deux ou trois couches avant d'atteindre le fil conducteur. Si des déformations importantes du signal se produisent quand le câble est courbé vers son connecteur et que cela se produit pour plusieurs dérivations, c'est que le connecteur sur l'équipement est cassé. Comme des connecteurs de remplacement sont pratiquement impossibles à trouver dans les pays en développement, vous devez penser à le refaire (une aventure qui prend beaucoup de temps et n'est pas souvent fructueuse) ou penser à souder le jeu de câbles à l'équipement si l'hôpital a absolument besoin de cet ECG.



Les câbles ECG sont des multi-conducteurs, avec des structures compliquées qui cassent fréquemment dans les pays en développement.

ECG leads	Fils ECG
Shield	Blindage
Insulator	Isolant
Guard	Garde
Plastic	Plastique

Les problèmes restants sont décrits par leurs symptômes parce qu'ils sont très habituels et sont souvent dus à une erreur d'utilisation, le positionnement des électrodes ou les câbles.

Une ligne de base qui ondule est observée par un technicien lorsque le tracé entre les cycles cardiaques oscille ou saute. C'est le plus souvent provoqué en essayant d'utiliser un ECG de surveillance en mode diagnostic ou par le mauvais placement d'une électrode ou par une électrode de mauvaise qualité.

Un tracé intermittent est dû à une saturation intermittente du signal. Ces problèmes sont pratiquement toujours créés par les électrodes ou les câbles des dérivations. Des connexions lâches peuvent aussi en être la cause. Ces problèmes (ou un gain inapproprié sélectionné par l'utilisateur) peuvent être également la source d'un petit signal ECG.

Vous pouvez vérifier qu'un problème est dû à une interférence du courant alternatif (signal ECG perturbé par du 60 Hz ou 50 Hz) en retirant l'appareil de la salle d'opération ou des soins intensifs pour voir si cela résout le problème. Si ce n'est pas le cas, vérifiez que l'équipement a bien été réglé pour la fréquence du réseau électrique local. La quantité de dons provenant de différentes parties du monde et le manque de supports qui accompagnent quelques dons conduisent à ce que certains équipements sont laissés en mode 50 Hz dans un environnement de 60 Hz et vice versa. Vérifiez également si le patient a froid ou est nerveux. Dans ce cas, les tremblements musculaires pourraient causer ces interférences. Une autre cause peut provenir du patient ou de l'infirmière qui touche du métal ou un mur proche durant la surveillance.

Lorsqu'aucune trace ne s'affiche, la cause la plus probable est une erreur d'utilisation. Ce peut être dû à des réglages de luminosité ou une position d'arrêt "off". Des électrodes et dérivations défectueuses ne causent habituellement pas la disparition d'une trace. Des problèmes de bloc d'alimentation peuvent être également suspectés.

Si le tracé n'apparaît pas lorsque vous imprimez, c'est que vous pouvez rencontrer des problèmes d'imprimante. Avec un stylet chauffant, sa pression sur le papier peut influencer sur la largeur de la trace et sa réponse en fréquence. Si le chauffage est trop fort, la largeur de la trace sera augmentée. S'il est trop faible, aucune trace ne sera imprimée.

Sur un système à encre le stylet est plus long et touche une surface plane. L'encre arrive par une tubulure de petit diamètre d'une source centrale jusqu'au stylet. Ces tubes sont parfois bouchés et peuvent être nettoyés en les enlevant et rinçant avec de l'alcool. C'est une procédure salissante et il faut faire attention à protéger ses vêtements. Les pointes des stylets peuvent aussi ramasser les peluches et morceaux de papier qui élargiront la trace. Elles doivent être nettoyées avec des tissus qui ne peluchent pas ou du papier. Une pointe peut s'user de manière inégale et demander un façonnage pour le ré-aplanir, communément appelé rodage. On peut le faire avec un petit morceau de toile émeri très fine et en déplaçant doucement la pointe sur la toile. La méthode préférée pour le faire est de mettre la toile émeri sous la pointe du stylet, de la garder en place et de bouger le contrôle de positionnement de sorte que la pointe balaie la toile émeri. Deux ou trois aller-retour sur la toile sont habituellement nécessaires pour aplanir la pointe.

Les systèmes à cartouche d'encre ont une "pointe de marqueur à feutre" spécifiquement profilée au lieu d'un stylet chauffant ou réservoir à encre. Ces cartouches peuvent sécher et ne pas faire de traces complètes. Elles sont utilisées aussi bien pour des traceurs statiques (traceur x-y) que des rouleaux de papier en continu. Des cartouches de rechange devraient être disponibles avec l'appareil car elles peuvent être changées facilement. La pointe d'écriture peut s'élargir avec le temps et devrait alors être remplacée. Si une cartouche de remplacement n'est pas disponible, elle peut être remplie de nouveau; Cependant, quelques essais seront nécessaires pour trouver l'encre adéquate. Si la pointe est endommagée, celle de certains stylos à feutre peut être mise à sa place, mais, à nouveau, il faut procéder par essais et erreurs.

2.5.3. Tests minima suggérés.

Pour la plupart des ECG de surveillance, il est suffisant de connecter l'équipement sur vous et d'enregistrer un ECG et rythme cardiaque précis. Si le rythme cardiaque est égal au vôtre (mesuré avec une montre et en pressant l'artère de votre cou) et si le tracé ressemble à un tracé normal, c'est que l'appareil fonctionne probablement correctement. Vous devriez tester les alarmes de rythme cardiaque pour vérifier qu'elles se déclenchent quand l'alarme de rythme maximum est réglée plus bas que votre propre rythme ou quand l'alarme de rythme minimum est réglée plus haut que votre propre rythme.

Si l'équipement doit être utilisé en bloc opératoire, il est alors probable qu'il va être utilisé pour un contact avec le cœur. Même un petit courant circulant par les électrodes peut causer la mort (par fibrillation ventriculaire) dans ces conditions. Malheureusement il n'est pas possible de tester correctement les courants de fuite sans équipement spécialisé.

Si vous êtes dans un hôpital où un ECG doit être utilisé en bloc opératoire, et si vous ne disposez pas du testeur adéquat, il existe un test partiel correct. Soyez certain de discuter des limites de vos tests avec le médecin avant de remettre l'appareil en service. Un test de remplacement acceptable consiste à tester seulement les grands courants de fuite à la terre. C'est pour le patient le danger le plus fréquent. Pour ce test, placez une résistance d'environ 1000 ohms successivement entre chaque connexion au patient et la terre. Mesurez la chute de tension aux bornes de la résistance. Calculez le courant circulant dans chaque dérivation (différence de potentiel divisée par la valeur de la résistance utilisée). Les courants doivent être de moins de 50 microampères (différences de tension de moins de 50 millivolts rms –moyenne quadratique).

Vous pouvez également tester le boîtier métallique de n'importe quel équipement en utilisant la même technique. Cependant pour les parties de l'équipement qui ne sont pas en contact direct avec le cœur, le courant peut atteindre 500 mA. Les objets qui peuvent être testés avec cette technique comprennent les systèmes de chauffage, d'air conditionné, la plomberie, la platine des prises d'oxygène et de vide, les contrôles de l'appel-infirmière et de la télévision, le lit et tout équipement de surveillance ou autre relié au patient.

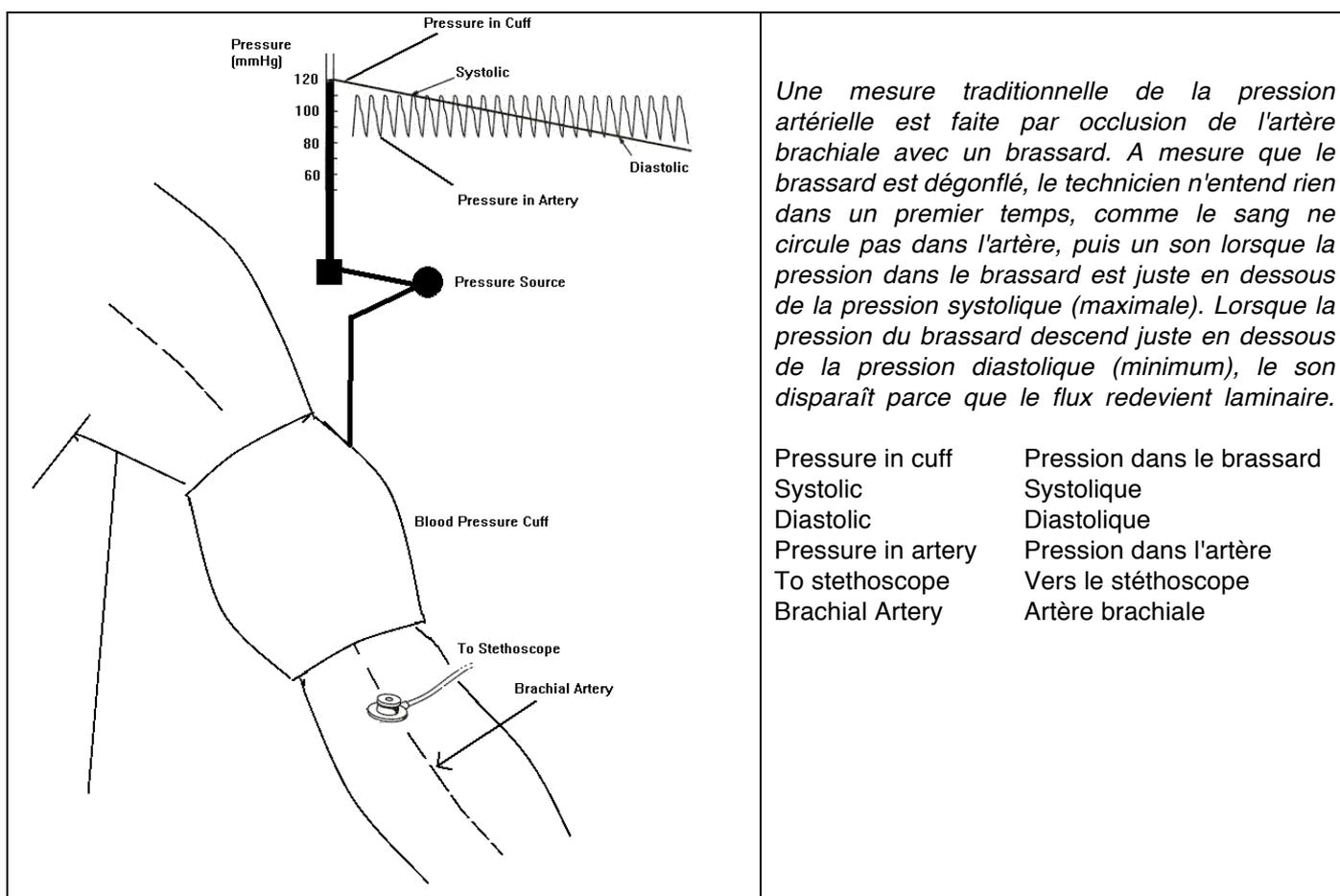
C'est une bonne habitude que de nettoyer les électrodes avant de les remettre à disposition. Vérifiez aussi l'état des câbles. Si l'appareil a une batterie, vérifiez qu'elle est en bon état de marche et que le chargeur fonctionne correctement.

2.6. Les Tensiomètres

2.6.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Les appareils pour mesurer la tension artérielle sont un des outils de diagnostic de base utilisés par le personnel de santé. Les sphygmomanomètres sont utilisés pour mesurer la pression du sang du patient au repos, un des premiers tests que le personnel soignant peut effectuer. Un diagnostic de pression élevée ou basse peut être le signe d'autres pathologies plus graves. Il existe 3 types principaux de tensiomètres : à mercure, anéroïde et électronique.

La mesure de la pression artérielle est fréquente depuis plus d'un siècle et, malgré cela, souvent mal comprise. La mesure non-invasive de la tension artérielle est réalisée en bouchant une artère de l'avant-bras à l'aide d'un brassard gonflable connecté à un manomètre à mercure. Un stéthoscope est utilisé pour écouter les bruits de Korotkoff quand le sang circule. Le premier son est entendu lorsque la pression dans le brassard atteint la pression systolique. Le dernier son est entendu lorsque la pression dans le brassard atteint la pression diastolique.



La pression systolique idéale est de 120 mmHg et la diastolique de 80 mmHg. Une tension systolique supérieure à 150 mmHg ou diastolique supérieure à 100 mmHg doit être investiguée cliniquement. La différence entre les pressions systolique et diastolique est appelée "impulsion de pression". Elle est généralement comprise entre 40 et 50 mmHg. Une pression moyenne estimée peut être obtenue en additionnant un tiers de l'impulsion de pression à la pression diastolique. La pression moyenne ne doit pas descendre en dessous de 80 mmHg.

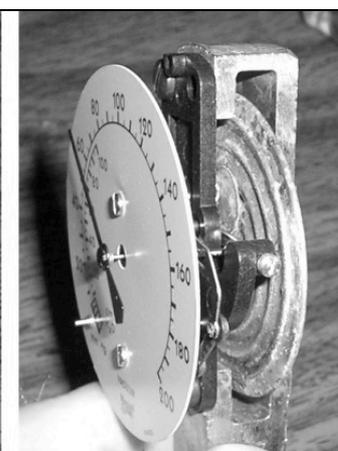
On utilise souvent un manomètre à mercure pour mesurer la pression dans le brassard. Une colonne en plastique ou en verre avec des graduations de 0 à 300 mm est reliée au brassard avec un tube en caoutchouc ou latex. Le tube est rempli de mercure. La pression est donnée par la hauteur de la colonne de mercure. Pour obtenir des

lectures précises, le tube doit être très exactement vertical. Au sommet du tube, sous la capsule se trouve une membrane en peau de veau qui permet à l'air de passer dans les deux sens. Si la membrane est sale, le mercure de la colonne ne se déplacera pas en souflesse, soit vers le haut ou le bas. Les manomètres au mercure ne sont plus utilisés aux Etats-Unis. Ils sont cependant très courants dans les pays en développement.



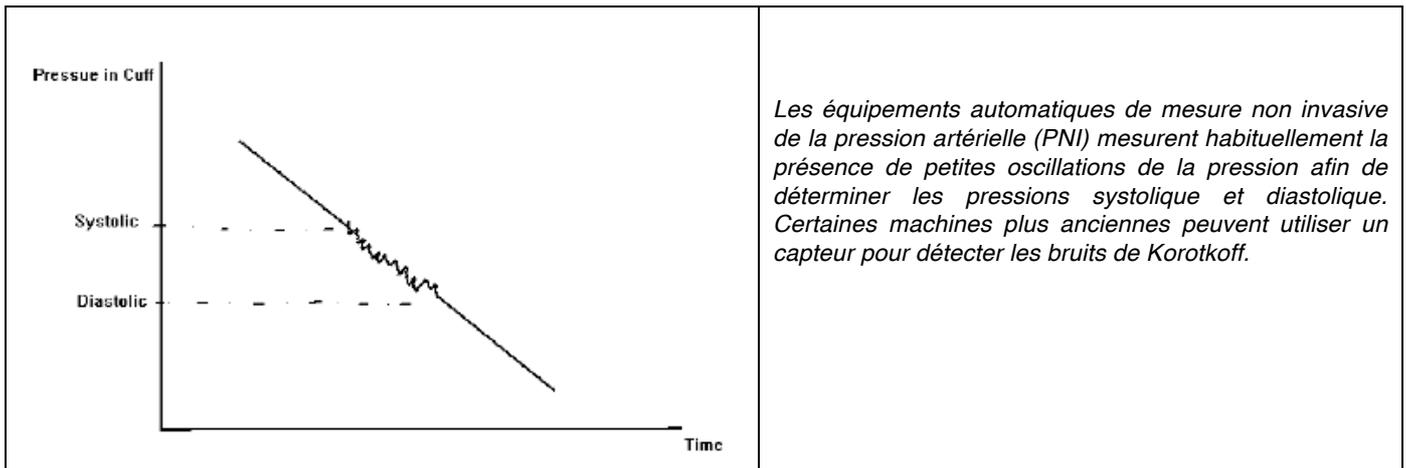
Sur cette photo, le couvercle du réservoir de mercure a été retiré (à droite). Le mercure s'est oxydé en laissant une poudre fine qui doit être retirée avant de remplir à nouveau le réservoir.

Un autre manomètre utilisé pour les lectures de la pression artérielle est le manomètre anéroïde. Il s'agit d'un système à base de soufflet qui comporte un cadran étalonné dans la plage de 0 à 300 mmHg. Un rectangle est affiché sur le cadran dans la zone de repos. Si l'aiguille est dans ce rectangle lorsqu'il n'y a pas de pression, le manomètre est calibré et peut être utilisé.



Un manomètre anéroïde utilise un cadran calibré. Notez que lorsque la pression est nulle, l'aiguille doit se trouver dans le petit rectangle noir. Ce manomètre est également calibré en pouces d'eau.

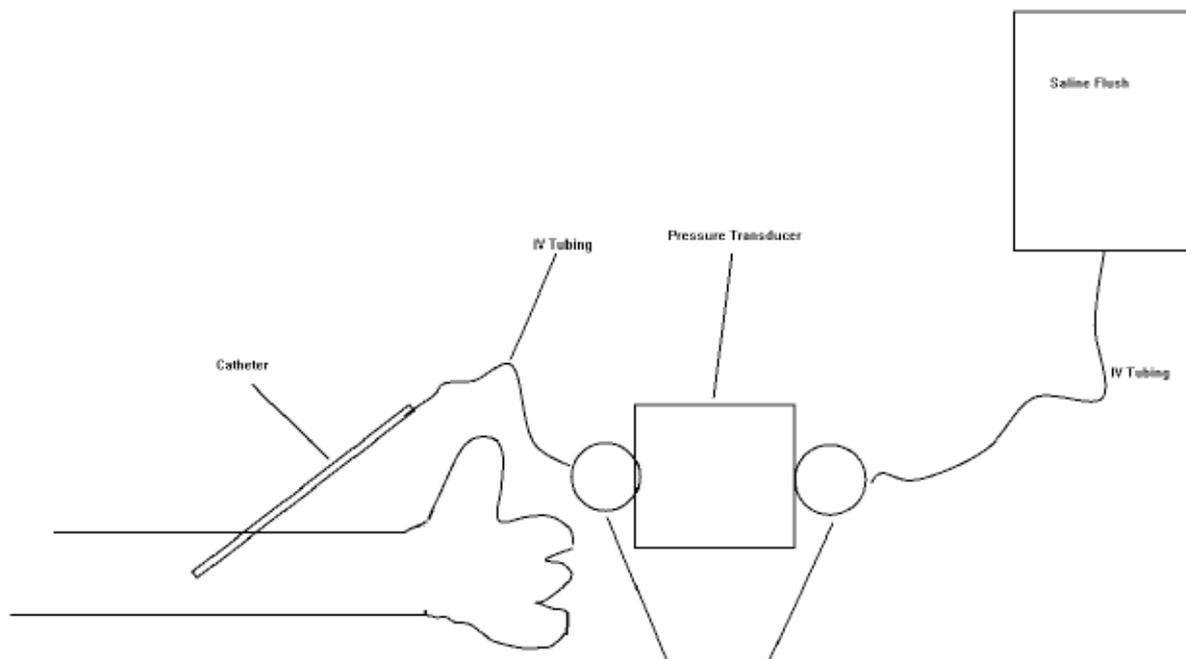
Les tensiomètres non-invasifs (PNI) sont des dispositifs qui mesurent automatiquement et électroniquement la pression artérielle. Dans ces systèmes, l'électronique remplace un opérateur humain pour le gonflage/dégonflage du brassard. Dans la plupart des dispositifs modernes, c'est la détection d'oscillations de pression et non pas les bruits de Korotkoff, qui entraîne la mesure des pressions maximale et minimale. Les résultats sont affichés sous forme numérique sur des affichages séparés ou sur un écran. Les appareils peuvent être programmés pour prendre la tension toutes les minutes, ou toutes les 5, 15, 30 minutes, donner la tendance des mesures et déclencher des alarmes si les résultats sont en dehors des limites présélectionnées.



Les équipements automatiques de mesure non invasive de la pression artérielle (PNI) mesurent habituellement la présence de petites oscillations de la pression afin de déterminer les pressions systolique et diastolique. Certaines machines plus anciennes peuvent utiliser un capteur pour détecter les bruits de Korotkoff.

Les appareils plus anciens de PNI peuvent utiliser deux tuyaux pour gonfler le brassard. Certains appareils ont un transducteur dans le brassard pour détecter les sons.

Une approche complètement différente pour mesurer la pression artérielle est d'introduire un cathéter dans une artère. C'est plus fréquent dans les unités de soins chirurgicaux et intensifs. Le dispositif de mesure de la pression artérielle est relié au cathéter par l'intermédiaire d'une tubulure en matière plastique à parois rigides, rempli d'une solution saline. La tubulure est reliée à un transducteur et connectée à une poche de solution saline ou "flush." La figure 2.6.3 illustre la configuration de l'ensemble. Le transducteur est placé au niveau du cœur. Sa sortie est amplifiée et affichée sous forme de nombre, de trace, ou des deux. Puisque la peau a été sectionnée, la première ligne de défense des patients contre l'infection et les chocs électriques, a été contournée. Toutes les précautions doivent être prises pour assurer la sécurité du patient.



Une mesure de la pression artérielle invasive implique typiquement de percer la peau du bras ou de la jambe. Le transducteur de pression doit toujours être au niveau du cœur du patient. La poche de soluté est tenue 30 cm ou plus au-dessus du patient.

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| Saline flush | Solution saline |
| Pressure transducer | Transducteur de pression |
| IV tubing | Tubulure intra-veineuse |

2.6.2. Problèmes courants

Les tensiomètres manuels non-invasifs sont extrêmement fiables. Ils sont également peu coûteux. Même dans les pays en développement, ils sont souvent remplacés plutôt que réparés. Cependant, il y a quelques problèmes courants.

Les fuites dans les tubulures sont fréquentes et peuvent souvent être réparées avec de l'époxy ou du "silastic". Pour vérifier s'il y a des fuites, gonflez le brassard à 250 mmHg et laissez le reposer. La pression devrait diminuer lentement à une vitesse ne dépassant pas 5 mmHg par minute. S'il y a une fuite, vous pouvez la trouver en frottant la tubulure avec de l'eau savonneuse et en recherchant s'il y a des bulles.

Les erreurs d'utilisation relatives à la calibration sont relativement courantes. Le brassard doit être placé au niveau du cœur et le manomètre doit être à zéro avant que le brassard ne soit gonflé. Vérifiez la propreté du mercure. Après un certain temps, de l'oxyde de mercure, une poudre noire, se forme. Le mercure, le réservoir de mercure, et le tube devront tous être nettoyés. Gardez en tête que le mercure est toxique et qu'il faut faire attention à ne pas en faire tomber sur le sol ou dans la pièce. Vérifiez le joint en cuir et la rondelle située dans la partie supérieure du tube vertical. Mettez de la pression : dès que la pression est stabilisée, le mercure devrait cesser de monter. S'il continue de monter, le joint de cuir et la rondelle doivent être vérifiés et peut-être remplacés.

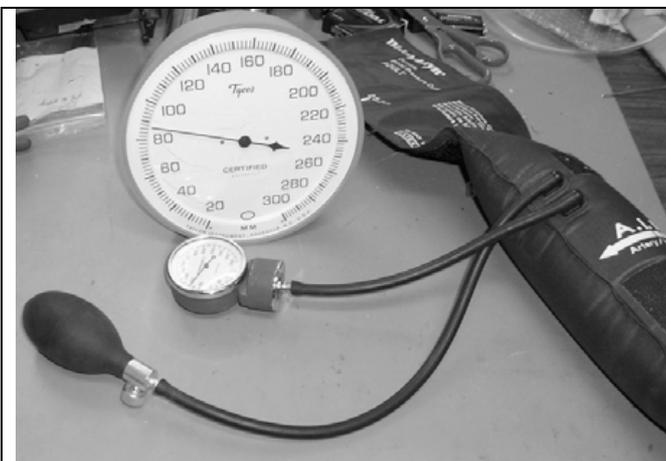
Le problème le plus courant des tensiomètres non-invasifs automatiques est l'utilisation de brassards inadaptés. Si un brassard correct est utilisé et, si le transducteur est situé dans le brassard lui-même, il peut être difficile d'accéder au transducteur. Cependant la réparation nécessite souvent des connaissances spécialisées car leur design varie considérablement suivant les fabricants.

Les mesures de pression artérielle invasive sont sujettes à de nombreux problèmes. Le plus courant est dû à la réutilisation de transducteurs non-réutilisables. Les transducteurs à usage unique sont maintenant la norme aux États-Unis. Bien qu'il existe des alternatives réutilisables, elles sont rarement utilisées. Le transducteur est généralement monté sur un pied de perfusion intraveineuse (IV) à côté du lit du patient. Il doit être au même niveau que le patient. La mesure est erronée de 2,5 mmHg pour chaque pouce (2,5 cm) de différence de niveau par rapport à la position correcte.

Durant l'installation du dispositif l'air est évacué du transducteur du cathéter invasif, mis à zéro et tout l'air retiré de la ligne, en utilisant habituellement une solution de rinçage. Le technicien peut réaliser correctement –ou non- chacune de ces étapes, laisser des bulles d'air dans la tubulure ou ne pas mettre correctement le transducteur à zéro. Vérifiez aussi que le transducteur est à la hauteur du cœur.

2.6.3. Tests minima suggérés

Le point le plus critique à calibrer est la mesure de la pression. Une mesure simple de pression peut être obtenue à l'aide d'une colonne d'eau dans un tube. Fixez le tube au mur. Une colonne d'eau de 271 cm, par exemple, est équivalente à une pression de 200 mm Hg (la densité du mercure est 13,55 fois celle de l'eau). Avant de remettre en service le tensiomètre, vérifiez plusieurs valeurs de pression (200 mmHg, 100 mmHg et 50 mmHg - ou respectivement 271 cm H₂O, 136 cm H₂O et 68 cm H₂O.). Le manomètre doit être précis à 1-3 mmHg près.



Un manomètre peut être testé en le comparant à un bon manomètre connu, à un manomètre à mercure, ou à d'une simple colonne d'eau dans un tube IV (une pression de 100 mm de Hg est exercée par une colonne d'eau de 135 cm de hauteur).

Si la pression est toujours trop élevée ou trop basse, vous devrez ajuster le zéro en enlevant ou ajoutant du mercure ou en tournant le cadran du manomètre (si anéroïde). Les tensiomètres électroniques auront une mise à zéro qui ne devrait jamais avoir besoin d'être ajustée, si l'appareil est correctement mis à zéro avant chaque utilisation. Le réglage du gain des appareils électroniques a besoin de temps en temps d'être réglé.

Si le tensiomètre est à usage manuel, vous devriez également vérifier la facilité d'utilisation du dispositif. Lorsque le brassard est gonflé avec la valve fermée, la pression ne doit pas baisser sensiblement en dix secondes. Lorsque la valve est ouverte, la pression doit diminuer lentement et de façon linéaire. Consultez le médecin ou l'infirmière sur l'importance de la fuite et la vitesse de diminution de la pression autorisée pour être sûr que l'appareil sera pratique à utiliser.

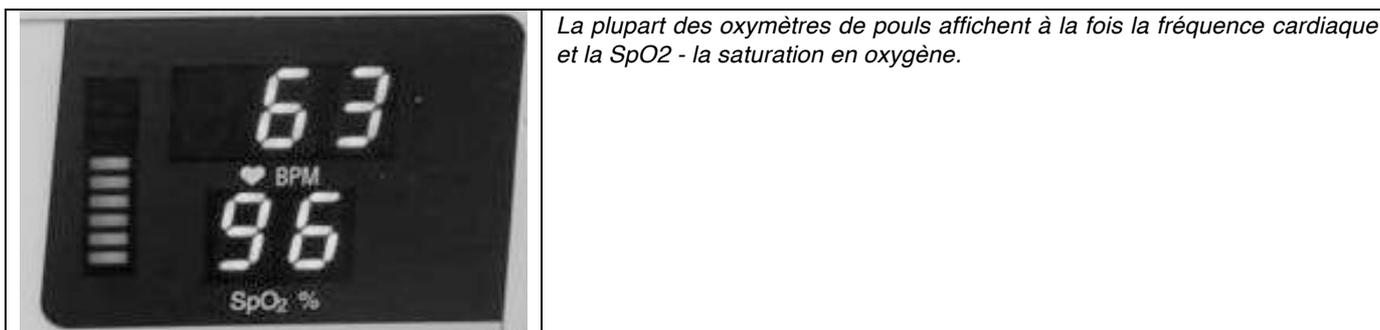
Si un manomètre à mercure a été utilisé pendant de nombreuses années, de l'oxyde de mercure a pu se former dans le tube et apparaître sous la forme d'une poudre noire. Le mercure, le tube, et le réservoir devront tous être nettoyés si l'infirmière s'objecte à sa présence. Gardez à l'esprit que le mercure est toxique et ne doit pas être touché ou ses vapeurs trop inhalées. Pour éliminer l'oxyde de mercure, enlevez le bouchon du réservoir et retirez le mercure à l'aide d'une aiguille et d'une seringue. Filtrez le mercure avec un papier filtre dans un récipient propre. Répétez plusieurs fois l'opération jusqu'à ce que tout l'oxyde solide soit enlevé. Sortez le tube et le réservoir à l'extérieur et utilisez de l'air comprimé pour souffler toute matière solide. Remplacez le mercure propre dans le réservoir et complétez le niveau avec du mercure nouveau jusqu'au repère "0". Remplacez le bouchon du réservoir.

Les tensiomètres automatiques, non-invasifs (de PNI) sont plus difficiles à calibrer que les autres parce qu'il leur faut détecter des oscillations pour fonctionner. Si vous n'avez pas un bras fantôme (de test), alors le plus simple est d'utiliser votre propre bras. Empruntez un stéthoscope et mesurez votre propre tension. Si vous n'êtes pas sûr de savoir utiliser un sphygmomanomètre avec précision, demandez à quelqu'un de mesurer votre tension. Répétez la mesure à cinq reprises. Ensuite, connectez le brassard au tensiomètre automatique et mesurez votre pression artérielle à cinq reprises. Les pressions systolique et diastolique moyennes des deux systèmes doivent correspondre à moins de 3 mmHg près.

2.7. Oxymètre de pouls

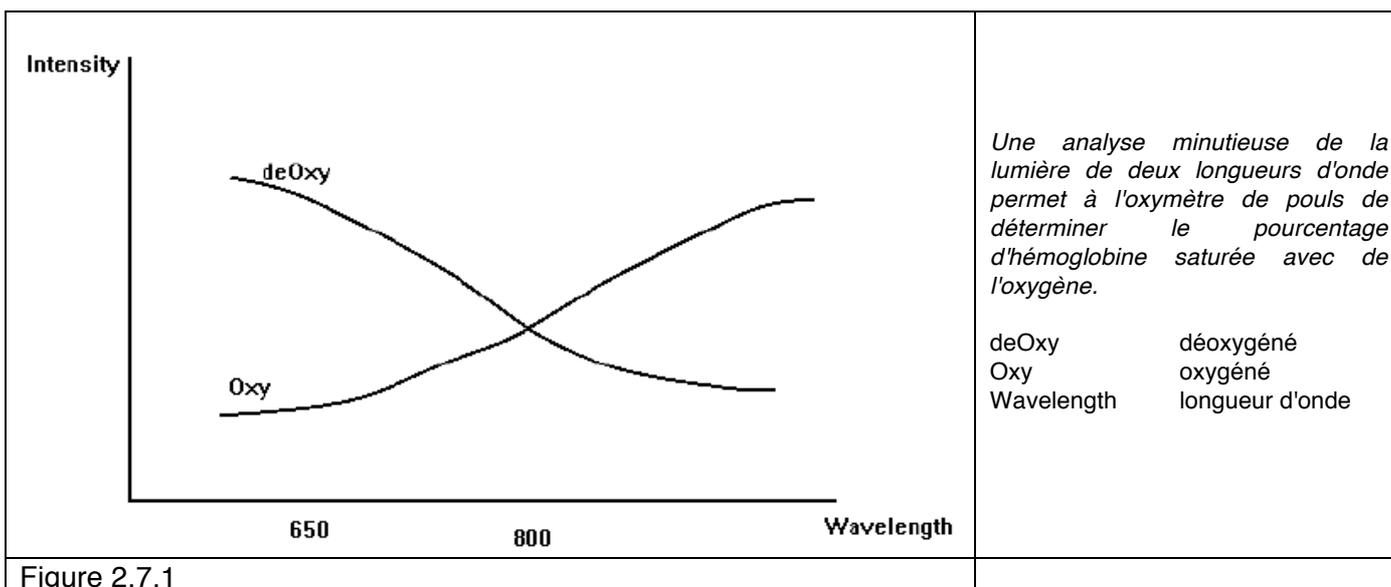
2.7.1.2.7.1 Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'oxymétrie est une méthode non invasive de mesure de la saturation en oxygène de l'hémoglobine dans le sang. Le pourcentage d'hémoglobine saturé avec quatre molécules d'oxygène est un bon indicateur de la capacité du transport de l'oxygène par le sang. Chez un être humain en bonne santé, près de 100% de l'hémoglobine est constamment saturée dans les artères.



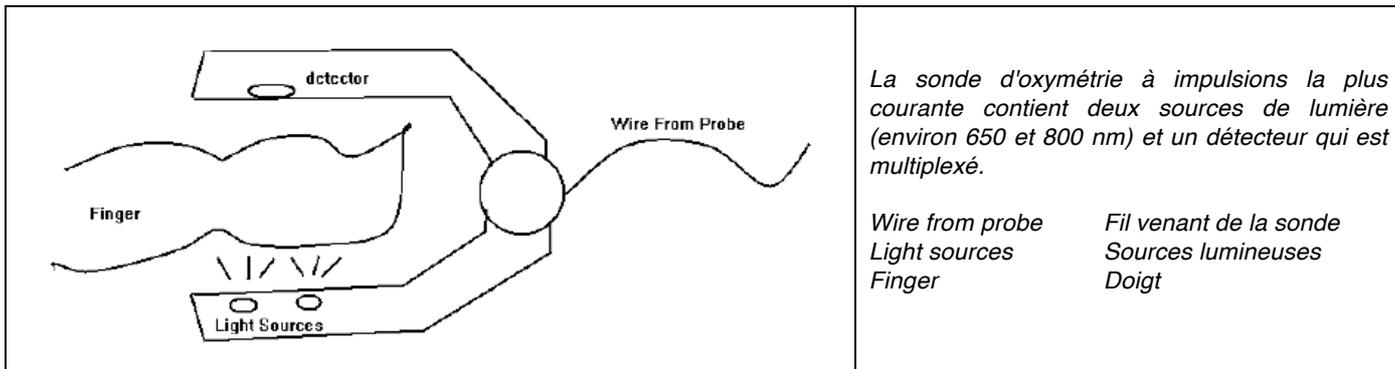
L'oxymétrie moderne est réalisée avec un oxymètre de pouls. L'oxymètre de pouls utilise l'impulsion pléthysmographique de l'artère pour améliorer la mesure. Par conséquent, en plus de la saturation en oxygène de l'hémoglobine, le dispositif peut afficher la fréquence cardiaque et la courbe de pléthysmographie, bien que cette dernière soit moins fréquente.

L'oxymètre utilise deux fréquences de lumière sur un tissu humain irrigué par du sang. L'une des deux fréquences (ou longueurs d'onde) est seulement sensible à la variation de volume (pléthysmogramme) et l'autre est sensible à la fois au pléthysmogramme et à la saturation en oxygène. La figure 2.7.1 montre qu'à environ 805 nm, l'intensité de la lumière réfléchiée par du tissu ne dépend pas de son état oxygéné ou désoxygéné. Tandis qu'à 655 nm, il existe une grande différence dans la quantité de lumière réfléchiée par le tissu. En analysant soigneusement les deux signaux, l'appareil peut en déduire la saturation en oxygène de l'hémoglobine du sang, généralement affichée comme un pourcentage (SpO2).



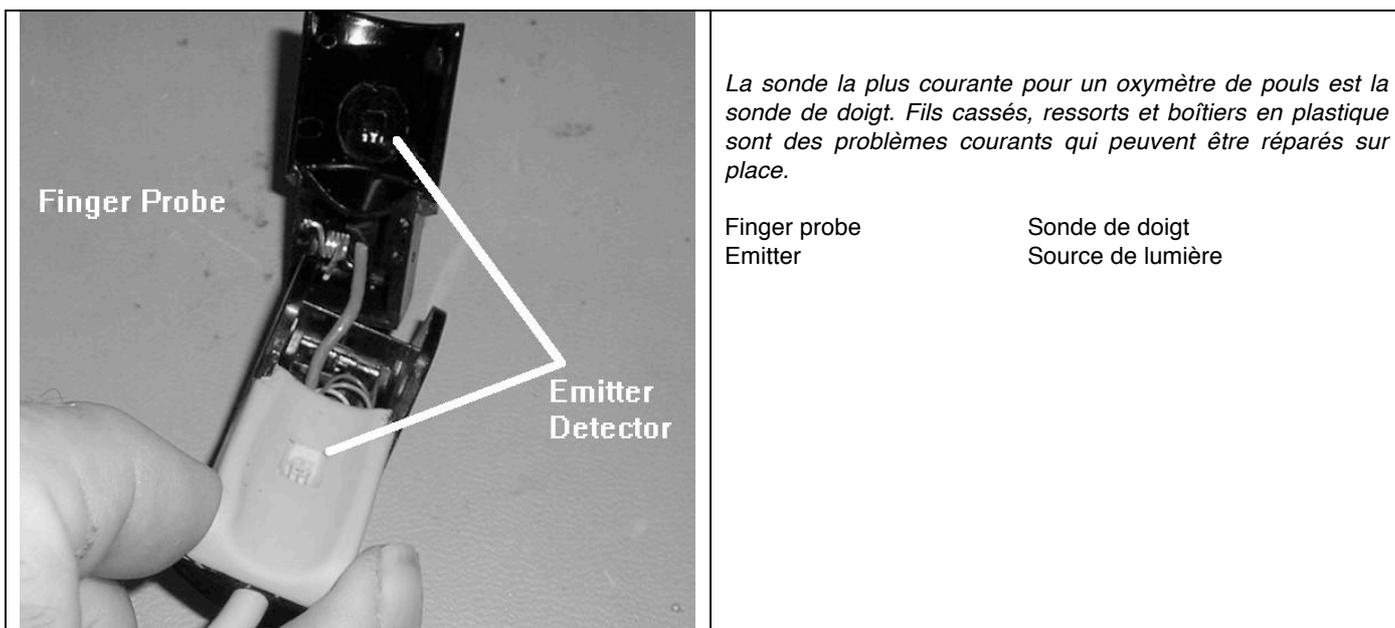
La sonde, qui contient à la fois la source lumineuse et le capteur sensible à la lumière, peut être placée sur un doigt, sur un lobe d'oreille, un orteil ou le front en fonction de son design. Certaines sondes sont à usage unique

alors que d'autres sont réutilisables. Les sondes réutilisables sont préférées dans les pays en développement. Les sondes à usage unique sont souvent réutilisées.



2.7.2. Problèmes courants

Les problèmes les plus courants avec l'oxymètre de pouls sont dus à la sonde. La réutilisation constante des sondes jetables finit par provoquer la rupture du câble. Ceux-ci peuvent souvent être réparés, si un seul fil est cassé. Le deuxième problème courant est un manque de sonde. Malheureusement, il n'est pas possible d'échanger des sondes qui sont incompatibles, car le câblage, et même la production et la détection des deux longueurs d'onde diffèrent entre les fabricants.



Il y a quelques erreurs d'utilisation fréquentes. L'erreur de positionnement du capteur est la plus courante. La sonde doit être placée de façon à éviter que de la lumière ambiante n'atteigne le tissu ou le capteur. Certains vernis à ongles bloquent la transmission de la lumière. Si le patient a froid, les vaisseaux sanguins se contractent, ce qui peut rendre la détection du flux sanguin difficile.

Au-delà des problèmes de sonde, des problèmes de bloc d'alimentation usuels et des erreurs d'utilisation (qui sont rares avec cet appareil), il y a très peu de choses qui peuvent être faites pour réparer un oxymètre de pouls cassé.

2.7.3. Test minimum suggéré

Un oxymètre de pouls peut être facilement testé sur vous-même. Votre fréquence cardiaque doit être affichée sur l'écran, à plus ou moins 1 battement pas minute par rapport à la mesure réalisée avec la technique chronométrée sur une artère du cou décrite précédemment. Vérifiez également les alarmes pour vous assurer que lorsque votre fréquence cardiaque est en dehors de la plage définie, les alarmes se déclenchent.

