

Préparation des respirateurs avant l'anesthésie d'un patient chez qui les halogénés sont contre-indiqués

Department of Anesthesiology and Intensive Care, University Hospital of Toulouse, EA 4564 MATN, IFR 150, Toulouse, France

Kern D, Cottron N, Daydou S, Visnadi G, M Pages, J Pécherman, Larcher C, Lamouret O, Laur JB, Blais T, Gallix D, Requis J, Kurrek M, Minville V, O Fourcade

Conflits d’intérêts

Dräger (Lübeck, Allemagne),
General Electrics (Munich, Allemagne),
Heinen and Löwenstein (Bad Ems, Allemagne),
Maquet (Solna, Suède),
Mindray (Shenzhen, Chine)
Philips (RØdovre, Danemark)

Abbott (Sévoflurane)

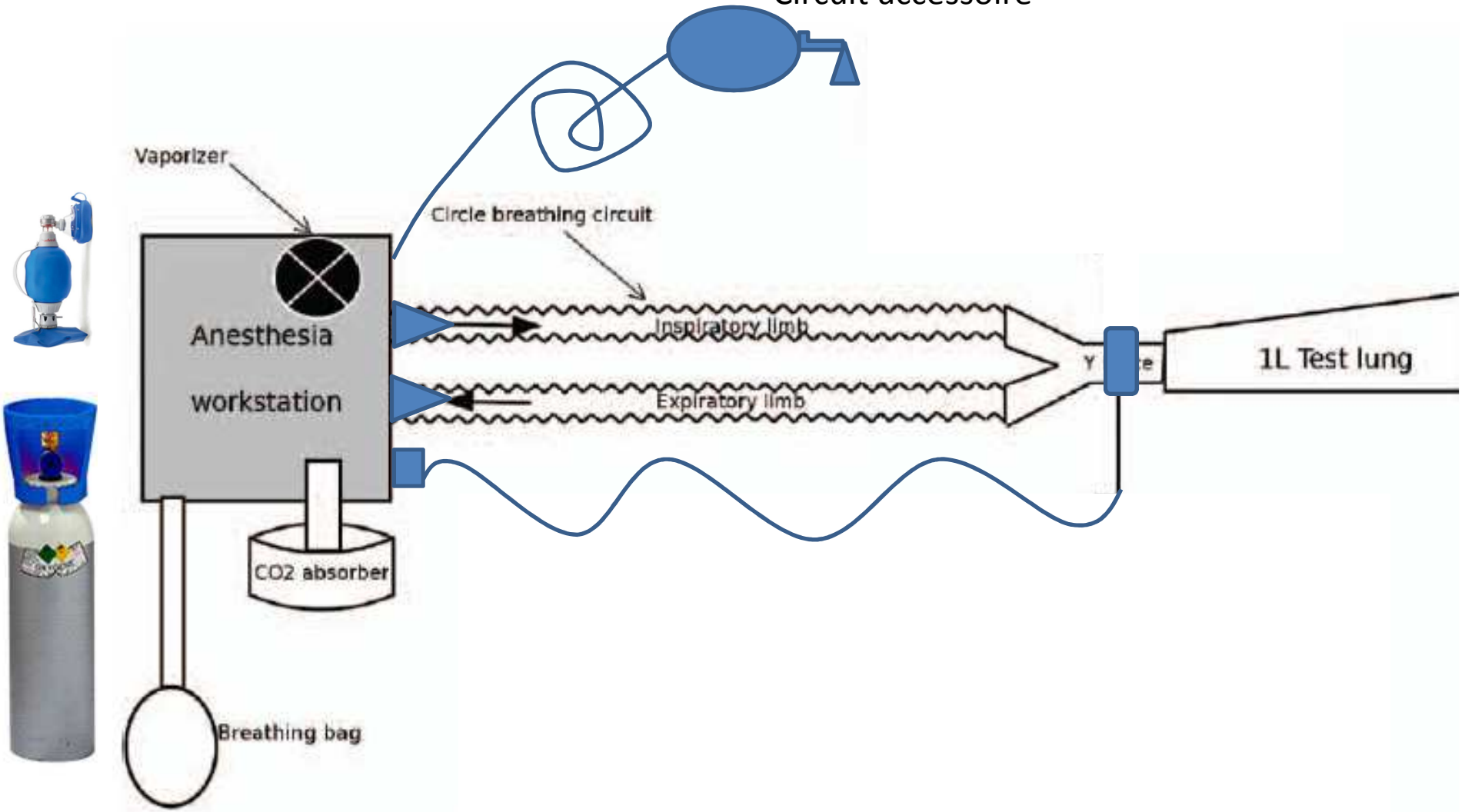
Pas de conflit d’intérêt avec Dynesthetics (Vapor Clean)

Stratégie de prise en charge anesthésique des patients HMS

Conf Expert SFAR 2013

Sd rare et grave =>	simulation pour CAT boite HM avec TOUT dantrolène, tubes et bons, fiche réflexe
Dantrolène préventif?	Non = efficacité ? Effets secondaires dépression respiratoire +
Dantrolène disponible?	OUI
Programmation en 1er ?	OUI
ACA ?	Possible
Succynilcholine interdite	
Préparer le respirateur	La préparation du respirateur dépend du modèle. Les évaporateurs sont enlevés pour éviter une erreur de manipulation. La purge par un flux de 10 l/min de gaz en circuit ouvert varie entre 10 et 50 min selon le type de respirateur, pour tenir compte des possibilités d'absorption des halogénés dans les circuits internes complexes [Kim. Anesthesiology. 2011].

Circuit accessoire



Comment sont faites les études pour répondre à la question

Contaminer (priming)

Halothane 1%
Isoflurane 1,5%
Desflurane 6% - 8%
Sévoflurane 2% - 3%

2 h

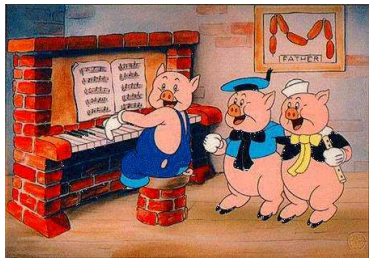
Retrait cuve
Changement des consommables

Ventilation mécanique = Rinçage

Combien de temps ?

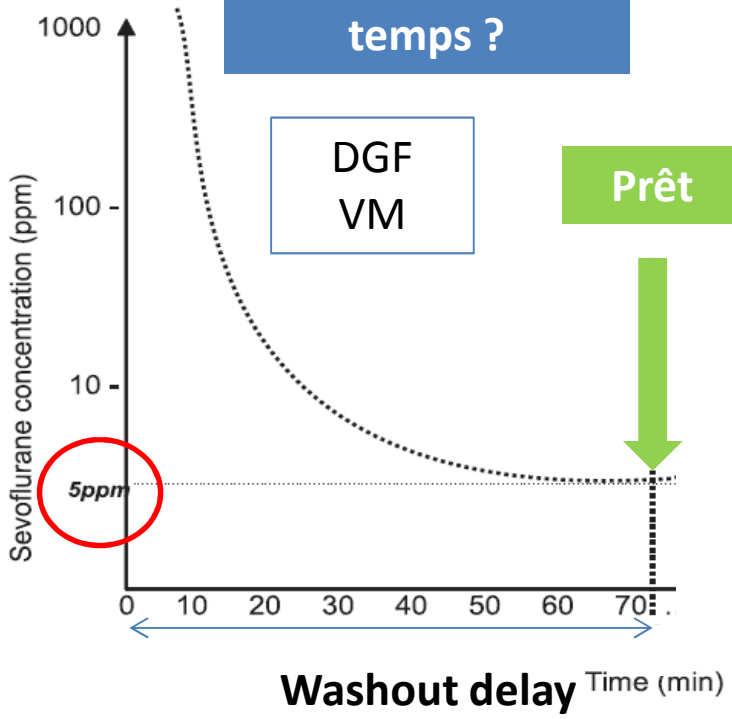
Et si on change 1 condition ?