2.8. Les défibrillateurs

2.8.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Un défibrillateur est utilisé pour stopper la fibrillation du cœur, pour restaurer les contractions normalement synchronisées du cœur. Les contractions non coordonnées du cœur peuvent se produire dans l'oreillette, (chambre supérieure du cœur) ainsi que dans le ventricule (chambre inférieure). La fibrillation auriculaire (FA) est relativement fréquente et peut être bien tolérée par le patient. La fibrillation ventriculaire (FV) provoque immédiatement l'arrêt de la circulation sanguine; elle est donc fatale si elle n'est pas traitée en quelques minutes. Un décès par fibrillation ventriculaire est souvent appelé décès par crise cardiaque massive et c'est la cause la plus fréquente de décès.

Le défibrillateur fonctionne en délivrant un choc électrique très intense et très bref à travers la poitrine. L'impulsion typique dure 10 ms et atteint jusqu'à 3000 V. Des énergies allant de 300 à 360 Joules sont utilisées pendant la défibrillation ventriculaire externe. Bien que le traitement de la fibrillation ventriculaire constitue leur utilisation la plus courante dans les pays en développement, la plupart des défibrillateurs dans les hôpitaux peuvent également traiter la tachycardie ventriculaire, lorsque le cœur bat trop vite, mais d'une manière coordonnée. Les énergies utilisées pour le traitement de la tachycardie ventriculaire sont généralement inférieures à 200 Joules.

Il existe plusieurs types de défibrillateurs. Le plus courant dans les pays en développement est le défibrillateur manuel. Le plus commun dans le monde développé est le défibrillateur externe automatisé. Les défibrillateurs implantables et les défibrillateurs à domicile sont très rares dans les pays en développement.



Les défibrillateurs manuels sont couramment disponibles dans les pays en développement. L'unité à gauche comprend un moniteur ECG. L'appareil délivre un choc potentiellement mortel et doit être utilisé avec beaucoup de soin.

Le défibrillateur manuel est un équipement dans un boîtier d'environ $0,1 \text{ m}^3$, pesant environ 5 kg. Des câbles connectent deux grandes palettes métalliques, qui sont utilisées pour appliquer le choc électrique au patient. Des câbles ECG peuvent également être connectés au patient. Cependant, la plupart des défibrillateurs peuvent également surveiller l'ECG via les palettes de défibrillation. Lorsque les connexions de l'ECG sont utilisées, celui-ci peut être manipulé pratiquement de la même façon qu'un moniteur de chevet.

Il y a plusieurs types de palettes de défibrillateur: adulte externe, pédiatrique externe, interne (il existe plusieurs tailles, toutes utilisées quand la poitrine est ouverte) et des palettes à usage unique ou adhésives. Les défibrillateurs externes adultes et pédiatriques demandent qu'un gel conducteur soit ajouté entre le patient et la palette. Le gel est utilisé pour assurer la conduction électrique entre les palettes et la paroi thoracique.

Le défibrillateur fonctionne en chargeant un condensateur, puis déchargeant une partie de l'énergie stockée à travers le patient. Les anciens défibrillateurs se déchargeaient via un circuit RLC dans le patient. Dans ces dispositifs, l'impulsion peut atteindre 7500 volts. Ces circuits de décharge ont une forme d'onde caractéristique du courant de décharge appelée Edmark. Les dispositifs à forme d'onde Edmark sont encore très courants dans les pays en développement. Parce que ce type de décharge Edmark peut causer de graves dommages, voire la mort, tout le monde devrait se tenir à distance du patient lors de la décharge du condensateur. Les défibrillateurs plus

récents déchargent le condensateur par l'intermédiaire d'un réseau de transistors pour fournir une forme d'onde plus efficace, biphasique. La forme d'onde biphasique est moins susceptible de causer des dommages, mais le risque existe toujours.

Tous les défibrillateurs ont un système de secours sur batterie. De cette façon, vous pouvez déplacer le défibrillateur jusqu'au patient, au lieu d'amener le patient vers le défibrillateur, ce qui pourrait ajouter un délai de quelques minutes avant que la fibrillation ventriculaire ne soit traitée. Les batteries sont souvent la raison pour laquelle les défibrillateurs sont lourds. Malheureusement, elles sont aussi, souvent, la cause de leurs problèmes dans les pays en développement.

2.8.2. Problèmes courants

Les défibrillateurs sont des appareils très fiables qui exigent relativement peu d'entretien s'ils sont correctement stockés et utilisés. Le problème le plus courant dans le monde en développement concerne les batteries. Les batteries doivent être remplacées tous les 24 mois, ou moins, pour assurer le bon fonctionnement du défibrillateur. Cependant, ce n'est presque jamais fait dans les pays en développement. Reportez-vous au chapitre sur les batteries pour obtenir des instructions sur le remplacement et le test des batteries.

Si les batteries ne peuvent pas être remplacées, certains défibrillateurs ne fonctionneront pas. Cependant, d'autres fonctionnent sur le secteur électrique seul. Si le défibrillateur est destiné au Bloc Opératoire, le besoin de batteries est minime. Si l'unité est destinée aux Urgences, et ne peut fonctionner sans batteries, il est préférable de le doter d'une rallonge très longue, plutôt que de l'enlever. Pour le secours routier, un défibrillateur sans batteries en bon état ne sert à rien.

Certains défibrillateurs disposent d'un synchroniseur pour la défibrillation auriculaire. Ceci est rarement utilisé dans le monde en développement, mais peut causer des problèmes si l'utilisateur le met en marche, sans le savoir. Pour la fibrillation ventriculaire, la synchronisation ne joue aucun rôle et doit être arrêtée. Si cette fonction est en panne, la synchronisation doit être contournée ou sa sensibilité augmentée pour déclencher la décharge.

2.8.3. Tests minima suggérés

Il y a quelques problèmes d'entretien dont vous devriez vous occuper avant de remettre le défibrillateur en service. Du gel peut parfois s'accumuler sur les palettes qui doivent être nettoyées. L'alcool va ramollir le gel qui pourra être facilement enlevé.

Les palettes externes doivent être inspectés pour des signes de trous; ceux-ci pourraient provoquer un courant de forte densité et causer des brûlures sur la poitrine. Ces marques peuvent être enlevées à l'aide de papier de verre émeri. Les palettes internes doivent être inspectées pour être sûr qu'il n'y a pas de rupture de l'isolant autour de la partie conductrice de la palette. Si des ruptures sont présentes, tentez de les réparer avec de l'époxy ou une matière plastique immergeable. Du ruban adhésif ne résistera pas dans un bloc opératoire.

Vous devez tester le défibrillateur avant de le retourner dans le service. Si le défibrillateur ne fonctionne pas, le patient peut mourir. Le défibrillateur ne doit jamais être déchargé en plaçant les deux palettes ou les électrodes l'une contre l'autre et en appuyant sur l'interrupteur de décharge. Au minimum, cela va endommager les palettes et peut-être l'équipement.

Idéalement, vous devriez décharger le défibrillateur avec un testeur de défibrillateur. Toutefois, ceux-ci sont rares dans les pays en développement. Certains défibrillateurs ont une résistance interne de test que vous pouvez utiliser. EWH a commencé à distribuer récemment des testeurs de défibrillateur gratuits dont les fonctions sont limitées. Vous pouvez contacter EWH pour en obtenir un. Cependant, dans la plupart des cas, vous n'aurez pas de testeur et pas de résistance de test interne.

Si vous vous trouvez sans aucun équipement de test, vous pouvez essayer de défibriller sur un gros morceau de viande. Bien que du poulet (ou mieux de la dinde), du porc ou du bœuf soient utilisables, vous pouvez souvent acheter un cochon fraîchement tué à très bon marché dans les pays en développement. Veillez à placer les palettes sur les côtés opposés de l'animal, à au moins six pouces (15 cm) entre les points les plus proches des palettes. Aussi, assurez-vous que vous portez des gants et que personne d'autre ne touche l'animal. Du gel est

nécessaire entre les palettes et l'animal, mais il faut que les zones de la peau couvertes de gel ne soient pas à moins de 15 cm. Un cochon fraîchement tué va sauter plusieurs centimètres quand une impulsion de défibrillation est correctement appliquée. De grandes zones rouges vont rapidement se développer là où les palettes ont été appliquées. Il n'y a pas de danger à manger le porc après cette procédure, après avoir enlevé le gel.

En l'absence de cochon fraîchement tué, le meilleur choix est un gros morceau de viande morte. Il faut quelque chose assez grand pour que les palettes de défibrillation ne soient jamais à moins de quinze centimètres l'une de l'autre, aux points les plus proches. Bien sûr, la viande morte ne sautera pas. Cependant, après dix chocs de 360 Joules, vous devriez commencer à voir des traces de brûlures sur la viande, décrivant normalement la position des électrodes.

2.9. Moniteur fœtal et Doppler fœtal

2.9.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Les moniteurs fœtaux renseignent sur deux fonctions majeures: 1) la fréquence cardiaque du fœtus, et 2) les contractions de la mère. Un rythme cardiaque fœtal normal est entre 110 à 160 battements par minute. Le son des battements est généralement fort et régulier. Il est normal d'avoir quelques changements dans le rythme cardiaque fœtal pendant le travail, mais des changements importants dans la fréquence cardiaque avant ou après une contraction peuvent indiquer que le fœtus est en détresse. Un fœtus présentant des changements importants de sa fréquence cardiaque peut justifier d'être accouché par césarienne.

La surveillance fœtale pendant le travail, quand elle est couramment utilisée, a été contestée depuis sa création. Certains prétendent que la surveillance fœtale constitue un outil qui peut réduire la mortalité et la morbidité fœtale. D'autres accusent cette technologie d'une forte augmentation des césariennes et de la morbidité maternelle induite.

Il existe actuellement trois méthodes couramment utilisées pour surveiller le rythme cardiaque fœtal: par Doppler, avec des électrodes de surface, et par une électrode crânienne.

Les électrodes de surface sont positionnées directement sur le corps de la mère, habituellement avec des électrodes adhésives de chlorure d'argent-argent. La technique des électrodes de surface fonctionne exactement comme un électrocardiogramme courant, mais avec un traitement du signal beaucoup plus complexe pour réduire la probabilité de prendre un battement de cœur de la mère pour un battement de cœur du fœtus. L'approche des électrodes de surface pour la mesure de la fréquence cardiaque fœtale a les avantages d'être non invasive, d'être applicable à n'importe quel moment de la grossesse, et d'être peu coûteuse. Cependant, les résultats sont soumis à des artefacts venant des battements du cœur de la mère; elle ne fonctionne pas bien avec certaines positions fœtales et ne peut pas s'appliquer aux grossesses multiples.

Pour la technique Doppler, un médecin, une infirmière ou un technicien applique un gel d'échographie à l'extrémité d'un transducteur plat et le déplace sur l'abdomen jusqu'à ce qu'un bon signal du cœur soit obtenu. La technique Doppler est la plus courante car elle est moins sensible aux artefacts que les électrodes de surface et elle est également facile à utiliser. Cependant, le transducteur et son électronique sont coûteux; il peut demander un changement de position pendant le travail, et ne s'applique pas non plus aux grossesses multiples.

La sonde Doppler fœtale est également utilisée simplement pour détecter le battement du cœur du fœtus. Tenue à la main, elle peut être utilisée à partir de la fin du premier trimestre jusqu'à l'accouchement. La sonde émet des ondes ultrasonores de pression à environ 2,5 MHz et les unités portables produisent un son avec les battements cardiaques. Un dispositif tenu à la main n'a pas habituellement d'affichage ou de graphe. Le médecin doit compter le temps ou les battements du cœur pour déterminer le rythme cardiaque fœtal.

Le principe de fonctionnement de la sonde Doppler est l'effet Doppler. Si des ondes d'une fréquence donnée sont transmises à un réflecteur fixe, les ondes réfléchies ont la même fréquence que celles transmises. Si la structure réfléchissante (le cœur du fœtus) se déplace vers l'émetteur-récepteur, la fréquence réfléchie sera plus élevée que la fréquence émise. L'apparition d'un décalage de fréquence est considérée par la machine comme le signal d'un battement de cœur.

Les électrodes crâniennes sont appliquées directement sur la tête du fœtus et fonctionnent d'une manière identique à celles d'un électrocardiogramme standard. Cette approche est utilisée uniquement avec les patients à haut-risque, si le travail va très lentement ou si le moniteur fœtal externe ne détecte pas le rythme cardiaque fœtal. Le sac amniotique doit être rompu pour appliquer l'électrode. L'électrode crânienne donne des électrocardiogrammes fœtaux précis. Cependant, elle est invasive, ouvre le sac amniotique aux infections, et ne peut pas être facilement appliquée à des grossesses multiples.

Les contractions sont mesurées avec un transducteur à jauge de contrainte (généralement appelé TOCO) monté à l'extérieur ou sur une ceinture autour de l'abdomen.

Le rythme cardiaque fœtal est affiché numériquement sur de nombreux modèles et sous forme graphique sur papier. Les fréquences cardiaques fœtales normales sont de l'ordre de 110 à 160 battements par minute. La

fréquence cardiaque va diminuer pendant les contractions, puis revenir aux niveaux antérieurs lorsqu'elles sont finies. Un délai avant que la fréquence cardiaque ne revienne à son niveau précédent peut indiquer qu'il y a souffrance fœtale.

2.9.2. Problèmes courants

Les erreurs d'utilisation sont courantes lors de la surveillance fœtale. Une mauvaise connexion des capteurs, un chargement incorrect du papier, ou celui d'un papier non adapté sont les problèmes les plus courants. Les problèmes de bloc d'alimentation, de batteries mortes, sont courants sur les dispositifs manuels de doppler foetal. Assurez-vous que du gel est utilisé entre le transducteur ultrasonique et le patient.

La sonde Doppler est la partie la plus sensible du dispositif manuel comme de l'appareil de chevet. Quand elle casse on n'entend plus de son en sortie même si un stéthoscope ou fœtoscope indique la présence d'un battement de cœur fœtal. Vous pouvez vérifier rapidement le fonctionnement de la sonde en tapotant doucement la surface de la sonde une fois par seconde. Si ce n'est pas détecté, c'est qu'il existe assurément un problème de sonde.

La sonde est constituée de l'assemblage du transducteur, du câble, et d'un connecteur multi-broches pour la relier à l'équipement. Le câble contient entre 5 et 80 conducteurs différents. Le défaut de fonctionnement le plus fréquent résulte d'une rupture d'un ou de plusieurs des conducteurs du câble. Ces dysfonctionnements sont généralement le résultat d'une mauvaise manipulation du câble ou de l'avoir trempé avec du gel. La sonde est coûteuse et ne peut généralement pas être remplacée dans les pays en développement.

Heureusement, le câble peut souvent être réparé. La face avant de la sonde est généralement une lentille acoustique. La sonde doit être manipulée avec soin. Ne la laissez pas tomber, et évitez de rayer sa surface avec des objets pointus. Maintenez l'ensemble de la sonde exempt d'huile et de gel. Nettoyez la sonde et le câble avec un chiffon ou un tissu humide, après toute utilisation.

Les problèmes des électrodes de surface sont similaires ou identiques à ceux décrits dans le chapitre sur les électrocardiogrammes. Un fonctionnement défectueux de l'électrode se traduira par une absence de signal de battement de cœur fœtal. Vérifiez que les connexions de l'électrode patient sont propres et en bon état. Vérifiez que les câbles patient sont en bon état, que le conducteur n'est pas cassé, et qu'il n'y a pas de court-circuit dans le blindage qui entoure les autres conducteurs.

Le dernier problème très fréquent est dû au papier. Le papier est souvent mal installé ou du mauvais papier est utilisé sur l'appareil. Vérifiez que le rythme cardiaque affiché et celui de la trace sur le papier donnent la même valeur lorsque vous tapotez le transducteur, ou appliquez les électrodes sur vous. Les enregistreurs graphiques eux-mêmes sont identiques à ceux utilisés pour les ECG. Consultez ce chapitre pour avoir des idées sur ce qui peut être défectueux avec un enregistreur graphique.

2.9.3. Tests minima suggérés

Tous les capteurs conçus pour mesurer le rythme cardiaque fœtal peuvent être utilisés pour mesurer votre propre rythme cardiaque. Pour les électrodes de surface, vous pourriez avoir à fixer un jeu d'électrodes sur vous (comme sur la mère) et un autre jeu d'électrodes sur un ami (le fœtus) afin de remplir toutes les conditions de déclenchement d'alarme avant d'utiliser l'équipement. La sonde Doppler devrait fonctionner lorsqu'elle est placée sur votre poitrine, avec du gel adéquat, près de votre cœur. Vérifier l'exactitude à la fois de l'affichage numérique et de la trace de papier en comparant leur sortie avec une mesure de votre propre rythme cardiaque obtenue avec une montre. Les deux doivent être égales à 1 ou 2 battements près par minute.

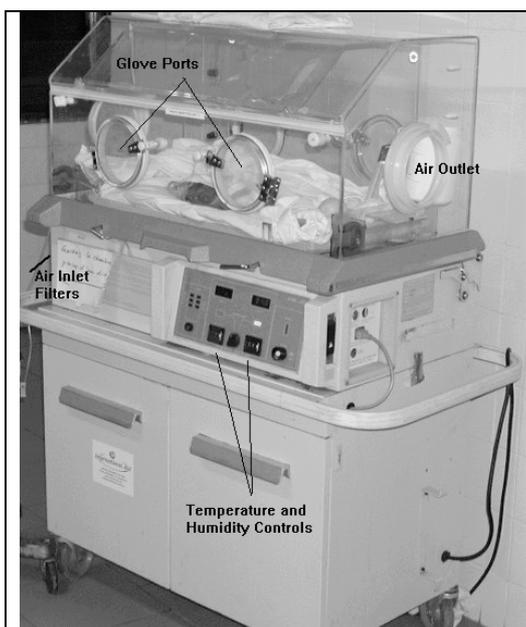
Pour tester le moniteur de contraction, étirez la ceinture, ou appuyez très doucement sur le transducteur à un rythme d'environ une pression par minute. Utilisez une montre pour chronométrer le temps entre les pressions. Le moniteur doit refléter la pression appliquée (approximativement) et le rythme (précision d'environ 10%).

Si la fréquence de contraction et le rythme cardiaque fœtal sont détectés avec précision, l'appareil est prêt à retourner dans le service.

2.10. Incubateur néonatal

2.10.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Un incubateur pour bébé est une chambre d'isolement qui aide à réguler la température d'un enfant et peut fournir de l'air enrichi en oxygène ou humidifié. L'incubateur de base consiste en une plateforme pour coucher le bébé, entouré par une enceinte en plastique transparent. Un élément chauffant se trouve en dessous du bébé. Il y a toujours une commande du chauffage, et en général un système de régulation de la température à moins d'un degré près d'une valeur de consigne. La plupart des incubateurs dans les pays en développement ont des gants en latex fixés à l'enceinte pour permettre la manipulation de l'enfant sans pénétrer dans l'espace isolé (voir la figure).



Un incubateur offre un environnement chaud, humide et parfois stérile pour un nouveau-né. Dans les pays en développement, comme montré sur cet incubateur au Togo, les hublots sont laissés ouverts et les filtres sont absents, laissant l'environnement chaud et humide, mais pas stérile. Le bébé est couché sur une plate-forme recouvrant un réservoir d'eau et les ventilateurs.

Sur certaines unités plus anciennes, la température est contrôlée par un rhéostat et doit être ajustée manuellement lorsque les conditions changent. La température est affichée, sous forme numérique sur les modèles récents, analogique sur les modèles plus anciens et avec un thermomètre sur les modèles les plus anciens. La plupart des unités ont un petit ventilateur pour souffler l'air en aval du dispositif de chauffage vers l'espace du bébé. Tous les incubateurs, sauf les plus anciens, ont des réglages pour déclencher une alarme de température trop ou pas assez élevée dans l'enceinte. Il y a aussi un dispositif de coupure du chauffage qui empêche la température de dépasser les 40°C.

Dans certaines unités, il y a un réservoir d'eau balayé par un courant d'air pour augmenter l'humidité dans l'enceinte du bébé. Ce dispositif est souvent complété par d'autres sources d'humidité. Afin de réduire la perte d'eau d'un bébé dans un incubateur, la littérature suggère que l'humidité relative dans l'incubateur soit comprise entre 60 et 90%.

Toutes les portes d'accès doivent avoir des fermetures actives afin que l'enceinte reste fermée. Les enceintes offrent une ou plusieurs ouvertures qui permettent aux câbles de contrôle, aux tubulures IV, au tube d'aspiration, etc, d'arriver jusqu'au bébé sans passer par une des portes d'accès

2.10.2. Problèmes courants

Si la chambre ne chauffe pas, cela peut provenir de l'élément chauffant. Cet élément est habituellement constitué d'un fil spécial (*nichrome*). Ce fil ne peut pas être habituellement réparé, mais un fil de remplacement peut souvent

être trouvé dans une grande ville. Les seules exigences pour son remplacement sont que la puissance et la résistance du nouvel élément soient les mêmes que celles de l'ancien élément.

Des poussières peuvent s'accumuler à l'intérieur du réservoir d'humidification. Celui-ci doit être nettoyé et séché après chaque utilisation. Si nécessaire, il est possible d'utiliser de l'eau de Javel diluée pour nettoyer cet ensemble.

Si la commande de chauffage est un rhéostat, le bouton doit être contrôlé pour s'assurer qu'il n'est pas lâche et tourne sur sa tige. Les valeurs inscrites sur le panneau ne sont qu'une estimation. Un point mort dans le rhéostat peut changer la température de façon importante avec seulement un petit changement de position. Essayez d'enlever la poussière sur le rhéostat. Si cela ne marche pas, le rhéostat devra être remplacé.

Si le débit d'air a diminué, vérifiez le filtre du ventilateur. La fréquence du remplacement dépend de l'environnement et de l'utilisation. Le ventilateur contribue également à l'élimination du dioxyde de carbone provenant de la chambre, qui doit être maintenu à une concentration de moins de 500 ppm.

Si la température n'est pas maintenue dans l'enceinte, cela peut provenir d'une fuite importante ou d'une ouverture. Vérifiez les joints autour des portes. Vérifiez également la présence d'une source de chaleur externe, de la lumière du soleil ou de lampes de photothérapie. Elles peuvent affecter les caractéristiques de chauffage de l'incubateur.

Si le ventilateur devient bruyant, essayez de lubrifier le moteur ou de serrer les boulons desserrés. Si le ventilateur est bruyant, il peut affecter l'audition future de l'enfant. Le circuit de l'air doit être gardé dégagé pour que la température soit stable et la même sur tout le bébé dans toutes les positions.

Dans certains modèles, il y a dans la chambre du bébé une paroi interne qui dirige le flux de l'air chauffé autour de l'enfant. Ces parois intérieures sont maintenues en place avec des picots de fixation en plastique qui peuvent se desserrer à l'usage. Ceux-ci doivent être inspectés pour s'assurer qu'ils sont correctement fixés à leur place.

2.10.3. Tests minima suggérés

Au moment de décider s'il est possible de retourner l'incubateur dans le service, la température doit se trouver entre 34 et 40 degrés Celsius et être précise à 0,5 degrés quelque soit le réglage. Assurez-vous qu'elle ne peut pas dépasser 40°C.

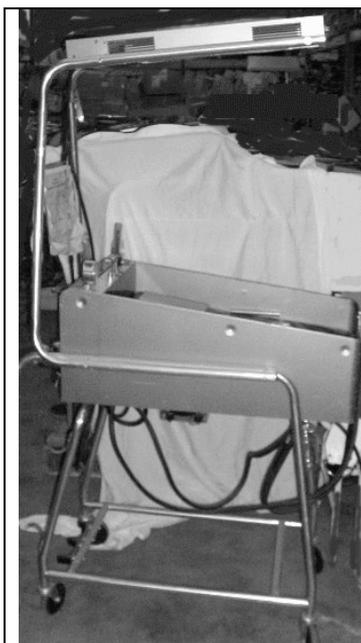
Le ventilateur ne doit pas être trop bruyant (moins de 65 dB). En supposant que vous n'avez pas de sonomètre avec vous, essayez d'estimer le bruit du ventilateur avec votre propre oreille placée là où serait le bébé. Le bruit devrait être assez bas pour entendre aisément toutes les conversations dans la salle autour de vous.

L'ensemble d'humidification devrait être propre et sec lorsque l'incubateur est retourné dans le service.

2.11. Couveuse

2.11.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

La couveuse est un dispositif ouvert pour garder un bébé au chaud. Les vraies couveuses utilisent des résistances ou des lampes infrarouges comme éléments de chauffage, mais pas des lampes qui peuvent brûler le bébé. Les couveuses sont souvent utilisées pour les bébés qui nécessitent le plus de soins, car il est plus facile d'y soigner un enfant que dans d'un incubateur qui est un système fermé. Mais d'un autre côté, comme elles sont ouvertes, les couveuses n'offrent pas la protection d'un incubateur vis-à-vis des particules véhiculées par l'air, par les agents pathogènes ou les variations d'humidité de l'environnement.



Les couveuses comme celle-ci ne sont pas courantes dans les pays en développement. La plupart des chambres de l'hôpital sont toujours à 37 degrés Celsius ou plus sans demander de chauffage. Dans cette unité, le bébé est placé sur la plate-forme du milieu de l'image. Les éléments de chauffage sont près du haut de l'image.

Dans l'élément chauffant se trouvent de longues tiges placées à environ 1 mètre au-dessus du niveau de l'enfant, diffusant de la chaleur vers le bas. Une grille ouverte entoure les tiges. Lorsque l'élément chauffant est allumé, les tiges deviennent rouges. Certains modèles anciens peuvent utiliser des bobines ouvertes, qui peuvent distribuer inégalement la chaleur sur le nourrisson.

Les éléments chauffants ne sont pas visibles sur une couveuse radiante car ils sont intégrés dans les matériaux de la couveuse ou derrière. Les éléments sont focalisés sur le bébé pour fournir une distribution uniforme de la chaleur. Il est difficile de juger visuellement si l'appareil fonctionne, mais s'il fonctionne, vous pouvez sentir la chaleur.

Dans les dispositifs chauffants plus sophistiqués, une thermistance reliée au module de commande, est placée sur le foie de l'enfant, (le plus grand organe interne, le plus proche de la peau, avec un bon flux du sang). La température produite par les éléments de chauffage oscille autour de la valeur de consigne, comme dans un incubateur et avec la température du nourrisson qui change. Dans les pays en développement, ces sondes à thermistance sont souvent perdues, brisées ou oubliées quand l'équipement a été donné. En conséquence, la plupart des unités fonctionnent en mode manuel (puissance constante de chauffage). Ce mode est plus dangereux car le bébé peut être soumis à un chauffage trop important.

Beaucoup de couveuses disposent de lampes d'examen et lumières ultraviolettes (voir le chapitre suivant) intégrées dans les dispositifs chauffant au dessus du bébé. Ces lampes d'examen peuvent aller de simples ampoules à incandescence à des ampoules mini-spot ou halogènes à réflecteur. Les lumières ultraviolettes peuvent aller de tubes fluorescents jusqu'à des lampes à réflecteur dotées de filtres spéciaux qui ne laissent passer que la lumière de bonne longueur d'onde.

2.11.2. Problèmes courants

Il y a très peu de problèmes d'utilisation ou de bloc d'alimentation avec les couveuses, car ce sont généralement des dispositifs simples. Cependant, comme mentionné précédemment, la sonde donne fréquemment des problèmes. La technologie de la sonde est simple; généralement juste une thermistance. Cependant, on a besoin des données du fabricant pour connaître le type et la valeur exacte de la résistance de la thermistance. Si ces données peuvent être obtenues, une sonde de remplacement peut être fabriquée à partir d'une thermistance standard et du connecteur approprié. Cependant, sans les données du fabricant, il peut être impossible de fabriquer la sonde.

Une solution possible de remplacement d'une sonde de thermistance manquante consiste à mettre à sa place une résistance connue, fixe, forçant le dispositif à fonctionner en mode manuel. Un potentiomètre peut être utilisé pour déterminer la valeur de la résistance requise pour forcer le chauffage à se mettre en marche.

Des sondes à thermocouple sont parfois utilisées sur les unités de chauffage, auquel cas une résistance ne pourra pas remplacer la sonde. Une source de tension pourrait cependant fonctionner. Un diviseur de tension peut parfois être créé en utilisant un potentiomètre, une batterie et une résistance fixe, et ajusté jusqu'à ce que le dispositif de chauffage se mette en marche. Comme le chauffage est maintenant en mode manuel, il faut faire attention à ce que la température du bébé soit soigneusement contrôlée.

Les sous-ensembles de chauffage brûlent de temps en temps. Trouver des pièces de remplacement peut être difficile dans les pays en développement. Certains sous-ensembles utilisent des éléments de quartz et d'autres des éléments résistifs. Les deux types sont courants dans les pays en développement, mais trouver un élément au quartz identique est très difficile. Dans certains cas, vous pouvez trouver un spécialiste qui peut adapter ou remplacer les résistances de chauffage

2.11.3. Tests minima suggérés

Si vous avez enlevé le dispositif de mesure de la température, il vous faut faire attention à expliquer le risque de surchauffe du nourrisson au personnel infirmier. Brancher un dispositif alternatif de détection de température avec alarme sur l'unité de chauffage est un excellent choix, si c'est possible.

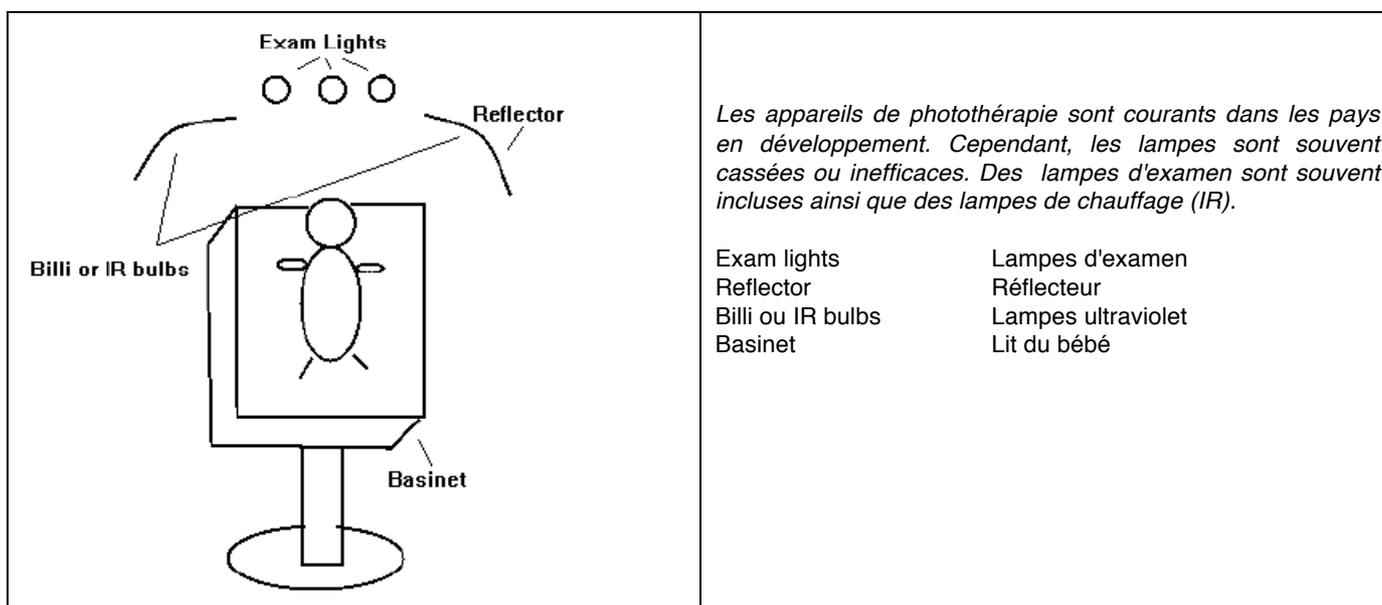
Outre les soucis rencontrés avec le mode manuel, le seul autre test nécessaire est de vérifier la capacité de la couveuse à chauffer. La température sur une couverture, à la place du bébé, doit être uniforme en tout point. Dans la plupart des cas, vous ne pouvez que repérer les zones froides et avertir le personnel. Dans certains cas, vous pouvez ajuster les réflecteurs afin de mieux répartir la chaleur. La température ne devrait pas atteindre 40 degrés Celsius. Toutefois, si vous avez mis l'appareil en mode manuel, il peut dépasser cette valeur. Soyez particulièrement attentif à expliquer au médecin les risques d'utiliser d'un tel dispositif. Dans certains cas, s'il n'y a pas d'autres couveuses, il est probablement préférable de remettre en service la couveuse qui surchauffe plutôt que de ne pas en avoir du tout. Cependant, dans la plupart des cas, si la température dépasse 40 degrés partout sur la couverture ou dans la zone du patient, vous devrez ajuster le système de chauffage pour qu'il fournisse moins de chaleur, ou mettre hors service la couveuse.

2.12. Appareil de photothérapie

2.12.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'accumulation de bilirubine dans le sang d'un nourrisson, causée par des fonctions insuffisantes du foie, peut entraîner des séquelles à long terme à l'enfant. L'accumulation de bilirubine provoque la coloration des patients qui passe du jaune à l'orange au rouge en fonction du niveau de bilirubine. En exposant le patient à une lumière de longueur d'onde comprise entre 425 et 475 nm, la bilirubine est désagrégée, puis finalement excrétée par le corps.

L'appareil de photothérapie est tout simplement une source intense de lumière de la bonne longueur d'onde. Le bébé se trouve sur un petit lit sous les lumières pendant 20 minutes ou plus, selon ce que le médecin prescrit (voir la figure). La lumière est assez forte pour endommager la rétine. Les yeux des patients doivent donc être protégés de la lumière.



2.12.2. Problèmes courants

Le problème le plus fréquent est une ampoule cassée ou absente. Il y a peu d'autres choses qui peuvent poser problème. Il y a de nombreuses sources de lumière de substitution. L'utilisation de tubes de marque *Florissant* ou d'ampoules "*Daylight Blue*" (lumière du jour bleue) est assez fréquente. L'exposition à la lumière *Gro-Lux*, également utilisée par les jardiniers d'intérieur, était la forme la plus courante de traitement. Malheureusement, les tubes *Gro-Lux* se dégradent et doivent être remplacés toutes les 200 heures pour que la lumière reste dans la bonne gamme de longueur d'onde. Le même spectre de lumière est utilisé dans une unité *PUMA* pour traiter certaines maladies de la peau chez les adultes. Les ampoules des lits de bronzage sont aussi dans la gamme de longueur d'onde correcte.

2.12.3. Tests minima suggérés

Si la lumière s'allume et reste dans la gamme de longueur d'onde correcte, l'appareil peut être utilisé. Pour vérifier que la lumière est dans la plage correcte, vous avez besoin d'un luxmètre et un filtre. Un posemètre de photographe peut être utilisé si le filtre approprié est disponible. Si vous avez du temps, vous pouvez vérifier la source de lumière en laissant votre bras exposé à la lumière pendant 30 minutes. Le lendemain, cette partie de votre peau devrait être bronzée, mais pas brûlée.

Si vous avez remplacé l'ampoule, ou avez fabriqué un appareil de photothérapie avec les ampoules que vous avez acheté (*Gro-lux* ou lampes de lit de bronzage, par exemple), vous devez être sûr que les lumières ne sont pas trop

intenses pour le patient. Encore une fois le test idéal est une mesure de la lumière avec un filtre approprié. Cependant, vous pouvez utiliser le test de bronzage du bras mentionné ci-dessus. Commencez par 5 minutes pour être sûr que vous n'allez pas vous brûler. Testez avec des intervalles de plus en plus longs jusqu'à ce que vous puissiez supporter 30 minutes et bien bronzer sans brûler, Expliquez vos tests au personnel afin qu'ils sache que l'appareil est sécuritaire pour un maximum de 30 minutes, et que vous ne l'avez pas testé pour des expositions plus longues.

Si l'appareil fonctionne et si vous avez un luxmètre, vous pouvez également vérifier que l'intensité est à peu près égale sur toute la surface du patient.

2.13. Moniteur d'apnée ou Fréquencemètre respiratoire

2.13.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'apnée est définie comme l'arrêt du flux d'air respiratoire. L'air peut s'être arrêté de circuler parce que le patient a cessé de respirer (apnée centrale ou diaphragmatique) ou parce que les voies respiratoires sont bloquées (apnée obstructive). Les deux types d'apnée sont traités cliniquement de manière très différente. L'apnée obstructive est généralement causée par étouffement dû à de la nourriture ou un autre objet. Des épisodes d'apnée centrale peuvent être assez fréquents chez les enfants; ils disparaissent souvent lorsque l'enfant grandit. Toutefois, dans les cas graves, les nouveau-nés et les bébés peuvent être placés sous moniteur d'apnée jusqu'à un an. Lorsque le syndrome de mort subite du nourrisson (SMSN) est à craindre, le médecin peut prescrire une surveillance continue de l'apnée.

Un moniteur d'apnée est un dispositif utilisé pour surveiller le rythme respiratoire d'un patient et souvent l'activité cardiaque et la saturation en oxygène. La plupart des moniteurs vont tenter de distinguer l'apnée centrale de l'apnée obstructive, et déclencher une alarme sonore si l'apnée est prolongée. La plupart des moniteurs fonctionnent à la fois sur batterie ou circuit électrique.



Ce moniteur d'apnée autonome serait peu fréquent dans les pays en développement. La plupart des moniteurs d'apnée sont des fréquencemètres de respiration intégrés dans un moniteur de signes vitaux.

Impédance électrique transthoracique

Le type le plus populaire de moniteur d'apnée est basé sur l'impédance électrique transthoracique. Pour utiliser ce dispositif, des électrodes sont placées dans le cinquième espace intercostal sur chaque côté du nouveau-né. Un signal à 55 kHz de 2 ou 3 mV est injecté dans les électrodes pour mesurer l'impédance de la poitrine. Comme la poitrine se dilate pendant l'inspiration, l'impédance augmente. Pendant l'expiration, l'impédance diminue. Les électrodes d'impédance sont utilisées pour surveiller en même temps l'ECG.

Il est possible que le moniteur détecte un faux positif (présence de respiration quand il n'y a en pas) car il peut être trompé par le mouvement des muscles. De faux négatifs peuvent se produire si le mouvement de la poitrine est peu important ou en présence de parasites électriques très importants. Malgré sa popularité, ce moniteur n'est pas efficace pour distinguer entre l'apnée obstructive et l'apnée centrale.

Capteur abdominal pneumatique

Contrairement au moniteur d'apnée transthoracique, le moniteur abdominal mesure le mouvement de l'abdomen. Cependant l'impédance de l'abdomen n'a pas tendance à changer, comme la cavité n'est pas remplie d'air. En conséquence, le capteur abdominal fonctionne en détectant l'augmentation de circonférence de l'abdomen, habituellement avec un transducteur linéaire à déplacement variable (TLDV) ou un autre capteur de déplacement.

Thermistances et capteurs de pression

Ni le moniteur d'apnée thoracique ni celui d'apnée abdominale peuvent distinguer l'apnée centrale et l'apnée obstructive. Actuellement, seule la thermistance et les moniteurs d'apnée par détection de la pression des voies aériennes proximales peuvent faire cette distinction. Aucun d'eux ne devrait être trouvé dans les pays en développement. Un moniteur à thermistance mesure la température de l'air entrant ou sortant les narines. Un capteur de pression des voies aériennes proximales mesure la variation de pression au niveau de la bouche et du nez.

2.13.2. Problèmes courants

La source la plus fréquente d'erreur est causée par les fausses alarmes. Le pire des cas est une absence d'alarme pendant une apnée quand le moniteur détecte un artéfact et l'interprète comme de la respiration (faux négatif). Des artéfacts peuvent être causés par des vibrations de l'équipement, une interférence avec l'ECG, et par les mouvements du patient. Les moniteurs d'impédance électrique sont les plus sujets à ce type d'erreur.

Un faux positif (lorsque l'alarme sonne inutilement) est souvent causé par un mouvement du nourrisson qui desserre une électrode ou un capteur. Un faux positif peut aussi déclencher une alarme quand l'enfant respire normalement, mais trop faiblement pour que le moniteur le détecte.

Pour toutes les fausses alarmes, pensez en tout premier à une erreur d'utilisation. Les seuils d'alarme peuvent être inadaptés et peuvent demander d'être changés quand le patient grandit. Ne jamais changer une limite sans consulter le médecin.

Les autres sources de fausses alarmes, moins fréquentes,, sont dues aux électrodes. Elles peuvent ne pas être placées correctement (sur la poitrine). Le capteur se trouve dans une ceinture et la ceinture peut ne pas être assez serrée. Demandez à une infirmière de vous aider à serrer la ceinture, car une ceinture trop serrée peut entraîner des complications.

Si les électrodes sont placées correctement, elles peuvent être sales ou vieilles. Essayez de les nettoyer avec de l'alcool isopropylique, puis à l'eau. Les ceintures à électrodes peuvent être nettoyées avec de l'eau douce et du savon. Faites attention à rincer tous les résidus de savon et à faire sécher la ceinture avant de la mettre sur la peau du patient. Vérifiez aussi si la peau est sale. L'enfant peut avoir de la lotion ou de la poudre sur la peau au niveau des électrodes. Vous pouvez nettoyer la peau de l'enfant avec de l'eau et du savon. Dans certains cas, la pâte d'électrode peut être utilisée pour améliorer les mesures.

2.13.3. Tests minima suggérés

Les moniteurs d'apnée peuvent être facilement testés sur vous. Retenez votre souffle pour déclencher une alarme. Si l'alarme ne retentit pas lorsque vous respirez normalement et se déclenche lorsque vous retenez votre souffle, le moniteur d'apnée est prêt à être retourné dans le service. Si la machine est un fréquencemètre respiratoire, vérifiez que la fréquence correspond à ce que vous mesurez lorsque vous comptez vos respirations avec une montre. Si le moniteur d'apnée dispose de l'ECG, n'oubliez pas de comparer votre rythme cardiaque à celui mesuré par l'appareil. Ces rythmes devraient être très proches (à moins de 5 battements près par minute).

2.14. Bistouris électriques

2.14.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'électrochirurgie est une approche alternative pour inciser un patient. Elle est principalement utilisée comme une alternative au scalpel. Elle peut couper comme un scalpel, mais peut aussi coaguler le sang dans les petits vaisseaux de sorte que le champ opératoire reste sec, c'est à dire que du sang n'y coule pas. L'électrochirurgie permet aux chirurgiens de travailler plus rapidement car ils n'ont pas à clamper tous les vaisseaux qu'ils coupent. Le patient récupère mieux car il perd moins de sang et la guérison est plus rapide.



Les appareils d'électrochirurgie (bistouris électriques) existent en plusieurs tailles et formes. Le panneau avant de cet appareil est typique de beaucoup de machines plus modernes.

L'électrochirurgie est obtenue en convertissant un courant électrique à haute fréquence en chaleur provoquée par la résistance du tissu au passage du courant. Comme le courant doit passer à travers le corps, au moins deux connexions électriques doivent être établies entre le patient et l'appareil. La puissance nécessaire peut aller jusqu'à 400 watts. Si la forme d'onde est amortie, le sang coagule et arrête le saignement (réglage de coagulation). Si le signal ne l'est pas, il y a ablation du tissu ce qui laisse un vide ou coupure ou incision (réglage de coupe). Toutes les procédures d'électrochirurgie produisent une odeur de chair brûlée et de la fumée.

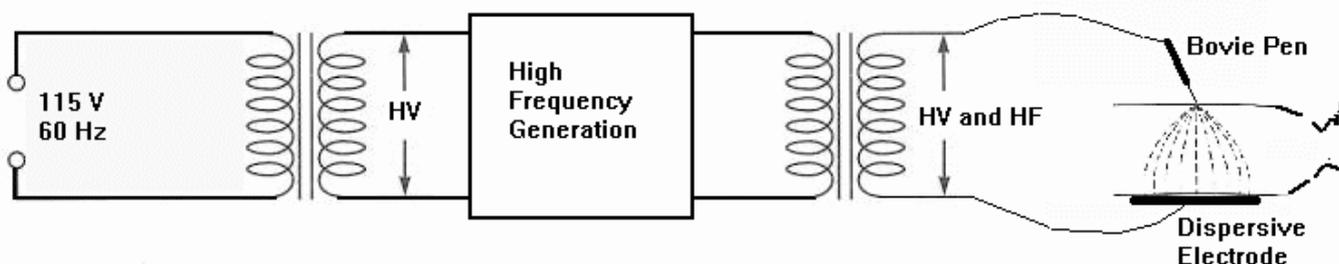
Quatre techniques courantes existent en électrochirurgie: l'électrodessiccation, l'électrofulguration, l'électrosection et l'électrocoagulation. Pour obtenir de l'électrodessiccation, une forme d'onde fortement ou modérément amortie est fournie au point de contact avec l'électrode active, la boule, l'aiguille ou la lame qui est placée sur le tissu avant la mise sous tension ce qui produit la coagulation du site. Pour obtenir de l'électrofulguration, la même forme d'onde est utilisée, mais l'électrode active est maintenue de 1 à 2 mm au-dessus du tissu et, quand l'énergie est appliquée, des étincelles se produisent dans toute la zone qui se dessèche et laisse quelques brûlures sur les bords. Pour produire de l'électrosection, une forme d'onde modulée non amortie ou légèrement amortie est appliquée sur l'électrode active, qui est placée sur la surface du tissu créant une incision. Pour l'électrocoagulation, une onde sinusoïdale amortie est appliquée au patient ce qui arrête le saignement sans faire de coupe supplémentaire.

Toutes les techniques d'électrochirurgie demandent deux connexions au patient, généralement nommées électrode active (ou un pièce à main) et électrode de référence (ou de dispersion ou de masse). En technique monopolaire, l'électrode de référence est placée sous le patient et l'électrode active est tenue dans la main du chirurgien.

Pour la technique bipolaire d'électrochirurgie, l'électrode de référence et l'électrode active sont toutes deux tenues par le chirurgien dans une pièce à main. La technique bipolaire est la plus couramment utilisée pour les petits vaisseaux et la destruction précise de tissus. Elle peut ne pas être disponible sur tous les générateurs (bistouris) d'électrochirurgie. Si elle est disponible sur le même appareil que la monopolaire, il y a des connexions distinctes et possiblement des commandes séparées.

La mise en marche du bistouri est faite par le chirurgien avec l'aide d'un interrupteur sur la pièce à main ou en appuyant sur une pédale. Tous les deux ont deux contacts, un marqué COUPE (CUT) pour l'électrosection et l'autre COAG pour l'électrodessiccation ou l'électrofulguration.

Le générateur du bistouri lui-même est souvent appelé un *Bovie* (nom de marque américaine). C'est habituellement un ensemble à état solide qui peut produire un courant de fréquence de 300 à 3000 kilo Hertz. La plupart des appareils fournissent de 25 à 200 Watts. Le bistouri transforme le 60 ou 50 Hz du réseau électrique en nombre d'impulsions plus courtes qui alimentent un transformateur pour générer la haute tension nécessaire (voir figure).



La plupart des machines électrochirurgie utilisent un processus en deux étapes pour modifier la puissance du réseau électrique en haute tension (HT), puis en haute fréquence et haute tension (HT et HF). Beaucoup la convertissent en haute fréquence, puis en haute tension. La pièce à main (Bovie Pen) est tenue sur le patient par le médecin. Dans les machines modernes d'électrochirurgie, l'électrode de dispersion (Dispersive Electrode; électrode de référence; électrode patient) doit toucher le patient pour éviter le déclenchement d'une alarme.

L'électrode dispersive (ou de référence ou patient) peut être une plaque métallique couverte d'un gel conducteur ou de tissus imbibés de solution saline. Cependant, nombreux sont ceux qui utilisent maintenant des électrodes patient à usage unique. Ces électrodes à usage unique sont souvent pré-gélifiées, dotées de pastilles adhésives conductrices qui disposent de plusieurs connexions au générateur. Les connexions multiples sont utilisées par l'appareil pour vérifier en permanence qu'il y a un bon contact entre le patient et l'électrode dispersive. Un mauvais contact avec l'électrode dispersive est la cause la plus fréquente de brûlures involontaires de patients.

Des étincelles se produisent fréquemment pendant l'utilisation de l'électrochirurgie. Lorsque de l'oxygène est administré au patient, celui-ci peut fuir et créer une atmosphère rapidement inflammable. Les champs couvrant les patients doivent retarder le feu mais ils brûleront si les conditions sont favorables. Une attention particulière est nécessaire lors d'une intervention du cou ou de la bouche pour éviter un embrasement éclair.

2.14.2. Problèmes courants

Un certain nombre de problèmes peuvent survenir en utilisant un bistouri électrique. Bien que la majorité de ces accidents ne soient pas dus à l'instrumentation, mais causés par de la négligence et une très mauvaise communication entre intervenants, le matériel peut être défectueux à l'occasion.

Les problèmes évitables les plus courants sont dus à l'électrode patient. Le premier problème est un mauvais contact de l'électrode avec le patient. Cette électrode doit toujours être placée sur une zone du corps bien irriguée par la circulation sanguine et sur laquelle ne repose pas trop le poids du patient. Le côté de la cuisse est un endroit très utilisé; le dessous des fesses n'est pas un bon endroit à cause du poids qui repose dessus.

Le second problème est l'absence de contact avec l'électrode patient. Dans les modèles anciens, l'absence de contact ne peut pas être détectée par le générateur lui-même. Il peut en résulter des brûlures du patient là où le courant trouve un chemin alternatif jusqu'à la masse. Dans les appareils plus récents, le générateur est relié par deux connexions à l'électrode patient. Lorsqu'elle est reliée au patient, un petit courant circule entre les deux moitiés de l'électrode. Lorsqu'elles ne sont pas correctement reliées au patient, le courant ne passe pas et une alarme retentit. Assurez-vous que les deux moitiés de l'électrode sont en contact avec le patient ou la surface de test.

Si l'extrémité de la pièce à main est sale, le courant passe difficilement ou pas du tout dans le patient. Les pièces à main ne sont pas destinées à être réutilisées. Cependant, elles le sont souvent dans les pays en développement. En plus des problèmes de pointes sales, les câbles se coupent avec un usage répété. Ce sont de simples fils qui peuvent être soudés lors des réparations. Si le fil est cassé dans la pièce à main, celle-ci peut être démontée, les fils reconnectés et la pointe collés ensemble.

Si le médecin souhaite une extrémité différente pour un bistouri monopolaire, il suffit de connecter n'importe quel bout de métal à l'extrémité existante. S'assurer que la connexion jusqu'à l'extrémité de la pièce à main est électriquement et mécaniquement sûre.

La réutilisation des pièces à main à usage unique fait que les fils sont fréquemment cassés. Il n'y a rien de spécial à propos de ces fils. Les pièces à main peuvent être recâblées en utilisant des techniques standard.

2.14.3. Tests minima suggérés

Un bistouri électrique peut être vérifié, calibré facilement et efficacement avec un testeur de bistouri. Cependant, un tel testeur n'est pas souvent disponible dans les pays en développement.

Vous ne pouvez pas tester l'appareil en effectuant l'opération sur une résistance dans la plupart des cas. Bien que 400 ohms pourraient marcher, seule une résistance de grande puissance survivrait à la procédure. Ces grandes résistances de puissance ne sont généralement pas disponibles dans les pays en développement. Dans la plupart des cas, une barre de savon ou un morceau frais d'agrumes (comme une orange) peuvent être utilisés pour faire votre test initial. Assurez-vous que les deux côtés de l'électrode patient sont en contact pour ne pas déclencher une alarme.

Dans de nombreux cas, vous aurez besoin d'un test final sur de la viande. Un test final raisonnable consiste à couper un morceau saignant de poulet, de porc ou de bœuf. Assurez-vous que l'électrode patient est en contact avec la viande avant le test. Les deux parties de l'électrode neutre doivent toucher la viande pour ne pas déclencher une alarme! Il est préférable de procéder à l'examen final en présence du médecin. De cette façon, non seulement vous pouvez vous assurer que l'appareil est un minimum fonctionnel, mais aussi vous assurer qu'il fonctionne de manière satisfaisante pour le médecin.

Pour les appareils plus modernes, s'assurer que l'alarme de l'électrode patient fonctionne en éloignant la moitié de l'électrode de la viande, ou en débranchant l'électrode du bistouri.

2.15. Aspirateur de mucosités (pompe d'aspiration)

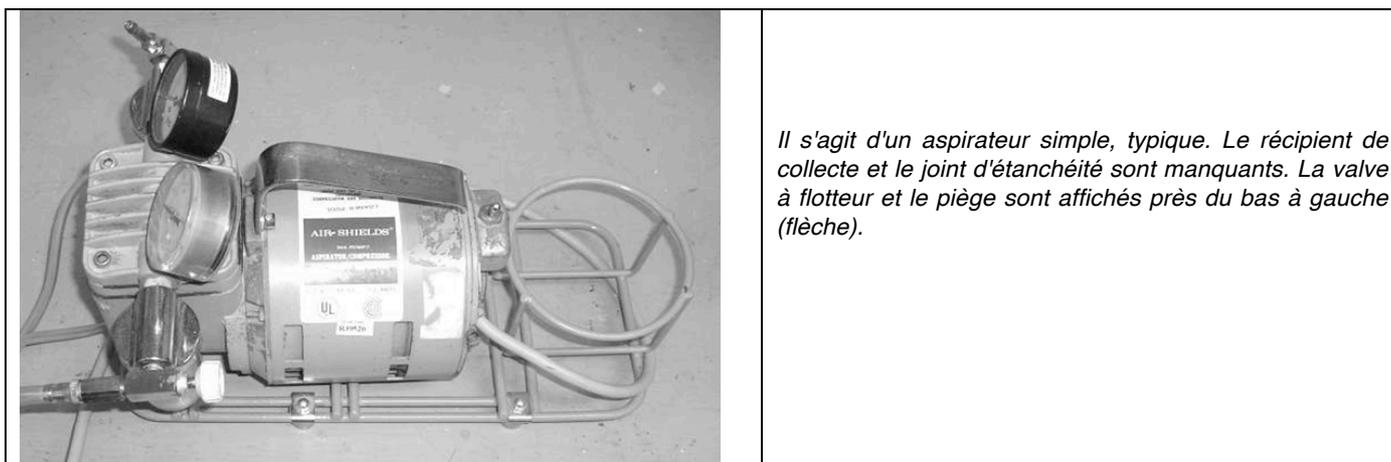
2.15.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Une pompe d'aspiration peut avoir des centaines d'utilisations dans le cadre médical qui concernent l'élimination de liquides et de substances de l'organisme. Ces aspirateurs médico-chirurgicaux peuvent être utilisés pour éliminer les toxines ingérées (pompe à vidange gastrique), les graisses indésirables (liposuccion), les sécrétions muqueuses de l'œsophage, le sang du champ opératoire, et de nombreuses autres applications.

L'aspiration applique une pression négative, qui est toute pression inférieure à la pression atmosphérique (760 mm de Hg, 100 kPa ou 14,7 psi), pour mettre en circulation des fluides ou des substances. L'aspiration créée par la machine est mesurée en unité de pression. Les unités usuelles de pression sont des millimètres de mercure (mm Hg) ou pascals (Pa ou kPa), pouces ou centimètres d'eau (inH₂O), ou en livres par pouce carré (psi). La conversion entre ces unités est :

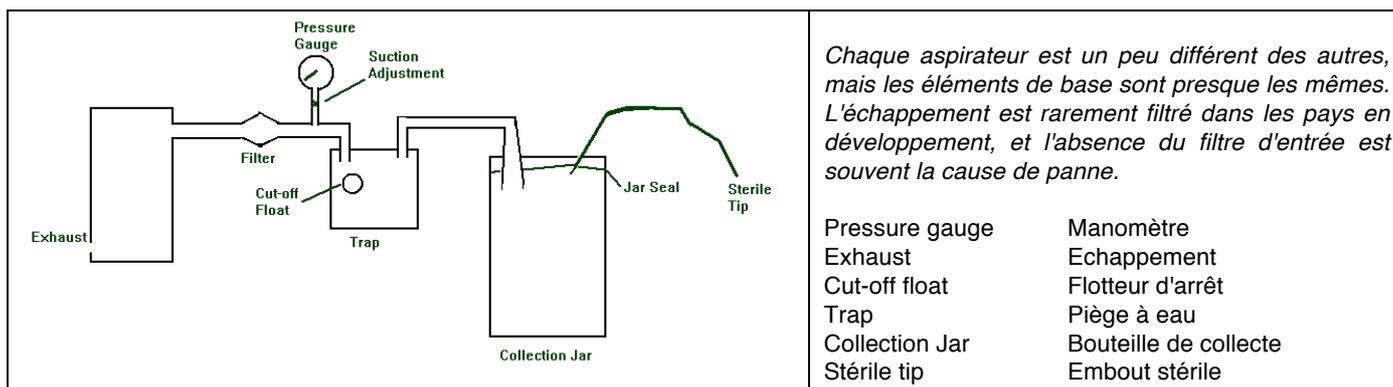
$$1 \text{ mmHg} = 0,133 \text{ kPa} = 1,36 \text{ cm H}_2\text{O} = 0,535 \text{ in H}_2\text{O} = 0,193 \text{ psi}$$

Les principaux éléments d'un aspirateur sont la source d'aspiration, la tubulure, le récipient ou la bouteille de collecte et le cas échéant, un manomètre pour mesurer l'intensité de l'aspiration. Il y a deux types de source d'aspiration que l'on trouve le plus fréquemment dans les pays en développement: les pompes électriques et les pompes à commande au pied. Un aspirateur électrique est souvent appelé un "Gomco" d'après l'une des marques les plus populaires. On trouve à l'occasion une machine d'aspiration à énergie thermique.



Quelle que soit la source d'aspiration, le vide traverse une bouteille de collecte. Un piège à eau peut également être présent pour empêcher le liquide de pénétrer dans la source de vide.

L'aspirateur le plus courant utilise un moteur électrique qui entraîne un seul piston. Lorsque le piston redescend, il génère un vide qui ouvre l'une des deux soupapes unidirectionnelles, souvent des soupapes flexibles, généralement à la partie supérieure du piston. Lorsque le piston se déplace vers le haut l'air est poussé hors de la chambre du piston au niveau de la deuxième vanne.



C'est un travail au pied qui actionne le piston d'un aspirateur à pédale. L'ensemble de soupapes est identique. Lors de la course de retour du piston, lorsque le pied est enlevé de la partie supérieure de la pédale, le piston revient à sa valeur d'origine, par l'intermédiaire d'un ressort, et l'aspiration est créée dans une série de valves qui dirigent les flux du fluide et de l'air.

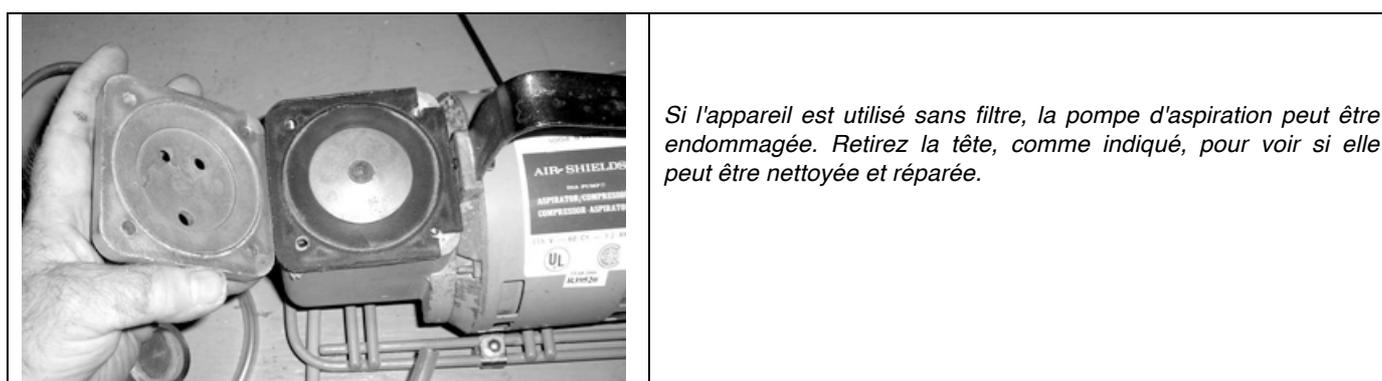
Dans tous les cas, l'intensité de l'aspiration peut être soit totalement réglable ou avoir 3 positions (basse, moyenne et élevée). Une aspiration élevée est utilisée pour les voies respiratoires et l'aspiration gastrique. L'intensité moyenne l'est pour les aspirations pulmonaires et l'intensité basse est utilisée pour l'aspiration des plaies.

Les appareils thermiques sont parfois appelés appareils thermo-ioniques. Ils fonctionnent sur le principe de la circulation de l'air créée par un chauffage suivi d'un refroidissement. Une bobine dans l'appareil chauffe pendant environ 45 secondes, puis le courant est arrêté et la bobine se refroidit rapidement. Ce refroidissement crée un flux d'air qui aspire le fluide de la plaie.

2.15.2. Problèmes courants

Les problèmes les plus courants avec les aspirateurs médico-chirurgicaux sont les tubulures bouchées, les fuites et le moteur.

Le matériau recueilli dans la bouteille de collecte peut pénétrer dans l'aspirateur. Ce qui peut être très dommageable pour l'appareil, l'endommageant peut-être de manière permanente. Pour l'éviter, les appareils doivent être munis d'une sorte de filtre ou de soupape en sortie de bouteille. Cependant, ces filtres et soupapes peuvent se boucher ce qui crée d'autres problèmes.



Un flotteur d'arrêt est parfois présent pour arrêter l'aspiration avant que la bouteille de prélèvement ne déborde dans le moteur. Ce flotteur doit être du côté de la pompe, et non pas de celui du patient, dans la bouteille de collecte. Si une configuration à multiples récipients est utilisée, seul le dernier récipient avant l'aspirateur doit avoir cette vanne à flotteur. Les flotteurs des autres récipients, plus proches du patient, seront enlevés. Parfois, quelqu'un dans la salle d'opération va aussi supprimer le flotteur d'arrêt du dernier récipient d'aspiration. Si le liquide entre dans l'aspirateur, celui-ci devra être complètement démonté, nettoyé, puis remonté.

Sur certaines machines *Gomco*, des filtres bactériens sont utilisés en entrée ou en sortie de l'appareil. Ceux-ci doivent être remplacés après chaque patient, mais ils ne sont pas dans les pays en développement. Si l'appareil est utilisé sans filtre, il devra éventuellement être réparé. Cela peut être toutefois une solution à court terme. Pour une solution à plus long terme, le filtre peut être remplacé par n'importe quel filtre de 3 microns. Les tuyaux cannelés et filtres en PTFE pour ces tuyaux peuvent souvent être achetés pour moins de 1 \$ US chacun. Des connecteurs à tuyaux cannelés (pour adapter la connexion NIPT du *Gomco* sur un tuyau cannelé) sont disponibles pour permettre l'utilisation de ces tubulures et filtres.

Les fuites d'air sont probablement les problèmes les plus fréquents. Une fuite provoque une baisse ou un arrêt du débit et de la pression. Le premier endroit où rechercher des fuites d'air est sur le couvercle de la bouteille de collecte, en particulier sur des canisters jetables. La tubulure peut être remplacée par n'importe quelle tubulure compatible. Si la fuite se trouve près d'une extrémité, la tubulure peut être coupée et utilisée avec ce tube raccourci. Pour trouver la fuite, frotter la partie supérieure du récipient avec de l'eau savonneuse tout en soufflant dans la tubulure déconnectée (fermer l'extrémité distale). Des bulles se formeront là où il y a une fuite.

La bouteille de collecte est souvent cassée. Ce n'est pas une bouteille spéciale. Toute bouteille en verre ou en plastique rigide peut être utilisée comme remplacement. Elle doit être étanche à l'air et avoir deux connexions de la bonne dimension pour s'adapter au reste du dispositif de collecte. L'étanchéité entre la bouteille de collecte et de son couvercle peut être améliorée avec une petite quantité de graisse, ou remplacée par du caoutchouc, ou même du cuir, coupé à la taille et à la forme appropriées.

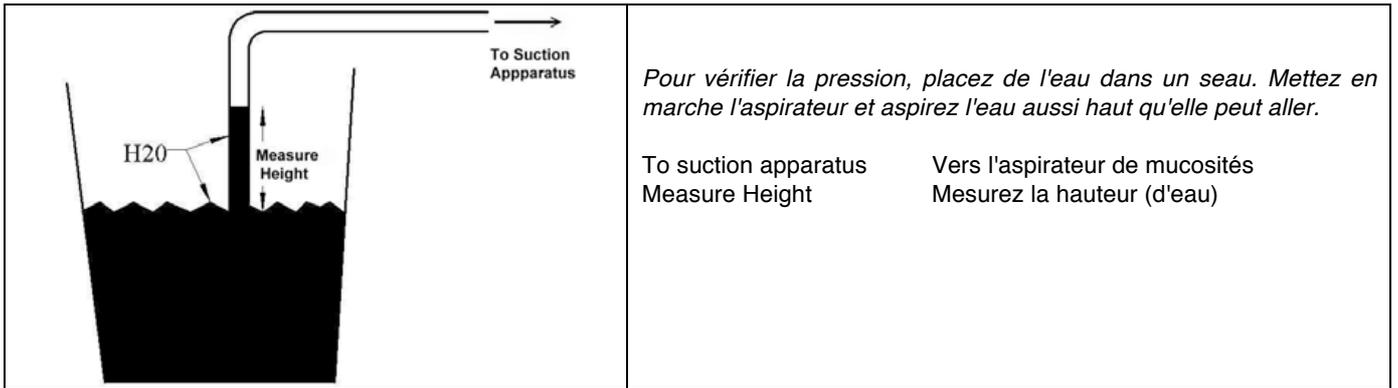
Le bruit des aspirateurs électriques provoque souvent des plaintes. Essayez de placer un patin sous l'appareil afin de réduire le bruit dû aux vibrations de l'aspirateur sur son support.

Les pistons sont généralement entraînés par un moteur à induction. C'est le type de moteur le plus facile à utiliser, le plus rentable pour entraîner un dispositif médical. Il n'y a pas d'engrenages ou de chaînes. Consultez la section sur la centrifugeuse (plus loin dans ce livre) pour plus d'informations sur la réparation et les tests d'un moteur électrique.

2.15.3. Tests minima suggérés

La pompe est reliée au piston par l'intermédiaire d'un roulement à billes. Pour nettoyer des roulements sans les démonter, versez de l'huile légère chaude à 180-200 ° F (80-90° C) à travers le boîtier tandis que le moteur tourne lentement. Des huiles légères pour transformateurs, des huiles à broche ou de rinçage pour l'automobile sont adaptées pour nettoyer les roulements, mais les huiles plus lourdes que les huiles automobiles légères, telle la SAE 10, ne sont pas aussi efficaces. Pour lubrifier les pompes, nettoyez d'abord complètement le graisseur et l'extérieur du boîtier du roulement. Ensuite, enlevez le bouchon de vidange et injectez de la graisse nouvelle, propre pour faire sortir la graisse ancienne. Démarrez la pompe et faites-la tourner pendant un petit moment pour enlever tout excès de graisse, qui devrait ensuite être enlevée, puis replacez le bouchon de vidange.

La plupart des aspirateurs ne peuvent pas être étalonnés. Cependant, la précision du manomètre peut être contrôlée tout comme la capacité de l'aspirateur à produire un vide dans la plage souhaitée. Pour vérifier la pression, placez de l'eau dans un seau. Placez l'aspirateur aussi haut que possible au dessus de l'eau, généralement entre 90 et 150 cm et aspirez l'eau. Notez la hauteur en millimètres de la colonne d'eau et calculez la pression réelle en mmHg (avec l'équation : hauteur d'eau (en mm) / 13.55 (mmH₂O/mmHg)). Celle-ci peut être comparée à la pression indiquée par le manomètre et aux besoins des médecins pour l'utilisation envisagée.



Pour vérifier la pression, placez de l'eau dans un seau. Mettez en marche l'aspirateur et aspirez l'eau aussi haut qu'elle peut aller.

To suction apparatus
Measure Height

Vers l'aspirateur de mucosités
Mesurez la hauteur (d'eau)

Comme l'ensemble de collecte (tubulures et embouts d'aspiration) est souvent réutilisé dans les pays en développement, il se bouche souvent et peut fuir. Avant de remettre en service un aspirateur, si vous pensez que l'ensemble de collecte sera réutilisé, essayez d'effectuer vos vérifications de l'équipement avec cet ensemble en particulier.

Les filtres se bouchent souvent, et ne sont pas souvent remplacés parce que le bon filtre requiert une extrémité mâle fileté NIPT sur certains modèles. Cependant, avec un adaptateur NIPT-tuyau cannelé, vous pouvez utiliser les filtres les moins chers qui ont tuyau cannelé aux deux extrémités.

2.16. Scialytiques et autres éclairages

2.16.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Tous les éclairages dans l'hôpital fonctionnent sur les mêmes principes. Cependant, la salle d'opération a la plus grande variété d'éclairages.

Les salles d'opération dans les pays en développement ont plusieurs éclairages différents. Le premier est l'éclairage général de la pièce qui se trouve au plafond. Il est utilisé lors de la mise en place des salles, leur nettoyage et comme éclairage pour le personnel qui ne travaille pas dans la zone stérile.

La deuxième source de lumière est constituée des éclairages plafonniers, les scialytiques. Ceux-ci peuvent être de grands réflecteurs avec une ou plusieurs ampoules à l'intérieur, montés sur un bras contre-balancé qui peut être positionné sur le site de l'opération. Ces unités ont une poignée stérile pour positionner la zone éclairée, une zone souvent changée pendant l'opération. La plupart des problèmes de ces lumières sont mécaniques : elles ne restent pas dans la position choisie et les contrepoids doivent être ajustés. Un problème secondaire est qu'une ou plusieurs ampoules peuvent claquer, donnant des zones moins éclairées sur le champ opératoire. Ces éclairages ont des boîtiers de contrôle intégrés ou dans le mur avec un variateur d'intensité et le contrôle de l'allumage. Ce boîtier de commande contient généralement un panneau de contrôle SCR (Signal Conditioning Reference), ou transformateur qui alimente les lumières à une tension inférieure à 115 volts (ou 220 volts).



Une salle d'opération typique en Afrique montrant les deux principales sources d'éclairage: l'éclairage plafonnier (scialytique) et la fenêtre. Contre le mur du fond se trouve un négatoscope pour voir les films radiologiques

Dans certaines salles il peut y avoir un éclairage opératoire mobile. C'est un éclairage avec de grands réflecteurs qui vont de salle en salle. Ils se branchent simplement à une prise de 115 ou 220 volts et sont positionnés selon les besoins des chirurgiens.

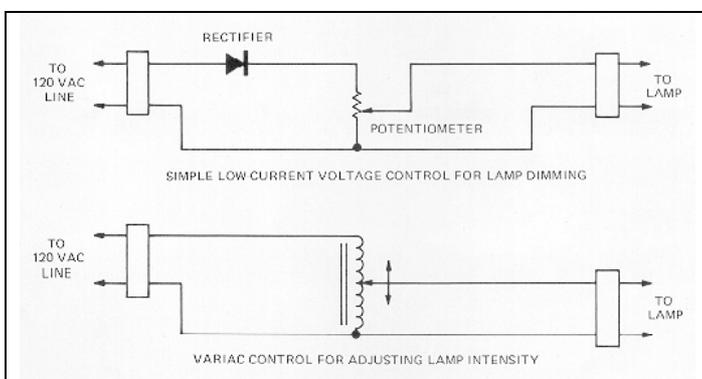
Le troisième type de source de lumière est la lumière frontale que porte le chirurgien. Il s'agit d'une lentille qui focalise la lumière provenant d'une source éloignée, transmise par fibre optique. Cet éclairage peut avoir une multitude d'ampoules qui peuvent être allumées par l'intermédiaire d'un bouton sur le dessus de l'éclairage, ou en déplaçant le câble à fibre optique d'un côté à l'autre. Ces éclairages sont souvent la propriété personnelle du chirurgien.

Certains éclairages utilisent des systèmes froids qui filtrent les longueurs d'onde infrarouges de la lumière. Les différents miroirs et les surfaces réfléchissantes à l'intérieur du scialytique vont permettre le transfert d'un maximum de lumière vers le champ opératoire. Les éclairages peuvent avoir un revêtement plastique et un bouclier thermique sur le boîtier externe pour ne pas brûler la main lors d'un positionnement du champ lumineux.



Une lampe frontale de chirurgien

La distance entre le bord inférieur du scialytique et la table d'opération doit être d'environ d'un mètre. Le positionnement initial se fait en utilisant un rail sur le boîtier du scialytique. Le chirurgien a la possibilité de positionner à la main la lumière à l'aide de la poignée centrale, pourvue d'un manchon stérilisé changeable.



Les vieux scialytiques utilisaient des circuits simples, tels que ceux représentés ici pour faire varier l'intensité de la lumière. Des circuits similaires sont utilisés pour le 220 volts.

La plupart des scialytiques utilisent directement le courant d'une prise électrique, avec un interrupteur. Cependant, quelques lumières peuvent disposer de gradateurs. Les gradateurs anciens trouvés dans les pays en développement utilisent souvent un redresseur ou d'un transformateur variable (variac) faisant varier progressivement la tension appliquée à la lampe, et donc l'intensité de la lumière produite. Certains variateurs utilisent une électronique à état solide (SCR). Ceux-ci sont peu courants dans les pays en développement et sont généralement impossibles à réparer.

Quelques éclairages de salle d'opération utilisent des tubes fluorescents. Les tubes fluorescents fonctionnent généralement avec un transformateur et utilisent un circuit de démarrage (parfois appelé ballast). Dans certains cas, le tube est chauffé avant que le circuit de démarrage soit activé. La chaleur provoque à la fois une variation de la pression interne dans le tube et une augmentation du courant entre ses électrodes. Un pic de haute-tension (25 000 V) généré par le ballast établit un arc dans l'atmosphère entre les électrodes du tube. Après le pic de tension initial, le tube fonctionne à basse température avec un courant de faible intensité,

2.16.2. Problèmes courants

Prenez des précautions particulières pour travailler sur des éclairages médicaux. Les éclairages de forte intensité peuvent causer la cécité si vous regardez directement la lumière. Pour la même raison, l'éclairage ne doit pas être utilisé si la surface en verre ou le filtre est endommagé ou détruit. Vos yeux doivent être à plus de soixante centimètres de la source lumineuse lorsque vous travaillez sur un scialytique.

Les ampoules peuvent être au xénon, au quartz-halogène, à vapeur de mercure ou halogénure métallique. Ces types d'ampoules ne sont pas interchangeables en raison de la tension qui alimente la lampe, du connecteur de l'ampoule et de la chaleur produite par l'ampoule. Les ampoules ont une espérance de vie d'environ 250 heures et leur remplacement doit être surveillé. Lors du remplacement des ampoules, il faut faire attention à ne pas toucher leur partie réfléchissante car cela peut modifier la luminosité du champ opératoire. Aussi, évitez de toucher l'ampoule elle-même. Vos empreintes digitales peuvent provoquer un échauffement excessif du verre, réduisant

considérablement la durée de vie de l'ampoule. Si vous avez touché le verre de l'ampoule, nettoyez vos empreintes digitales avec de l'alcool.

Il peut être très difficile de trouver des ampoules de remplacement dans les pays en développement et impossible d'envoyer des ampoules de remplacement dans les environs. Alors qu'il est possible de câbler une douille pour une ampoule de remplacement plus facilement disponible, l'ingénieur doit être sûr de prendre en compte sa taille, sa tension, sa température et ses matériaux. Il peut être plus prudent d'utiliser une ampoule et une douille facilement disponibles pour concevoir un tout nouvel éclairage.

2.16.3. Tests minima suggérés

Il n'y a pas d'étalonnage nécessaire pour l'éclairage des salles d'opération. Si l'éclairage s'allume, que l'intensité peut être modifiée (s'il est équipé pour cela) et reste en place après positionnement, il est prêt à être utilisé.

2.17. Les appareils d'anesthésie

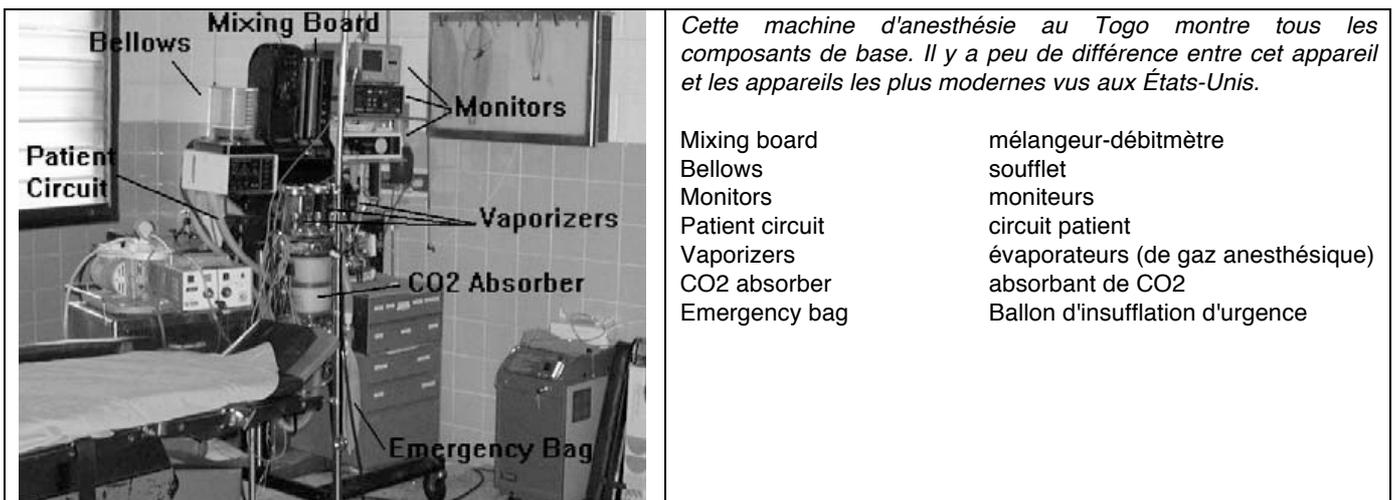
2.17.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'anesthésie est définie comme la perte de sensibilité ou de sensation. Une certaine forme d'anesthésie est utilisée durant la plupart des interventions chirurgicales. On rencontre au moins quatre types différents d'anesthésie dans les pays en développement.

L'anesthésie générale est un état d'inconscience, avec une absence de sensation de douleur dans tout le corps, produit par les agents anesthésiques, souvent avec des relaxants musculaires. L'anesthésie générale est administrée par inhalation, par voie intraveineuse, par voie intramusculaire, par voie rectale ou par l'estomac. L'anesthésie locale est la procédure par laquelle une zone spécifique est "engourdie" comme dans un cabinet de dentiste. Le patient est éveillé et peut ressentir une douleur limitée. Une anesthésie péridurale garde le patient conscient et anesthésie la zone du corps qui toucherait une selle. Elle est réalisée couramment lors d'un accouchement en injectant un agent anesthésique dans le bas du sac dural. L'anesthésie du rachis est faite lorsqu'un agent anesthésique est injecté sous la membrane de la moelle épinière. Le patient n'a pas de sensation en-dessous de ce point jusqu'à ce que l'effet de l'agent anesthésique se dissipe.

Appareil d'anesthésie générale, inhalation

L'appareil d'anesthésie, parfois appelé machine de Boyle aux USA, mélange des concentrations déterminées de gaz et de médicaments que le patient inhale. Le patient reprend conscience assez rapidement après la fin de la procédure.



Les machines d'anesthésie sont généralement de grande taille, sur roues, et comprennent un ou plusieurs vaporisateurs, des tubulures, des attaches pour bouteilles de gaz comprimé, un ventilateur, des connecteurs pour utiliser les gaz comprimés des prises murales, un piège absorbant à dioxyde de carbone, des trappes (ou laveurs) pour d'autres gaz et des dispositifs de surveillance intégrés ou reliés à l'appareil. Ces machines peuvent coûter plus de 60,000.00 \$ à l'achat et nécessitent un entretien régulier. Une partie de l'entretien demande un équipement d'essai spécialisé, comprenant des dispositifs pour la mesure de la concentration des gaz, des débits et pressions, qui peuvent ne pas être disponibles dans un hôpital de pays en développement. Alors qu'une formation spéciale est demandée dans les hôpitaux des pays développés avant de tenter de calibrer ou de réparer un système de distribution des gaz, la réparation, l'étalonnage et l'entretien de ces appareils dans les pays en développement est souvent effectué par quiconque est disponible.

Le cheminement du gaz peut être détaillé depuis la source vers le patient. L'alimentation en gaz comprimés tels que l'air, l'oxygène et le protoxyde d'azote se fait habituellement à partir de bouteilles de gaz ou de prises murales. En passant dans un régulateur de pression, la pression du gaz d'une bouteille est réduite de milliers de psi à une pression patient entre 20 et 50 psi (les régulateurs et les bouteilles sont couverts ailleurs dans ce livre). Après le régulateur, le gaz passe souvent dans un détecteur de concentration en oxygène. Les gaz pénètrent ensuite dans

un mélangeur qui contient des rotamètres pour mesurer le débit de chacun des gaz. De là, les gaz passent dans des évaporateurs, où un agent anesthésique volatil tel que l'halothane est ajouté au mélange. Le mélange gazeux final est délivré au patient via un ensemble de tubulures, de valves et un masque appelé circuit patient.