Maccani Anesth Analg 1996





Prinzhausen CJA 2006

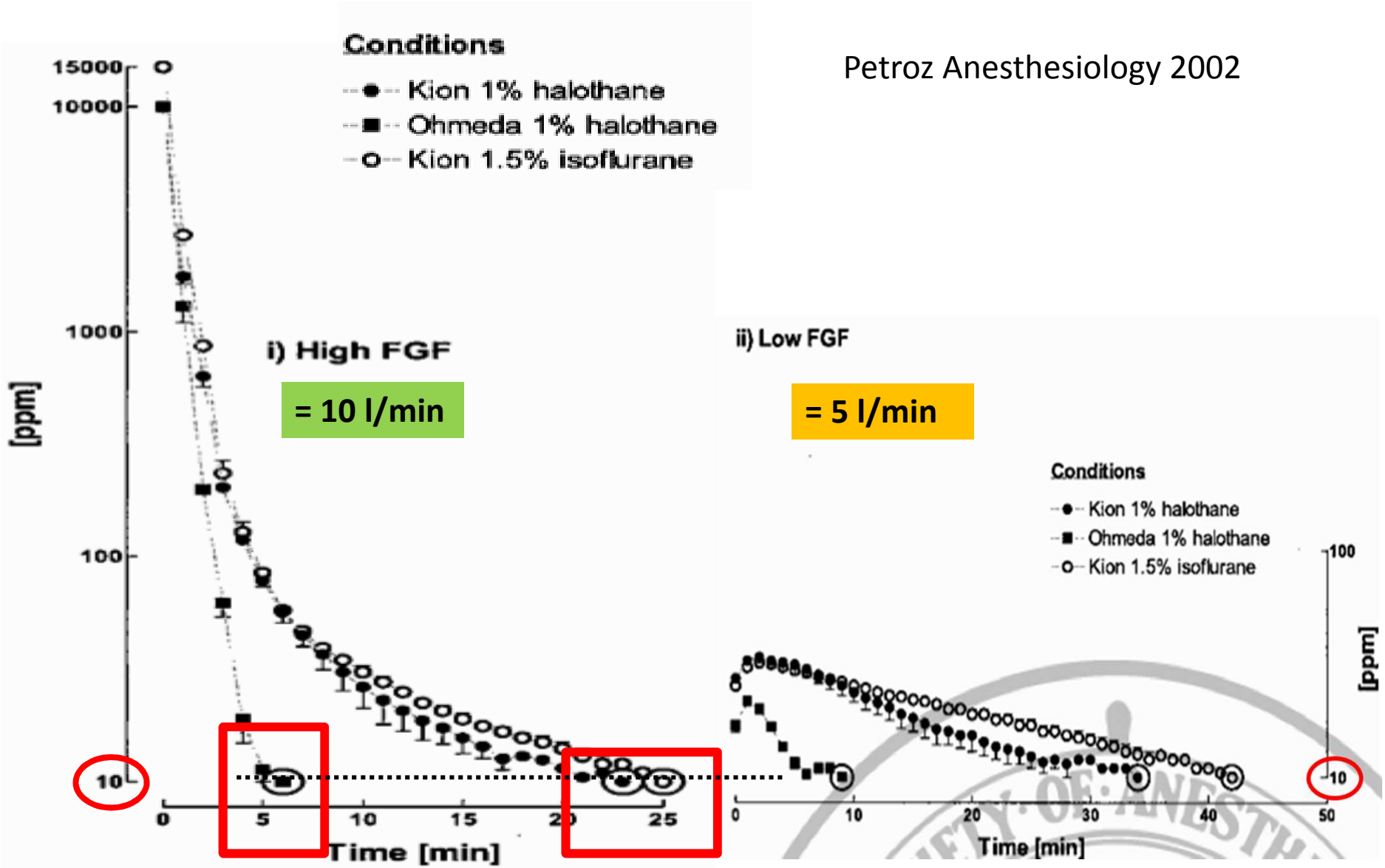


DGF
VM

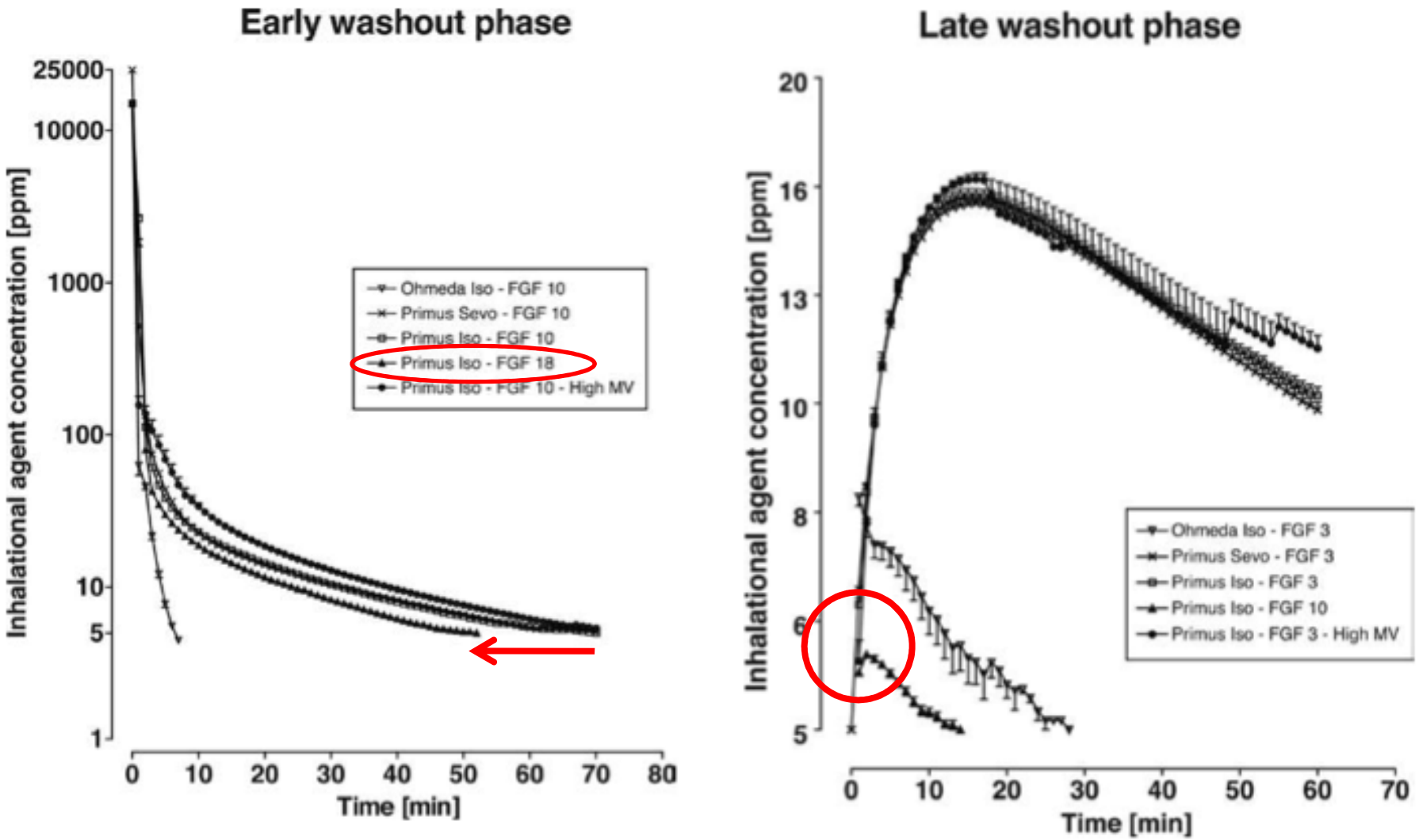
Prêt

Combien de temps ?