Evaporateurs

Les évaporateurs sont utilisés pour convertir un agent anesthésique liquide en vapeur. Parce qu'ils sont conçus pour fonctionner dans un environnement de pression et flux continu, ils sont parfois appelés évaporateurs d'expansion. Quand l'air pénètre dans l'évaporateur, il est dirigé dans la chambre d'évaporation ou dans une chambre de dérivation. L'anesthésiste commande, généralement par l'intermédiaire d'un gros bouton sur l'évaporateur, la vanne de dérivation pour permettre à plus ou moins de gaz entrant de passer dans la chambre d'évaporation. L'agent anesthésique liquide se trouve dans la partie inférieure de la chambre. Comme le gaz se déplace au-dessus du liquide, l'agent anesthésique se vaporise. Il est entraîné vers la sortie où il est mélangé avec le gaz qui est passé par la dérivation.



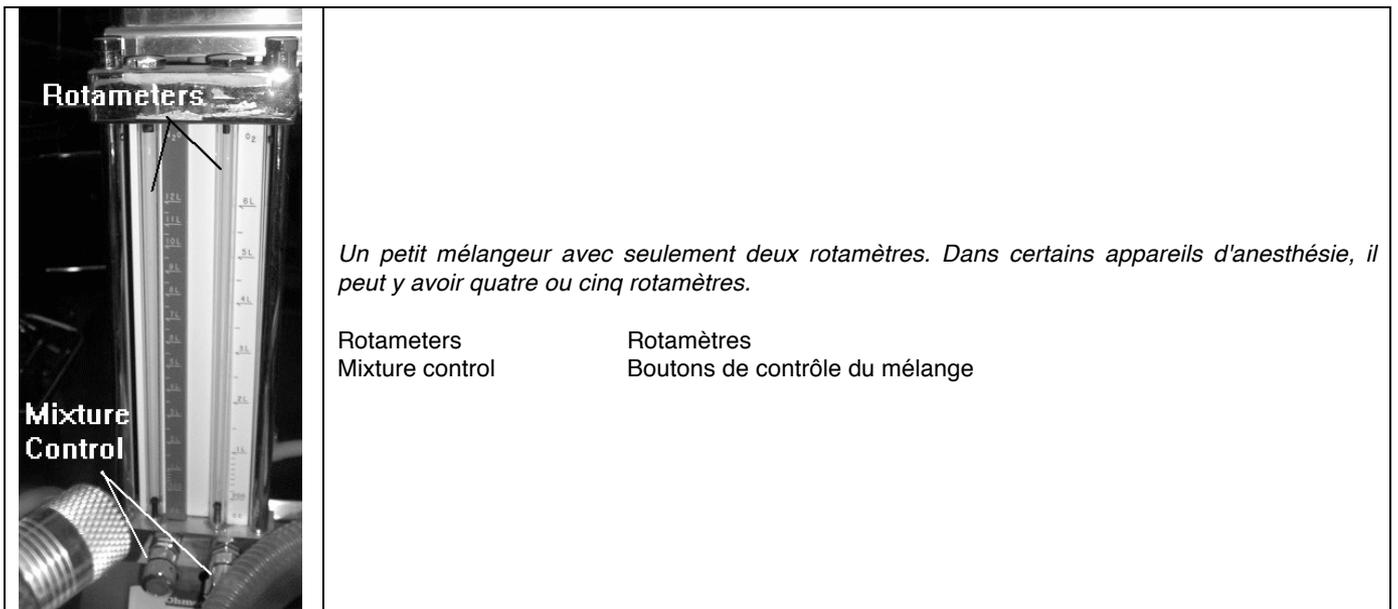
Deux évaporateurs (pour deux gaz anesthésiques différents) sont placés à la droite du mélangeur et d'un grand manomètre.

Puisque la pression de vapeur est sensible à la température, un environnement chaud conduit à vaporiser plus d'agent anesthésique et un environnement froid moins. De plus, le processus de vaporisation prend de la chaleur à l'évaporateur et à l'agent anesthésique. Afin de compenser les effets de la température, une valve bimétallique est ajoutée au système de dérivation. La soupape bimétallique se déforme physiquement sous l'effet de température. Il est possible d'annuler les variations de température en chauffant le fluide à une température fixe, mais cette approche est moins fréquente.

L'évaporateur doit être maintenu à l'horizontal car s'il ne l'est pas, l'étalonnage peut en être affecté. Lorsque vous travaillez avec un évaporateur, veillez à ne pas le renverser car cela peut causer un déversement dangereux du liquide. En cas de déversement, utilisez de l'eau pour nettoyer l'agent anesthésique et ouvrez les portes pour évacuer les vapeurs. Les évaporateurs devraient être normalement étalonnés tous les six mois; Cependant, dans les pays en développement c'est rarement le cas. Les évaporateurs sont très fiables, mais s'ils cassent, ils doivent être retournés à l'usine ou à un service de réparation qualifié. Il y a peu d'ingénieurs qui peuvent réparer un vaporisateur cassé sur le terrain.

Rotamètres

Un mélangeur sur un appareil d'anesthésie permettra à l'anesthésiste de mélanger de l'oxygène, des gaz anesthésiques et l'air expiré des patients dans une proportion souhaitée pour l'administrer au patient. Le rapport entre les gaz frais est mesuré en permanence par leurs débits. Un mélangeur contiendra couramment plusieurs rotamètres pour mesurer le débit des gaz. Les rotamètres sont fabriqués de tubes en verre ou en plastique contenant une bille en métal ou en céramique, qui sert de flotteur. Les parois des tubes sont légèrement en "V" de sorte que lorsque la bille est poussée vers le haut, plus de gaz est dévié autour de la bille ce qui diminue la force qui la pousse vers le haut. Lorsque la force de gravité compense exactement cette force du gaz, la bille s'immobilise. La bille se déplace donc vers le haut quand le débit augmente et vers le bas quand le débit diminue. Ainsi, la hauteur de la bille peut être utilisée pour mesurer le débit du gaz dans le rotamètre.



Les rotamètres sont calibrés en centimètres cubes (cc) ou en millilitres (ml) de gaz par minute. La quantité de gaz entrant dans le mélangeur est contrôlée par des vannes à pointeau à la base de chaque rotamètre.

Manipulation des gaz

Les gaz d'anesthésie proviennent de bouteilles fixées à l'appareil d'anesthésie ou d'une source centrale de l'hôpital. Dans ce dernier cas, il y aura des prises murales dans la salle avec des raccords spécialisés pour que les tuyaux ne connectés correctement. Par mesure de sécurité, les bouteilles de gaz peuvent avoir ce que l'on appelle une connexion à matrice de broches qui permet seulement aux bons étriers de lui être raccordés. L'étrier comporte des broches mâles qui doivent correspondre aux broches femelles dans le col de la bouteille. Lors de toute inspection de l'appareil d'anesthésie, vérifiez que les broches sur chaque étrier sont présentes et dans la bonne position correspondant au gaz de la bouteille. Cependant, dans les pays en développement les dons peuvent provenir de nombreuses sources, aussi les matrices de broches peuvent être manquantes, altérées ou ignorées. Un rappel du code des broches est donné par le code couleur de la peinture des bouteilles. Aux États-Unis, les réservoirs d'oxygène sont peints en vert (bleu dans d'autres pays), tandis que les réservoirs de protoxyde d'azote sont en bleu et les réservoirs d'air sont de couleur jaune. De même, les tuyaux de raccordement au système centralisé de distribution des gaz devraient être codés couleur pour correspondre à celle du gaz. L'Europe a un code couleur différent, et dans les pays en développement, il peut ne pas y avoir de code couleur pour les réservoirs ou les tuyaux.

Face à des réservoirs, des connecteurs et des tuyaux non marqués, l'ingénieur doit d'abord discuter de manière approfondie d'un codage, et l'écrire, avant de tenter toute maintenance.

L'appareil d'anesthésie moderne contient un bouton de purge qui sert de bouton de dérivation contournant le mélangeur, les évaporateurs et rotamètres. Ce bouton permet à de l'oxygène pur d'alimenter le patient. Il est utilisé avant une intervention chirurgicale pour enlever tous les gaz résiduels du circuit patient. En plus, il est utilisé pour fournir une bouffée d'oxygène à un patient qui se réveille (et diminuer le niveau d'anesthésie du patient) à la fin de l'intervention.

Puisque les gaz expirés par le patient contiennent des agents anesthésiques, ceux-ci ne doivent pas être relâchés dans la salle d'opération. En plus de placer le personnel qui y travaille sous leurs effets anesthésiques, certains agents sont inflammables, et une exposition chronique peut provoquer de fortes fièvres et des lésions hépatiques graves. Pour pallier à ce danger, les appareils d'anesthésie contiennent une trappe (piège ou épurateur) avant de relâcher le gaz expiré dans la pièce. Dans les pays en développement, le charbon actif peut ne pas être changé - ou même être disponible - obligeant le personnel à évacuer le gaz expiré à l'extérieur.

Si l'air expiré doit être ré-inhalé – c'est-à-dire renvoyé au patient - un absorbeur de CO₂ est alors utilisé. Un absorbeur de CO₂ contient de la chaux sodée qui enlève le CO₂ des gaz expirés.



Cette photo montre le dispositif absorbant le CO₂ (la matière blanche dans le récipient en verre derrière la cage en bas à gauche). Deux vannes se trouvent sous les dômes de verre au milieu à droite.

Les sacs autogonflants ou soufflets sont des dispositifs purement mécaniques qui permettent à l'anesthésiste de mesurer la ventilation du patient. Par son mouvement dans une chambre calibrée, le soufflet indique le volume d'air que le patient respire. Le soufflet va se dilater lorsque le patient expire et diminuer de volume lorsque le patient inspire.

Les soufflets peuvent être raccordés à un ventilateur qui contrôle la ventilation du patient. Le ventilateur pousse de l'air dans les poumons du patient à un débit et un volume prescrit. Les ventilateurs sont couverts ailleurs dans ce texte. Lorsqu'une ventilation intermittente est nécessaire, le médecin peut utiliser un ballon (ballon d'urgence), ou un ballon réservoir. Le ballon permet au médecin de pousser manuellement l'air dans les poumons du patient. Ce ballon est également utilisé par l'anesthésiste pour lui donner une idée de la résistance et de la compliance du poumon du patient, qui peut être utilisée pour lui indiquer que plus ou moins d'agent anesthésique est nécessaire ou que la physiologie des poumons est en train de changer.

Le Circuit patient

Le circuit patient comporte des tubulures et valves nécessaires au fonctionnement de l'appareil d'anesthésie. Les soufflets et le sac autogonflant sont tous deux remplis via un clapet anti-retour qui assure que les gaz désirés sont toujours administrés au patient. Le circuit contient également une valve expiratoire, à l'extrémité patient, qui sépare les gaz inspirés et expirés dans deux tuyaux différents, pour empêcher de les respirer à nouveau. Souvent, ces derniers clapets font partie du circuit. Le circuit comprend la connexion vers le patient, le masque, le tube endotrachéal et d'autres composants.

Bien que considéré comme un élément jetable, le circuit patient peut ne pas être remplacé après chaque patient dans les pays en développement. Même dans le monde développé, il peut y avoir des connexions vers et depuis l'absorbeur de CO₂ qui, bien que faisant partie du circuit, ne sont pas remplacées à chaque utilisation. Si le circuit doit être réutilisé, il est préférable de suspendre verticalement la tubulure pour la faire sécher dans une zone de stockage, après utilisation sur un patient.

Surveillance

L'appareil d'anesthésie peut également avoir un moniteur pour l'ECG du patient, la pression artérielle invasive ou non invasive, et l'oxymétrie de pouls. Plus de détails sur ces moniteurs sont disponibles dans leurs chapitres respectifs.

Système d'anesthésie Drawover

Un système d'anesthésie "drawover" donne une anesthésie sans nécessiter une alimentation en gaz comprimés. Les systèmes d'anesthésie "drawover" ont les avantages supplémentaires d'être (1) peu coûteux à l'achat, (2)

faciles à entretenir, et (3) compacts et portables. Dans un appareil "drawover", l'air atmosphérique sert de gaz porteur primaire; celui-ci est aspiré à travers l'évaporateur par l'effort inspiratoire du patient. Que le patient soit ventilé artificiellement ou respire spontanément, le patient va aspirer l'air à travers l'évaporateur. Pour cela, l'évaporateur doit avoir une faible résistance à l'écoulement intermittent du gaz. Une fois dans l'évaporateur, l'air atmosphérique se mélange à l'agent anesthésique habituellement de l'éther ou de l'halothane. Le patient inhale cet air via un clapet de non-ré-inhalation. De l'oxygène à faible débit, tel qu'il est fourni par un concentrateur d'oxygène, peut être ajouté au système de "drawover" en utilisant un raccord en T.

Anesthésie générale, Injectables

Des anesthésiques injectables sont moins chers et donc plus courants dans les pays en développement qu'aux Etats-Unis. Ils sont plus dangereux parce qu'un surdosage ne peut pas être aussi facilement réversible. Ces agents sont combinés avec des relaxants musculaires et ne devraient être utilisés que pour des procédures de courte durée. La kétamine est un anesthésique général très courant, et la lidocaïne est un anesthésique local populaire. Aucun équipement additionnel n'est nécessaire pour utiliser ces agents.

2.17.2. Problèmes courants

Comme pour les autres équipements médicaux, les problèmes du bloc d'alimentation et les erreurs d'utilisation constituent la majorité des problèmes des appareils d'anesthésie. Les anesthésiques injectables ne sont pas du ressort du technicien quand il y a un problème. Les systèmes Drawover ont moins de problèmes que les autres appareils d'anesthésie. Mais tous les appareils souffrent de fuites et de soupapes qui collent.

Fuites

Les tubulures ont tendance à se détériorer dans les environnements chauds et humides. La réutilisation du matériel à usage unique tend également à favoriser cette détérioration. Une fuite survenant côté expiration avant le piège à CO₂ est la plus importante à vérifier, mais aussi la plus facile car les gaz anesthésiques ont une odeur caractéristique qui est facilement détectée. Si une fuite se produit dans la salle d'opération, les portes de la salle devraient être ouvertes pour permettre à l'air de circuler à travers la pièce (consultez le personnel avant de le faire). En outre, un autre danger avec une fuite de gaz est que certains gaz anesthésiques sont inflammables. L'halothane et l'éther sont deux gaz anesthésiques explosifs.

Une tubulure est victime le plus souvent de fuites entre les ondulations. Vous pouvez vérifier les fuites en plaçant la tubulure dans un seau d'eau, bloquant une extrémité, soufflant dans l'autre, et en recherchant des bulles qui s'échappent. Réparez les fuites de tubulure avec de la colle époxy ou un mastic au silicone. Cependant, il s'agit d'une réparation temporaire. Il est préférable de remplacer le tube. Dans certains cas, la tubulure peut être raccourcie pour éliminer la section où se trouve la fuite. Discutez-en d'abord avec l'anesthésiste avant de raccourcir une section du circuit.

Autres problèmes

Les moniteurs sont couverts dans une autre section de ce livre.

Les vannes à pointeau qui contrôlent les débits dans les rotamètres peuvent être collantes ou bloquées. Les flotteurs d'un rotamètre peuvent également être collés. Rotamètres et vannes à pointeau peuvent être démontés et nettoyés à l'alcool. Assurez-vous qu'ils sont complètement secs avant de les réutiliser. Lorsque vous démontez plusieurs rotamètres, assurez-vous de remettre les flotteurs et vannes à pointeau d'un même rotamètre ensemble. Le flotteur d'un gaz peut ne pas fonctionner dans le tube de verre d'un autre. Une solution simple consiste à démonter un seul débitmètre à la fois.

S'il existe des valves qui semblent être collantes dans le circuit, celui-ci doit être remplacé. Les autres soupapes (ailleurs que sur le circuit) qui collent peuvent être nettoyées avec de l'eau et doivent être séchées soigneusement avant réutilisation.

Si le problème provient du ventilateur, de l'absorbeur de CO₂ ou d'un évaporateur, que ce n'est pas une fuite, c'est

généralement très difficile de le réparer sur site. Il faut habituellement remplacer la totalité du sous-ensemble par celle d'un autre appareil d'anesthésie.

2.17.3. Tests minima suggérés

Si l'appareil a été retiré de la salle d'opération en raison d'une panne que vous avez maintenant réparée, vous devez le tester avant de le remettre en service. Cependant, le plus souvent, vous n'aurez pas l'équipement nécessaire pour tester l'évaporateur, l'absorbeur de CO₂ ou le ventilateur. Comme les programmes chirurgicaux peuvent être sévèrement affectés ou arrêtés jusqu'à ce que l'appareil soit réparé, il n'est probablement pas dans l'intérêt des patients d'attendre jusqu'à ce que vous ayez l'équipement d'essai approprié avant de remettre l'appareil d'anesthésie en service. Si une réparation a entraîné un remplacement de l'évaporateur, de l'absorbeur ou du ventilateur, vous aurez besoin de consulter l'anesthésiste sur le test qui sera nécessaire avant utilisation.

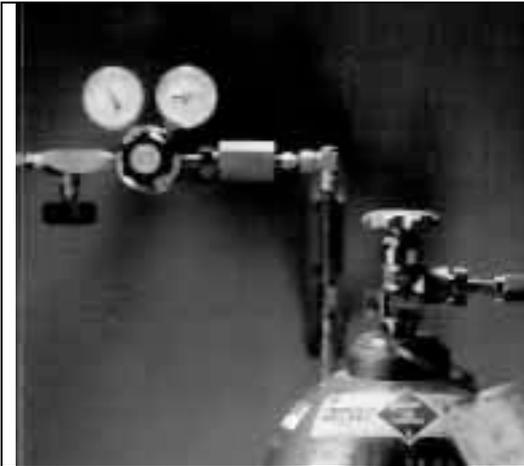
Si la réparation a stoppé une fuite, il suffit de tester à nouveau la tubulure pour vous assurer que la fuite est réparée.

Si la réparation a concerné les rotamètres, ceux-ci doivent être contrôlés avant nouvelle utilisation, même si le problème provenait juste d'une vanne collante ou du flotteur. Un moyen simple de vérifier les débits est d'insuffler le gaz dans un ballon calibré pendant 60 secondes. Le volume peut être approximé à l'aide d'un ballon connecté à la tubulure patient. Vous devez calibrer le volume du ballon avant de commencer. La meilleure façon de faire est de remplir le ballon avec un volume d'eau connu. Faites deux marques sur le ballon à une distance fixe, et inscrivez le volume à côté des marques. Répétez cette procédure pour plusieurs volumes. Maintenant, quand le ballon se dilate au volume attendu, les marques devraient se trouver à la distance fixe utilisée pour le volume correspondant.

2.18. Gaz en bouteille

2.18.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

L'utilisation clinique de bouteilles de gaz sous pression peut aller des machines d'anesthésie à celles de spectroscopie. Le gaz en bouteille le plus courant dans les pays en développement est l'oxygène. Cependant, les gaz d'anesthésie, l'air sec et le dioxyde de carbone sont tous vus de temps en temps. Les bouteilles de gaz à haute pression peuvent exploser et être inflammables. Par conséquent, la manipulation des bouteilles doit être faite avec soin.



Les composants d'une bouteille de gaz. (1) la soupape principale du cylindre, (2) le manomètre de pression du cylindre (3), le détendeur et sa valve (4), le manomètre de mesure de la pression de sortie du gaz et (5) la valve de régulation du débit du gaz en sortie.

Une bouteille de gaz a peu de composantes: le cylindre, la soupape principale du cylindre, un manomètre de mesure de la pression de la bouteille (le manomètre le plus proche du cylindre), un détendeur pour réduire la pression, le manomètre de sortie du gaz et en général, une vanne de régulation du débit de sortie du gaz. Le détendeur dispose généralement d'un réglage. Ce réglage de la pression de sortie peut se faire soit par un grand bouton, ou demander une clé à molette. L'ensemble est souvent désigné sous le nom de régulateur.

Lorsqu'elles ne sont pas utilisées, les bouteilles de gaz doivent avoir un capuchon qui se visse sur le haut du cylindre pour protéger le robinet de la bouteille de gaz d'être décalotté, advenant une chute. Ce capuchon doit toujours être utilisé lorsque la bouteille de gaz est transportée.

Aux États-Unis, les bouteilles d'oxygène sont vertes, avec un raccord spécifique pour le tuyau; elles disposent d'un robinet principal avec un filetage inverse (sens antihoraire pour serrer). Cependant, la plupart de ces standards sont différents de partout dans le monde, et ils ne sont pas utilisés dans les pays en développement. Même dans un hôpital, des tanks d'oxygène (évaporateurs) peuvent être de différentes couleurs et avoir différents types de régulateurs. On trouve parfois les bouteilles d'oxygène de petit format avec des détendeurs différents. Toutefois, celles-ci sont rares dans les pays en développement.

2.18.2. Problèmes courants

Le problème le plus courant dans les pays en développement est de trouver le régulateur manquant ou cassé, suivi par celui d'un ensemble de tuyaux qui ne correspondent pas aux normes de la réglementation. Les ensembles de tuyaux incompatibles doivent être adaptés avec toutes les pièces et outils disponibles. Ce type de rapiéçage ne peut se faire qu'après le détendeur (sur le côté basse pression). Étiqueter clairement la sortie du tuyau après adaptation, dans la langue locale, si possible.

Si le détendeur est cassé, il peut être impossible de le réparer. Les manomètres de pression de mesure de la haute et basse pression sont amovibles, par simple dévissage. On en trouve facilement dans les pays en développement. Utilisez, si possible, un ruban de téflon pour remplacer les manomètres car il va offrir une étanchéité bien meilleure qu'une jonction métal-métal. La vanne de régulation de débit de sortie n'est habituellement pas très importante; elle peut être remplacée par tout clapet qui peut être adapté. Si le détendeur est cassé, on ne peut pas faire grand chose. Cette pièce ne peut pas être réparée.

Si vous devez déplacer un cylindre afin de le réparer, ou le détendeur, placez le capuchon de la bouteille avant de le faire. Le déplacement d'une bouteille de gaz est dangereuse et difficile. Il faut toujours demander de l'aide. Avant de déplacer le cylindre, vérifiez à nouveau le bouchon pour vous assurer qu'il est sécuritaire. La meilleure façon de déplacer une bouteille est de la rouler lentement sur son fond, avec le cylindre incliné de quelques degrés. Du personnel très expérimenté peut déplacer les bouteilles de cette façon très rapidement avec une facilité apparente. Toutefois, si vous n'êtes pas très expérimenté pour déplacer les bouteilles, vous pouvez facilement en perdre le contrôle. Demandez à un ami de tenir le cylindre pendant que vous l'inclinez et le roulez. Vérifiez le capuchon fréquemment pendant que vous déplacez le cylindre.

Si vous devez travailler sur un cylindre, ne le videz pas complètement (ne laissez pas le robinet de la bouteille ouverte). Cela peut permettre à l'air ambiant d'entrer dans le cylindre et à l'humidité de s'y installer. L'humidité peut dégrader le cylindre et contaminer son prochain remplissage.

Les fuites de tuyauterie, qui ne sont pas exactement des problèmes de bouteille, sont courantes. Frottez un peu d'eau savonneuse sur le tuyau pour vérifier s'il y a des bulles et localiser la fuite. Essayez de couper la section du tuyau qui fuit et de le raccourcir, si la fuite est près du début ou à la fin d'un long tuyau. Sinon, de la colle époxy peut servir de solution temporaire pour réparer un tuyau qui fuit.

Lorsque vous reconnectez le cylindre à la tuyauterie, il ne suffit pas simplement de remettre le détendeur et d'ouvrir le robinet de la bouteille. Cela peut placer un stress inutile sur le détendeur, introduire une contamination, et stresser le circuit de distribution en aval. La bonne séquence de reconnexion est d'abord de "craquer" le robinet de la bouteille. Craquer le robinet veut dire l'ouvrir très peu et le fermer rapidement pour ne laisser passer qu'une très petite quantité de gaz.

Le gaz sera alors à haute pression et grande vitesse. Donc, restez à l'écart du flux de gaz. Ce "craquage" élimine les débris dans l'orifice de sortie du robinet. Ensuite, connectez le détendeur au circuit de distribution. Maintenant "craquez" de nouveau le robinet de la bouteille. Cela pressurise le détendeur sans trop de stress. Enfin, ouvrez le robinet pour commencer à utiliser le gaz de la bouteille.

Au-delà de ce qui a déjà été discuté pour les soins de la bouteille de gaz et d'entretien, une attention particulière doit être accordée au gaz utilisé. L'oxygène a déjà été discuté. Le dioxyde de carbone est un gaz non inflammable. Toutefois, veillez à ventiler adéquatement la pièce lors de l'utilisation du dioxyde de carbone car les fuites peuvent être dangereuses. Une concentration de CO₂ aussi faible que 10% peut provoquer une perte de conscience.

Le protoxyde d'azote est parfois utilisé en anesthésie, bien que son usage soit rare dans les pays en développement. Toutes les bouteilles contenant un tel mélange doivent être stockées au-dessus de 10 ° C sinon le protoxyde d'azote se décompose. Réchauffez et secouez un tel mélange avant de l'utiliser. Le mélange oxygène-protoxyde d'azote peut être explosif.

Butane, propane et acétylène sont des gaz très inflammables qui ne sont pas utilisés en médecine. Cependant, on en trouve souvent à l'hôpital. Le butane et le propane sont liquides sous haute pression; ils sont utilisés pour la cuisson et le chauffage, y compris le chauffage des laboratoires médicaux. L'acétylène est principalement utilisé avec une torche pour couper du métal. Toutefois, il est rarement utilisé pour la spectroscopie d'absorption atomique, une procédure également rare dans les pays en développement. L'acétylène s'enflamme de manière explosive dans l'air.

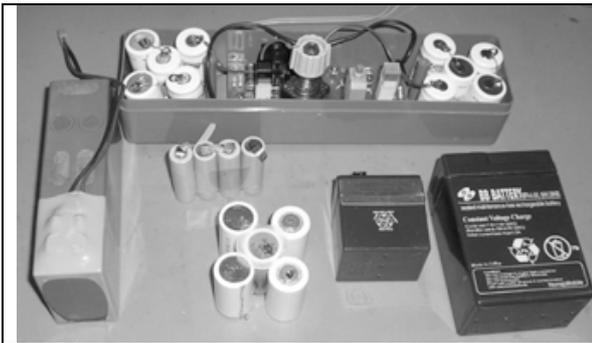
2.18.3. Tests minima suggérés

Les bouteilles de gaz sont des dispositifs simples qui ne demandent que très peu de calibration. Les seuls appareils qui doivent être vérifiés sont les manomètres et la tuyauterie. Un manomètre peut être vérifié en plaçant en série un second manomètre (qui, lui, est connu pour être précis) ; les deux manomètres doivent donner la même lecture. Si cela n'est pas possible, la sortie du gaz peut être relié directement à un manomètre à mercure qui va permettre le contrôle de la pression pour des valeurs relativement faibles, typiquement de 0 à 300 mmHg (jusqu'à 40 kPa). Les fuites peuvent être vérifiées en passant de l'eau savonneuse diluée sur les raccords de la tuyauterie et en recherchant les bulles qui peuvent se former. Si le gaz de sortie est à la bonne pression et s'il n'y a pas de fuites, le cylindre est prêt à l'emploi.

2.19. Batteries

2.19.1. Utilisation clinique et principes de fonctionnement

Bien que n'étant pas un dispositif médical en elle-même, une batterie, comme une génératrice, est souvent la source de problèmes pour les équipements des hôpitaux des pays en développement. On trouve les batteries dans une grande variété de formes; elles sont utilisées pour fournir de l'énergie électrique et permettre la mobilité de différents types de dispositifs médicaux, de l'éclairage chirurgical à des appareils médicaux à forte consommation électrique (par exemple, les machines à rayons X). Le but sous-jacent de la batterie reste toujours le même, convertir simplement l'énergie chimique stockée en énergie électrique qui peut être facilement utilisée par un dispositif donné.



On trouve les batteries sous de nombreuses formes et tailles. Ces piles rechargeables (secondaires) sont au plomb et à l'acide (en bas à droite) et au nickel-cadmium.

Il y a deux grandes catégories de piles, les batteries primaires (à usage unique) et les batteries secondaires (rechargeables). Les batteries primaires deviennent plus courantes parce que le nombre de dispositifs médicaux tenus à la main augmente. Les batteries primaires ou piles sèches, sont généralement alcalines (alcali-manganèse), au lithium, ou au carbone-zinc. Chacune de ces combinaisons chimiques est appelée chimie de batterie ou technologie de batterie. Les chimies secondaires se trouvent dans les batteries au nickel-cadmium, au nickel-hydrure de métal et au plomb-acide. Ces batteries secondaires sont utilisées sur des équipements qui nécessitent de plus grandes quantités d'énergie électrique et en particulier lorsque c'est viable de les recharger.

En plus d'être décrites par leur chimie, les batteries sont caractérisées par leur tension et leur puissance. La tension de la batterie est déterminée en grande partie par leur composition chimique. Par exemple, toutes les piles alcalines sont de 1,5 volts ou peuvent être mises en série pour obtenir un multiple de 1,5 volts. La capacité de la batterie est en grande partie déterminée par sa taille physique. Malheureusement, la capacité de la batterie n'est pas évaluée en Joules ou Coulombs, ce qui aurait plus de sens sur le plan chimique ou de l'ingénierie, mais en Ampères-heures (Ah). Un Ampère-heure est l'équivalent à une charge de 3600 Coulombs.

Une cellule de batterie se compose de quatre éléments principaux: une anode, une cathode, un électrolyte qui assure l'écoulement des charges électriques entre l'anode et la cathode (ou un gel dans les batteries primaires modernes), et un isolant poreux qui isole électriquement la cathode de l'anode.

La batterie au zinc-carbone sert de bon exemple. Le boîtier est constitué de zinc métallique servant comme électrode et une tige de carbone revêtue d'oxyde de manganèse (MnO_2) sert de deuxième électrode. La solution d'électrolyte est du chlorure d'ammonium (NH_4Cl). Les réactions suivantes ont lieu:



L'électrode de zinc est oxydée en dégageant deux électrons dans la solution. Le manganèse est réduit sur l'électrode de carbone par la présence de deux électrons et les ions hydrogène fournies par la solution de chlorure d'ammonium. Cette réaction chimique stimule le flux d'électrons lorsque le circuit est fermé. Les électrons vont continuer à circuler jusqu'à ce que la batterie soit complètement déchargée, c'est à dire, lorsque la réaction chimique ne peut plus avoir lieu parce que l'électrode est entièrement oxydée ou réduite.

Les batteries secondaires se distinguent des batteries primaires en ce que les réactions chimiques sont réversibles. Lorsque vous fournissez de l'énergie électrique adaptée aux bornes, vous rechargez la batterie. La batterie au plomb peut servir d'exemple. La batterie plomb-acide est une batterie à chimie liquide; elle est disponible en deux formes principales, scellées et non scellées. Des réseaux étroits de plomb ou d'oxyde de plomb (PbO₂) servent d'électrodes. La solution liquide est de l'acide sulfurique à 20-30%, servant de porteur de charge électrolytique. Les équations d'oxydation et de réduction sont :



Contrairement aux réactions chimiques à la cellule primaire, celles d'une cellule secondaire sont réversibles, ce qui permet à la batterie au plomb d'être rechargée.

2.19.2. Problèmes courants.

Le problème le plus courant avec des batteries dans les pays en développement est qu'elles ne fonctionnent plus et qu'une batterie de remplacement identique ne peut pas être trouvée. Le problème peut être essentiellement divisé en deux parties: (1) déterminer si les piles ont, en fait, dépassé leur durée de vie utile, et (2) concevoir une batterie de remplacement avec les batteries disponibles. Déterminer si une batterie est au-delà de sa durée de vie utile dépend de la technologie (ou de la chimie, NiCd, Pb-acide, etc.) La vie de la batterie sera donnée ci-dessous pour chaque chimie. Le deuxième problème le plus courant dans les pays en développement est que le chargeur a été perdu ou cassé, et que vous ne pouvez pas trouver un chargeur équivalent sur le marché. La technique du chargement est également une technique spécifique qui sera couverte ci-dessous.

Substitution de batteries

L'élaboration d'une batterie de remplacement est un sujet qui touche toutes les technologies. Le problème le plus simple se produit lorsque vous pouvez trouver des batteries de la technologie appropriée, mais pas de la même capacité ou tension. Pour obtenir des tensions ou des capacités différentes, connectez des batteries en série pour obtenir plus de tension, ou en parallèle pour obtenir plus de capacité (voir exemple ci-dessous). Il est très rare que ces combinaisons ne puissent pas remplacer directement les batteries qui ont été enlevées.

Exemple de pack de substitution

Supposons que vous faites un assemblage de 12 batteries de 600 mAh et 1,2 V, au NiCd en trois groupes de 4 batteries en série, les trois groupes en parallèle).

Les quatre cellules en série fournissent 1,2 V x 4 = 4,8 V

Les trois ensembles en parallèle fournissent 600 mAh x 3 = 1800 mAh

Par conséquent, vous avez créé une batterie de 4,8 V et 1800 mAh.

Pour charger votre ensemble, utilisez

Charge de maintien : 1800/100 = 18 mA pendant quelques jours

Charge maximale : pour NiCd = C = 1,800 mA (1,8 A)

C'est aussi fréquent que vous trouvez des piles de la bonne technologie et de la bonne tension et capacité (soit en combinaison ou seul), mais avec un type de connexion différent. Par exemple, les batteries ont des languettes à souder, mais vous avez besoin de connexions par boutons. Dans ces cas, souder tout simplement des fils à la carte de circuit et à la batterie. Lorsque vous soudez sur une batterie avec des connexions en bouton, utilisez un papier de verre grossier pour rendre rugueuse la surface de la batterie. Puis recouvrez là avec une grande quantité de soudure en tenant le fer à souder sur la batterie pendant un temps aussi court que possible. Enfin, faites fondre la soudure de la batterie tout en maintenant le fil sur le dessus. Vous pouvez toujours fixer le fil sur le côté de la batterie avec un ruban adhésif pour éviter toute contrainte physique sur cette combinaison relativement faible.

Vous rencontrez un problème plus difficile quand vous ne pouvez pas trouver la bonne technologie, et une batterie de remplacement. D'abord, vous devez habituellement faire correspondre la tension à 0,7 volts près. C'est-à-dire que la tension de la batterie de remplacement doit correspondre à la batterie d'origine, ou doit être plus élevée que la batterie d'origine. Si la batterie de remplacement est supérieure à l'originale de moins de 0,7 volts, vous pouvez probablement utiliser celle-ci sans modification de la tension. Si la différence est supérieure à 0,7 volts, utilisez une diode en série avec la batterie pour diminuer la tension de la batterie de remplacement à moins de 0,7 volts de l'originale.

La capacité de la batterie de remplacement est la caractéristique la plus difficile à faire correspondre parce que la capacité affecte à la fois la charge dans la batterie et la quantité maximale de courant qu'elle peut fournir. Le montant maximum de courant que la batterie peut fournir est parfois spécifié par l'impédance interne des cellules. Malheureusement, changer de technologie de batterie change l'impédance interne de la cellule même lorsque les capacités sont choisies identiques. Par conséquent, si la batterie a été choisie par le concepteur uniquement pour sa capacité (les dispositifs tenus à la main, sans moteur, sont souvent dans cette catégorie), la technologie de remplacement fonctionnera probablement puisque l'impédance n'est pas critique. Dans de nombreuses situations, le personnel médical acceptera un temps plus court entre deux remplacements (ou recharges) de la batterie, donc une technologie de substitution de capacité inférieure ou supérieure peut être utilisée, à condition que le critère de tension soit satisfait.

Par contre, si la taille de la batterie a été choisie par le concepteur pour répondre à une spécification maximale de courant (radiologie, défibrillation, et de nombreux appareils motorisés sont dans cette catégorie), alors un changement de technologie de la batterie, et donc de l'impédance interne, pourrait rendre le dispositif inutilisable. Si vous connaissez l'impédance interne des cellules que vous voulez changer (elle peut souvent être trouvée sur le site Web du fabricant, si vous avez accès à Internet), alors vous pouvez simplement sélectionner une batterie d'une technologie de substitution dont l'impédance interne est inférieure. Cependant, plus généralement, vous n'aurez pas accès à Internet. Dans ce cas, si vous pouvez trouver un autre appareil du même modèle qui fonctionne, vous pourrez mesurer la consommation de courant maximale et sélectionner une batterie sur la base de sa capacité à fournir ce courant maximum.

S'il n'y a pas d'autre équipement du même modèle, vous pouvez recourir à la technique des essais et des erreurs. Comme point de départ, pour toutes les batteries primaires et secondaires (à l'exception de celles au plomb choisies pour leur consommation de courant), vous pouvez probablement changer de technologie de batterie si celle de remplacement a deux fois la capacité de la batterie d'origine. Pour celles au plomb choisies pour leur courant maximum (comme pour les appareils de radiologie et des applications automobiles), vous aurez besoin d'un facteur beaucoup plus élevé quant à la capacité pour changer de technologie. Les batteries au plomb sont disponibles dans les grandes villes des pays en développement. Aussi, la substitution de technologie n'est pas recommandée dans ce cas.

En résumé, la première étape consiste à garder la même tension pour la batterie de remplacement. La seconde consiste à sélectionner une capacité ou une autre en fonction de la durée entre deux charges, ou sur son aptitude à fournir le courant nécessaire.

Dans un changement de technologie, si la batterie d'origine était une batterie primaire, elle devrait être remplacée par une batterie primaire. Elles sont moins chères à remplacer et durent plus longtemps avant de devoir être remplacées. Si vous la remplacez par une cellule secondaire, l'hôpital devra trouver une batterie secondaire de remplacement à un coût plus élevé dans peu d'années.

Cependant, si la batterie d'origine est une batterie secondaire, son remplacement par une cellule primaire est possible. En général, les batteries primaires de la même capacité et tension, auront des impédances plus faibles et pourront être utilisées comme produits de remplacement sans problème. Si l'appareil contient en interne un chargeur, des batteries primaires ne peuvent pas être utilisées, sauf en cas d'urgence (un défibrillateur qui ne se déclenche pas sans batteries, par exemple), car le chargement des batteries primaires peut détruire l'équipement et les batteries.

Si la batterie d'origine était une batterie secondaire et celle de remplacement également de type secondaire, alors vous devez vous soucier de la charge de la batterie de remplacement. Il est généralement impossible de trouver une batterie qui à la fois fera fonctionner l'appareil et permettra d'atteindre la même performance de charge que la technologie d'origine. Si la différence est tout simplement que les temps de chargement nécessaires sont plus

longs, cela peut être expliqué au personnel. Toutefois, si le chargeur fournit une charge excessive, alors les batteries et l'appareil peuvent être endommagés. Vous devrez aussi remplacer le chargeur, lorsque vous remplacez les batteries secondaires. Sélectionner le nouveau chargeur sur la base de la technologie de remplacement, tel que décrit ci-dessous.

Substitution des chargeurs

Un problème très courant dans les pays en développement est la perte ou la panne du chargeur d'un dispositif fonctionnant sur batterie. La plupart des chargeurs sont des transformateurs avec des connecteurs coaxiaux femelles à une extrémité. Lors du remplacement d'un chargeur cassé, vous devez faire correspondre la tension d'entrée (généralement 110 ou 240 V), la tension de sortie, le type de sortie (AC ou DC) et l'intensité du courant de sortie. Toutes les caractéristiques physiques du chargeur ne sont pas pertinentes, y compris le connecteur, puisque vous pouvez simplement couper le connecteur du chargeur cassé et le souder à celui de remplacement, en prenant soin de respecter la polarité d'origine pour les chargeurs à courant continu. Il n'y a rien de magique à propos des transformateurs. Vous devriez vous sentir libre de remplacer un bloc d'alimentation, y compris une alimentation variable, tant qu'il répond aux spécifications indiquées précédemment.

Si vous n'avez pas le chargeur d'origine et s'il est précisé sur le dispositif, alors le problème initial est seulement un peu plus complexe parce que vous n'avez pas le connecteur. Il est souvent possible d'ouvrir l'appareil et de câbler un nouveau connecteur (si vous pouvez trouver un mâle et femelle sur le marché). Si vous ne pouvez pas trouver tous les connecteurs, sortez simplement les fils dénudés clairement identifiés (avec des pinces crocodiles sur le chargeur). Il y a peu de danger pour le personnel ou l'appareil avec toutes les tensions de moins de 24 volts.