Petroz Anesthesiology 2002



↑ DGF


Early washout phase
Late washout phase
Inhalational agent concentration [ppm]
Time [min]
Ohmeda Iso - FGF 10
Primus Sevo - FGF 10
Primus Iso - FGF 10
Primus Iso - FGF 18
Primus Iso - FGF 10 - High MV
Ohmeda Iso - FGF 3
Primus Sevo - FGF 3
Primus Iso - FGF 3
Primus Iso - FGF 10
Primus Iso - FGF 3 - High MV

Ventilation of the HMS patient in 2011

Use a dedicated « vapor free machine » ICU or anesthesia ventilator

Use a cleaned anesthesia machine

MHAUS

Disconnect the vaporizer

Change the breathing circuit

Change the carbon dioxide absorbent

Washout

*« Newer anesthesia "workstations" may require up to **60 minutes** for purging residual gases; consult manufacture information and information on the MHAUS website» …sept 2011*

Prinzhausen -Primus®- CJA 2006
Gunter –Fabius®- Anesth Analgesia 2008

Preparation of Modern Anesthesia Workstations for Malignant Hyperthermia–susceptible Patients

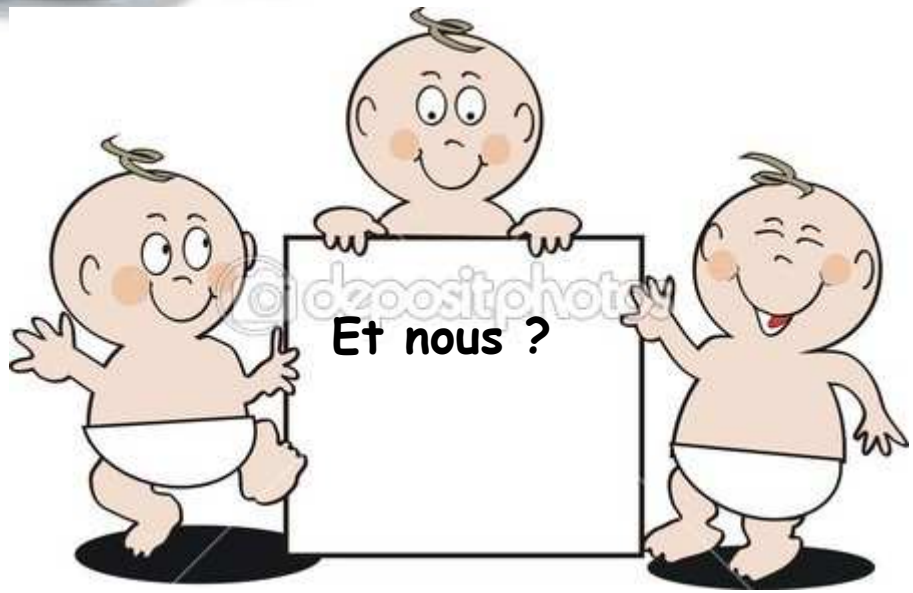
A Review of Past and Present Practice

Tae W. Kim, M.D.,* Michael E. Nemergut, M.D., Ph.D.†

Anesthesiology 2011; 114:205–12

« We encourage a comprehensive study of all anesthesia machines currently in use and the development of guidelines …»


Ehh,
What's Up,
Doc?


Et nous ?

The Sevoflurane Washout Profile of Seven Recent Anesthesia Workstations for Malignant Hyperthermia-Susceptible Adults and Infants: A Bench Test Study

Nicolas Cottron, MD, Claire Larcher, MD, Agnès Sommet, MD, PhD, Rose Fesseau, MD, Xavier Alacoque, MD, Vincent Minville, MD, PhD, , Olivier Fourcade, MD, PhD, and Delphine Kern, MD, PhD

Anesth Analg. 2014 Jul;119(1):67-75.

Quels délai de rinçage avant de ventiler un adulte HTMs?

Quels délais de rinçage avant de ventiler un enfant HTMs?

Perseus
Zeus
Avance
Primus
Flow-i
Léon
Félix

Contaminer (priming)

Sévoflurane 3%

2 h

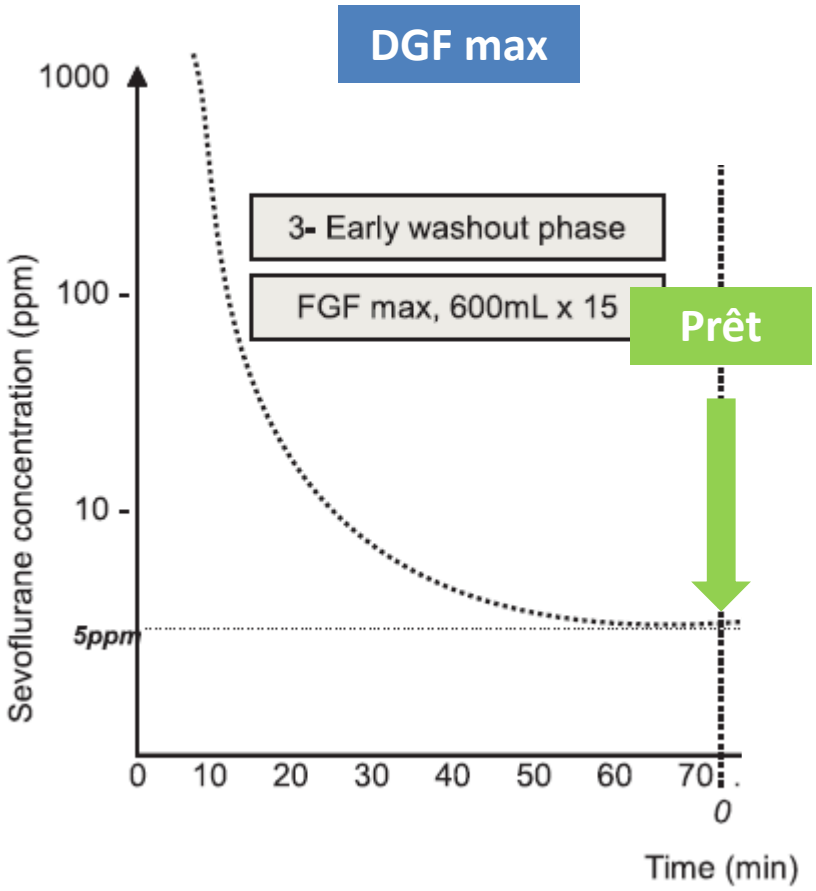
Retrait cuve
Changement des consommables
(Circuit patient, filtre patient, ligne de prélèvement, piège à eau, cannister chaux sodée, circuit et ballon de ventilation manuelle)

Ventilation mécanique = Rinçage

VM = 600 * 15
DGF max

Sévo 3% - 2h

Quels délai de rinçage avant de ventiler un adulte HTMs?