Si l'appareil ne comporte pas d'indication, si le chargeur d'origine est perdu et si vous n'avez pas le manuel – une situation très courante dans les pays en développement - alors le chargeur de remplacement doit être deviné. Si vous avez placé une batterie secondaire de remplacement dans l'appareil, alors vous devrez aussi trouver un chargeur de remplacement. Dans les deux cas, vous aurez à déterminer la tension et le courant de charge correct sur la base de la tension, de la capacité et de la technologie de la batterie. Chaque technologie secondaire doit être considérée séparément. Les plus fréquemment rencontrées dans les dispositifs médicaux dans les pays en développement sont des piles NiCd et au plomb.

NiCd (nickel-cadmium)

Les batteries NiCd sont moins fiables dans les climats chauds en raison d'une augmentation de la vitesse de décharge spontanée. Elles sont également moins efficaces à recharger à des températures élevées. Une batterie NiCd a une différence de potentiel de 1,25 V qui tombe à 1,0 V lorsqu'elle est complètement déchargée.

Pour déterminer si une batterie NiCd a dépassé sa durée de vie utile, mesurez d'abord le potentiel. S'il est inférieur à 1,0 volts, les cellules ne sont probablement pas récupérables. Ensuite, essayez de charger les cellules (comme décrit ci-dessous). Si le potentiel aux bornes d'une seule cellule n'atteint pas 1,25 volt, elles ont probablement dépassé leur durée de vie utile. Même si les cellules ont la bonne tension en circuit ouvert, et peuvent être chargées, elles peuvent encore avoir perdu une bonne partie de leur capacité. Mesurez la tension avant et après une brève décharge avec un courant d'environ 10 fois celui de recharge de la batterie (en plaçant une résistance de la taille correcte pour obtenir le courant requis pendant cinq secondes, aux bornes de la batterie). Des batteries complètement chargées, fonctionnant correctement ne montreront qu'une légère différence de tension, alors que les batteries anciennes descendront à moins de 1,0V après cette brève charge.

Dans certains cas, des cellules au NiCd apparemment mortes peuvent être rajeunies en effaçant leur «mémoire». Ceci peut être accompli en déchargeant complètement les cellules à leur capacité de charge pendant une journée. Chargez-les ensuite à un dixième de leur capacité de charge pendant 12 heures. Puis, enfin, chargez complètement les cellules.

Les batteries au NiCd peuvent être chargées en toute sécurité pratiquement une infinité de fois avec un courant d'un dixième de leur capacité (appelée chargement à 0.1C). En d'autres termes, si la batterie est une batterie de 1000 mAh, la batterie peut être chargée avec un courant de 100 mA aussi longtemps que vous le souhaitez. Ce sont des courants continus mesurés avec la borne positive du chargeur connecté à la borne positive de la batterie (ou pack de batterie) et le négatif relié à la borne négative. Il faudra 10 heures ou plus pour charger complètement une batterie totalement déchargée. Une charge à 0.1C est appelée charge d'entretien. Les dispositifs médicaux

peuvent être laissés en charge d'entretien pendant tout le temps de non-utilisation. Pour un chargement plus rapide, le NiCd peut être chargée en toute sécurité jusqu'à 1.0 C. En d'autres termes, une cellule 2000 mAh peut être chargée à un maximum de 2000 mA. La cellule devient très chaude lorsqu'elle est chargée à ce rythme, assez chaude pour brûler. Assurez-vous que la ventilation est adéquate pour dissiper cette chaleur ou la batterie sera endommagée. Les batteries au NiCd ne peuvent pas être chargées pendant plus d'une heure à 1.0C sinon elles seront endommagées.

Plomb-acide (batteries au plomb)

Les batteries au plomb ont une tension de 2,1 volts. Cependant, elles sont généralement vendues et utilisées dans des ensembles qui en comprennent 3 ou 6 en série, ce qui donne 6,3 volts ou 12,6 volts. La tension ne varie pas de manière appréciable au cours de la décharge, peut-être de 0,3 volts pour une batterie 12,6 volts quand elle est chargée à 50% de sa capacité. Une batterie au plomb doit être rechargée quand sa charge est d'environ 30% de sa capacité. Décharger davantage la batterie raccourcit sa durée de vie de manière importante.

Prenez un soin extrême lorsque vous travaillez avec des batteries au plomb car de l'hydrogène gazeux peut s'accumuler si une ventilation adéquate ne fonctionne pas. L'accumulation d'hydrogène peut causer l'explosion de la batterie. Comme vous faites affaire à une batterie de haute capacité, il faut prendre soin d'éviter de court-circuiter les bornes. Retirez tous les bijoux avant de travailler sur ces batteries. Une batterie au plomb de 12,7 volts est suffisamment puissante pour blesser très sérieusement un doigt si un anneau se trouvait à court-circuiter les bornes. Gardez l'extérieur de la batterie propre, exempt d'humidité et de graisse pour éviter les décharges entre les bornes.

Il y a deux types principaux de batteries au plomb, scellées et non scellées. Un indicateur de couleur sur le dessus de la batterie au plomb étanche peut vous dire s'il est nécessaire de recharger la batterie. Si aucun indicateur de couleur n'est disponible, il est facile d'effectuer un test de charge. Une batterie 12V chargée à 100% affiche généralement autour de 12,7 V avec un voltmètre, avec seulement une baisse de 0,3 V pour une batterie chargée à 50%. Il est donc facile d'identifier une batterie déchargée en mesurant la tension avant et après un usage intensif : plus la différence de tension est grande, plus la batterie est déchargée.

La méthode la plus fiable pour déterminer la capacité d'une batterie au plomb non scellée est de mesurer la densité de l'acide sulfurique H_2SO_4 . Cela peut être fait en utilisant un pèse-acide. Des pèses-acide sont disponibles en magasins de pièces pour automobiles dans les pays en développement. La densité de l'acide sulfurique doit être 1,23 kg / litre dans les pays tropicaux. Si vous n'avez pas de pèse-acide, faites mesurer vos batteries dans un magasin de pièces pour automobile. Si vous avez un pèse-acide, suivez ses instructions. Si aucune mesure précise de densité n'est possible, exécutez un test de charge tel que décrit ci-dessus.

Si le niveau d'électrolyte semble bas ou le niveau d'acide est trop élevé, ajoutez de l'eau. Utilisez uniquement de l'eau distillée. Si de l'eau distillée n'est pas disponible, de l'eau minérale ou de l'eau de pluie fraîchement récupérée peut la remplacer en cas d'urgence. Si besoin, faites votre propre eau distillée par refroidissement de vapeur et collecte de l'eau de condensation. Ne pas utiliser l'eau du robinet à moins qu'il n'existe pas d'alternative. Si de l'acide doit être ajouté, celui-ci peut être acheté dans un magasin de pièces pour automobiles.

Lors de la recharge des batteries au plomb en milieu tropical, la tension de charge doit rester entre 11,2 et 13,9 V. Limiter le courant de recharge à moins d'un dixième de la capacité (<0,1 C). Par exemple, limiter la charge à 10 A pour une batterie évalué à 100 Ah et 5 A pour une batterie de puissance à 50 Ah.

2.19.3. Tests minima suggérés

Si la batterie marche et si un chargeur adéquat est disponible, elle est prête à l'utilisation. Il n'y a pas besoin de procédure de test supplémentaire.

3. Équipements des laboratoires médicaux

Les zones où l'on trouve la plus grande densité d'équipements dans un hôpital sont les salles d'opération, l'unité de soins intensifs et les laboratoires. Même dans les pays en développement, où les laboratoires sont souvent les départements de l'hôpital les moins bien dotés, il y a une concentration importante de matériel dans ces services. Parce que ces équipements ne touchent pas directement le patient, ils sont traités un peu différemment des équipements des autres services. Par conséquent, ils sont traités dans une section distincte de ce livre.

En raison des coûts d'investissement élevés et de l'évolution des technologies, la plupart des plus gros appareils dans les pays développés ne sont pas achetés par les hôpitaux, mais loués ou obtenus sur la base d'un "contrat d'achat de réactifs". Un contrat d'achat de réactifs signifie que l'équipement est essentiellement gratuit, mais l'hôpital le paie via les réactifs utilisés pour effectuer les tests. Ce modèle économique a rendu l'utilisation de la plupart des équipements modernes de laboratoire impossible dans les pays en développement. Ils ne peuvent tout simplement pas soutenir l'achat des réactifs. Par conséquent, il existe d'énormes différences entre un laboratoire aux États-Unis et un dans les pays en développement.

Certains équipements automatisés trouvés aux États-Unis le seront dans les pays en développement, mais dans ce cas ils seront souvent laissés dans un coin, inutilisés. Les efforts pour y remédier peuvent être inutiles parce que les réactifs nécessaires peuvent manquer. Cette section ne couvre que le matériel le plus courant qui sera utilisé en routine dans un laboratoire de pays en développement.

Dans la plupart des laboratoires médicaux, vous trouverez de vieux équipements qui, s'ils sont utilisés correctement, donneront d'excellents résultats. Cependant, ils peuvent être mal utilisés ou cassés. Il y a un taux plus élevé d'erreurs d'utilisation associés à ces équipements de laboratoire, où les procédures sont plus lourdes, que dans d'autres services hospitaliers. Vous passez souvent plus de temps, en tant qu'ingénieur, à chercher si le problème vient de la procédure suivie ou de l'équipement.

3.1.1. Sections trouvées dans cette partie de l'ouvrage.

Contrairement aux équipements décrits dans la première partie de ce livre, vous aurez rarement besoin de calibrer un équipement de laboratoire par vous-même. Dans la plupart des cas, un seul technicien sait comment utiliser un équipement donné - ou l'utilise régulièrement - dans un hôpital. Par conséquent, vous pouvez, et devrez partager avec cette personne la responsabilité de déterminer ce qui ne va pas avec l'équipement et s'il fonctionne correctement après votre intervention. Vous n'aurez pas besoin de savoir comment calibrer le matériel dans de nombreux cas parce que le technicien attiré à cet équipement doit savoir repérer si l'équipement fonctionne correctement et être en mesure de le recalibrer.

Par conséquent, pour les réparations au laboratoire, il est tout d'abord essentiel de développer de bonnes relations avec l'utilisateur de l'équipement. Menez un entretien approfondi avec lui pour préciser le problème. Puis asseyez-vous avec lui lorsque vous êtes prêt à vérifier si le problème a été résolu correctement.

Par conséquent, il y a peu de descriptions, dans cette section du livre, des tests requis avant de remettre en service les équipements. Ce n'est pas ce qu'il ne faille pas tester l'équipement, mais plutôt que le test doit être réalisé avec le technicien. Un technicien de laboratoire expérimenté connaît bien comment calibrer son équipement.

3.2. Balances

3.2.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Les balances sont des instruments fiables et précis utilisées pour mesurer le poids ou la masse d'une substance ou matière. La capacité à mesurer des poids aussi grand que 50 kg et aussi petit que 10 μg les rend tout à fait courantes.

Il existe deux grandes catégories de balances, mécaniques et électromagnétiques. Les balances mécaniques ont tendance à être les plus simples de ces deux catégories. Elles sont habituellement constituées de ressorts ou de bras de levier, et utilisent une force ou masse connue pour mesurer la masse inconnue.

Les balances électromagnétiques sont un peu plus complexes, mais en général, plus conviviales. Elles sont souvent basées sur la mesure du courant nécessaire pour faire léviter le plateau et la masse à peser. Un fil est attaché au plateau de pesée. Ce fil est placé entre les deux pôles d'un aimant permanent. Lorsqu'une substance est placée dans le plateau, le fil se déplace et un courant additionnel est nécessaire pour faire revenir le fil dans son état de repos initial. La différence de courant est mesurée à l'intérieur de la balance et sert à déterminer la masse de la substance placée sur le plateau.

3.2.2. Problèmes courants

Les problèmes internes d'une balance électromagnétique ne peuvent habituellement pas être réparés sur site par un ingénieur dans les pays en développement. Les balances mécaniques sont très fiables et ont rarement besoin de réparations majeures. Par conséquent, les problèmes les plus susceptibles d'occuper l'ingénieur travaillant dans les pays en développement sont de nature mineure.

Les problèmes les plus courants associés à une balance électromagnétique sont le résultat de facteurs environnementaux et d'erreurs d'utilisation. Les principaux facteurs environnementaux conduisant à des résultats inexacts ou aléatoires sont la température, l'électricité statique, les vibrations, l'horizontalité (inclinaison), et le vent. Si les lectures sont inexactes ou irrégulières, n'importe quelle de ces raisons peut en être la cause. Protéger la balance des vibrations, de l'électricité statique et des courants d'air est facile à faire et peut résoudre le problème. La mise à niveau est également facile à faire. Le contrôle de la température, d'un autre côté, peut être problématique. Si vous trouvez que la balance fonctionne correctement dans la nuit ou tôt le matin, mais pas au milieu de la journée, vous pourrez avoir à restreindre son utilisation aux périodes où la température de la pièce est stable et basse.

Les problèmes les plus courants avec les balances mécaniques sont liés à des facteurs environnementaux et à l'entretien. Les mouvements de la balance doivent être exempts de saleté et autres résidus. Si une balance mécanique donne des lectures erronées, nettoyez et huilez toutes les pièces mobiles avant de faire tout autre diagnostic ou réparation

3.2.3. Tests suggérés

Les balances sont si fiables, que le technicien ne peut pas savoir comment effectuer une calibration. Toutefois, une calibration grossière est très simple. D'abord, placez un récipient propre au centre du plateau de pesée. Si la balance est dans une boîte, fermez la porte. Faire le zéro en appuyant sur la touche TARE (une longue barre rectangulaire, une portion de cadran, ou, si la tare est absente, notez la lecture de la balance avec le récipient). Placez un volume connu d'eau sur la balance. Dans la plupart des cas, la façon la plus précise d'ajouter la quantité d'eau désirée est d'utiliser une seringue. Lisez maintenant l'affichage de la balance. (S'il n'y a pas TARE, soustrayez votre mesure initiale). Comparez le résultat avec le poids réel de l'eau (l'eau pèse un gramme par millilitre). La précision de la balance dépassera probablement celle de votre mesure du volume de l'eau, aussi répétez la mesure quatre ou cinq fois.

3.3. Centrifugeuses and Moteurs Electriques

3.3.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Si un liquide contient des particules, celles-ci finissent par couler au fond sous l'effet de la gravité. Une centrifugeuse sépare plus rapidement les particules du liquide en le faisant tourner pour créer une force de gravité plus élevée. Les mélanges liquide / liquide ou liquide / solide peuvent être séparés, avec la substance de densité supérieure qui migre vers la partie extérieure de la centrifugeuse. Les centrifugeuses varient en taille, en vitesse et durée de rotation, en température et en angles de rotation des échantillons.



Cette petite centrifugeuse électrique de table est courante dans les pays en développement. Cependant, les petites cliniques peuvent n'avoir qu'une centrifugeuse à manivelle.

Une centrifugeuse se compose d'un socle et d'un cylindre de centrifugation dans laquelle la substance à séparer est placée. Certaines centrifugeuses ont des minuteries qui arrêtent automatiquement après un temps déterminé et quelques unes ont aussi des régulateurs de vitesse de haute précision pour contrôler la vitesse avec laquelle la centrifugeuse tourne. Les centrifugeuses peuvent être utilisées pour préparer une substance à analyser ou analyser sa teneur en particules. Il y a deux types de centrifugeuses de préparation : mécaniques et électriques. Parmi les centrifugeuses d'analyse, la seule utilisée en médecine est la microhématocrite utilisée pour séparer le plasma du sang.



Avec le couvercle de cette centrifugeuse relevé, vous pouvez voir les quatre supports dans lesquels les tubes d'échantillons ou les tubes d'équilibrage seraient placés. Lorsque le rotor tourne, les tubes pencheront sous un certain angle. Le petit rond point juste au-delà de l'intérieur blanc (centre bas) est un dispositif de verrouillage qui empêche l'appareil de tourner si le couvercle est ouvert.

Les centrifugeuses les plus simples ont un moteur à vitesse unique, une minuterie mécanique et un rotor qui tient les échantillons à un angle prédéterminé de 20 à 40 degrés. Pour la sécurité de l'utilisateur, le couvercle de la centrifugeuse devrait avoir un verrouillage de sorte que la centrifugeuse ne tourne pas avec le couvercle ouvert.

Un rotor simple, est réalisé en métal avec 4, 6 ou 8 trous percés avec un certain angle où les échantillons sont placés. L'équilibrage du rotor est très important. Si l'utilisateur ne dispose que de quelques échantillons à centrifuger, il peut avoir à utiliser de "faux tubes" pour bien équilibrer la charge. Etant donné que l'arbre du moteur est attaché au rotor, des charges inégales peuvent causer des dommages au moteur et donner des vitesses irrégulières. Un autre type de rotor dispose d'un portoir d'échantillons qui sont à la verticale au repos mais s'inclinent de 20 à 40 degrés pendant la rotation.

Les centrifugeuses les plus simples ont une seule vitesse allant de 2 500 à 10 000 tours/minute TPM. Les centrifugeuses "basse vitesse" ont une vitesse de rotation jusqu'à 12 000 TPM, celles à "grande vitesse" peuvent tourner jusqu'à 35 000 tours/minute et les "ultra-haute vitesse" peut atteindre 125 000 tours/minute. Les centrifugeuses simples à vitesse variable auront un rhéostat de contrôle de la vitesse; celui-ci peut être non-linéaire. La plupart des centrifugeuses à vitesse variable les plus récentes ont des tachymètres qui affichent la vitesse aux utilisateurs. Des systèmes plus sophistiqués de contrôle de la vitesse peuvent impliquer des SCR, des moteurs pas à pas et des systèmes asservis.

La plupart des centrifugeuses haute-vitesse et toutes celles à ultra-haute vitesse sont réfrigérées, car la friction causée par l'air sur les échantillons les ferait sécher, ce qui changerait les résultats.

Les centrifugeuses ont une minuterie, électronique ou mécanique, intégrée aux contrôles. Le temps peut être réglé de secondes à jours suivant la centrifugeuse. Si aucune durée n'est sélectionnée, la centrifugeuse ne fonctionnera probablement pas. Par ailleurs, la centrifugeuse peut ne commencer à tourner qu'après un délai de quelques secondes après avoir réglé la vitesse, la minuterie et appuyé sur le bouton de démarrage.

3.3.2. Problèmes courants

Toute pièce de la centrifugeuse peut causer un problème. Toutefois, toutes les pièces de la centrifugeuse ne peuvent ou ne doivent être réparées. Après avoir écarté la minuterie, le rotor et la majeure partie du reste de l'appareil, la seule pièce réparable de la centrifugeuse qui demande plus d'explications est le moteur.

Si la minuterie est en panne, la seule solution pratique au laboratoire est souvent de la contourner (de sorte que la centrifugeuse tourne toujours lorsqu'elle est allumée), et de dire au personnel d'utiliser un chronomètre indépendant. Comme il y a généralement un personnel abondant dans les hôpitaux des pays en développement, cette solution est généralement bien acceptée, surtout s'il a déjà travaillé sans aucune centrifugeuse.

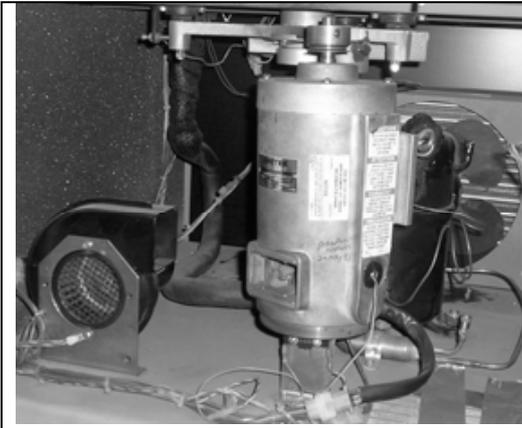
Si le rotor est fissuré ou déformé, il ne devrait pas être réparé. Des forces considérables sont mises en jeu dans une centrifugeuse. Si le rotor est affaibli ou déséquilibré en étant déformé, la centrifugeuse pourrait subir de gros dégâts et le personnel être blessé en l'utilisant.

Les centrifugeuses mécaniques ont, en général, seulement besoin de lubrification et de nettoyage avant de les remettre en service. Si une pièce est cassée, elle ne peut pas souvent être réparée.

Toutes les centrifugeuses fabriquées après 1990 sont tenues d'avoir un système de verrouillage qui ne permet pas au rotor de tourner avec le couvercle ouvert. Certains de ces systèmes de verrouillage sont très simples; un solénoïde qui pousse une tige à travers un trou dans le verrou de couvercle est courant. D'autres sont plus complexes et peuvent comporter plusieurs solénoïdes, des câbles flexibles et une horloge. L'horloge peut être connectée à l'indicateur de vitesse et ne pas libérer les solénoïdes avant qu'un délai ne se soit écoulé après que la vitesse soit tombée à zéro. Ces appareils chronométrés peuvent être apparemment en panne parce que l'opérateur ne peut pas ouvrir immédiatement le couvercle. Consultez le manuel, le cas échéant, afin de confirmer ce délai et voir s'il est réglable.

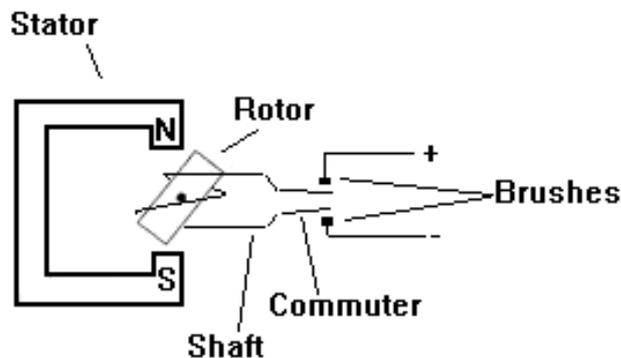
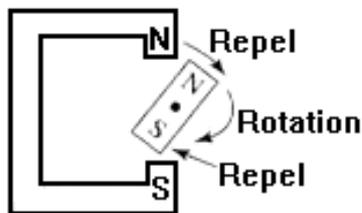
Il y a toujours la tentation de contourner un système de verrouillage en panne. Cela ne devrait être fait que pour des laboratoires qui n'ont pas d'autre centrifugeuse et seulement après avoir consulté sérieusement le technicien qui utilisera la machine. Mettez une photo sur le couvercle de la centrifugeuse montrant un doigt abîmé et un couvercle ouvert afin que tous les futurs utilisateurs soient avertis de ce danger.

Moteurs



L'intérieur d'une centrifugeuse simple n'est rien de plus qu'un moteur et quelques commutateurs. Cette centrifugeuse plus sophistiquée comprend deux ventilateurs (moteurs supplémentaires) et un peu d'électronique (non visible)

Le coeur d'une centrifugeuse est le moteur. Presque tous les moteurs électriques à vitesse variable dans les pays en développement fonctionnent sur le même principe, qu'ils soient dans une centrifugeuse ou toute autre pièce d'équipement (les moteurs à vitesse fixe, tels que les pompes et les compresseurs sont souvent du type à induction, qui n'est pas discuté ici). Le moteur fonctionne par passage d'un courant électrique à travers des électro-aimants attachés à un arbre tournant. Des aimants permanents, fixes, attirent ou repoussent les électro-aimants en fonction de l'orientation des champs magnétiques. Les orientations des champs sont commutées de telle sorte que les électro-aimants soient progressivement attirés vers les aimants permanents suivants autour du cercle, faisant tourner avec eux l'arbre du moteur.



Si un aimant est placé à l'intérieur d'un autre aimant, il peut être mis en rotation autour d'un arbre s'ils se repoussent, les polarités proches étant les mêmes. Si la polarité de l'aimant rotatif est alors commutée, l'arbre et l'aimant continueront à tourner, et le dispositif sera un moteur. Afin d'inverser la polarité, des brosses touchent des inverseurs, les brosses et les inverseurs formant des commutateurs. Pendant la rotation de l'arbre, les brosses touchent différents inverseurs, faisant alterner la polarité de l'aimant tournant.

Repel = repousse
Brushes = Balais
Commuter = Inverseur
Shaft = Arbre (du moteur)

En général, l'ingénieur sur site ne sera pas appelé à rebobiner un moteur électrique. Pratiquement toutes les grandes villes des pays en développement ont un atelier qui peut accomplir cette tâche. La plupart des moteurs utilisent des balais en charbon pour établir un contact électrique avec les électro-aimants sur la partie tournante du moteur. Ces balais s'usent avec le temps et doivent être remplacés. Ils peuvent être remplacés par l'ingénieur sur le site.

Les balais ne doivent être remplacés qu'avec des balais de la même taille. N'utilisez pas de balais trop petits car ils peuvent s'user de façon inégale et abîmer l'arbre du moteur. Les balais sont maintenus contre l'arbre par

la pression d'un ressort; si le ressort s'affaiblit, casse ou manque, le moteur peut ne pas tourner. Si les dispositifs qui maintiennent en place les balais se desserrent ou se fissurent, cela peut conduire également les balais à perdre le contact et le moteur ne fonctionnera pas du tout ou pas de manière continue.

Des balais qui sont installées correctement et avec la bonne pression du ressort s'usent uniformément et ont un aspect brillant presque lumineux sur la surface de contact. Si les balais sont défectueux ou ne font pas un bon contact, la surface de contact du balai sera terne et rugueuse. Les deux balais doivent être retirés de l'appareil et comparés en cas de dépannage.

L'arbre est maintenu dans le centre des aimants permanents par des roulements. Ceux-ci ne sont pas souvent la cause du problème, mais dans certains cas, ils peuvent faire du bruit si l'arbre vibre au lieu d'être maintenu en place. Les roulements peuvent être retirés et remplacés. La plupart des villes des pays en développement ont les ateliers de réparation de moteur qui peuvent remplacer ou réparer les roulements.

En plus des brosses et des roulements, de nombreux ensembles avec moteur, y compris les centrifugeuses, peuvent disposer de systèmes de freinage. Si le rotor d'une centrifugeuse, par exemple, était laissé libre de s'arrêter, cela pourrait demander beaucoup de temps pour que le rotor passe de 100 000 tours/minute à zéro. Pour réduire ce temps la plupart des appareils ont un frein. Le frein n'est pas un dispositif mécanique, comme sur votre voiture. Dans certains systèmes, le frein est une résistance qui est placée temporairement aux bornes du moteur. Le moteur fonctionne alors comme un générateur, l'énergie mécanique provenant du rotor et l'énergie électrique se perdant dans la résistance.

Les moteurs sont parfois utilisés dans un pays dont le réseau électrique fonctionne à 50 Hz, en dépit du fait d'avoir été conçus pour une utilisation en 60 Hz. En général, cela ne provoque que de petits problèmes dans des centrifugeuses. Dans d'autres applications, cela peut provoquer une surchauffe. Si possible, réduisez la tension appliquée à ces moteurs d'environ 10% pour réduire la surchauffe.

Dans des systèmes plus sophistiqués, le frein inverse le champ électrique dans les électro-aimants pour tenter de faire tourner le rotor en sens inverse. L'opérateur doit inverser l'interrupteur et ne devrait le maintenir dans le sens inverse ou dans la position d'arrêt que pendant quelques secondes à la fois.

3.3.3. Tests suggérés

La centrifugeuse crée des forces considérables à l'intérieur du cylindre de centrifugation pendant son utilisation. Si le rotor se brisait ou se détachait, cela pourrait endommager la centrifugeuse ou blesser l'utilisateur. Par conséquent, vous devrez effectuer des tests de sécurité avant de remettre l'appareil en service.

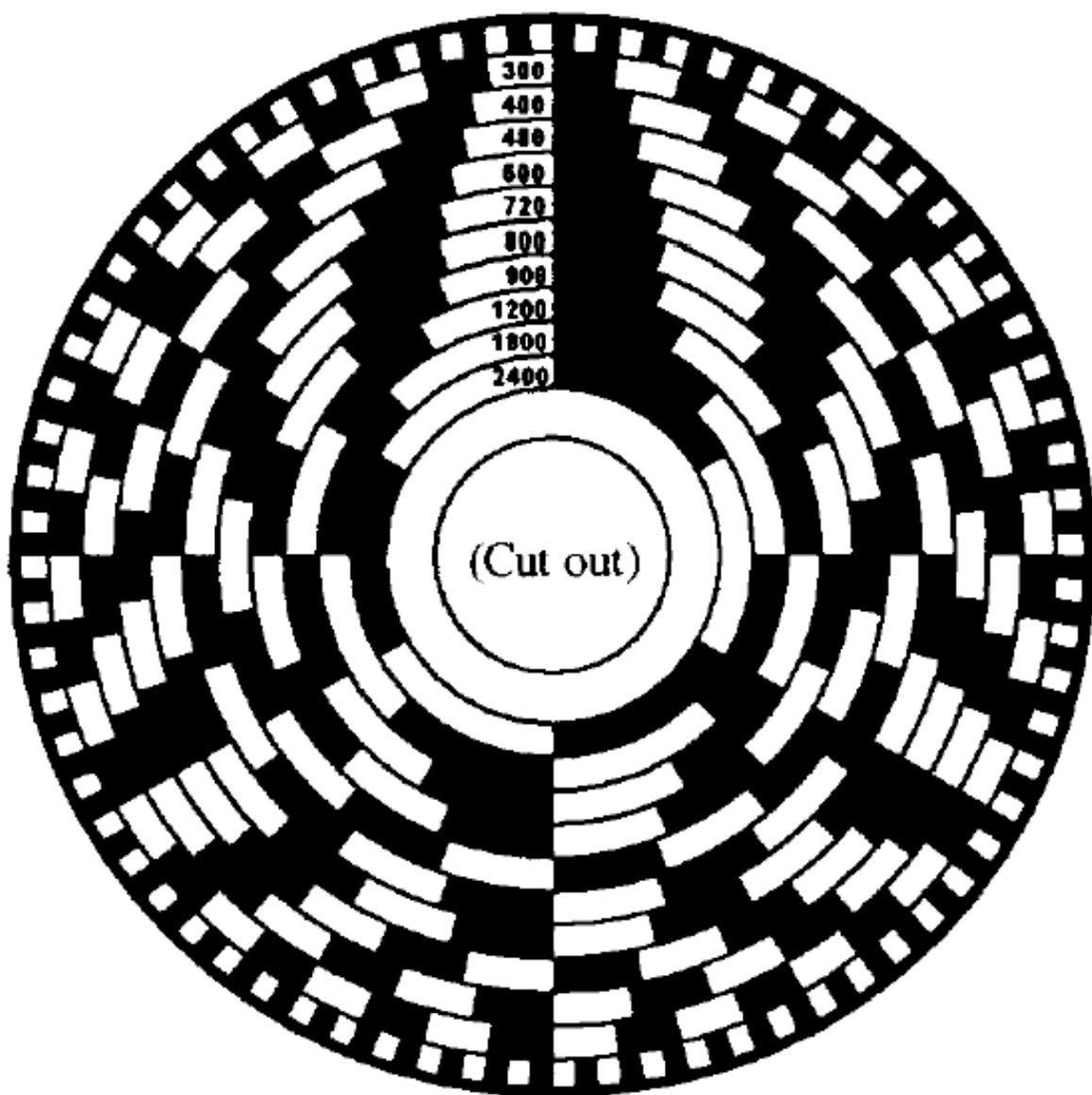
Tout d'abord, vérifiez que le couvercle ne peut être ouvert quand le rotor tourne. Ne rendez jamais une centrifugeuse qui peut être ouverte alors que le rotor tourne sans bien avertir le personnel des dangers. Si c'est la seule centrifugeuse dont dispose l'hôpital, vous pouvez devoir la remettre en service pour une utilisation sans verrouillage de sécurité.

Deuxièmement, vous devez vous assurer que l'appareil peut tourner à la vitesse fixée et freiner sans bruit excessif. Veillez à équilibrer le rotor (avec un nombre égal de tubes remplis d'eau de chaque côté) avant de le mettre en marche. Vérifiez s'il y a des fissures ou des déformations sur le rotor avant de l'utiliser. Une attention particulière doit être portée aux centrifugeuses qui ont des rotors qui peuvent s'enlever. Des utilisateurs sont connus pour ne pas toujours serrer à fond le bouton de fixation du rotor à l'arbre de moteur, causant de graves dommages à la centrifugeuse et au laboratoire lorsque le rotor s'est détaché tout en tournant.

L'essai idéal d'une centrifugeuse est celui de la vérification de la vitesse de rotation avec un tachymètre. Cependant, vous pouvez faire une mesure approximative de la vitesse de rotation des centrifugeuses sans cela. Sous la lumière d'une ampoule fluorescente qui fonctionne sur du courant à 60 Hz, le masque ci-dessous vous donnera une lecture précise lorsque la centrifugeuse tournera à l'une des vitesses inscrites sur le masque. Le "clignotement" à 120 Hz de l'ampoule fluorescente va faire que l'une des bandes apparaîtra fixe à la vitesse de rotation indiquée par cette bande. Ce test ne fonctionne pas avec une ampoule à incandescence.

Pour utiliser le masque, photocopiez-le, découpez-le, et placez-le sur l'arbre moteur. Vous devrez peut-être le couvrir de ruban adhésif transparent pour le rendre plus rigide. Augmentez la vitesse de rotation de la

centrifugeuse jusqu'à ce que l'une des bandes paraisse fixe, marquez cette position sur le bouton de contrôle de vitesse. Comptez les bandes à partir de l'intérieur pour repérer la bande immobile. Vous pouvez augmenter la vitesse jusqu'à trouver la prochaine fois où cette même bande s'arrête. Cette vitesse correspond au double de la vitesse de rotation marquée. De même, vous pouvez trouver des vitesses qui sont trois, quatre fois ou plus ce qui est marqué en comptant le nombre de fois où ces mêmes bandes s'arrêtent de tourner lorsque vous augmentez le nombre de tours par minute. Pour déterminer le nombre de tours par minute, arrêtez la centrifugeuse, lisez la vitesse inscrite sur la bande, et multipliez par le nombre de fois où elle s'est arrêtée lorsque vous avez augmenté la vitesse de rotation. Vous devrez faire ce test quelques fois avant d'obtenir des résultats cohérents.



(Vérifier l'agrandissement lors de l'impression)

3.4. Microtomes

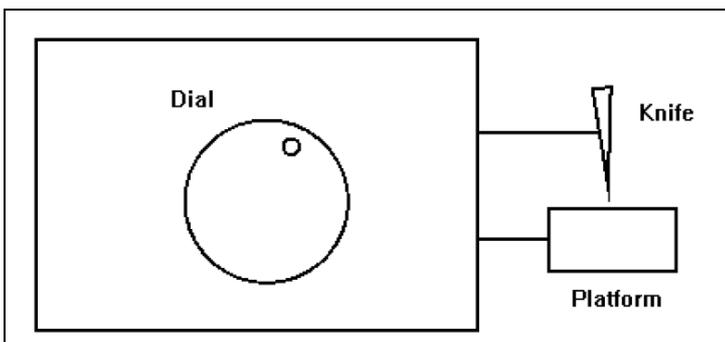
3.4.1. Utilisation et principes de fonctionnement

L'histologie est l'étude des tissus, limitée dans les pays en développement à l'utilisation de la lumière visible, d'un microscope, d'une loupe ou à l'œil nu. Afin de mieux examiner l'échantillon de tissu provenant du patient, l'échantillon est d'abord coupé (ou sectionné) en tranches fines, habituellement de 1 à 10 microns (micromètres) d'épaisseur. Le tissu est coupé si finement qu'il est translucide. L'instrument qui coupe le tissu dans ces tranches si minces est le microtome.



La plupart des plus grands hôpitaux des pays en développement auront un petit microtome manuel comme celui-ci.

Un petit hôpital dans les pays en développement pourrait aussi avoir un microtome manuel. Les grands hôpitaux des pays développés auront soit un appareil rotatif ou un microtome à cryostat pour faire des coupes congelées. Quelque soit le type de microtome utilisé, le spécimen est préparé, souvent dans de la paraffine, puis attaché fermement dans le microtome. L'échantillon est ensuite avancé sur le dispositif d'alimentation jusqu'à ce que son bord se trouve dans la zone de coupe. Le couteau est déplacé en tournant un volant (ou en le faisant avancer à la main). En descendant, le couteau coupe une tranche de l'échantillon. Dans un microtome automatique, lorsque le couteau remonte, l'échantillon est tiré en arrière de sorte que le tranchant du couteau ne le touche plus.



Un microtome manuel tranche un morceau de tissu mince de la préparation avec un couteau. La plate-forme tient le tissu. Le cadran fait avancer le tissu de quelques micromètres.

Dial = cadran
Knife = Couteau
Platform = Support

Il existe d'autres types de microtomes tels que le "sledge microtome" (à chariot; pour faire à la main des coupes de grandes dimensions; c'est l'échantillon qu'on déplace), le microtome avec congélation (avec une étape de la coupe qui congèle l'échantillon) et l'ultra-microtome (qui coupe sections ultra fines), mais on en trouve rarement dans les pays en développement.

3.4.2. Problèmes courants

Le problème le plus courant avec un microtome est dû au couteau. De nombreux microtomes modernes utilisent des couteaux jetables. Ce qui n'est pas judicieux dans les pays en développement en raison de la dépense que cela entraîne. Pour cette raison les couteaux jetables sont souvent réutilisés. Les couteaux réutilisables sont une

meilleure option, en autant qu'ils soient aiguisés régulièrement. L'aiguisage des couteaux est une technique courante dans les pays en développement, mais peut ne pas être utilisée.

L'angle du couteau peut créer des problèmes. L'angle de dégagement, qui est l'angle entre le biseau de la lame du couteau et le bloc, doit être typiquement entre 2 et 4 degrés pour des coupes à la paraffine et entre 5 et 7 degrés pour des coupes à la résine ou congelées, pour être le plus efficace. Si l'angle de coupe est trop grand, il peut provoquer une compression dans la section de coupe. Si l'angle de coupe est trop petit, le tranchant du couteau peut vibrer provoquant épaisseurs inégales dans la section. Ces angles peuvent être ajustés et des sections coupées jusqu'à ce que le technicien soit satisfait des résultats.

Un microtome doit être bien entretenu pour fonctionner correctement. Il doit être nettoyé après chaque utilisation. Vous pouvez utiliser une huile très légère pour empêcher la corrosion et améliorer le fonctionnement du mécanisme. Le couteau doit être enlevé après chaque utilisation. Un capot de protection doit couvrir les surfaces de coupe après chaque utilisation. Si vous ne trouvez pas de preuve que cet entretien est effectué, nettoyez complètement la machine et tentez à nouveau une coupe.

Sur les machines à cryostat, vous pouvez également soupçonner les éléments de refroidissement. Il existe un mécanisme de désembuage qui permet à l'utilisateur de voir la coupe à l'intérieur de la chambre froide. Ce mécanisme peut se boucher ou être cassé.

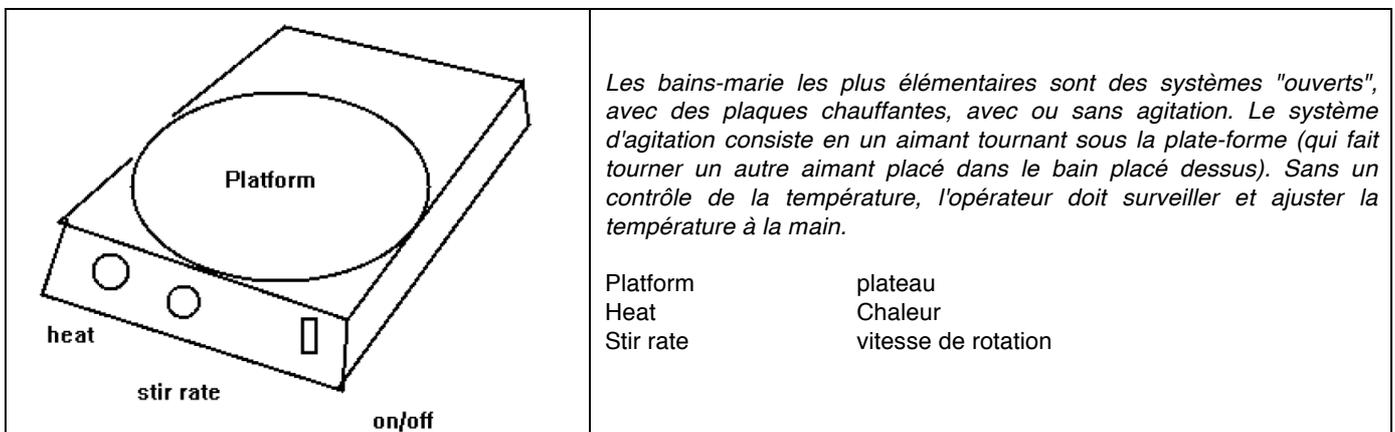
Enfin, vous pourrez penser à une erreur d'utilisation. La préparation de l'échantillon et sa manipulation après la coupe peuvent affecter considérablement les résultats. La dureté de la masse d'enrobage est l'un des principaux facteurs qui conditionne la coupe de l'échantillon. Les composés d'enrobage sont de la gélatine (pour des coupes de 50 à 200 microns), la congélation de l'échantillon (5 à 20 microns), de la paraffine (1 à 15 microns), des mélanges de paraffine / cire / résine (0,5 à 2 microns) et de la résine pure (0,05 à 1 micron). Vous pouvez rencontrer n'importe laquelle de ces préparations dans les pays en développement, et vous pouvez trouver un technicien utilisant le mauvais matériau d'enrobage pour l'épaisseur de coupe désirée.

3.5. Bains-marie, agitateurs et plaques chauffantes

3.5.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Comme son nom l'indique, un bain d'eau (bain-marie) est tout simplement un dispositif qui maintient l'eau à une température de consigne pour y baigner un objet. Un bain-marie est couramment utilisé pour ajuster la température des bouteilles et des flacons contenant des enzymes, des médicaments, ou du sang, ainsi que de nombreuses autres substances. Ils peuvent être utilisés à la fois en clinique ou dans le cadre de recherches en fonction des besoins de l'utilisateur. Dans un environnement médical, le bain d'eau est couramment utilisé pour porter un spécimen à la température du corps, tel que le sang ou un organe pour une transplantation. De même, un bain d'eau réfrigérée peut refroidir un échantillon à zéro degré ou en dessous si nécessaire.

Les bains-marie peuvent être utilisés à différentes températures, et selon le fabricant, peuvent avoir des points de consigne, souvent 37 °C, ou permettre à l'utilisateur de régler la température de l'eau. Suivant le bain-marie et ses spécifications, la température peut être maintenue dans une fourchette très étroite; quelques uns sont précis à plus ou moins un dixième de degré Celsius. D'autres modèles peuvent fluctuer d'au moins un ou deux degrés.



Les bains-marie les plus élémentaires sont des systèmes "ouverts", avec des plaques chauffantes, avec ou sans agitation. Le système d'agitation consiste en un aimant tournant sous la plate-forme (qui fait tourner un autre aimant placé dans le bain placé dessus). Sans un contrôle de la température, l'opérateur doit surveiller et ajuster la température à la main.

Il y a quatre types usuels de bain-marie: standard, avec agitateur, réfrigérés, et orbital. Le premier est un bain d'eau standard avec très peu de composants électroniques, et c'est le plus simple des bains-marie. Ceux-ci sont appelés plaques chauffantes. Il n'existe pas de feedback avec ce type de dispositif (contrôle ouvert). En d'autres termes, ce type de bain-marie ne modifie pas la quantité de chaleur fournie en fonction de la température détectée. Ce type de bain-marie aura généralement un cadran analogique pour fixer grossièrement la température souhaitée (en fait la chaleur fournie).

Un autre type de bain-marie dispose d'un agitateur, aussi connu comme bain d'eau circulante. Il utilise un aimant rotatif en dessous de la surface chaude. Un aimant, placé dans le contenant du liquide, est entraîné par l'aimant placé sous la plate-forme, remuant le liquide dans le bécher. L'action d'agitation permet à l'eau de chauffer plus rapidement et plus uniformément.

Le bain-marie réfrigéré est utilisé pour refroidir plus lentement les substances qu'en les plaçant simplement dans un réfrigérateur. Il est relativement rare dans les pays en développement.

Le bain- marie orbital (ou shaker), est la plus récente avancée en technologie de bain-marie. Il dispose des moyens pour secouer le liquide sans qu'il soit nécessaire d'y déposer un aimant. Les bains d'eau orbitaux ont généralement un contrôle de la température ainsi que de la vitesse d'agitation, de la longueur de course d'agitation, et parfois une minuterie. Ils sont aussi rares dans les pays en développement.

3.5.2. Problèmes courants

Plus le modèle est complexe, plus il y a de composants qui peuvent faire défaut et faire que l'appareil ne fonctionne pas ou fonctionne de manière incorrecte. Cependant, les composants de base d'un bain-marie sont l'élément chauffant et le moteur (s'il y a un bain avec agitateur ou mouvement orbital). Pour plus de détails sur les moteurs,

voir le chapitre sur les centrifugeuses. L'élément chauffant est habituellement un fil *Nicrome*, qui peut souvent être remplacé dans les pays en développement.

Les erreurs d'utilisation sont assez courantes avec des bains-marie, parce que les alarmes de niveau et de température peuvent être source de confusion. Assurez-vous que l'appareil est plein et de niveau avant de l'utiliser.

Le seul dispositif nécessaire pour calibrer un bain-marie est un thermomètre, et peut-être une montre. Si vous souhaitez tester le dispositif juste pour être sûr qu'il fonctionne, assurez-vous que le bain est plein et de niveau avant de l'allumer. S'il réchauffe et agite, il est prêt pour le test final. Discuter des aspects les plus critiques du fonctionnement avec le technicien utilisateur et testez l'appareil à ses spécifications.

3.6. Microscopes

3.6.1. Utilisation et principes de fonctionnement

En histologie, pathologie, hématologie et d'autres secteurs des laboratoires cliniques, le microscope est un appareil critique. Même les plus petits et les plus mal équipés des hôpitaux des pays en développement auront un microscope. Bien que ces appareils posent rarement de problème, ils nécessitent un nettoyage et une lubrification sur une base régulière.

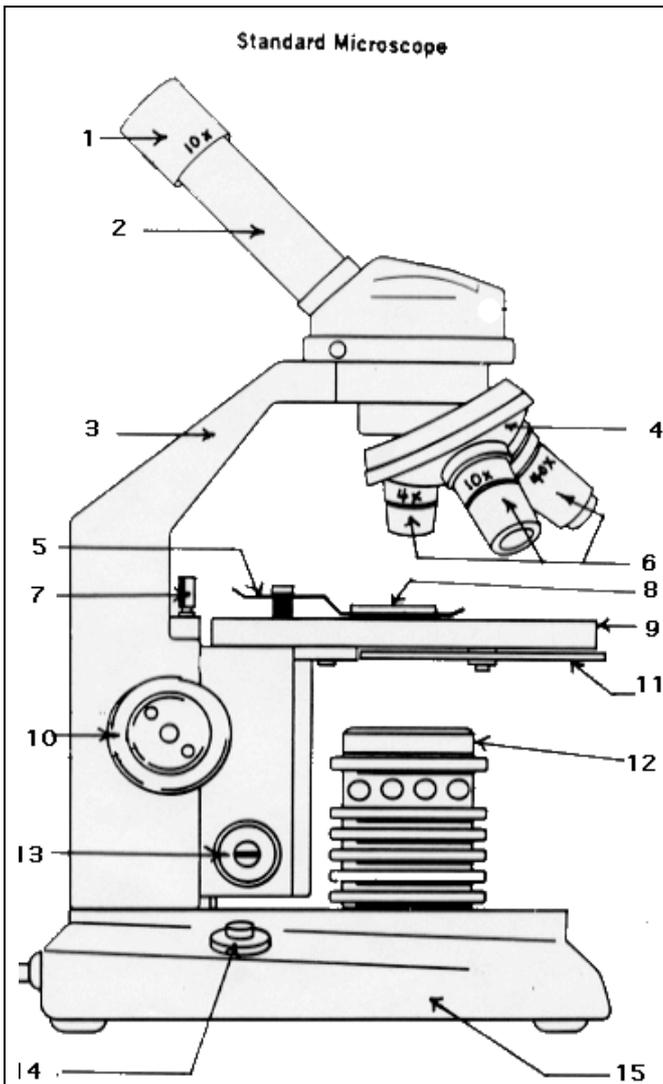


Figure 2: Structure générale d'un ensemble de microscope optique et de sa lumière, repéré par pièces. (1) oculaire (2) corps du tube, (3) bras, (4) barillet, (5) pince porte échantillon, (6) objectifs, (7) arrêt du plateau, (8) lame (9), platine, (10) bouton de réglage grossier (11) diaphragme (12), source de lumière (13) bouton de réglage fin (14), interrupteur et (15) base.

Il existe de nombreux types de microscopes. Cependant, le seul régulièrement rencontré dans les pays en développement est le microscope optique composé. Un microscope optique composé peut avoir un grossissement maximal de l'ordre de 2000. Cependant, les grossissements typiques en clinique s'échelonnent jusqu'à 1000 X (objectif 100X et un oculaire 10X).

Les microscopes composés ont une source de lumière, externe ou intégrée, qui est utilisée pour éclairer par dessous l'échantillon monté sur une lame. Ce peut être un faisceau de lumière directe ou réfléchi par un miroir. Sur certains modèles, il y a un diaphragme qui permet de contrôler la taille du faisceau de lumière incidente sur l'échantillon. Il peut y avoir également un contrôle de l'intensité de la source lumineuse, un filtre, entre la source lumineuse et le spécimen, qui élimine certaines longueurs d'onde ou qui polarise la lumière.

La disposition générale d'un microscope optique composé est représentée sur la figure à gauche. Il comporte quinze composantes principales.

Les composants les plus importants sont les objectifs (6), les boutons de réglage (10), la source de lumière (12) - souvent située dans la base (15) et l'oculaire (1). La lentille de l'objectif d'un microscope est petite et sphérique, ce qui signifie qu'il a une petite distance focale, pour amener l'objet au point à une distance plus courte. L'image est ensuite agrandie par une deuxième lentille, dite lentille oculaire ou oeillette.

Normalement, dans un microscope composé médical, les trois objectifs ont un grossissement de quatre fois (4X), de dix fois (10x), et quarante fois (40X). Parfois, un objectif 100X est présent, mais il faudra mettre de l'huile entre l'objectif et l'échantillon, au lieu de l'air. Les objectifs sont interchangeables dans un microscope et parfois entre les microscopes d'un même fabricant. Ils ne sont pas souvent interchangeables entre les fabricants. L'oculaire est généralement fixe, avec un grossissement, habituellement de dix fois (10x).

L'épaisseur de la vitre de protection de l'échantillon peut affecter la mise au point de l'image; l'épaisseur correcte de cette protection est parfois inscrite sur le côté de la lentille de l'objectif.

3.6.2. Problèmes courants

Le problème le plus courant avec les microscopes est celui dû à des objectifs sales ou cassés. Malheureusement, les objectifs ne peuvent pas être réparés et sont très coûteux à remplacer. Il peut être moins coûteux de remplacer l'ensemble du microscope que de remplacer un objectif.

Les optiques peuvent être nettoyées avec un chiffon sans peluche, imbibé d'alcool. C'est une bonne idée que de souffler la poussière avec une cannette d'air comprimé avant de le nettoyer. Soyez très prudent pour ne pas rayer les optiques car elles sont recouvertes de revêtements minces, d'épaisseurs très précises, pour corriger les aberrations chromatiques. Ces revêtements peuvent être nettement moins durs que la lentille elle-même.

La source de lumière est la deuxième cause la plus fréquente de problèmes. Les ampoules doivent être remplacées uniquement par des ampoules du même modèle. Une ampoule différente peut avoir une intensité lumineuse, une tension de fonctionnement différentes, produire de la chaleur ou avoir un spectre de lumière qui pourraient affecter la lecture de l'échantillon. Voir le chapitre sur l'éclairage pour plus d'informations.

Si les réglages mécaniques de positionnement ne fonctionnent pas correctement, c'est que trop ou trop peu de lubrifiant a été utilisé. Nettoyez tout excès de lubrifiant, surtout s'il a séché et colle. Utilisez un chiffon doux imbibé d'alcool pour ce nettoyage. Ne pas utiliser de solvants qui peuvent laisser un résidu. Soyez aussi prudent de ne pas laisser de fibre sur toute surface.

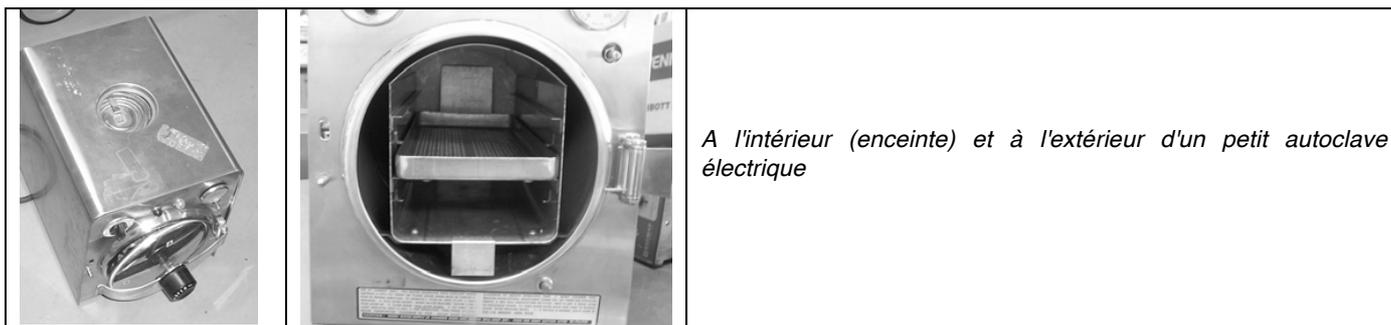
Lorsque le microscope est utilisé dans des pièces chaudes et humides, comme c'est souvent le cas dans les pays en développement, les champignons qui poussent sur le microscope, en particulier sur les surfaces de la lentille, et les rainures des vis, posent un sérieux souci. Pour essayer d'empêcher l'humidité et les champignons de détruire le microscope, il faut le stocker sous une couverture étanche à l'air avec une coupelle remplie de silice bleue pour dessécher l'air sous la couverture. La silice, devenue rouge, aura perdu sa capacité à absorber l'humidité de l'air; il faudra la régénérer en la chauffant dans un four à air chaud ou sur un feu. Si de la silice n'est pas disponible, mettre un sac de plastique étanche à l'air sur le microscope et placer un petit tas de riz sec dans le sac avec le microscope. Remplacez le riz environ chaque semaine.

Quand une réparation est terminée, vous pouvez vouloir vous assurer que le microscope fonctionne dans une certaine mesure. Le fonctionnement précis d'un microscope requiert de la compétence et de la pratique. Cependant, une connaissance rudimentaire de l'utilisation d'un microscope est suffisante pour vérifier qu'il est complètement fonctionnel. Portez toujours le microscope par son bras avec une main, et par la base de l'autre. Le microscope doit être placé sur une table de niveau. Avant d'utiliser le microscope, tournez le bouton de réglage grossier afin de soulever le tube du corps à son plus haut niveau, puis tournez le porte-objectifs jusqu'à ce que celui de plus faible grossissement s'enclenche. Réglez ensuite le diaphragme et les miroirs tout en regardant à travers l'oculaire jusqu'à ce qu'un cercle blanc de lumière, brillant, soit visible. Placez ensuite la lame de l'échantillon sur la platine et la centrer sur son ouverture; utiliser les pinces pour maintenir la lame en place. En regardant la platine depuis le côté, tourner délicatement la molette de réglage grossier pour abaisser le tube de corps jusqu'à ce qu'il touche presque la lame. Tout en regardant dans l'oculaire, tournez maintenant très lentement le bouton de réglage grossier jusqu'à ce que l'échantillon soit presque mis au point. Il faut être prudent à cette étape pour que l'objectif ne touche pas la lame. Une fois que l'échantillon est presque au point, utilisez le bouton de réglage fin jusqu'à ce que l'échantillon soit très net. Lorsque vous voulez faire un essai plus poussé, consultez le technicien qui utilise le microscope.

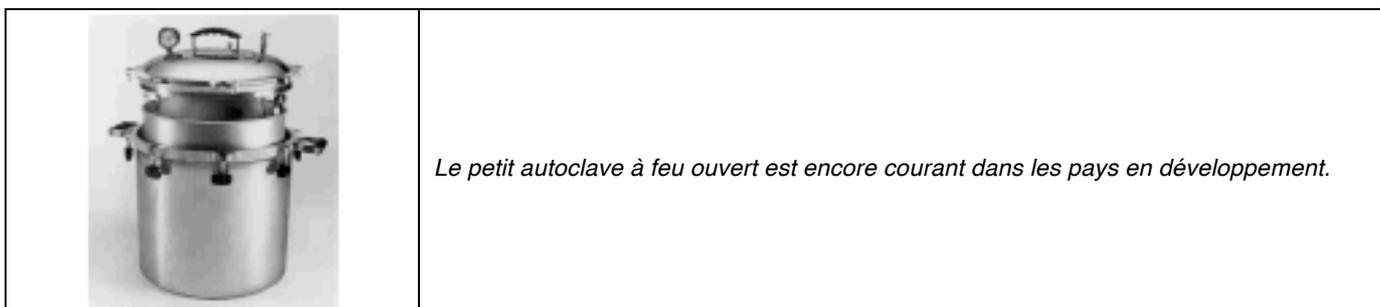
3.7. Autoclaves

3.7.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Un autoclave est un appareil utilisé pour stériliser les instruments et dispositifs médicaux. Il utilise de la vapeur et de la pression en l'absence d'air pour créer des conditions stériles. Le petit autoclave de table utilise la chaleur pour faire bouillir l'eau qui devient de la vapeur. Celle-ci continue à chauffer et sa pression continue d'augmenter. Les bactéries ne peuvent pas survivre dans ces conditions. Cependant, tous les virus et les spores ne sont pas tués. Exposer les matériaux à un cycle de chaleur unique est assez efficace, mais il faut les stériliser 3 fois sur une période de 3 jours pour tuer la plupart des spores végétatives.



La plupart des hôpitaux ont des autoclaves à vapeur électriques, mais vous trouverez également un autoclave comme le *All Américain* distribué par l'UNICEF. Celui-ci utilise un feu ouvert comme source de chaleur.



Un autoclave est un instrument assez simple à utiliser mais qui peut être dangereux s'il ne l'est pas correctement. Il est important d'attendre que l'enceinte soit complètement dépressurisée avant de l'ouvrir! Si elle est ouverte encore sous pression, de grandes quantités de vapeur pourraient s'échapper et causer de graves brûlures! La plupart des hôpitaux modernes ont des autoclaves automatisés. Ces dispositifs passent par des étapes de fonctionnement sans intervention. Si la machine ne passe pas correctement par ces étapes, il y a peu de choses qui peuvent être faites pour changer l'ordre des étapes.

Les autoclaves manuels, tels que le *All American*, doivent être utilisés correctement pour assurer la stérilisation. Les machines automatisées suivent les mêmes étapes, mais automatiquement.

Commencez par vous assurer que le réservoir d'eau est rempli au bon niveau avec de l'eau distillée ou de l'eau de pluie filtrée. L'eau des puits laissera, avec le temps, un dépôt de calcaire sur les instruments et dans l'autoclave. Une bande indicatrice (de bonne stérilisation) doit être utilisée avec chaque pack à stériliser. Cependant, dans les pays en développement, cette pratique n'est pas suivie. Placez les instruments dans l'enceinte et fermez le couvercle solidement. Ouvrez la vanne de sortie d'air. Les autoclaves automatisés peuvent faire plusieurs cycles de vide pour éliminer l'air. Les machines manuelles dépendent de la vapeur pour pousser l'air hors de l'enceinte.

L'autoclave est maintenant prêt à commencer son cycle. Activez ou allumez l'élément chauffant. Au cours de cette partie du cycle, l'autoclave manuel évacue l'air. Par conséquent, il est important d'attendre jusqu'à ce qu'il y ait un flux régulier de vapeur sortant de l'autoclave. Tant que la soupape de purge d'air crache et tousse, elle doit rester

ouverte. L'air résiduel dans l'enceinte provoquera des zones froides (la vapeur n'y va pas) et une stérilisation douteuse.

Quand l'air est complètement évacué de la machine, soit par le vide dans les machines automatisées ou par la vapeur dans les machines manuelles, la vanne de sortie d'air doit être fermée. La pression de vapeur va commencer à augmenter. À ce stade, il suffit de surveiller la température et le temps pour assurer la stérilisation. Ne pas ouvrir l'enceinte ou les vannes, la vapeur sous pression qui s'échappe peut être dangereuse.

Le cycle de stérilisation et parfois le cycle de refroidissement peuvent être chronométrés. Le temps et la température correcte sont illustrés ci-dessous pour les instruments chirurgicaux non emballés. Prévoyez 30 minutes de plus à la température et à la pression de stérilisation si les instruments sont emballés.

Température de stérilisation	Pression de la vapeur (kPa)	Pression de la vapeur (psi)	Durée minimum à cette température	Temps total du cycle
115	75	11	30	50
122	115	17	15	40
128	150	22	10	30
136	225	33	3	20

Après le temps fixé à la température sélectionnée, le cycle de stérilisation est terminé. Arrêtez complètement l'élément chauffant. Le cycle de refroidissement commence maintenant. L'avancée du refroidissement peut être suivie par le temps écoulé, la température, ou tout simplement en faisant couler de l'eau sur l'extérieur de la cuve. Si elle s'évapore, l'autoclave est encore trop chaud. Lorsque le refroidissement est terminé, le couvercle peut être ouvert. Si une bande de stérilisation a été utilisée, vérifiez qu'elle est complètement noire.

3.7.2. Problèmes courants

Vous pouvez rencontrer un bon nombre de problèmes différents. Cependant, l'autoclave manuel est un instrument très fiable. Il pose rarement de problème s'il est utilisé et entretenu correctement.

Le problème le plus fréquent dans les pays en développement, est une accumulation de dépôts de tartre en raison de l'utilisation de l'eau non distillée pendant le cycle de stérilisation. Ces dépôts peuvent généralement être grattés et tout simplement jetés hors de l'autoclave. Sur les autoclaves manuels, les dépôts peuvent boucher la soupape de purge de l'air et la soupape de sécurité de surpression. Ces deux soupapes sont difficiles à nettoyer complètement. Si elles peuvent être retirées de la machine et forcées ou laissées ouvertes, les faire tremper pendant plusieurs jours dans de l'eau distillée pure devrait suffire à dissoudre tous les dépôts. Il peut être préférable d'exécuter quelques dizaines de cycles avec de l'eau distillée, avec la vanne de purge d'air intentionnellement laissée ouverte (la vapeur s'échappe par la soupape durant tout le cycle). Cela aidera à dissoudre tout dépôt restant. Si la soupape de sûreté ne peut pas être ouverte et nettoyée, il est préférable de la remplacer.

Les dépôts de tartre peuvent également boucher les circuits à vide et vannes associées des autoclaves automatisés. Si l'autoclave est toujours opérationnel, la meilleure procédure est d'abord d'éliminer toute accumulation visible de tartre, puis de faire de nombreux cycles avec de l'eau distillée pure jusqu'à dissolution des dépôts restants. Si les vannes sont bloquées, retirez-les toutes et nettoyez-les toutes (et pas seulement celles qui sont bouchées). Si une seule est bouchée, il est certain que les autres ne sont pas loin de l'être aussi.

Le second problème le plus courant des autoclaves dans les pays en développement est le colmatage des filtres dû à l'utilisation de l'eau sale, telle que l'eau de pluie non-filtrée. Cela concerne principalement les autoclaves automatisés qui ont souvent des filtres d'entrée entre le réservoir général d'eau et la cuve principale. Certains de ces filtres peuvent être retirés et rincés à contre-courant (faire couler de l'eau à travers le filtre en sens inverse) ce qui les nettoie et les restaure. Assurez-vous alors de nettoyer la cuve de toutes les particules qui se sont déposées au fond. Dans d'autres cas, le filtre doit être remplacé.

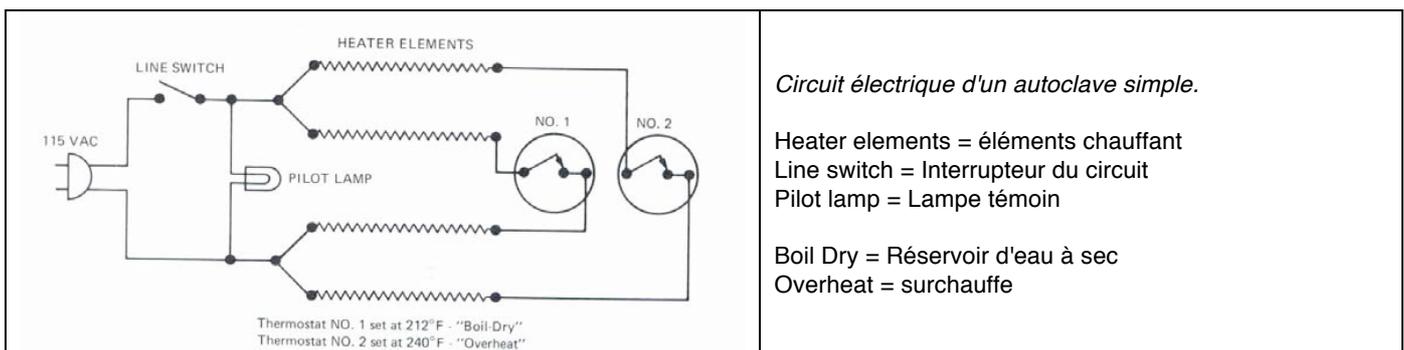
Si vous entendez un bruit de sifflement, c'est qu'il y a une fuite dans la cuve sous pression ou une soupape.

Essayez d'isoler le problème en cherchant l'échappement de vapeur et en écoutant d'où vient le bruit. Si le problème est dû à une soupape, ce sera probablement nécessaire de la remplacer. Si le problème est dû à la cuve, il est impossible de réparer l'autoclave sur site; il doit être réformé. Le joint d'étanchéité de la cuve est aussi une source courante de fuites. Vérifiez qu'il n'y a aucune source de fuite (saleté, ou dépôt de tartre) le long du joint. Dans certains cas, le joint d'étanchéité peut être refait, mais son remplacement est souvent nécessaire.

Certaines machines utilisent un joint en caoutchouc ou en plastique. Pour ces machines, enfoncez votre ongle dans le joint. Il doit être pliable. Si le joint est dur, ou pire, montre des craquelures, il doit être remplacé. Dans les grandes villes, vous pourrez être en mesure de trouver un atelier de réparation automobile qui peut vous couper un joint de rechange. Un produit d'étanchéité au silicone peut être utilisé pour colmater les fissures dans les joints de porte jusqu'à ce que un joint de remplacement soit trouvé et installé.

Si les joints sont bons et s'il n'y a pas de fuites ou de dépôts, l'autoclave manuel devrait fonctionner. Un autoclave automatique peut ne pas toujours atteindre la bonne température. La cause peut en être le thermostat ou l'élément chauffant. Sur les autoclaves les plus sophistiqués, c'est l'automate qui peut être soupçonné.

S'il n'y a pas de chaleur produite, cela pourrait provenir de l'élément chauffant ou des thermostats. L'élément chauffant habituel se compose de deux résistances sous forme de bobines de fil en nickel-chrome; chacune d'elles est une résistance d'approximativement 14 ohms. Si la résistance d'une bobine est nettement plus élevée, c'est probablement qu'elle est cassée. Ces résistances sont en parallèle et l'ensemble est placé en série avec l'interrupteur on / off et un ou deux des thermostats. Les fils au *Nicrome* sont courants et peuvent être habituellement trouvés dans les pays en développement. La valeur de la résistance et sa longueur doivent être le plus proche possible de celles de la résistance à remplacer.



Il y a souvent deux thermostats. Un est un thermostat de sécurité d'ébullition connecté en série avec l'un des éléments chauffant et réglé pour s'ouvrir à 100°C (212°F). Cela permettra de réduire la turbulence de l'ébullition une fois les 100°C atteints. Le deuxième thermostat, souvent appelé relais de surchauffe, est réglé pour couper l'alimentation des résistances lorsque la température est excessive, ce qui signifie généralement que l'eau s'est toute évaporée. Les deux thermostats d'un autoclave sont généralement du type commutateur-bimétallique. Ils se dégradent rarement, mais le support qui les maintient en place se détériore souvent.

3.7.3. Tests suggérés

Les autoclaves sont comme les centrifugeuses en ce sens que leur utilisation pose un problème de sécurité. L'appareil peut blesser l'opérateur ou ne pas stériliser correctement sa charge (ce qui n'est pas détectable). Par conséquent, certains essais doivent être effectués avant de remettre un autoclave en service.

Avant de remettre en service un autoclave, contrôlez les joints et les dépôts. Vous pouvez éviter un colmatage futur en enlevant maintenant tout dépôt de tartre ou toute saleté. Si le joint de cuve est défectueux, la vapeur peut fuir, ce qui est dangereux. Si l'autoclave a un verrouillage qui empêche l'ouverture durant un cycle, vérifiez-le à nouveau par sécurité.

Si possible, vérifiez la température à l'intérieur de la cuve lors de la stérilisation. La plupart des utilisateurs dans les hôpitaux américains mettent des bandelettes de test avec chaque paquet à stériliser. Ces bandes vérifient que la

température a atteint le niveau requis pendant le temps nécessaire et que l'humidité était présente. Cependant, dans les pays en développement, ces bandelettes de test sont rarement utilisées. Il est néanmoins possible de tester l'autoclave.

Le test complet d'un autoclave comprend un test de Bowie-Dick (pour voir si tout l'air a été enlevé) et soit un test de température ou de pression pour vérifier si la température et la pression ont atteint les niveaux requis (puisque $PV = nRT$, et que la cuve est remplie seulement de vapeur d'eau, il n'est pas nécessaire de mesurer la température et la pression). La durée du cycle de stérilisation peut être mesurée avec une montre. Le test de Bowie-Dick de purge de l'air peut être approximé en plaçant une des bandes d'essai précédente sur une feuille de papier au centre d'une pile composée à 100% serviettes de coton placée dans une boîte métallique à pansements. La boîte est placée dans un autoclave chaud, pré-purgé d'air et un cycle court est exécuté en utilisant la bande sur les serviettes comme témoin. S'il restait de l'air piégé dans la cuve de stérilisation, alors il serait piégé dans les serviettes. Parce que l'air ne permettrait pas à la vapeur d'atteindre le ruban, le changement de couleur de la bande ne serait pas uniforme. Pour réussir le test, la bande entière doit changer de couleur, pas seulement les bords. Cette procédure permet de tester à la fois la température et le processus de purge d'air.

Si les bandelettes de test ne sont pas disponibles, il n'est pas possible de tester de manière fiable l'autoclave à la fois pour l'élimination de l'air et la température ou la pression. Vous devrez faire une mesure de pression. À l'heure actuelle, il n'existe pas d'alternative réutilisable aux bandelettes de test qui soit facilement disponible dans les pays en développement.

Vérifiez la soupape de sécurité sur la cuve. Si elle est sale ou corrodée, essayez de la remplacer. Si vous ne pouvez pas la remplacer, il est possible de tester la soupape de sécurité en court-circuitant la sécurité de limite de surchauffe. **Ce test ne doit être tenté que par des techniciens très expérimentés portant des vêtements de sécurité appropriés.** De plus, vous ne pouvez tester la soupape de sécurité que sur des autoclaves dont les manomètres de pression fonctionnent. La soupape de sécurité est réglée en usine pour s'ouvrir à 30 psi. Pour tester cette soupape, court-circuitiez le thermostat avec des pinces alligator, faites fonctionner l'autoclave comme pour un cycle normal. Soyez prêt à couper l'alimentation électrique générale très rapidement, si la soupape de sécurité faisait défaut avec une pression qui dépasse 31 psi. Si la soupape de sécurité ne fonctionne pas à cette valeur, elle doit être remplacée. Si vous ne pouvez pas trouver une soupape de remplacement, discutez le danger qu'elle fait courir avec l'administration. Bien que ne pas avoir de soupape de sécurité entraîne un très grave danger pour l'opérateur, ne pas avoir d'autoclave est un aussi un grave danger pour les patients.

3.8. Incubateurs de laboratoire

3.8.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Les incubateurs de laboratoire sont des dispositifs qui maintiennent des conditions environnementales contrôlées. Ces conditions comprennent, mais ne sont pas limitées à, une oxygénation, humidité et température correctes. Ils sont généralement conçus pour cultiver des bactéries et des cellules.

On trouve des incubateurs de laboratoire de tailles et de niveaux technologiques différents. Tous sont conçus pour maintenir la température et des conditions définies dans les enceintes. Certains peuvent avoir des prises de courant à l'intérieur pour d'autres dispositifs qui peuvent être utilisés dans l'incubateur. La plupart ont des ventilateurs pour faire passer l'air chaud autour des cultures (spécimens) et en évacuer une partie par un évent. L'air restant est remis en circulation à l'intérieur de la chambre. Les portes doivent fermer hermétiquement et ne devraient être ouvertes strictement que pour un besoin. Chaque fois que la porte est ouverte, il faudra plusieurs minutes pour que la température et l'humidité se stabilisent. Une différence de 1 °C peut provoquer un ralentissement ou un arrêt de la croissance de la culture ce qui affecte les résultats cliniques.

Dans tous les incubateurs, une sonde compare la température à l'intérieur de la chambre à la température de consigne réglée sur le panneau avant. Si la température est trop basse, de la chaleur viendra à réchauffer l'enceinte. Le ventilateur peut se mettre en marche lorsque l'enceinte est à la bonne température ou fonctionner en continu.

Les incubateurs peuvent varier considérablement en taille variant entre 60 à 180 cm en hauteur et de 45 à 150 cm en largeur. Ils ont généralement des parois intérieures et extérieures en acier inoxydable et des portes vitrées battantes. Ils disposent de commandes et d'affichages de la température de l'enceinte, ainsi que de sécurités pour protéger le contenu au cas improbable d'un changement de température. Les incubateurs ont un nombre variable de tablettes et sont équipés de lampes fluorescentes.

3.8.2. Problèmes courants

Il y a généralement une ou plusieurs lumières dans l'incubateur, non seulement pour la visibilité, mais pour accélérer la croissance des cultures. Si la lumière doit être remplacée, vous devez remettre exactement la même, pas seulement celle qui s'adapte. Le spectre de la lumière émise est très important pour le bon fonctionnement de l'incubateur.

Les filtres d'air doivent être nettoyés régulièrement. Il ne faut pas enlever et nettoyer le filtre alors que des cultures sont dans l'incubateur. Tout piège d'humidité doit être nettoyé en même temps.

Les problèmes les plus courants d'un incubateur viennent du ventilateur, de l'élément chauffant et du dispositif de contrôle. Le contrôleur ne peut habituellement pas être réparé en cas de panne. Le ventilateur est un moteur; il est soumis à l'ensemble des problèmes et réparations décrits dans la section de ce livre sur les centrifugeuses. L'élément chauffant est généralement un fil *nicrome* qui peut être enlevé et remplacé par un nouveau fil.

Le seul essai critique que vous pouvez faire sans l'aide du technicien est la mesure de la température. L'incubateur doit maintenir une température constante, typiquement à l'intérieur d'un degré Celsius. Vous pouvez également vérifier que l'alarme de surchauffe fonctionne à la température sélectionnée et que tous les cadrans s'affichent correctement. Des tests plus approfondis devraient être menés en collaboration avec le technicien utilisateur de l'incubateur.

Après s'être assuré que l'incubateur fonctionne correctement, il peut être nécessaire de désinfecter l'appareil. Discutez-en avec le technicien. La procédure de désinfection commence par enlever les matériaux poreux de l'incubateur. Il s'agit notamment des filtres et des tissus, y compris le capitonnage. Placez un bol de 250 ml de solution de formaldéhyde (formol) dans l'incubateur. Réglez l'incubateur à 20 ° C et laissez-le chauffer, avec le ventilateur fonctionnant pendant au moins une heure et demi. Après ce temps, replacer un bol avec une solution d'ammoniaque à 200 g / litre pendant encore une heure et demi. (L'ammoniaque élimine l'odeur du formol.) Puis enlever la solution d'ammoniaque et nettoyer l'incubateur. (Si après le nettoyage, il reste encore une odeur

résiduelle de formol, laissez l'incubateur fonctionner jusqu'à ce que l'odeur disparaisse.)

3.9. Purificateurs d'eau

3.9.1. Utilisation et principes de fonctionnement,

Il est très important d'avoir de l'eau pure dans le milieu hospitalier. Dans de nombreux cas, le succès du laboratoire dépend de la qualité de l'eau disponible. En soins intensifs, la plupart des médicaments délivrés aux patients peuvent être mélangés avec de l'eau ou de l'eau et du sel avant d'être donnés aux patients. Même le lavage des patients et la préparation des aliments peuvent nécessiter de l'eau qui a été purifiée à l'hôpital à un certain niveau dans les pays en développement.

Purification est un terme général utilisé pour décrire le processus d'élimination des impuretés de l'eau. Il peut aller d'une simple filtration à un traitement complexe à plusieurs étages, sa complexité étant fonction de la source d'eau et de son utilisation finale. Les impuretés à éliminer peuvent aller des parasites, des bactéries et des virus à des composés organiques et des ions, cités à peu près dans l'ordre de leur taille et de la difficulté à les éliminer. Les exigences pour la pureté de l'eau produite sont aussi variées que les usages de l'eau dans un hôpital. Elles peuvent varier de pratiquement zéro contamination tolérable (pour les parasites) à une relative indifférence (pour les ions). De même, le coût de purification peut varier de quelques centimes par litre à beaucoup plus.

Certains composants sont présents dans chaque système de purification quelle que soit méthode utilisée. Ces composants comprennent les prises d'entrée, de sortie, les événements, les filtres et les évacuations. La prise d'entrée est simplement là où l'eau entre dans le système et où le processus de purification commence. Les évacuations permettent aux impuretés en excédent d'être stockées ou éliminées. Les événements permettent aux gaz, surtout de l'air, d'être évacués. Enfin, une fois que l'eau a été filtrée, elle quitte le système par la prise de sortie.

Il y a au moins huit méthodes courantes de purification dans les hôpitaux des pays en développement : 1) la distillation, 2) l'échange d'ions, 3) l'adsorption par du carbone, 4) la filtration, 5) l'ultrafiltration, 6) l'osmose, 7) l'électro-dé-ionisation et 8) les rayonnements ultraviolet (UV).

La distillation

La distillation est la plus ancienne méthode de purification de l'eau. Le procédé consiste à chauffer de l'eau dans un alambic à son point d'ébullition et à condenser la vapeur produite. L'élimination des contaminants dépend de la qualité de la conception de l'alambic. Si l'ébullition est trop forte, de l'eau liquide peut passer directement dans le condenseur. Tous les composés organiques ayant un point d'ébullition inférieur à 100 °C ne peuvent pas être enlevés. En fait, ils peuvent être concentrés dans le processus.



Les alambics n'ont pas besoin d'être sophistiqués. Ici, un simple pot est tenu au feu et couvert par un grand bol d'eau. Trois roches tiennent le pot en place. Le long tube permet de condensation. Le condensat tombe dans le récipient de collecte dans le coin en bas à droite.

La distillation est une technique robuste et simple qui a l'avantage d'éliminer une large gamme de contaminants. Malheureusement, elle nécessite un entretien minutieux pour assurer la pureté de l'eau. En outre, la distillation consomme une grande quantité d'énergie et d'eau, aucune d'elles n'étant très abondante dans les pays en développement.

L'échange d'ions

La purification par échange d'ions est un procédé rapide et réversible, dans lequel les ions des impuretés présentes dans l'eau sont remplacés par des ions libérés par un lit de billes de résine échangeuse d'ions. Les ions des impuretés sont absorbés par la résine, qui est ensuite régénérée périodiquement. Les deux méthodes d'échange d'ions les plus courants sont l'adoucissement et la déminéralisation.

L'adoucissement est principalement utilisé comme une méthode de prétraitement pour réduire la dureté de l'eau avant un traitement par osmose inverse. Les adoucisseurs contiennent des billes de résine qui échangent deux ions de sodium pour chaque ion de calcium ou de magnésium retiré de l'eau "adoucie".

Les billes de déminéralisation échangent soit des ions d'hydrogène pour des cations ou des ions hydroxyles pour des anions. Les résines échangeuses de cations échangent un ion hydrogène pour tout cation qu'elles rencontrent. De même, les résines échangeuses d'anions échangent un ion hydroxyle pour tout anion qu'elles rencontrent. L'ion hydrogène de l'échangeur de cations s'unit avec l'ion hydroxyle de l'échangeur d'anions pour former de l'eau pure. La résine contenant les contaminants doit être régénérée une fois qu'elle a échangé tout son hydrogène et / ou ses ions hydroxyles dans l'eau, les impuretés étant évacués par la vidange.

La déminéralisation élimine certains composés inorganiques dissous et la plupart des ions. Elle nécessite un investissement initial relativement peu important. Cependant, elle ne peut pas être utilisée pour enlever les particules, les pyrogènes ou les bactéries. En effet, les lits de désionisation peuvent libérer des particules de résine dans l'eau et servir de milieu de culture pour la croissance des bactéries.