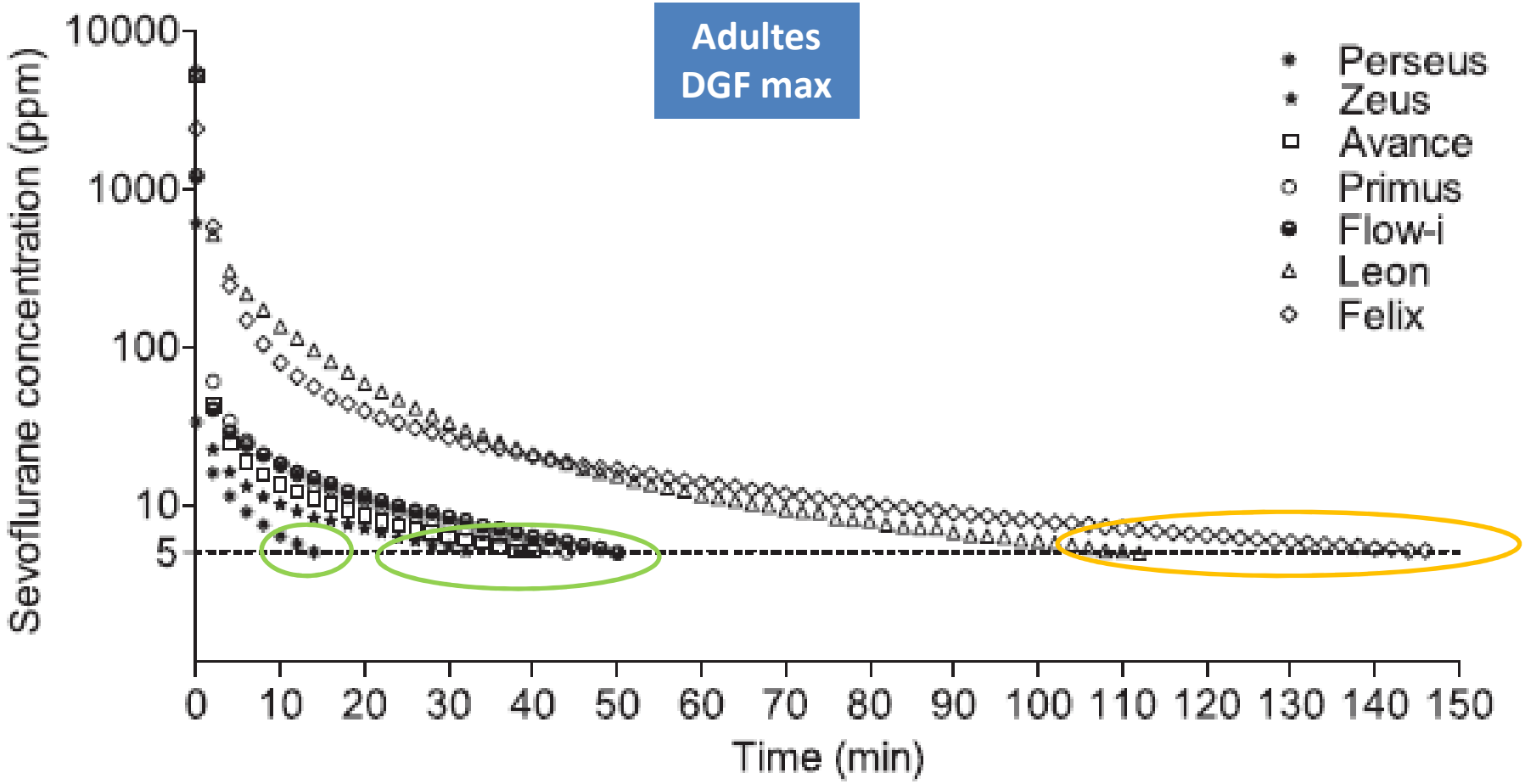


Figure 3. Adult experiment: Early washout profiles. Seven anesthesia workstations were primed with 3% sevoflurane (2 hours, 3 L/min), then flushed at maximal fresh gas flow (FGF) and minute ventilation equals to 600 mL × 15. Sevoflurane concentration was measured until it reached 5 ppm. One measurement each 2 minutes is represented for the longest of the 3 runs observed.

↘ FGF = 10 l/min

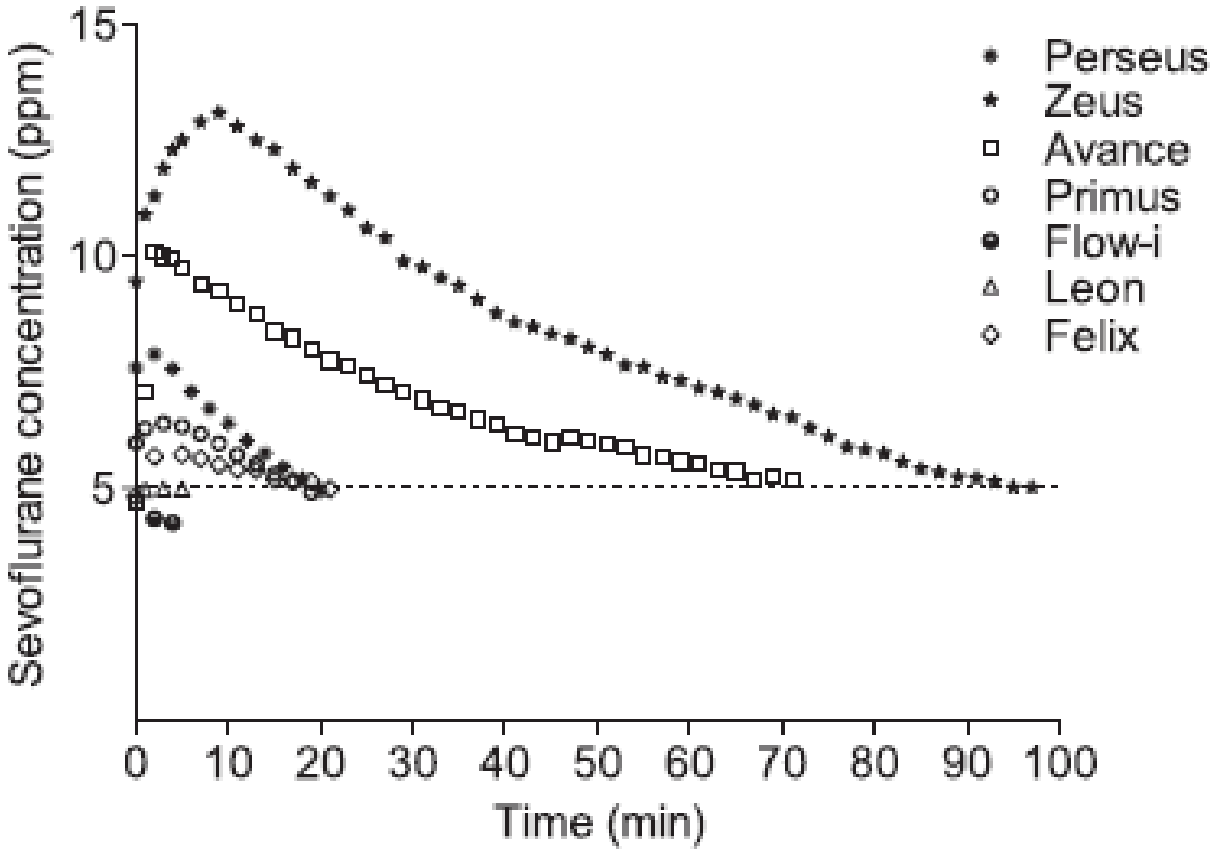


Figure 5. Adult experiment: Late washout profiles. When the concentration reached 5 ppm after early washout, fresh gas flow (FGF) was reduced from maximum to 10 L/min. If a rebound effect was observed, defined by a sevoflurane concentration > 5 ppm, late washout was continued until sevoflurane concentration reached 5 ppm again. One measurement each 2 minutes is represented for the longest of the 3 runs observed.

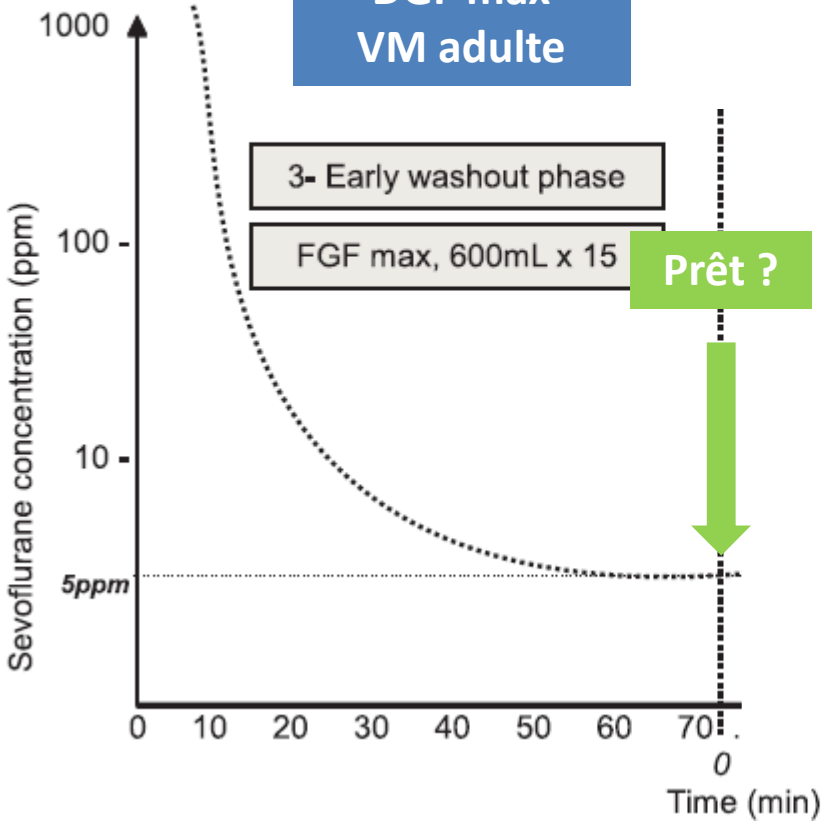
→ Ventilation adulte HTMs = DGF max

Sévo 3% - 2h

Quels délai de rinçage avant de ventiler un enfant HTMs?