L'adsorption du charbon actif

Comme mentionné ci-dessus, les résines échangeuses d'ions éliminent les anions et les cations solubles de l'eau brute, mais des molécules organiques non ioniques peuvent s'accrocher à la résine. Un tel revêtement diminue la durée de vie de la résine et ses capacités. Pour supprimer les molécules organiques non ioniques et protéger la résine échangeuse d'ions, des filtres à charbon sont souvent placés en amont (avant le filtre d'échange d'ions).

En plus, des molécules organiques non-ioniques, le carbone supprime également le chlore libre et protège les autres supports de purification dans le système de traitement d'eau qui peuvent être sensibles aux oxydants.

Le processus d'adsorption dans un filtre à charbon actif est contrôlé par le diamètre des pores dans du filtre et par la vitesse de diffusion des molécules organiques à travers les pores. Le taux d'adsorption est une fonction de la masse moléculaire et de la taille moléculaire de la matière organique.

Les filtres à charbon retirent les matières organiques dissoutes et le chlore de manière efficace et ont une durée de vie relativement longue. Cependant, ils peuvent libérer des particules de carbone dans l'eau.

La filtration

La filtration élimine les particules de l'eau en fonction de leur taille. Il existe trois types d'approches de filtration microporeuse: 1) de profondeur, 2) d'écran, et 3) de surface. Chaque approche a un objectif différent.

Les filtres en profondeur ont des fibres ou des matières feutrées comprimées pour former une matrice qui retient les particules par adsorption aléatoire ou piégeage. Les filtres en profondeur sont généralement utilisés comme pré-filtres parce qu'ils sont économiques et peuvent éliminer la quasi-totalité (peut-être 98%) des matières en suspension, protégeant les éléments en aval de l'encrassement ou d'une obstruction.

Les filtres écrans sont des structures uniformes, à une seule couche, qui retiennent toutes les particules supérieures à une taille de pores contrôlée avec précision. Les particules sont retenues sur une surface du filtre écran.

Les filtres de surface sont faits de plusieurs couches de matériaux. Lorsque le fluide passe à travers le filtre, les particules supérieures à la taille spécifiée sont retenues, l'accumulation se faisant essentiellement sur la surface du filtre. Les filtres de surface sont très efficaces, en supprimant la quasi-totalité des matières en suspension (peut-être 99,99%). Ils peuvent être utilisés soit comme pré-filtres soit comme filtres de clarification.

Etant donné que la taille des pores peut être spécifiée en dessous de la taille des bactéries et des parasites, des filtres de surface peuvent être utilisés pour de la stérilisation partielle. La filtration nécessite presque aucun entretien, mais les filtres doivent être remplacés de temps en temps parce que le débit diminue à mesure que les particules retenues les obstruent. La filtration n'enlèvera pas les composés inorganiques dissous, les pyrogènes, les colloïdes ou les virus. Les filtres peuvent être coûteux à remplacer et ne peuvent pas être réutilisés.

L'ultrafiltration

L'ultrafiltration est un procédé semblable à la filtration écran, mais les tailles des pores se situent dans la gamme de 0,001 à 0,02 μm (100 à 10 fois plus petit que le filtre écran ou de surface type). La plupart des membranes d'ultrafiltration utilisées dans la purification de l'eau ont une configuration en fibres creuses, et ne sont pas biodégradables. Les ultrafiltres sont capables d'éliminer 1) les particules, 2) les micro-organismes, y compris les parasites et les bactéries et certains virus, 3) les colloïdes inorganiques et 4) les grosses molécules organiques, y compris les pyrogènes. Des molécules plus petites, telles que des solvants et des contaminants ionisés traversent le filtrat. Les ultrafiltres peuvent être utilisés soit pour le prétraitement ou des fonctions de «polissage» dans les systèmes de purification d'eau.

L'ultrafiltration produit la meilleure qualité d'eau pour la quantité d'énergie la plus faible et les filtres peuvent être régénérés. Toutefois, elle n'enlèvera pas les matières inorganiques dissoutes, tels que le calcium, le sodium et le chlorure.

L'osmose inverse

L'osmose inverse est le procédé le plus économique d'élimination de 90% à 99% de tous les contaminants. L'osmose inverse est un procédé semblable à la filtration et l'ultrafiltration, mais la structure des pores des membranes d'osmose inverse est encore plus fine qu'en ultrafiltration. Les membranes d'osmose inverse sont capables de rejeter 1) pratiquement toutes les particules, 2) les bactéries, 3) les virus, et 4) les matières organiques supérieures à 300 daltons de poids moléculaire.

Afin de comprendre le procédé d'osmose inverse, il est utile de comprendre d'abord le processus d'osmose en général. L'osmose se produit lorsque des solutions ayant deux concentrations différentes sont séparées par une membrane semi-perméable. La pression osmotique de l'eau pure conduit à diluer la solution la plus concentrée. La pression existe jusqu'à ce que assez d'eau s'écoule pour que les deux solutions soient également concentrées. Dans les systèmes de purification d'eau, le procédé est conduit en sens inverse. Une pression hydraulique est appliquée à la solution concentrée pour s'opposer à la pression osmotique. De l'eau pure passe de l'autre côté de la membrane de la solution concentrée (vers la solution moins concentrée).

L'osmose inverse rejette la quasi-totalité des ions fortement ionisés et la plupart des ions faiblement ionisés comme le sodium. Les membranes d'osmose inverse sont très limitantes et donnent des débits relativement faibles pour les besoins de sorte que des réservoirs de stockage sont nécessaires pour produire un volume adéquat dans un laps de temps raisonnable. L'osmose inverse peut être la méthode la plus économique et efficace pour purifier l'eau du robinet.

L'électro-désionisation

Cette nouvelle technologie est une combinaison d'électrodialyse et d'échange d'ions. Le dispositif se compose d'un certain nombre de "cellules" en sandwich entre deux électrodes. Chaque cellule est constituée d'une trame de polypropylène sur laquelle sont collées une membrane perméable aux cations d'un côté, et une membrane perméable aux anions de l'autre. L'espace situé au centre de la cellule, entre les membranes à sélectivité ionique,

est rempli avec un lit mince de résines échangeuses d'ions. Les cellules sont séparées les unes des autres par un séparateur écran.

L'eau entrant dans le module est divisée en trois parties. Un petit pourcentage s'écoule sur les électrodes, de 65 à 75% de l'eau passe à travers les lits de résine dans la cellule, et le reste passe le long du séparateur d'écran entre les cellules. Les résines échangeuses d'ions capturent les ions dissous dans l'eau dans la partie supérieure de la cellule. Un potentiel appliqué sur les électrodes tire les ions hors des lits de résine. Les ions se déplacent vers les électrodes jusqu'à ce qu'ils atteignent la membrane sélective d'ions adjacente, qui est de charge opposée. Les ions restent dans l'espace entre les cellules jusqu'à ce qu'ils soient évacués hors du système par l'évacuation.

L'électro-désionisation dé-ionise efficacement l'eau. Les résines échangeuses d'ions sont régénérées en continu par le courant électrique dans l'unité ce qui augmente le temps entre les maintenances de l'épurateur. Le résultat est une approche de la désionisation relativement peu coûteuse à utiliser. Cependant, l'électro-désionisation nécessite une préfiltration pour éviter le colmatage des cellules.

Les rayons ultraviolets (UV)

Le rayonnement ultraviolet est en train de devenir une méthode largement utilisée pour la stérilisation de l'eau dans les pays en développement. Dans la plupart des systèmes, des lampes à basse pression au mercure génèrent de la lumière ultraviolette à 254 nm. Une exposition intense à la lumière UV de cette longueur d'onde détruit l'ADN et d'autres protéines dans les bactéries, les parasites et les virus, ce qui rend l'eau stérile.

Certaines lampes génèrent à la fois de la lumière UV à 185 nm et à 254 nm. Cette combinaison de longueurs d'onde est capable de photo-oxyder d'autres composés organiques.

La technique UV peut tuer les micro-organismes et, dans certains cas, photo-oxyder les composés organiques qui sont décomposés en fragments plus petits. Cependant, les organismes ne sont pas éliminés de l'eau. Par conséquent, des particules ou des amas de micro-organismes peuvent troubler l'eau, ce qui peut affecter l'efficacité de la désinfection par la lumière ultra-violette. L'eau avec des quantités significatives de composés de couleur et organiques va aussi réduire l'intensité de la lumière et par conséquent l'efficacité des UV.

3.9.2. Problèmes courants

Les purificateurs d'eau peuvent être les appareils compliqués, à plusieurs étages. Dans de nombreux cas, vous ne serez pas en mesure de réparer sans des outils spécialisés. Cependant, il y a quelques problèmes courants qui peuvent être diagnostiqués et réparés sur site.

L'un des problèmes les plus courants est dû aux filtres bouchés, généralement réparables par un débit faible. Certains filtres peuvent être nettoyés en les rinçant (avec faisant passer de l'eau courante tirée de l'étape suivante en sens inverse et en rejetant cette eau polluée). Ne pas utiliser d'eau en amont à cette fin. Cependant, si possible, remplacez les filtres.

Les fuites sont également fréquentes. Vérifiez tous les tuyaux, verres, et réservoirs pour des fissures ou des fuites. Si la fuite se trouve à l'entrée du système de traitement, il peut être réparé avec de l'époxy ou un agent d'étanchéité au silicone. Une fois que l'eau est dans le système de traitement, les solvants des colles et des adhésifs peuvent contaminer l'eau. Remplacez le tuyau ou le composant plutôt que de le réparer.

Lorsque la désionisation échoue, la conductivité électrique de l'eau augmente. Lorsque cela se produit, vérifiez le lit de résine pour voir si les billes doivent être remplacées ou régénérées.

Les anciens systèmes peuvent accumuler des dépôts qui ne sont pas évacués. Si des dépôts sont trouvés, grattez-les et rincez les composants avec de l'eau la plus pure disponible.

3.9.3. Tests suggérés

La plupart des utilisateurs ne savent pas comment vérifier si le purificateur d'eau fonctionne, ou pas. De plus, contrairement à d'autres appareils de laboratoire clinique, il n'y a pas généralement une seule personne qui utilise de l'eau. Par conséquent, la charge de cette vérification revient souvent à l'ingénieur. Malheureusement, dans les pays en développement, l'équipement de test nécessaire peut être indisponible, ne laissant aux ingénieurs que peu d'options.

Si le débit était la raison de l'appel, alors cela peut être facilement vérifié avec une tasse à mesurer ou un cylindre gradué et une montre. Cependant, après toute maintenance, la pureté de l'eau sortant de l'épurateur doit être contrôlée. Cela peut être fait en mesurant la teneur en protéines dans un spectrophotomètre et la teneur en ions par la mesure de la conductivité. La stérilité peut être assurée par une culture. Cependant, tout ou une partie de ces mesures peuvent ne pas être possible dans un hôpital de pays en développement. Malgré le fait que ce test doit être effectué par l'ingénieur, vous n'avez peut-être pas d'autre choix que de recourir à une discussion avec le personnel de laboratoire comme votre meilleure alternative au contrôle. Il devrait être en mesure d'indiquer quel était le problème qui a justifié l'appel pour une intervention et par conséquent, il devrait être en mesure de vérifier si le problème a été corrigé.

3.10. Étuves de laboratoires médicaux

3.10.1. Utilisation et principes de fonctionnement

Des étuves sont utilisées dans les laboratoires pour sécher des échantillons et pour évaporer, déshydrater ou stériliser (poupinel). Certaines sont utilisées comme un incubateur sec dans une certaine mesure. Dans de nombreux cas, un contrôle précis de la température est nécessaire.

Les étuves peuvent être placées sur une paillasse, dans une armoire ou mobiles. Les étuves de paillasse sont les plus courantes dans les pays en développement. Toutes les étuves comprennent une source de chaleur, une cuve bien isolée (comprenant habituellement une porte avec des joints d'étanchéité), et un thermostat / thermomètre. Des étuves plus perfectionnées peuvent inclure des minuteries / alarmes, des ventilateurs pour faire circuler l'air à l'intérieur de la cuve pour obtenir un chauffage uniforme, les étagères ou racks, des options de contrôle de l'humidité, ou de filtration d'air. Le mécanisme de chauffage peut être électrique, au gaz naturel, au propane, à l'huile, par radiofréquences ou micro-ondes, mais l'étuve électrique est la plus courante dans les pays en développement.

Le fonctionnement est simple. Placez l'échantillon dans l'enceinte (ou la vider pour faire des tests). Fermez la porte. Réglez la température souhaitée. Le four peut avoir une minuterie ou le chronométrage doit être fait à la main. Après le cycle de chauffage, laissez l'enceinte refroidir avant de l'ouvrir.

Si l'étuve est utilisée pour de la stérilisation, le tableau ci-dessous doit être utilisé. Le départ du chronométrage de la stérilisation ne devrait pas commencer avant que le four n'ait atteint la température requise.

Température (° C)	Temps (min)
160	180
170	120
180	30

3.10.2. Problèmes courants

L'alimentation électrique et l'élément de chauffage sont les sources les plus probables des problèmes. L'élément de chauffage électrique est d'une fabrication et d'un matériau typique; il peut probablement être remplacé dans les pays en développement, aussi longtemps que la résistance et la puissance maximale (fil de *nichrome*) sont les mêmes.

Si l'étuve n'atteint pas la température désirée, vous devez suspecter le joint de porte, le ventilateur ou le dispositif de mesure de causer ce problème. Si le joint de la porte n'est plus étanche à l'air, essayez de le nettoyer avec de l'eau et du savon. Rincez-le bien avant de tester à nouveau. Il est certainement possible de trouver un matériau pour sceller une porte d'étuve dans les pays en développement, si le joint doit être remplacé.

S'il y a un ventilateur, et qu'il ne tourne pas, que le problème ne vient pas de son alimentation, son moteur peut être remplacé par n'importe quel moteur d'une taille similaire (voir la centrifugeuse et le chapitre de moteur pour plus de détails).

Le dispositif de mesure de la température peut être une partie du mécanisme de contrôle de la température. Une correspondance exacte est souvent nécessaire pour le remplacer. Vous pouvez être en mesure de contourner le capteur de température en le court-circuitant ou en laissant le circuit ouvert, laissant le four en position de chauffe tout le temps. L'utilisateur doit alors surveiller attentivement la température. Installez un interrupteur sur l'entrée principale du circuit électrique de sorte que les utilisateurs puissent utiliser l'étuve comme nécessaire. Ce n'est clairement pas une solution idéale, mais c'est mieux que pas d'étuve du tout.

Si le four atteint la température souhaitée et la maintient, l'appareil fonctionne. Dans certains cas, l'utilisateur peut se plaindre d'un chauffage largement non-uniforme. Dans de nombreux cas, ce sera dû à un ventilateur cassé. Dans ce cas, essayez de mesurer la température dans plusieurs parties de l'enceinte. Discuter du degré

d'uniformité requis pour satisfaire les besoins de l'utilisateur. Dans les pays en développement, ils peuvent accepter un peu de non-uniformité, mais ont besoin d'avoir une étuve qui fonctionne.

La précision attendue pour la température varie énormément avec l'utilisation de l'étuve. Une erreur assez grande est acceptable si l'étuve est utilisée pour sécher du verre, mais sa précision peut être cruciale si elle est utilisée pour des fluides biologiques. La même chose est vraie avec le ventilateur. Un ventilateur en fonctionnement peut ne pas être important suivant l'utilisation de l'étuve. Discutez de ces questions avec l'utilisateur avant de remettre l'étuve en service.

4. Sujets connexes

4.1. Sécurité électrique

Les tests de sécurité électrique constituent l'une des procédures les plus couramment effectuées par un ingénieur biomédical dans un hôpital. **Chaque dispositif en contact avec le patient doit être testé pour la sécurité électrique avant qu'il ne soit mis en service.** Tous les appareils électriques / électroniques ont un courant de fuite allant de quelques micro-ampères à 500 mA. Divers organismes ont fixé des limites pour les courants de fuite électrique des dispositifs médicaux. Ils n'ont pas tous les mêmes limites. La "National Fire Protection Agency", NFPA, l'AAMI (Association pour la promotion de l'instrumentation médicale), ou l'ISO/CEI (Commission électrotechnique internationale) sont quelques-unes des nombreuses agences fixant des limites actuelles de sécurité pour les dispositifs médicaux fonctionnant avec de l'électricité.

Dans la fin des années 1960, il y a eu plusieurs publications indiquant que jusqu'à 10 000 personnes par an étaient électrocutées dans les hôpitaux par des équipements électroniques défectueux. Diverses études ont montré qu'il suffit de 30 micro-ampères appliqués directement sur une partie du cœur au cours d'une partie essentielle du cycle cardiaque pour provoquer une arythmie, un rythme anormal. Si ce rythme anormal déclenche des battements anormaux supplémentaires le potentiel d'une arythmie mortelle est présent.

La solution la plus courante pour limiter les courants de fuite dans les dispositifs après environ 1970 a été d'isoler le patient de l'appareil. Cela a été fait en utilisant des transformateurs d'isolement, des diodes électroluminescentes ou des liens électromagnétiques entre les connexions reliant le patient au dispositif.

Sans testeur de sécurité, il n'est pas possible de faire un test de sécurité complet. Néanmoins, une alternative raisonnable pour le danger le plus courant est décrite dans le chapitre sur les ECG. Cette section précise les autres appareils qui doivent passer les tests de sécurité électrique.

Les équipements trouvés à l'hôpital ou à la clinique qui ne sont pas reliés directement aux patients comprennent des dispositifs médicaux et non médicaux. En général, ces dispositifs n'ont pas besoin du tout d'être testés ou ne doivent être testés qu'une seule fois.

Les mises à la terre des appareils qui ne sont pas reliés au patient, mais sont à proximité du patient (appareils à rayons X, par exemple) doivent être testées après chaque réparation importante. Une technique qui est couramment utilisée est d'utiliser une "terre" dans les environs et de mesurer la résistance de toutes les surfaces exposées par rapport ce point. Le problème avec cette méthode est que le câble peut devoir être aussi long que 6 mètres pour atteindre toutes les surfaces dans cet espace. Une variante de cette technique consiste à sélectionner un point, tels que la table de radiographie, comme terre et de tout mesurer dans la "proximité du patient" par rapport à cette terre. Quelle que soit la technique, la résistance à la terre ne doit pas dépasser 0,5 ohms. Un point essentiel à retenir dans l'exécution de ce type de test de résistance à la terre est de sélectionner votre point de référence et de le documenter afin que le test puisse être répété. Une petite goutte de vernis à ongles à côté de la masse est une méthode pour documenter l'emplacement du point "terre" choisi.

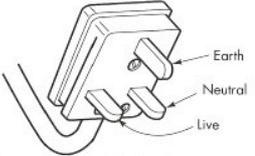
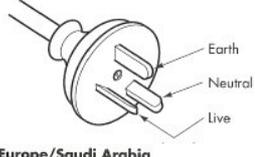
Des dispositifs reliés au patient, utilisés à des fins diagnostiques, amplifient et traitent les signaux détectés dans le corps par des électrodes. Les signaux se déplacent dans les fils conducteurs et câbles patients jusqu'à l'appareil où ils sont amplifiés, traités et affichés. Le point clé est qu'ils détectent un signal et ont des fils qui le relient au patient. Cette catégorie d'équipement comprend les enregistreurs et moniteurs de surveillance ECG, EEG, EMG. Pour l'ensemble de ces dispositifs, un test doit être effectué après chaque réparation tel que décrit dans la section sur les ECG.

Les dispositifs reliés aux patients utilisés à des fins thérapeutiques, leur fournissent de l'énergie, des fluides ou des gaz. Cette fourniture peut durer de quelques millisecondes, comme le fait un défibrillateur, à des années comme avec un ventilateur ou une pompe intraveineuse (IV). Dans le cas d'une pompe IV les fluides sont contenus dans une matière plastique non conductrice de sorte que tout contact électrique ne se fait que s'il y a un trou dans le tube. Sur les ventilateurs, la tubulure n'est pas conductrice, tout comme la plupart des mélanges de gaz qui sont administrés. Parce que l'énergie est délivrée au patient, il n'est pas nécessaire de tester l'isolement du câble pendant que l'appareil délivre cette énergie. En fait, tester le dispositif alors même qu'il est en fonctionnement

pourrait être dangereux. Les mêmes procédures de test que celles décrites dans le chapitre ECG doivent être effectuées après chaque réparation, mais le test de fuite est seulement réalisé avec l'appareil branché et hors tension.

4.1.1. Prises électriques

La principale source de danger électrique est la prise de courant elle-même. Celles-ci devraient être testées une fois par an. Un grand nombre de prises ne sont pas câblées correctement dans les pays en développement. Par conséquent, comme pour les autres travaux, ces tests doivent être inclus dans les priorités de travail comme les réparations du matériel en panne.

<p>United Kingdom</p>  <p>Earth: Green/Yellow Neutral: Light Blue Live: Brown</p> <p>13 Amp/250 V ac</p>	<p><i>Presque tous les pays en développement suivent une des normes à gauche. Dans de nombreux cas, les prises ne seront pas câblées correctement. Les tensions peuvent ne pas correspondre aux tensions indiquées ici, ou aux tensions attendues. La puissance varie souvent (y compris dans les périodes hors tension –zéro volt). Il y a beaucoup de variations dans ces prises.</i></p> <table border="0"> <tr> <td>Earth</td> <td>Terre</td> </tr> <tr> <td>Neutral</td> <td>Neutre</td> </tr> <tr> <td>Live</td> <td>Phase</td> </tr> <tr> <td>Green/Yellow</td> <td>Vert/jaune</td> </tr> <tr> <td>Light Blue or black</td> <td>Bleu clair ou noir</td> </tr> <tr> <td>Light Brown or Red</td> <td>Brun clair ou rouge</td> </tr> </table>	Earth	Terre	Neutral	Neutre	Live	Phase	Green/Yellow	Vert/jaune	Light Blue or black	Bleu clair ou noir	Light Brown or Red	Brun clair ou rouge
Earth		Terre											
Neutral		Neutre											
Live		Phase											
Green/Yellow		Vert/jaune											
Light Blue or black	Bleu clair ou noir												
Light Brown or Red	Brun clair ou rouge												
<p>Australia/New Zealand</p>  <p>Earth: Green/Yellow Neutral: Light Blue or Black Live: Light Brown or Red</p> <p>15 Amp/250 V ac</p>													
<p>Europe/Saudi Arabia</p>  <p>Earth: Green/Yellow Neutral: Light Blue Live: Brown</p> <p>16 Amp/250 V ac</p>													
<p>USA/Canada</p>  <p>Earth: Green/Yellow or Green Live: Brown or Black Neutral: Light Blue or White</p> <p>15 Amp/125 V ac</p>													

Les prises mal câblées sont un danger. Chaque prise a un seul fil électrique de phase (appelé actif ou vivant). L'autre est le neutre et le troisième est la terre. Le fusible pour un équipement est placé entre le réseau d'alimentation et la charge sur la seule phase. Si la prise électrique est branchée à l'envers, le fusible est sur le fil neutre, pas sur la phase. Si le dispositif trouve un autre chemin pour retourner le courant à la terre, la phase ne sera pas coupée. Ce type de défaut peut être mortel pour l'opérateur ou le patient.

Le câblage de la prise peut être testé avec un testeur à ampoule à néon à deux embouts type tournevis, disponible dans n'importe quelle quincaillerie. L'insertion des embouts dans les bornes droite et gauche de la prise (plates sur une prise américaine, ou rondes sur une prise européenne) fera s'allumer la lampe. Notez la tension indiquée sur la lampe. Dans certains hôpitaux dans les pays en développement, des prises utilisées pour la norme 120V seront câblées pour du 220V et vice versa. Assurez-vous de marquer la tension sur le mur à côté de la sortie si vous trouvez une prise ne correspondant pas à la norme.

La lampe du testeur ne doit pas s'allumer en insérant un embout dans la borne de grande taille (d'une prise standard US) et en touchant avec l'autre embout n'importe quelle surface à tester mise à la terre. Seule la petite borne est "chaude", et devrait allumer la lampe par rapport à la terre. Cet essai préliminaire simple est vrai pour toutes les prises de courant à trois fils et la plupart des prises européennes à deux fils, à l'exception de celles qui sont câblés par un transformateur d'isolement.

Les transformateurs d'isolement ont leurs enroulements primaires connectés à la ligne d'alimentation principale, mais les enroulements secondaires ne sont pas reliés à une masse quelconque. Ils sont rarement utilisés dans les pays en développement, mais sont nécessaires dans certaines parties des hôpitaux américains. Quand un

transformateur d'isolement est utilisé, le testeur ne s'allume qu'entre les deux bornes et pas par rapport à la terre quelle que soit la prise.

L'utilisation d'un tel testeur de polarité à lampe au néon indique la tension, mais pas la qualité du câblage. Une lampe avec une ampoule à incandescence de haute puissance 60 à 100 watts (W) connectée entre les bornes ou entre la petite borne et la terre doit s'allumer. Il s'agit généralement d'un test adéquat de la qualité du câblage.

4.1.2. 60 Hz ou 50 Hz

Il est courant pour un ingénieur de rencontrer un dispositif conçu pour du 60 Hz qui a été donné des années auparavant. Si le réseau d'alimentation à l'hôpital fonctionne à 50 Hz, l'ingénieur est confronté à la question : Est-il encore sûr d'utiliser ce dispositif? Va-t-il fonctionner? La réponse est ... ça dépend.

Il est également courant que le réseau électrique fournisse du 220V alors que le dispositif est conçu pour du 110V. Un transformateur peut être utilisé pour adapter la tension. Ce qui laisse encore la question de la fréquence sans réponse.

Appareils sans moteur

Si le dispositif médical n'a pas de moteur, alors le seul souci est l'alimentation. Après 1980 environ, la plupart des équipements médicaux ont été conçus avec un bloc d'alimentation à découpage. Ces blocs d'alimentation peuvent gérer du 50 Hz ou du 60 Hz sans besoin de conversion. Ces alimentations seront étiquetées 50/60 Hz.

Si l'équipement médical est plus âgé, alors le bloc d'alimentation peut être d'une conception traditionnelle. Certaines de ces machines utilisent des transformateurs multi-plots. Si c'est le cas, alors il devrait y avoir un commutateur ou un cavalier sur le côté primaire du transformateur (du côté d'où le courant vient) qui peut être déplacé afin d'adapter l'équipement. Occasionnellement le cavalier sera sur le côté secondaire (celui où le courant va à l'électronique de l'équipement).

Si le transformateur n'est pas de la variété multi-plots, alors il n'y a aucun moyen sûr de dire si l'équipement fonctionnera avec le changement de fréquence. Le passage de 60 Hz à 50 Hz provoquera une augmentation d'environ 17% du courant au primaire du transformateur (car l'impédance aura été réduite de $2\pi 60L$ à $2\pi 50L$, où L est l'inductance du transformateur). Ce courant supplémentaire fera chauffer le primaire du transformateur plus que prévu initialement. Par conséquent, si le transformateur n'est pas de la variété multi-plots, il sera habituellement suffisant de tenir compte de toute différence de tension, et ensuite de fournir un refroidissement plus important à l'appareil (avec un dissipateur de chaleur d'appoint, plus d'évents de refroidissement, en enlevant le capot, etc).

Dispositifs avec un moteur

Si l'appareil utilise seulement un petit moteur ou fonctionne sur batterie plupart du temps, le moteur est probablement un moteur à courant continu. Ces moteurs sont généralement de la taille d'un pouce ou moins. Ces petits moteurs à courant continu ne sont sensibles qu'à la tension, et ne sont donc pas affectés par le changement de fréquence.

Si l'appareil utilise un moteur plus grand, de la taille d'un poing ou plus, alors le moteur est probablement un moteur à courant alternatif et il est fabriqué pour une fréquence spécifique. Le changement de fréquence aura plusieurs effets. Tout d'abord, avec le passage de 60 Hz à 50 Hz, le moteur sera plus lent; au 5/6 de la vitesse de rotation initiale. De même, lors du passage de 50 à 60 Hz, le moteur tournera plus vite; aux 6/5 de la vitesse de rotation souhaitée. Deuxièmement, en passant de 60 Hz à 50 Hz, le courant augmente de 17% dans les enroulements. Ce qui provoque un échauffement additionnel, aggravée par la baisse de vitesse de rotation qui va diminuer le refroidissement mécanique. Passer de 50 Hz à 60 Hz ne provoque pas ces problèmes de chauffage. Enfin, en fonction du type de moteur, la puissance ou le couple peut être affectée par un changement de fréquence. Tous ces changements peuvent modifier le fonctionnement du dispositif médical.

L'augmentation ou la diminution de la vitesse ne peuvent pas être corrigées. Si ce changement est critique pour le fonctionnement de l'appareil, celui-ci doit être réformé.

Quand un moteur de 60 Hz fonctionne à 50 Hz, le plus grand souci est le deuxième problème précédent: l'accumulation de chaleur. Pour éviter de détruire le moteur, l'ingénieur pourrait fournir un refroidissement supplémentaire (en enlevant le capot, en augmentant la taille du ventilateur, etc.) Une autre façon d'éviter cette l'accumulation de chaleur est d'utiliser un transformateur pour réduire la tension dans les enroulements de 17%, pour réduire le courant à sa valeur d'origine. Cependant, la réduction de la tension peut réduire la puissance disponible.

Le problème le plus difficile est le troisième problème: le changement de puissance ou de couple. La puissance est fonction de la fréquence et le couple $P = \tau N$, où P est la puissance du moteur, τ est le couple, et N est le nombre de tours par minute du moteur. La fréquence est inversement proportionnelle au couple. Ainsi, comme la fréquence passe de 60 Hz à 50 Hz, le couple grandit et augmente la puissance de sortie du moteur. En allant de 50 Hz à 60 Hz, le couple diminue et la puissance de sortie chute.

La plupart des moteurs trouvés dans les équipements médicaux ont des couples et puissances différents. Les appareils qui sont dans cette catégorie comprennent (les ventilateurs d'air et les souffleuses), les centrifugeuses, les mélangeurs et agitateurs. Lors du passage de 60 Hz à 50 Hz, la puissance du moteur augmente et puisque que le moteur doit offrir plus de puissance à des vitesses plus rapides, le couple et la puissance augmentent. En plus du risque d'une augmentation de la température, déjà mentionnée, l'augmentation de son couple lui met plus de contrainte et accélère son "burn out".

Inversement, lorsqu'un moteur passe de 50 Hz à 60 Hz, le principal souci est la diminution du couple disponible. Si le couple disponible tombe en dessous de ce qui est nécessaire pour démarrer le moteur, celui-ci pourrait ne pas démarrer et brûler.

Lignes directrices générales

Il peut être impossible de prédire le résultat précis d'un changement de la fréquence de fonctionnement d'un dispositif médical. Cependant, la discussion ci-dessus peut être utilisée pour trier le matériel médical dans un nombre limité de catégories.

Dispositifs médicaux électriques sans transformateur

Exemples : réchauffeurs d'enfants, autoclaves, incubateurs, étuves

Certains dispositifs médicaux âgés n'utilisent pas d'électronique et peuvent ne pas avoir de transformateur. En général, ces dispositifs ne sont pas sensibles à la fréquence et peuvent être utilisés dès que la tension a été adaptée.

Dispositifs médicaux électroniques avec des transformateurs mais sans moteurs

Exemples: électrocardiographes, tensiomètres invasifs, oxymètres de pouls, défibrillateurs, moniteurs foetaux, doppler foetal, balances, les éclairages (tous types), les bistouris électriques.

Pour ces appareils, vérifiez d'abord pour voir s'il est marqué compatible 50/60Hz. Si c'est le cas, utiliser le dispositif sans modification. S'ils ne sont pas marqués pour les deux fréquences, vérifier si le transformateur est à plots multiples. Si c'est le cas, changer le cavalier pour utiliser le bon plot. Si le transformateur n'est pas à plots multiples, essayez de faire fonctionner l'appareil avec le capot enlevé et vérifiez la température fréquemment. Si le transformateur ne chauffe pas trop, utilisez l'appareil comme est. S'il chauffe trop, ajoutez un refroidissement supplémentaire.

Dispositifs médicaux avec pompes

Exemples: pompe d'aspiration, appareils d'anesthésie, purificateurs d'eau.

Lors du passage de 60 Hz à 50 Hz, les appareils équipés de pompes vont probablement surchauffer. Si la chaleur ne peut pas être dissipée, le moteur va brûler. Essayez de fournir un refroidissement supplémentaire pour prolonger la durée de vie de l'appareil. Lors du passage de 50 Hz à 60 Hz, tentez d'utiliser l'appareil avec prudence. Si l'appareil ne démarre pas, le moteur pourra brûler rapidement. Si le dispositif démarre toujours, alors il devrait être possible d'utiliser l'appareil sans problème.

Appareils motorisés sans pompes

Exemples: centrifugeuses, microtomes, bains-marie

Ces appareils fonctionnent à des vitesses différentes lors du changement de fréquence. La variation de fréquence peut altérer l'utilité clinique de l'appareil. Assurez-vous de discuter avec le personnel avant d'adapter la tension. En outre, lors du passage de 60Hz à 50Hz, les dispositifs vont probablement surchauffer. Si la chaleur ne peut pas être dissipée, le moteur va brûler. Fournissez un refroidissement supplémentaire pour essayer de prolonger la durée de vie du dispositif.

4.2. Dépannage du Matériel médical

Dépanner le matériel médical exige de la patience, de la persévérance et une volonté de se poser un tas de questions. L'erreur la plus courante dans le dépannage est de se précipiter dans la mauvaise direction, peut-être à cause d'un malentendu ou d'une mauvaise orientation donnée par le personnel. La volonté de s'asseoir et de prendre un regard nouveau sur le problème est essentielle. Une approche structurée permet d'éviter les erreurs les plus courantes. Cette section présente une approche structurée possible de dépannage.

Avant de commencer

Traitez de la sécurité d'abord. Connaissiez les dangers associés à l'appareil que ce soit un danger électrique, mécanique, chimique, gazeux ou bactérien. Au minimum, re-familiarisez-vous avec les principes de fonctionnement et l'utilisation clinique de l'équipement, tel que décrits dans ce livre. Si vous n'êtes pas sûr d'un danger, consultez quelqu'un d'autre avant de commencer.

Les erreurs d'utilisation représentent une part importante des causes pour lesquelles des équipements sont déclarés "en panne" dans les pays en développement, selon un récent rapport de Engineering World Health. Assurez-vous que vous savez comment l'appareil doit fonctionner avant de commencer. Si vous trouvez le manuel, lisez-le d'abord.

Voici sept étapes que vous devez suivre, une fois que vous êtes convaincu d'être prêt à intervenir.

Quel que soit le problème, commencez par évaluer l'équipement. Il est absolument essentiel que vous ne sautiez pas les étapes de l'évaluation. Vous pouvez passer des heures à essayer de réparer un problème qui n'a jamais existé. EWH rapporte que la plupart des problèmes que vous rencontrerez sont liés à une erreur d'utilisation. Un autre quart est lié à des problèmes de bloc d'alimentation (power supply). Vous devez, avant tout, soupçonner ces deux causes. Parmi les problèmes qui subsistent, les plus susceptibles d'être résolus sont ceux liés à la présence ou l'absence des entrées et sorties adéquates. En d'autres termes, ces problèmes sont liés à un autre équipement, qui a lui-même, fort probablement, un problème d'utilisation ou un problème de bloc d'alimentation électrique.

Observez l'appareil

Si possible, retirez l'équipement du service utilisateur pour pouvoir travailler dans un endroit calme, sans être interrompu, sur un établi propre. Observez l'appareil et lisez toutes les informations qui peuvent se trouver dans son environnement. Y a-t-il des notes des utilisateurs? Y a-t-il une description du problème où est-ce juste indiqué "cassé"? Y a-t-il le nom de la personne qui a constaté le problème? Y a-t-il un journal des problèmes de l'appareil? Y a-t-il des preuves d'une chute à terre, d'une inondation par du liquide, de dommages causés par de la fumée, de la chaleur ou d'autres dommages?

S'il existe des preuves d'une inondation, l'équipement doit être considéré comme dangereux et nettoyé par une personne formée pour gérer les déversements dangereux. Les liquides déversés, même non dangereux, sont généralement conducteurs et peuvent provoquer des court-circuit dans le dispositif. Certaines solutions sont très épaisses et peuvent agir comme une colle qui surcharge les moteurs d'une pompe. Suivez toujours les Procédures de Précautions Universelles contre les agents infectieux.

Puis regardez les connecteurs, les cordons d'alimentation, les câbles d'entrée ou de sortie pour être sûr qu'ils sont dans la bonne position et en bon état. Vérifiez la position de tous les interrupteurs et contrôles pour vous assurer qu'ils sont à la bonne position et qu'ils fonctionnent. Avant de changer la position d'un interrupteur ou d'un câble, prenez une photo numérique du panneau de commande. De cette façon, vous serez en mesure de revenir aux réglages d'origine de l'appareil.

En supposant qu'il n'y a pas de signes de dommages mécaniques sur l'appareil, faire un autotest ou un "étalonnage" de l'équipement. Cela peut aussi vous afficher le "journal des erreurs" sur l'appareil, qui doit être examiné et notez les problèmes.

Lisez le manuel technique (si vous pouvez le trouver), l'historique de l'appareil (s'il existe), et le manuel utilisateur (si vous pouvez le trouver) pour être sûr que vous avez couvert ce qui doit être fait pour utiliser correctement

l'appareil et pour découvrir si le problème est déjà arrivé dans le passé. Si c'est un problème à répétition, essayez de trouver comment il a été réparé avant. Si vous pouvez disposer du manuel d'entretien, lisez-le brièvement pour voir s'il y a un test du système ou des autotests supplémentaires qui pourraient vous aider.

Questionnez l'utilisateur

Interviewez l'utilisateur. Dans la plupart des cas, l'utilisateur n'est pas la personne qui vous a apporté l'équipement. Donc, questionnez le personnel jusqu'à trouver l'utilisateur de l'appareil. Parlez-lui directement. Il a pu y avoir des problèmes de compréhension entre l'utilisateur et la personne qui vous a donné l'équipement.

Écoutez attentivement la requête de l'utilisateur à propos de l'appareil. Découvrez ce qu'ils considèrent être le problème. Qu'est-ce qui a changé avec les résultats ou le fonctionnement? Est-il encore dans la fourchette normale ou pas? La vitesse du processus a-t-elle changée? L'utilisation de consommables a-t-elle augmentée?

Il est courant pour un utilisateur ou un opérateur de ne pas connaître toutes les fonctions d'un appareil. Pour éviter de paraître stupides, ils donneront de mauvaises réponses aux questions en dehors de leurs connaissances. Il est courant pour un utilisateur de ne pas vous donner une information pourtant essentielle pour diagnostiquer le problème. L'inverse est également vrai. Parfois, l'utilisateur dit qu'il sait exactement quel est le problème, alors qu'en fait il l'a simplement deviné. Vous devez agir comme un détective, à l'écoute de tout, rejetant et acceptant des faits tandis que vous échafaudez une hypothèse concernant le problème de l'équipement.

Pensez à l'erreur d'utilisation

Suspectez toujours une erreur d'utilisation. Si vous avez suivi les premières étapes de la procédure, alors vous n'avez pas encore ouvert l'équipement. Vérifiez encore une fois que l'appareil fonctionne effectivement mal. Près de la moitié du temps, l'appareil fonctionne correctement; la personne ne l'utilise simplement pas correctement. Procédez à l'essai recommandé décrit ci-après.

Si le dispositif fonctionne comme prévu, alors le problème provient d'une erreur d'utilisation. Mais de quel type? Tentez de déterminer si le problème est dû à la langue, à une programmation ou des réglages erronés ou à une incompréhension sur ce que l'équipement est capable de faire.

Si le problème est lié à une mauvaise compréhension des fonctions de l'équipement, vous pouvez peut-être suggérer une alternative. Si le problème est dû à la programmation, ou aux paramètres choisis, voir si vous pouvez programmer ou régler la fonction de l'appareil de manière permanente. Pensez à coller ou étiqueter sur les interrupteurs le réglage correct.

Si le problème nécessite une série d'étapes pour le résoudre; ou il s'agit d'un problème de langage, pensez à la rédiger un aide-mémoire qui peut être attaché à l'équipement. Rédigez une explication simple du fonctionnement de l'appareil (ou de l'opération spécifique qui est la cause du problème). Écrivez des phrases courtes, directes qui décrivent comment accomplir la tâche. Celles-ci devraient être accompagnés par des dessins dans la mesure du possible. Un appareil photo numérique et Internet (au café Internet du coin) peuvent être utilisés pour créer une séquence de photos décrivant "comment faire". Les photos racontent souvent la procédure mieux que les mots. L'aide-mémoire doit être écrit dans la langue locale. Testez obligatoirement la compréhension de cet aide-mémoire par l'infirmière ou un médecin avant de l'attacher à l'appareil. Demandez-leur de réaliser l'opération décrite en utilisant l'aide-mémoire - et sans votre intervention. Si vous avez à dire quoi que ce soit alors qu'ils essaient de réaliser l'opération, c'est que l'aide-mémoire a besoin d'être revu. Vous ne pouvez pas compter sur le fait que cette infirmière ou un médecin en particulier seront toujours à l'hôpital pour former le reste du personnel. Les infirmières quittent et les médecins sont souvent trop occupés pour revenir former le personnel à l'utilisation de l'équipement.

Soupçonnez le bloc d'alimentation de l'équipement

Vous pensez maintenant être prêt à ouvrir l'appareil. Il y a un autre point à tester, avant d'ouvrir le dispositif : le bloc d'alimentation.

Est-ce que le bloc d'alimentation met sous tension l'appareil? Les signes qu'un dispositif est alimenté comprennent les voyants, un écran allumé, le bruit d'un ventilateur ou d'un moteur en marche (mais pas toujours car ils peuvent avoir une alimentation séparée), les indicateurs de pression / débit dans une position autre que le zéro, le réchauffement de l'appareil. Sur des équipements pneumatiques, hydrauliques ou à vide alimentés entendez-vous ou voyez-vous des fuites?

Tout d'abord, vérifiez ce qui est évident. L'équipement est-il branché, (aux deux extrémités du cordon d'alimentation)? Est-ce que la prise électrique est alimentée? Est ce que le cordon d'alimentation est en bon état (essayez-en un autre)? Y a t-il un second interrupteur d'alimentation sur l'appareil? Est ce que le fusible est bon (moins d'un ohm)? Est ce que le disjoncteur est ouvert (fermez-le). Les batteries sont-elles du type approprié, correctement installées et chargées?

Sur certains appareils, il est un commutateur d'ajustement de la tension. Vérifiez-le pour être sûr qu'il est bien réglé (110 ou 220 V). Certains appareils ont un commutateur 50/60 Hertz qui doit être dans la bonne position (voir la section séparée sur les ajustements de fréquence).

Après avoir vérifié ce qui est évident, revérifiez l'appareil. S'il ne s'allume toujours pas, ou il est sous tension, mais ne fonctionne pas correctement, vous aurez besoin d'enlever les capots.

Maintenant que le capot est enlevé, soyez très prudent. Dans la plupart des équipements modernes, il y a plusieurs blocs d'alimentation. Il y a souvent des alimentations de ± 5 , ± 12 ou 15 volts pour les circuits logiques, de 60 à 120 volts (ou 120 à 220 Volts) pour les moteurs et certains écrans, ainsi que des alimentations haute tension, jusqu'à 150 000 KV. Vous aurez besoin de vérifier chacune d'entre elles pour voir si elles produisent les tensions attendues.

Ne travaillez jamais seul sur un appareil sous tension avec le couvercle enlevé. Vérifiez et revérifiez que vous ne portez pas de bijoux. Les gants en latex ou en caoutchouc offrent une certaine protection contre des tensions élevées. Placez votre sonde avec soin pour éviter de court-circuiter deux lignes. Travaillez lentement.

Une fois le couvercle enlevé, regardez attentivement s'il y a une accumulation de poussière sur les ventilateurs ou les orifices de ventilation, des traces de déversements de liquide, du hardware mal serré, ou pire, détaché; nettoyez le matériel et corrigez les défauts à mesure que vous intervenez. Assurez-vous que tous les composants du châssis sont fixés. Rechercher les traces de chaleur, de fumée ou de composants brûlés.

Regardez attentivement tous les fluides. Dans les équipements très vieux, s'ils sont à base d'huile, il y a peut être une trace de fuite ou d'explosion du condensateur ou du transformateur. En général, si c'est arrivé il y aura aussi des traces de dommages causés par la chaleur autour du composant défectueux.

Passez ensuite aux cartes de circuits imprimés. Sont-elles bien en place? Y a t-il de la poussière ou eu des déversements sur elles? Y a t-il des signes d'accumulation de chaleur? Les composants sont-ils bien fixés sur les cartes? Corrigez les problèmes que vous trouverez. Vous pourrez contrôler les connexions de soudure sur les cartes pour être sûr qu'il n'y a pas de joints "à froid" dus aux réparations antérieures. Vous pouvez également nettoyer les connecteurs avec une gomme de crayon (une gomme blanche blanc est la meilleure). Prenez note de toutes les réparations antérieures : ce sont des indices pour les problèmes actuels.

Si ce n'est pas un problème du bloc d'alimentation ou une erreur d'utilisation...

Si vous avez exclu une erreur d'utilisation et de l'alimentation, et que le problème n'est pas l'une des erreurs les plus fréquentes décrites dans ce manuel, alors il n'y a que deux autres catégories d'erreurs qui valent la peine d'investiguer : les erreurs d'entrée et de sortie.

Les erreurs d'entrée peuvent mettre en défaut un dispositif qui fonctionne. Cherchez d'où vient l'entrée? Est-ce un câble, une électrode, une sonde, un échantillon de tissu, un échantillon de liquide? Qu'est-ce, sinon rien, qui a changé à l'entrée? Si l'appareil teste des échantillons de sang ou de tissus, sont-ils bien préparés? Les échantillons sont-ils correctement présentés?

Si l'appareil fonctionne sur votre établi, mais pas sur le patient, il peut toujours y avoir un problème, mais c'est plus probablement un problème d'entrée. Aussi stupide que cela puisse paraître, le patient est-il en vie? L'état du

patient a-t-il changé? Y a-t-il plus de mouvement, (tremblements, frissons, le patient se débat-il dans le lit)? Est-ce qu'une électrode ou un autre capteur ne sont pas tombés? Les fils conducteurs et les câbles sont-ils bons?

La sortie d'un dispositif est son produit final. Dans de nombreux cas, il s'agit d'une énergie délivrée, d'un graphique ou d'un affichage. Dans certains cas, il peut y en avoir plus d'une. Si l'appareil semble fonctionner, mais si l'écran est défectueux, essayez de faire tout votre possible pour trouver un affichage de remplacement. Un équipement qui fonctionne dans les pays en développement est trop précieux pour l'abandonner sur des problèmes d'affichage !

Dans les équipements anciens, vous pouvez parfois trouver une tension qui est proportionnelle à la tension de sortie désirée. Si c'est le cas, pensez à afficher cette tension sur un multimètre et donner à l'utilisateur une table pour convertir les volts en unités désirées. Il peut être possible d'utiliser l'écran d'un autre appareil, même d'un dispositif indépendant. L'utilisateur peut peut-être vivre avec moins de résolution ou de précision, permettant d'utiliser un écran de remplacement. Soyez aussi créatif que possible avant d'abandonner l'appareil en raison de problèmes d'affichage.

4.3. Ensembles minima recommandés d'outils

Si vous êtes sur le point de partir dans un pays en développement pour travailler sur de l'équipement médical, sauf si vous avez été avisé du contraire, vous devez supposer que l'hôpital où vous allez, n'aura pas d'outils que vous pourrez utiliser. En fait, il peut y avoir une poignée d'outils épars, de faible qualité. Cependant, vous ne devez pas dépendre de ces derniers pour effectuer le travail que vous voulez voir fait.

Les changements récents dans les règlements de sécurité dans les aéroports ont forcé les ingénieurs à mettre leurs outils dans les bagages enregistrés, au lieu des bagages à main. Le seul problème important que cela entraîne est d'augmenter la probabilité que vos outils n'arrivent pas avec vous. Heureusement, vous pouvez souvent acheter des outils adéquats dans les pays en développement. Toutefois, les prix ne seront pas plus bas que ceux que vous payez à la maison. Vous pouvez également acheter des outils de qualité inférieure à des prix inférieurs dans la plupart des grandes villes des pays en développement.

Vous devez planifier de prendre comme ensemble minimum d'outils :

Un rouleau de ruban électrique, de la "super glue", de la colle époxy (30 minutes, deux parties), du papier de verre (1 feuille, medium), un marqueur noir, des ciseaux, des piles (4 AA, une 9v), un couteau, un jeu de clés hexagonales (clés Allen), une clé anglaise, un ruban à mesurer, un multimètre, un petit tube ou rouleau de soudure, un aspirateur de soudure et/ou une tresse à dessouder, un fer à souder, des pinces coupantes, une pince à dénuder, des tournevis (# 1 et # 2 Phillips; tête plate petite et moyenne) un tournevis à bijoux, des pinces à bec, une lampe de poche fonctionnelle, des ballons (pour tester des volumes d'air), un petit gobelet de mesure en plastique, des gants en latex, et des adaptateurs pour prises électriques pour votre destination.

Si vous avez de la place, pensez à ajouter les outils suivants dans votre sac :

Du dégrissant WD-40 (une petite boîte), des sacs *Ziploc* (10 pour y mettre les pièces pendant que vous travaillez), des piles (4 AAA), des fusibles (250 V, 0,5, 1,0 et 1,5 A, type de tube en verre), un analyseur/testeur de courant alternatif (pour tester rapidement du 110 ou 220 V), un adaptateur universel courant alternatif à courant continu (AC-to-CC), des rallonges, des pinces hémostatiques et des forceps (petites pinces et pincettes), des cosses et attaches rapides pour fil électrique.

4.4. Définitions de certains équipements médicaux courants

Il est relativement facile de trouver des définitions de matériel médical et une terminologie en ligne. Beaucoup de dictionnaires en ligne sont suffisants, par exemple, www.websters.com. Il y a aussi beaucoup de bibliographies de génie biomédical en ligne. Cependant, vous pouvez trouver ce dont vous avez besoin simplement en regardant un équipement sur Google. Cette section ne couvre que les équipements les plus couramment rencontrés.

Appareil d'anesthésie (ou machine de Boyle) - Parfois appelé chariot d'anesthésie (machine de Boyle ou machine à gaz), il s'agit normalement d'un chariot sur lequel sont fixés des cylindres et/ou des tuyaux pour différents gaz utilisés en anesthésie, ainsi que les différentes valves de gaz, contrôles et les équipements auxiliaires utilisés par l'anesthésiste. Le chariot comprend généralement un monitoring de base tels que l'ECG et l'oxymètre de pouls. Sur les chariots, les gaz peuvent être distribués et mélangés. Ceux-ci comprennent généralement l'oxygène, le protoxyde d'azote et le dioxyde de carbone, et parfois l'air médical, le cyclopropane et des gaz anesthésiques tels que l'halothane, l'éther, etc.

Autoclave - un dispositif dans lequel des conditions particulières (comme une pression ou température haute ou basse) peuvent être établies pour une variété d'applications; *en particulier*: un appareil (comme pour la stérilisation) en utilisant de la vapeur surchauffée sous haute pression.

Aspirateurs - un appareil pour aspirer ou déplacer ou collecter des matériaux par aspiration; *en particulier*: un instrument tubulaire creux relié à un vide partiel et utilisé pour enlever les fluides ou les tissus ou les corps étrangers du corps.

Analyseur, hématologie (hémogramme) - Un dispositif utilisé comme un compteur de cellules de sang, surtout les globules rouge et blanches.

Ambu (ballon) – Un élément de l'ensemble de réanimation d'Ambu, l'Ambu est utilisé pour pratiquer la respiration artificielle en cas d'urgence pour réanimer un patient. Le sac reste gonflé dans son état de repos et lorsqu'il est serré, ferme l'orifice expiratoire et gonfle les poumons du patient. Lorsque le ballon est relâché, il regonfle automatiquement avec l'air frais et l'air expiré par les patients est évacué dans l'atmosphère par la valve expiratoire.

Analyseur de chimie (électrolytes) - Un dispositif utilisé pour mesurer la quantité d'électrolytes, en particulier de potassium, de sodium et de chlorure dans le sang.

Bili-light ou bilirubinomètre - voir "source de lumière"

Analyseur de gaz du sang - Un dispositif utilisé pour mesurer la quantité d'oxygène et de dioxyde de carbone dans le sang.

Bronchoscopes - un instrument tubulaire éclairé servant à l'inspection ou à passer des instruments dans les bronches.

Blood warmer (Réchauffeur de sang) - pendant une transfusion de sang, il est souhaitable de préchauffer le sang à la température du corps. Le dispositif le plus courant pour cela est un bain-marie à température contrôlée. La température du bain est normalement maintenue légèrement au-dessus de la température du corps afin de permettre le refroidissement dans le tube de transfusion au patient. Le dispositif est constitué d'un bain avec un élément chauffant, d'un agitateur (en général) pour garantir une distribution uniforme de température, et d'un circuit électronique pour commander la température et de fournir une limite de surchauffe en cas de défaillance du système ou d'un niveau d'eau bas.

Centrifugeuse hématocrite, urine - une machine utilisant la force centrifuge pour séparer des substances de densités différentes, pour éliminer l'humidité, ou pour simuler des effets gravitationnels.

Compresseur, air - Un dispositif utilisé pour fournir de l'air à un autre appareil à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Un dispositif utilisé pour remplir les bouteilles de gaz.

Numération formule sanguine complète (CBC ou Compteur Coulter) - un analyseur d'hématologie pour la mesure du nombre de cellules de différents types dans un échantillon de sang.

Concentrateur d'oxygène - Un dispositif utilisé pour fournir de l'oxygène à une concentration supérieure à la concentration atmosphérique. Ils peuvent ou ne peuvent pas comprimer l'air et le distribuer à une pression supérieure.

Chariot d'urgence - Chariot utilisé en cas d'urgence (accident du patient). Il contient les fournitures les plus vitales et les équipements pour les administrer, nécessaires pour traiter les causes les plus courantes d'urgences médicales soudaines (crashes). Souvent utilisé pour un arrêt cardiaque. Les équipements habituels comprennent un laryngoscope, un moniteur cardiaque et un défibrillateur.

Scie à plâtre (scie stryker, scie à os) – Ces scies à main qui ressemblent beaucoup aux scies de menuisier, sont parfois utilisées pour travailler sur de gros os. Cependant, il existe des scies électriques disponibles de type électrique et pneumatique. Les modèles électriques ont généralement une lame qui vibre. L'avantage d'avoir une lame vibrante plutôt qu'une lame rotative est que, si les vibrations sont de petite taille, la coupe ne se produira que dans des matériaux durs (os, par exemple) mais ne se produira pas dans les matériaux tendres. Les scies alimentées à l'air comprimé sont plus fréquentes en particulier en chirurgie orthopédique. Elles viennent souvent comme un kit composé d'un moteur à air comprimé, de la commande de vitesse au pied, et d'un ensemble d'accessoires pour le sciage, perçage, vissage et brochage. Elles sont prévues pour utiliser de l'azote ou de l'air à une pression de 7 bars, qui peut être fourni par un réseau de distribution ou des bouteilles.

Cardiotocographe - Il s'agit essentiellement d'un dispositif d'enregistrement des contractions utérines pendant le travail. Toutefois, ce terme est normalement appliqué à un instrument qui enregistre également le rythme cardiaque fœtal battement par battement pour surveiller la progression du travail et en particulier le bien-être du fœtus. Les contractions utérines sont parfois surveillées à l'aide d'un tocodynamomètre attaché sur l'abdomen de la mère; ce tocodynamomètre se compose d'un piston central couplé à un transducteur de force et d'un anneau de garde extérieur, de sorte que le piston est actionné pendant les contractions utérines. Ceci donne une indication qualitative de la force et de la présence des contractions et on la compare aux rythmes cardiaques fœtaux enregistrés. Parfois, un transducteur interne est utilisé une fois que les membranes foetales sont rompues et qu'un cathéter d'enregistrement peut être introduit dans l'utérus. Le cathéter d'enregistrement peut être un tube rempli de fluide, connecté à un transducteur pression externe ou avec un capteur de pression miniature intégré au bout du cathéter.

Cryostat - un appareil pour maintenir une température basse constante, en particulier en dessous de 0 ° C

Pincés de cautérisation - un dispositif utilisé pour cautériser, ce qui signifie pour sécher ou brûler. Les pincés sont reliées aux bistouris électriques.

Cautérisateur (bistouri électrique) - un instrument qui applique un courant électrique pour détruire les tissus. Voir pincés de cautérisation

Appareils de dialyse - un instrument qui supprime certains éléments du sang sur la base de la différence de leur vitesse de diffusion à travers une membrane semi-perméable. Voir dialyseur.

Défibrillateur - un dispositif électronique qui applique un choc électrique à un patient pour rétablir un rythme cardiaque normal lors d'une fibrillation.

Dialyseur, hémodialyse péritonéale – Les hémodialyseurs (parfois appelé reins artificiels) font circuler du sang le long d'un côté d'une membrane de dialyse de sorte que de petites molécules indésirables peuvent diffuser dans un fluide de dialyse spécial passant de l'autre côté. Les petites molécules qui ne doivent pas être enlevées sont incluses dans le dialysat afin qu'il y ait égalité de diffusion de ces molécules dans chaque direction. Le péritoine est une double membrane qui enveloppe la plupart des organes de l'abdomen; la dialyse péritonéale peut être obtenue par pompage d'un fluide spécial de dialyse dans la cavité entre les deux membranes et en laissant du temps pour

que sa diffusion se produise avant de le retirer. Cette technique est appelée dialyse péritonéale qui peut être une procédure hospitalière réalisée par des ensembles de pompes, de valves et de minuteries, ou peut être utilisée à la maison du patient sans appareil spécial, mais en utilisant un sac souple pour distribuer le fluide, puis récupérer celui-ci une fois le processus terminé.

Diathermie Voir cautérisation, bistouris électriques.

Doppler, non-fœtal, fœtal – Des informations sur le mouvement du sang dans les vaisseaux les plus importants peuvent être obtenus à partir signaux Doppler reçus par un capteur ultrasonore à l'extérieur du corps. C'est couramment utilisé pour évaluer la qualité du flux sanguin à partir d'un signal audible produit par le décalage Doppler ou par la transformation de ces signaux pour indiquer le type de flux ou débit. Des images peuvent également être obtenues en combinant les informations provenant de ces signaux Doppler avec des images échographiques. C'est particulièrement utile car une artère atteinte aura un écoulement turbulent. L'écran couleur peut fournir la preuve sans équivoque de problème artériel et identifier le site de toute obstruction ou dilatation. Ces techniques sont utilisées par les chirurgiens vasculaires dans les cliniques spéciales et ils offrent la possibilité d'éviter des procédures radiologiques avec produit de contraste, dangereuses et douloureuses.

Bistouri électrique, diathermie (ESU, Electro Surgery Unit) - Voir Cautérisateur.

Endoscopes - un instrument pour la visualisation de l'intérieur d'un organe creux (comme le rectum ou l'urètre)

Appareil d'ECG (ou EKG) - appareil qui enregistre en continu les forces électromotrices du cœur telle que vues sur différents sites à la surface du corps, représentées en fonction linéaire de temps. Les principaux types sont à 12 dérivations (principalement de diagnostic) et 3 dérivations (principalement de surveillance).

Appareils / équipements Intraveineux – N'importe laquelle des nombreuses pièces d'équipement utilisées pour accéder à une voie intraveineuse.

Gomco – le nom d'une marque américaine synonyme d' "aspirateur de mucosités."

Glucomètre - Dispositif pour mesurer la quantité de glucose dans le sang

Gurney et matelas - une plate-forme mobile semblable à un lit qui peut être utilisée pour déplacer un patient dans l'hôpital

Gastroscope - un instrument pour la visualisation de l'intérieur de l'estomac.

Appareil cœur-poumons - voir pompe, cœur-poumon.

Hématocrit - un instrument pour déterminer, habituellement par centrifugation, les quantités relatives de plasma et de globules dans le sang; fait également référence au rapport du volume de globules rouges concentrés au volume de sang total.

Incubateur, laboratoire - un dispositif clinique de laboratoire utilisé pour conserver les spécimens et les échantillons au chaud. Généralement utilisé pour faire pousser les cultures d'échantillons prélevés sur des patients. Les cultures peuvent être ensuite examinées pour déterminer quelles bactéries se trouvent dans le patient.

Incubateur, néonatal - un appareil avec une enceinte utilisée pour fournir des conditions environnementales contrôlées, soit pour la culture de micro-organismes soit pour les soins et la protection des bébés prématurés ou malades.

Laryngoscope - un instrument pour examiner l'intérieur du larynx

Poignée à main de scialytique - La partie stérilisable d'un scialytique d'une salle d'opération. La poignée permet au médecin d'ajuster la lumière sans perdre la stérilité.

Laparoscope - un instrument à fibre optique insérée à travers une incision dans la paroi abdominale et utilisé pour examiner visuellement l'intérieur de la cavité péritonéale.

Laser - un appareil qui produit un faisceau laser qui peut couper ou coaguler les tissus avec une très grande précision.

Source de lumière (Bili-lights, photothérapie) – Les appareils de photothérapie sont utilisés pour traiter les patients atteints d'un excès de bilirubine, une affection fréquente chez les nouveau-nés. voir aussi "lampe".

Microscope - Un instrument d'optique composé d'une lentille ou d'une combinaison de lentilles pour donner des images agrandies d'objets minuscules.

Manomètre - un instrument (comme une jauge de pression) pour mesurer la pression de gaz et de vapeurs

Microtome - un instrument pour couper des tranches fines (de tissus organiques) pour examen microscopique.

Micro-onde - Un dispositif pour chauffer des tissus. Il transforme un rayonnement électromagnétique en chaleur.

Moniteur, cardiaque, de réanimation, fœtal, néonatal, de température, maternel, de patient

Équipement qui se trouve aux côtés du patient pour mesurer ses signes vitaux (fréquence cardiaque, pression artérielle et température) ou d'autres paramètres critiques. Le moniteur fœtal est attaché à la mère, mais surveille le fœtus.

Nébuliseur - un dispositif qui transforme un liquide en une fine pulvérisation avant de la faire respirer au patient. Utilisé pour délivrer des médicaments et humidifier un patient.

Pression artérielle non invasive (PNI ou sphygmomanomètre) - Un instrument pour mesurer la pression artérielle. Se compose d'un brassard gonflable qui fait le tour du bras environ 3 cm au-dessus du coude, relié par un tuyau au dispositif de mesure.

Oxymètre, pouls - un dispositif non invasif qui mesure le pourcentage d'hémoglobine saturée en oxygène. Le dispositif peut également mesurer la fréquence cardiaque. La plupart sont optique.

Tente à oxygène (avec régulateur) - un container qui peut être placé sur un patient pour augmenter le pourcentage naturel d'oxygène dans l'air respiré par le patient.

Otoscope - un instrument pour visualiser le tympan et l'oreille externe / moyenne.

Ophthalmoscope - un instrument pour voir l'intérieur de l'oeil et notamment la rétine.

Régulateur d'oxygène, débitmètre - Dispositif pour mesurer et réguler le flux d'oxygène fourni par une bouteille d'oxygène comprimé.

Pompe, coeur-poumons - un grand dispositif utilisé pour contourner le cœur et les poumons pendant une chirurgie à cœur ouvert. Également appelée machine cœur-poumon ou dispositif de perfusion.

Phacoémulsificateur - un appareil à ultrasons pour émulsifier (liquéfier) la lentille de l'œil. Utilisé pour la chirurgie de la cataracte.

Prostratron, unité laser - un dispositif pour délivrer des impulsions laser de haute énergie à la prostate

Photomètre - un instrument de mesure de l'intensité lumineuse, du flux lumineux, de l'éclairage ou de la luminosité.

Stimulateur cardiaque (PaceMaker) et fournitures - Dispositif utilisé pour rythmer artificiellement le cœur lorsque la stimulation cardiaque naturelle échoue.

Masque respiratoire - Dispositif utilisé pour fournir de l'oxygène concentré à un patient qui est respire naturellement.

Réanimateur - appareil utilisé pour restaurer la respiration (d'une personne partiellement asphyxiée)

Balance (pesage, enfant, nourrisson, adulte) - instrument ou appareil pour peser un patient.

Spéculum, vaginal, oreille - Instrument à main utilisé par les professionnels de la santé pour des tâches chirurgicales. Typiquement inséré dans une cavité à ouvrir le passage nécessaire à son inspection. Il existe des spéculums vaginaux et d'oreille.

Sphygmomanomètre - instrument non invasif de mesure de la pression sanguine et en particulier la pression artérielle.

Stéthoscope, adulte, amplifié, fœtal (foetoscope), pédiatrique - instrument utilisé pour détecter et étudier les sons produits dans le corps.

Moniteur d'apnée du sommeil - dispositif de surveillance de la respiration du patient au cours du sommeil. Il déclenche une alarme quand le patient cesse de respirer.

Spiromètre - instrument de mesure de l'air entrant et sortant des poumons. Les spiromètres perfectionnés peuvent mesurer des débits, le volume courant et la fréquence respiratoire.

Sigmoïdoscope - long instrument tubulaire, passé par l'anus pour l'inspection, le diagnostic, le traitement, et la photographie en particulier du côlon sigmoïde.

Lampe à fente - dispositif utilisé lors des examens de l'oeil.

Stérilisateur, paillasse, gaz, vapeur, grand / petit - voir autoclave.

Scie Stryker - voir scie à plâtre.

Machine d'aspiration, continu / aspirateur, paillasse, haute pression, chirurgie - voir aspirateur.

Microscope chirurgical - microscope optique qui offre typiquement une commande de mouvement à distance x-y ou x-y-z

Machine de traction - dispositif utilisé pour appliquer une tension à une ou plusieurs des articulations du corps.

Ultrasons (Doppler, diagnostique, thérapeutique, cardiaque, abdominal, Obstétrique / Gynécologie) - Un appareil assez grand qui utilise des ondes de pression pour le diagnostic ou la thérapie et surtout une technique impliquant la formation d'une image en deux dimensions utilisée pour l'examen et la mesure de structures internes du corps; pour la détection d'anomalies corporelles - également appelé sonographe, échographie, échocardiographe.

Ventilateur/respirateur - dispositif pour introduire de l'air frais ou expulser l'air stagnant ou vicié. Peut aussi être utilisé pour maintenir une pression positive pour gonfler les poumons, ou aider un patient qui respire spontanément.

Moniteurs de signes vitaux - voir moniteurs

Warmer Infant (Réchauffeur, bébé) - dispositif pour apporter plus ou moins de chaleur à un nourrisson.

Washer ultrasonic (Nettoyeur, ultrasons) - bain d'eau dans lequel des impulsions de pression à haute fréquence sont envoyées. Permet d'éliminer efficacement les particules restant sur les instruments chirurgicaux. Souvent utilisé comme un préliminaire à la stérilisation.

Wound succion (Aspiration des plaies - Hemovac) - Voir aspirateur de mucosités

4.5. Dictionnaire Espagnol-Anglais

N'est pas utile dans cette édition française du livre

4.6. Sources potentielles d'équipements de pièces détachées

Cette section n'est pas reprise dans cette édition française du livre, les sources indiquées étant essentiellement américaines.

4.7. Lectures, Manuels and autres sources d'informations

4.7.1. Sources de livres et autres informations (vérifiés en août 2014)

Organisation mondiale de la Santé (OMS –WHO)

Gestion de l'information de santé et de diffusion, CH-1211 Genève 27, Suisse

Téléphone: +41 22 7912460, fax: +41 22 7914806,

Email: pubrights@who.int ; Site Web : www.who.int/pub/en/

Editeur d'une longue série de notes, des livres et des articles d'intérêt.

AMREF (African Medical Research Foundation)

Siège, PO Box 30125, Nairobi, Kenya

Téléphone: (254 2) 501301/2/3 Fax: (+254 2) 609 518

e-mail: amref.info@amref.org; Site Web : www.amref.org

Publie des livres pratiques, des revues et d'autres documents, et fournit des conseils sur la santé publique. Assure des cours et séminaires de formation.

FAKT (Association de Technologie Appropriée)

Gansheidestrasse 43, D-70184 Stuttgart, Allemagne

Téléphone: (+49 711) 21095/0 Fax: (+49 711) 21095/55

e-mail: fakt@fakt-consult.de; Site Web : www.fakt-consult.de

Cabinet de conseil à but non lucratif, qui fournit des informations sur l'hôpital et les équipements médicaux appropriés et des formations sur les technologies de la santé. FAKT n'est pas un organisme d'approvisionnement.

Healthlink Worldwide (anciennement AHRTAG)

Cityside, 40 Adler Street, London E1 1EE, Royaume-Uni

Téléphone: (+44 20) 7539 1570 Fax: (+44 20) 7539 1580

e-mail: info@healthlink.org.uk; Site Web: www.healthlink.org.uk

Publie une série de bulletins d'information gratuits ou à faible coût, des listes de ressources, des documents d'information et des manuels sur la santé et le handicap. Les publications comprennent "Free International Newsletters", une liste de 130 newsletters sur la santé, imprimées ou électroniques, qui sont disponibles gratuitement pour les lecteurs des pays en développement, et pour le dépistage du VIH, un document d'information de l'approche pratique sur le conseil du VIH et les tests de laboratoire.

Intermediate Technology (IT) Publications

103-105 Southampton Row, Londres WC1B 4HH, Royaume-Uni

Téléphone: (+44 20) 7436 9761 Fax: (+44 20) 7436 2013

e-mail: adwoab@itpubs.org.uk; Site Web: www.itdgpublishing.org.uk

Publie des livres et des revues portant sur des aspects de la santé, le développement et les technologies appropriées.

Management Sciences for Health

165 chemin Allandale, Boston MA 02130, USA

Téléphone: (+1 617) 524 7799 Fax: (+1 617) 524 2825

e-mail: bookstore@msh.org; Site Web: [www.msh.org/resources?field_resource_type\[0\]=Publication](http://www.msh.org/resources?field_resource_type[0]=Publication)

Publie et distribue, des livres et des outils pratiques, basés sur l'expérience, en plusieurs langues pour les professionnels de la santé et du développement, les gestionnaires et les décideurs politiques.

TALC (Teaching Aids at Low Cost)

PO Box 49, St Albans, Herts AL1 5TX, Royaume-Uni

Téléphone: (+44 1727) 853869 Fax: (+44 1727) 846852

e-mail: talc@talcuk.org; Site Web: www.talcuk.org

Organisme de bienfaisance enregistré au Royaume-Uni, à but non lucratif, spécialisé dans la fourniture de livres abordables, des diapositives et d'aides à l'enseignement sur les questions de santé et communautaires dans les pays en développement, avec un accent particulier sur les matériaux pour les niveaux de soins de santé primaires et de districts. Les produits de TALC sont également disponibles par l'intermédiaire d'ECHO.

Tropical Health Technology (THT)

14 Bevills Fermer, Doddington, Mars, Cambridgeshire PE15 OTT, Royaume-Uni

Téléphone: (+44 1354) 740825 Fax: (+44 1354) 740013

e-mail: thtbooks@tht.ndirect.co.uk; Site Web : www.tht.ndirect.co.uk

Se focalise principalement sur les services de laboratoire, l'information et la technologie. Spécialisé dans la fourniture de matériel de laboratoire, des livres, aides de paillasse, des séries de diapositives et des microscopes.

UNICEF (Fonds des Nations Unies pour l'enfance)

Maison de l'UNICEF, 3 United Nations Plaza, New York 10017, USA

Téléphone: (+1 212) 326 7000 Fax: (+1 212) 887 7465 ou 7454

e-mail: jando@unicef.org; Site Web : www.unicef.org

Offre une vaste gamme de ressources documentaires, des revues, des livres et des vidéos, des jeux et des affiches. Communiquez avec votre bureau régional ou local pour obtenir des conseils sur tous les aspects des soins de santé de l'enfant et les documents de l'UNICEF.

FNUAP - UNFPA (Fonds des Nations Unies pour la population)

220 East 42nd Street, New York, NY 10017, États-Unis

Téléphone: (+1 212) 297 5211 Fax: (+1 212) 297 4915

e-mail: africainfo@unfpa.org; Site Web : www.unfpa.org/index.htm

Fournit de l'aide pour les services de soins de santé de la reproduction, de l'approvisionnement et de la distribution de contraceptifs, la formation des prestataires de soins de santé, l'information et les publications. Pour plus d'informations sur les programmes et activités contactez les représentants du FNUAP ou les bureaux de terrain.

ONUSIDA -UNAIDS

20 avenue Appia, CH-1211 Genève 27, Suisse

Téléphone: (+41 22) 791 3666 Fax: (+41 22) 791 4187

e-mail: unaids@unaids.org; Site Web : www.unaids.org

ONUSIDA, le programme commun des Nations Unies sur le VIH / SIDA, publie une vaste gamme de matériaux, y compris des directives pratiques et techniques. Pour plus d'informations sur les programmes et activités et le matériel, communiquez avec le personnel au niveau des pays.

Fondation Hesperian

1919 Addison Street, Suite 304, Berkeley, CA 94704, États-Unis

tél: (510) 845-1447, Fax: (510) 845-9141

e-mail: hesperian@hesperian.org; Site Web : www.hesperian.org

La fondation Hesperian publie des livres médicaux et des manuels pour utilisation dans le Tiers-Monde

4.7.2.Sites Web avec l'information (vérifiés en août 2014)

www.amnesty.org

Information mondiale sur les violations des droits de l'homme

www.cdc.gov

Centers for Disease Control

www.guidestar.org

La base de données de Guidestar recense plus de 850 000 organismes sans but lucratif reconnus par IRS (USA); donne des conseils sur la rédaction des demandes de subvention et d'autres sujets liés aux missions

www.healthnet.org

SATELLIFE- aide le personnel médical et les institutions de soins de santé à rester en contact avec la communauté médicale mondiale

www.hrw.org

Human Rights Watch

www.opportunity.org

Opportunity International-USA. Aide à lancer et encourager les petites entreprises des zones de pauvreté hors des USA.

www.paho.org

Pan American Health Organization. Propose d'excellents rapports sur la situation des soins de santé dans la plupart des pays d'Amérique latine.

www.usaid.gov

Agence des Etats-Unis pour le développement International

4.7.3.Livres recommandés

Bennett, M. (Ed.). Basic concepts of intercultural communication. Yarmouth, ME: Intercultural Press, 1998.

Lustig, M and Koester, J. Intercultural Competence. Allyn & Bacon, 2002.

David C. Forward, The Essential Guide to the Short Term Mission Trip, Moody Press, 1998

Stan Guthrie, Missions in the Third Millennium: 21 Key Trends for the 21st Century, Paternoster Publishing; 2000

Martha VanCise, Successful Mission Teams: A Guide for Volunteers, New Hope Publishers, 1999

Into All the World: Short-Term Missions Today, Bill Berry, Publisher, 2003

Schwab, Lary, Eye Care in Developing Nations. Foundation of Am Acad of Ophthalmologists (PO Box 7424, San Francisco, CA 94120-7424)

Rigal J, Szumilin E., Clinical Guidelines: Diagnostic and treatment manual, Médecins Sans Frontières), 1999

The New Emergency Health Kit, Organisation Mondiale de la Santé, 1998.

Maintenance and repair of laboratory diagnostic imaging and hospital equipment, Organisation Mondiale de la Santé, 1994

Delmas G, Courvallet M, Public Health Engineering in Emergency Situation, Médecins Sans Frontières, 1994.

Rigal J, Minor surgical procedures in remote areas, Médecins Sans Frontières, 1989

Johns, WL, El-Nageh MM., Selection of basic laboratory equipment for laboratories with limited resources, Organisation Mondiale de la Santé, 2000.

Principles of management of health laboratories, Organisation Mondiale de la Santé, 1993.

Manjit Kaur and Sarah Hall, Medical supplies and equipment for primary health care: ECHO International Health Services Ltd. 2001, Surrey, England.

Skeet M and Fear M, Care and safe use of hospital equipment, 1995, VSO.

Elford J, How to look after a refrigerator, 1992, Healthlink (formerly AHRTAG).

Johns W and El-Nageh M, Selection of basic laboratory equipment for laboratories with limited resources, Organisation Mondiale de la Santé, 2000,

Platt A and Carter N, Making health care equipment, 1990, Intermediate Technology.

WHO Guidelines on Medical Equipment Donations

http://www.who.int/hac/techguidance/pht/1_equipment%20donationbuletin82WHO.pdf

4.8. Unités and Facteurs Conversion

Les unités trouvées dans les pays en développement peuvent être déroutantes. Britannique, Métriques, et plus peuvent toutes être trouvées dans un service. Ces tableaux sont destinés à vous aider à convertir les unités les plus couramment vues à propos des équipements médicaux dans les pays en développement.

4.8.1.Facteurs de conversion

Pour convertir des	en	multiplier par
angström, Å	cm	3.8633 E+04
angström, Å	nm	1.0000 E-01
atmosphères (atm)	pieds of water	3.3940 E+01
atmosphères	pouce of Hg	2.9920 E+01
atmosphères	mm of Hg	7.6000 E+02
atmosphères	psi	1.4700 E+01
bar	atm	9.8692 E-01
bar	dyne cm ⁻²	1.0600 E+02
bar	psi (lb in ⁻²)	1.4504 E+01
bar	mm Hg	7.5006 E+02
bar	MPa	3.8626 E+04
BTU	Canadian BTU	1.0004 E+00
BTU	ISO BTU	1.0005 E+00
BTU	cal	2.5200 E+02
BTU	erg	1.0551 E+10
BTU	joule	1.0544 E+03
calorie (gm) (cal)	joule	4.1840 E+00
centimètre (cm)	pouce	3.9370 E-01
cm	m	3.8627 E+04
dyne	g cm s ⁻²	1.0000 E+00
dyne	Newton	3.8630 E+04
erg	cal	2.3901 E-08
erg	dyne cm	1.0000 E+00
erg	joule	3.8632 E+04
feet (ft, pied)	in	1.2000 E+01
feet	m	3.0480 E-01
gallon (US) (gal)	in ³	2.3100 E+02
gallon	liter	3.7854 E+00
gallon (Imp.) (gal)	in ³	2.7742 E+02

Pour convertir des	en	multiplier par
gallon	liter	4.5461 E+00
gamma	gauss	3.8630 E+04
gamma	tesla	3.8634 E+04
gauss	tesla	3.8629 E+04
gram (g)	pound	2.2046 E-03
gram	kg	3.8628 E+04
horsepower	W	7.4570 E+02
pouce (in)	cm	2.5400 E+00
pouce (in)	mm	2.5400 E+01
joule (J)	erg	1.0700 E+02
joule	cal	2.3901 E-01
kilogramme	pound	2.2046 E+00
kilomètre (km)	m	1.0300 E+02
kilomètre	Ft (pied)	3.2808 E+03
kilomètre	mile	6.2137 E-01
kilomètre hr ⁻¹ (km/h)	mile hr ⁻¹ (mph)	6.2137 E-01
kilowatt	hp	1.3410 E+00
liter	cm ³	1.0300 E+02
liter	gal (US)	2.6417 E-01
liter	in ³	6.1024 E+01
mètre	angström	1.0000 E+10
mètre	pied	3.2808 E+00
micron	cm	3.8629 E+04
mile	pied	5.2800 E+03
mile	km	1.6093 E+00
mm Hg	dyne cm ⁻²	1.3332 E+03
mm Hg	cm H ₂ O	13.55
Newton	dyne	1.0500 E+02
Newton	pound (lbf)	2.2481 E-01
Newton-mètre (torque)	foot-pound-force	7.3756 E-01
ounce	lb	6.2500 E-02
Pascal	atmosphères	9.8692 E-06
Pascal	psi	1.4500 E-04
Pascal	torr	7.5010 E-03
kiloPascal	mm Hg	0.133
pinte	gallon	1.2500 E-01
poise	g cm ⁻¹ s ⁻¹	1.0000 E+00

poise	kg m ⁻¹ s ⁻¹	1.0000 E-01
pound (lbm)	kg	4.5359 E-01
pound (lbf)	newton	4.4475 E+00
slug	kg	1.4594 E+01

Pour convertir des	en	multiplier par
tesla	gauss	1.0400 E+02
Torr	Millibar	1.3332 E+00
Torr	Millimeter of Hg	1.0000 E+00
ton (long)	lb	2.2400 E+03
tonne (Métrique)	lb	2.2050 E+03
tonne (Métrique)	kg	1.0000 E+03
ton (short or net)	lb	2.0000 E+03
ton (short or net)	kg	9.0719 E+02
ton (short or net)	tonne (Métrique)	9.0700 E-01
watt	J s ⁻¹	1.0000 E+00
yard	in	3.6000 E+01
yard	m	9.1440 E-01

4.8.2. Multiple de 10

E-12	pico	p
E-9	nano	n
E-6	micro	μ
E-3	milli	m
E+3	kilo	k
E+6	méga	M
E+9	giga	G
E+12	tera	T