DGF max
VM adulte

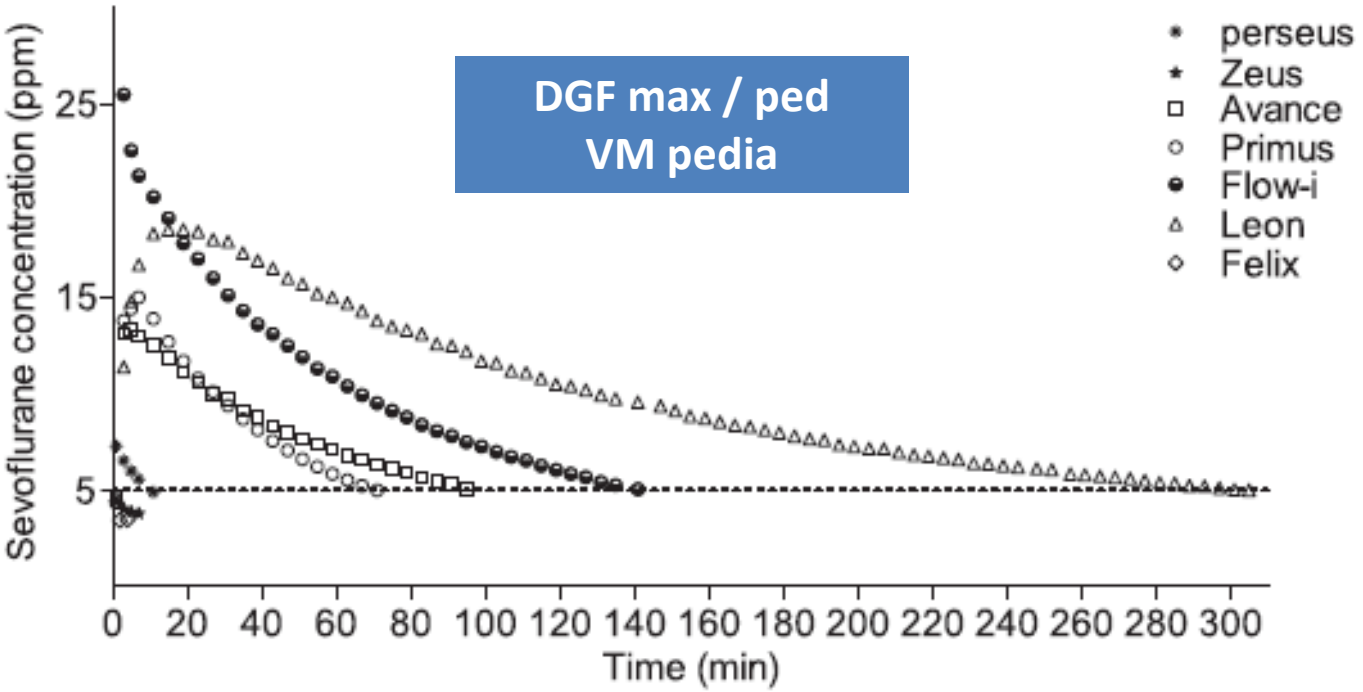
DGF max / ped
VM pedia



Prêt ?

Prêt !

Après le rinçage initial, le respi est il prêt pour ventiler un enfant HTMs ?



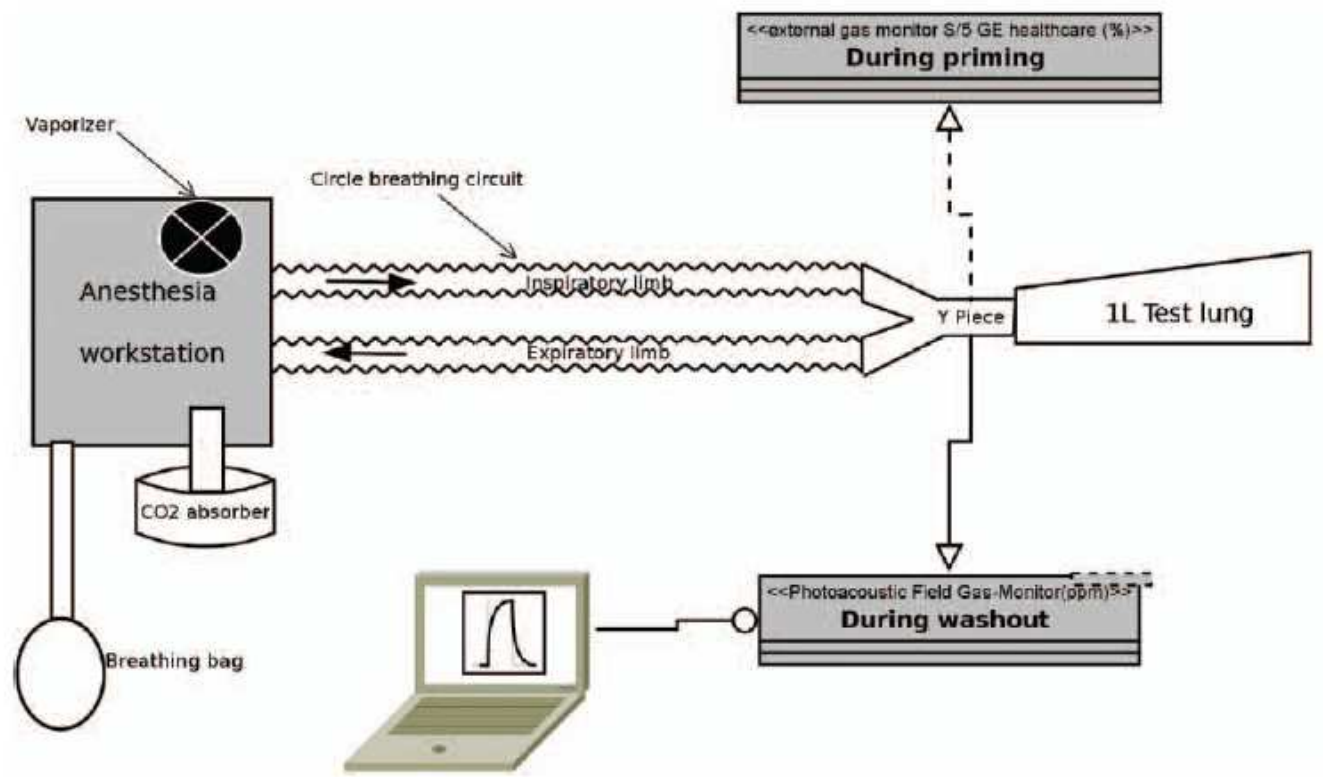
DGF max / ped
VM pedia

Figure 6. Pediatric experiment: Late washout profiles. When the concentration reached 5 ppm after early washout, minute ventilation was reduced from 600 mL × 15 to 50 mL × 30 to simulate pediatric ventilation. If a rebound effect was observed, defined by a sevoflurane concentration > 5 ppm, late washout was continued until sevoflurane concentration reached 5 ppm again. One measurement each 4 minutes is represented for the longest run observed.

→ Ventilation enfant HTMs = nécessité d'un rinçage complémentaire

Workstations	Washout delay [sevo]<5ppm FGF max MV = 600x15
Perseus	14 [15–16] min
Philips	15 min [15-15]
Flow i	48 [48–51] min
Primus	42 [42–45] min
Avance	37 [35–42] min
Zeus	34 [29–36] min
Mindray A7	58 min [52-59]
Felix	144 [137–148] min
Leon	112 [110–112] min

3ème condition de rebond = le circuit de ventilation manuelle





Etapes	Réglages	Primus	Avance
Premier rinçage	DGF max	18l/min	15l/min
	Ventilation minute	600 *15	
	Durée	1h	
Rinçage man/spont	Man/spont	Non	10 min
Second rinçage	DGF max	18 l/min	15l/min
	Ventilation minute	Patient	
	Durée	1h30	2h



C’est plus long qu’avant …

Ca dépend des machines …

Effet rebond

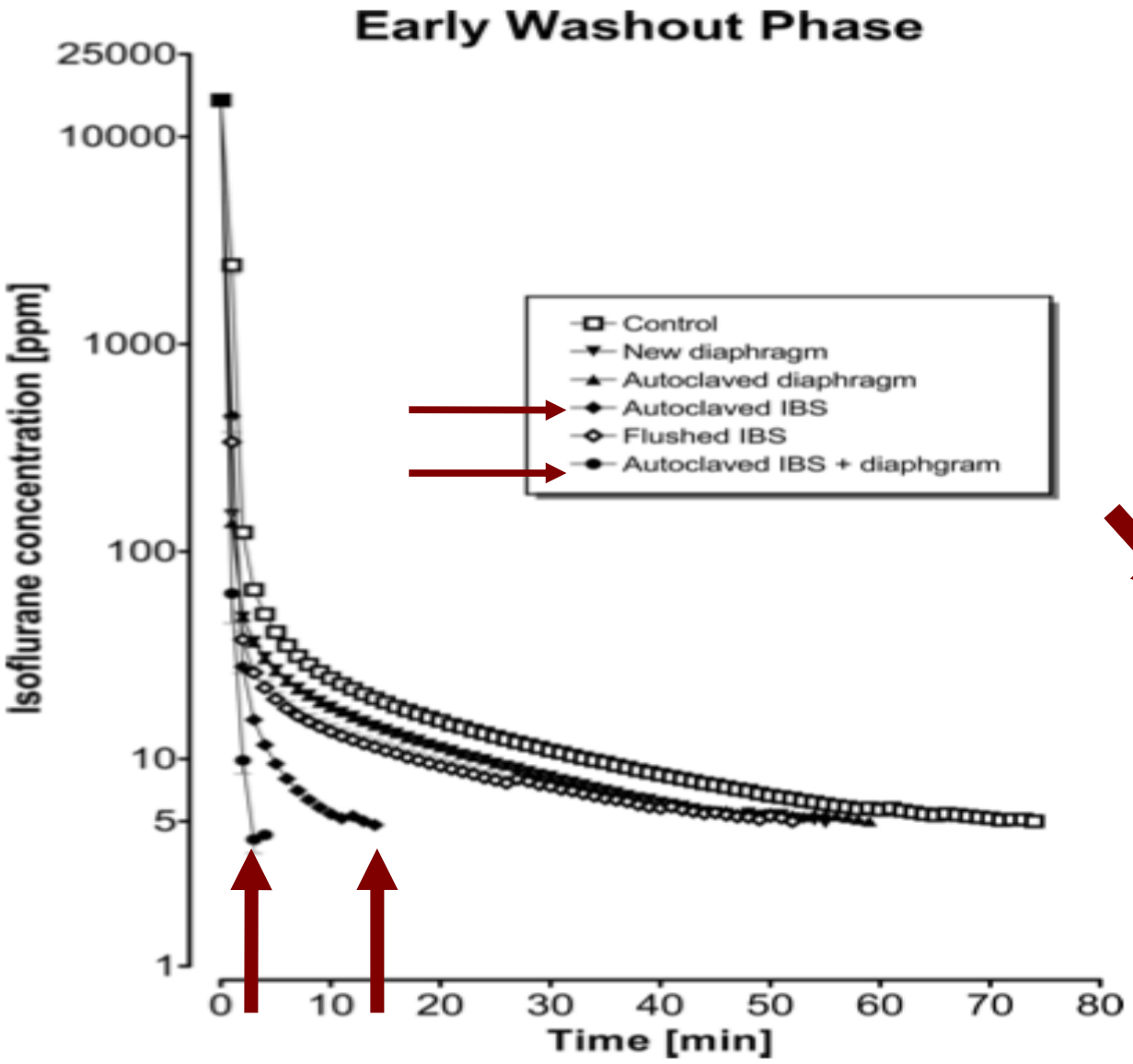
si ↘ DGF

si ↘ VM (pédiatrie)

si Man/spont



Autoclave

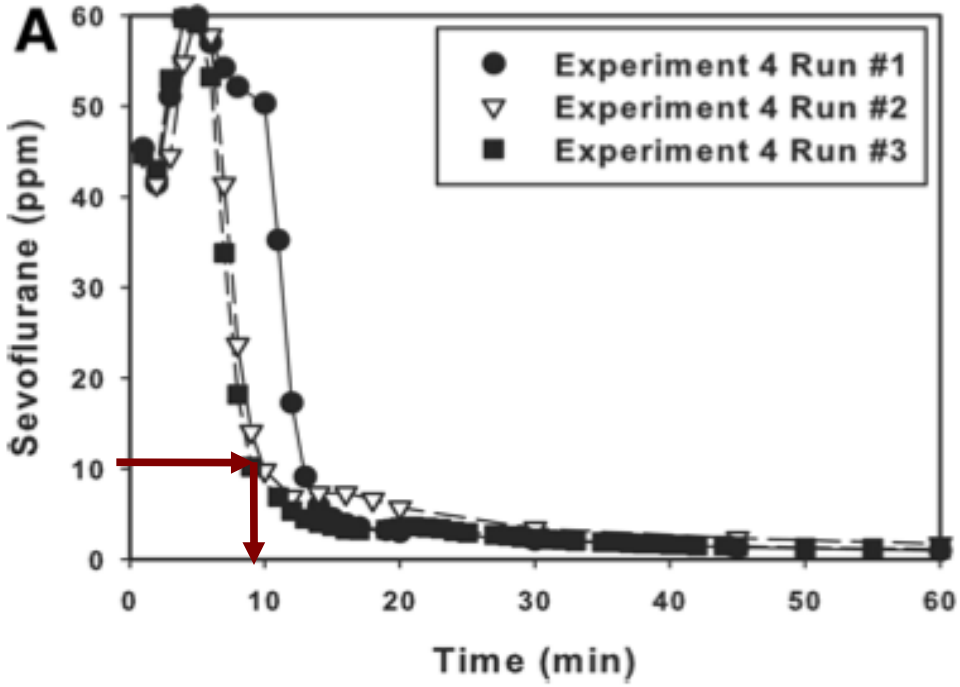


Rebound effect

Primus
Crawford Anesthesio 2007

Activated charcoal filter





Gunter Anesth analg 2008

Anesth Analg 2011;112:1363–70)

Anesthesia Patient Safety Foundation

Section Editor: Sorin J. Brull

TECHNICAL COMMUNICATION

Activated Charcoal Effectively Removes Inhaled Anesthetics from Modern Anesthesia Machines

Nathaniel Birgenheier, MD, Robert Stoker, BA, Dwayne Westenskow, PhD, and Joseph Orr, PhD

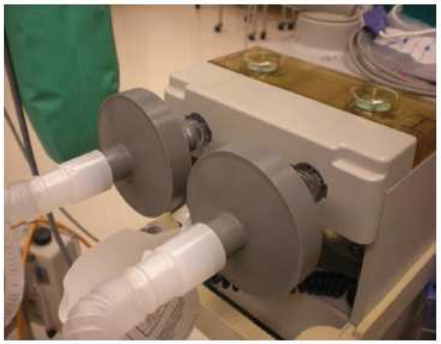


Figure 1. Two activated charcoal filters attached to an anesthesia machine and breathing circuit.

Contaminer (priming)

Apollo (Draeger)
Aestiva (GE)

Isoflurane 1,5%
Sévoflurane 2%
Desflurane 6%

1 h30

↘ **2 FCA**
↘ changement de consommables
∅ Changement Chaux
∅ Rinçage
∅ Cuve retirée
DGF = 10 l/min
Durée 1h30

Variante
DGF = 10 l/min 45min,
DGF ↘ 3l/min 45 min
Durée 1h30

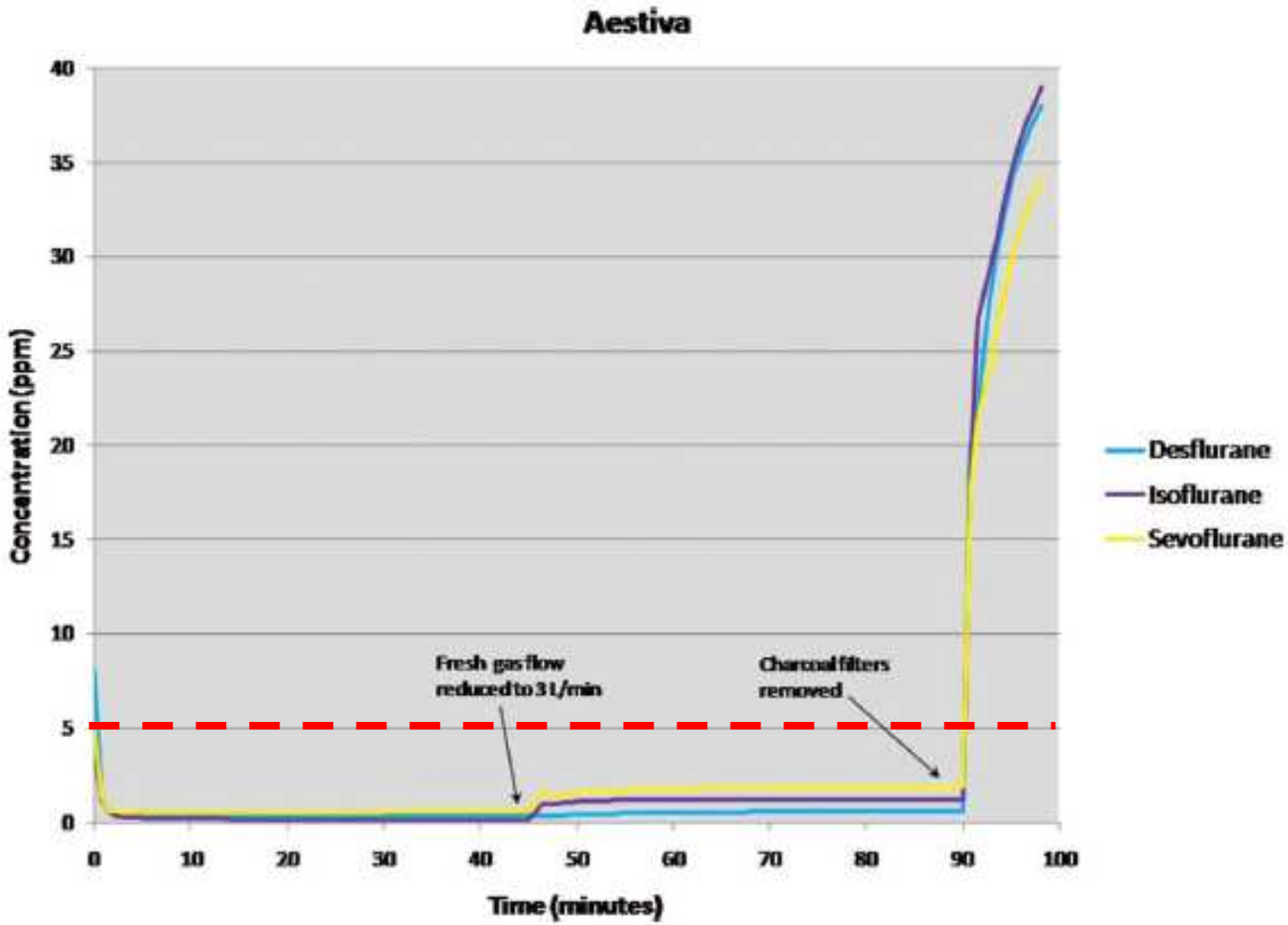


Figure 5. The concentration of desflurane (blue), sevoflurane (yellow), and isoflurane (purple) coming from a contaminated Aestiva anesthesia machine after placing activated charcoal filters on the inspired and expired limbs to decontaminate the machine. The fresh gas flow was reduced from 10 L/min to 3 L/min after 45 minutes. The filters were removed after 90 minutes; ppm = parts per million.

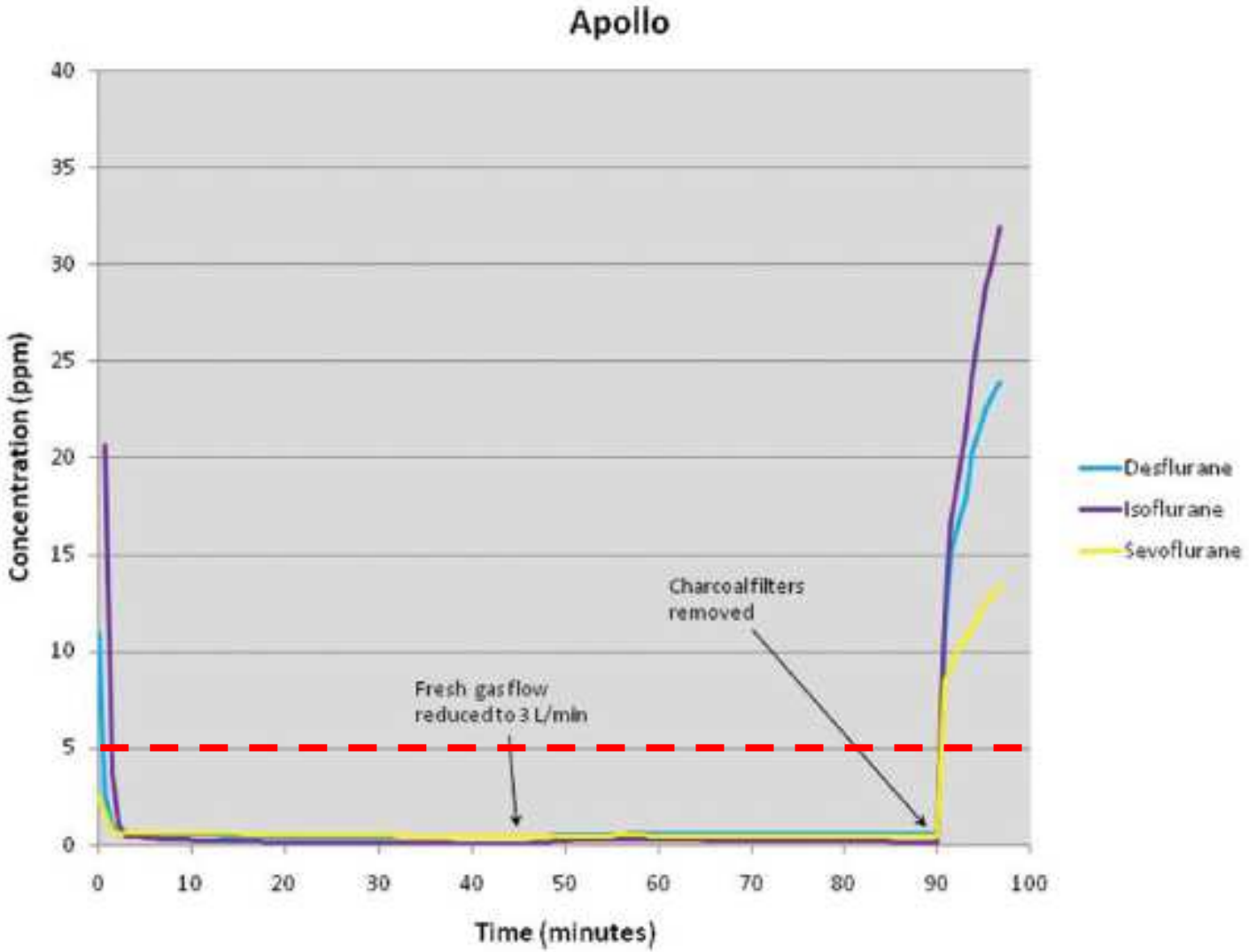


Figure 7. The concentration of desflurane (blue), sevoflurane (yellow), and isoflurane (purple) coming from a contaminated Apollo anesthesia machine after placing activated charcoal filters on the inspired and expired limbs to decontaminate the machine. The fresh gas flow was reduced from 10 L/min to 3 L/min after 45 minutes. The filters were removed after 90 minutes; ppm = parts per million.

Conclusion des auteurs

Aestiva et Apollo
« cleaned machine » en 2 minutes
Pour au moins 60 min

Table 1. Time (in Minutes) When the Inspired Anesthetic Concentration Coming from a Contaminated Apollo and Aestiva Anesthesia Machine Decreased Below 5 Parts per Million

	Agent	Charcoal	Control
Apollo	Isoflurane	1.5	84
	Sevoflurane	<1.0	46
	Desflurane	<1.0	53
Aestiva	Isoflurane	<1.0	54
	Sevoflurane	<1.0	48
	Desflurane	<1.0	27

The Charcoal column shows the time after placing charcoal filters on the inspired and expired limbs of the anesthesia machine. The Control column shows the time after beginning to flush the machine with 10 l/minute.

Recommandations de la MHAUS

Since 1981
MHAUS
MALIGNANT HYPERTHERMIA ASSOCIATION OF THE UNITED STATES
Dedicated to Patient Safety

Ventilation du patients HTMs
Changer les filtres à charbon toutes les heures
DGF = 10l/min

Anaesth Intensive Care 2014; 42: 51-58

Clarifying the role of activated charcoal filters in preparing an anaesthetic workstation for malignant hyperthermia–susceptible patients

J. G. BILMEN*, R. L. GILLIES†
Royal Melbourne Hospital, Parkville, Victoria

Coût +++

VAPOR-CLEAN



A$130

Contaminer 4 Aysis

Isoflurane 1,5%
Desflurane 6%
Sévoflurane 2%

2 h

2 FCA nécessaire ?
Changer les FCA toutes les heures ?
Flusher le circuit avant d'insérer les FCA ?
Remplacer le circuit et la chaux sodée ?

Exp 1

↳ 2 FCA
∅ flush 90’’
∅ changement de consommables
↳ Cuve retirée
DGF = 10 l/min
Durée 1h

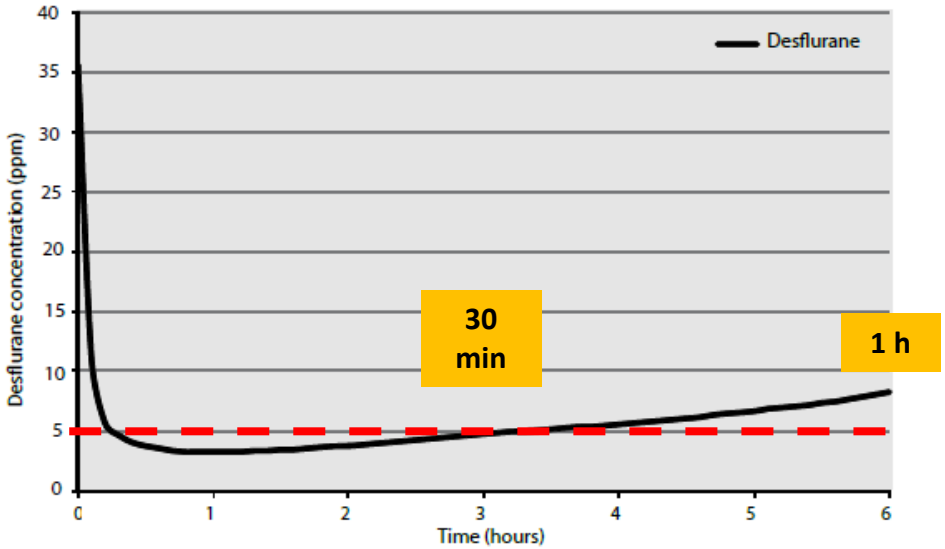


Figure 2: Desflurane vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the circuit with vapour for two hours and the subsequent addition of two activated charcoal filters.

Conclusion des auteurs

Urgence absolue

↳ 2 FCA
∅ flush 90’’
∅ changement de consommables
↳ Cuve retirée
DGF = 10 l/min

Remplacer les FCA toutes les 30 min

Recommandations de Dyn[illegible]esthetics 2013
« OK sans flush et sans changement de consommables »

Exp 2

- 1 FCA br insp, stop à 90min
- flush 90’’
- changement de consommables
- Cuve retirée

DGF = 10 l/min

Durée 2h

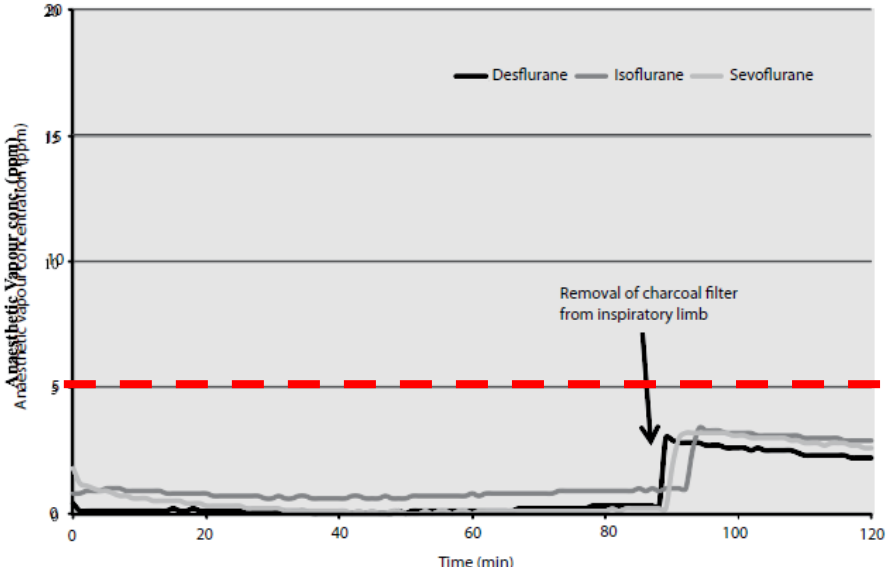


Figure 3: Anaesthetic vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of a single activated charcoal filter on the inspiratory limb. The filter was removed after 90 minutes while high flow oxygen delivery was maintained (10 lpm).

Exp 3

- 1 FCA br insp
- flush 90’’
- changement de consommables
- Cuve retirée

DGF = 10 l/min 90min, ↘3l/min

Durée 12h

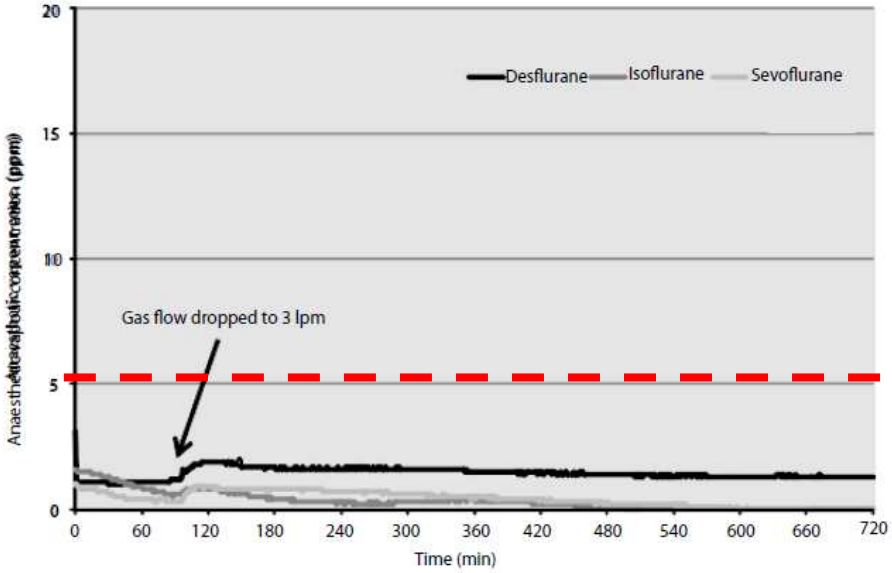


Figure 4: Anaesthetic vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high-flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of an activated charcoal filter on the inspiratory limb. Gas flows were reduced after 90 minutes from 10 lpm to 3 lpm with the filter remaining in situ.

Conclusion des auteurs | **Hors urgence**

~~↘ 1 FCA br insp~~
↘ flush 90''
↘ changement de consommables
↘ Cuve retirée
DGF = 10 l/min 90min, ↘3l/min
Durée 12h

~~↘ 1 FCA br insp, stop à 90min~~
DGF = 10 l/min

Exp 4

↘ 1 FCA br exp
↘ flush 90''
↘ changement de consommables
↘ Cuve retirée
DGF = 10 l/min
Durée 1h30

Réponse de Dynesthetics **↘ 2 FCA**

In conclusion, as the manufacturer of the Vapor-Clean filters we cannot condone the use of a single filter as advocated by Bilmen and Gillies. This practice introduces a misuse error that has too great a safety risk for MH patients. Using a single Vapor-Clean filter, instead of the recommended two filters, violates the regulatory approved use labelling and therefore, should not be practised.

J. Orr

D. Sakata

Salt Lake City, USA

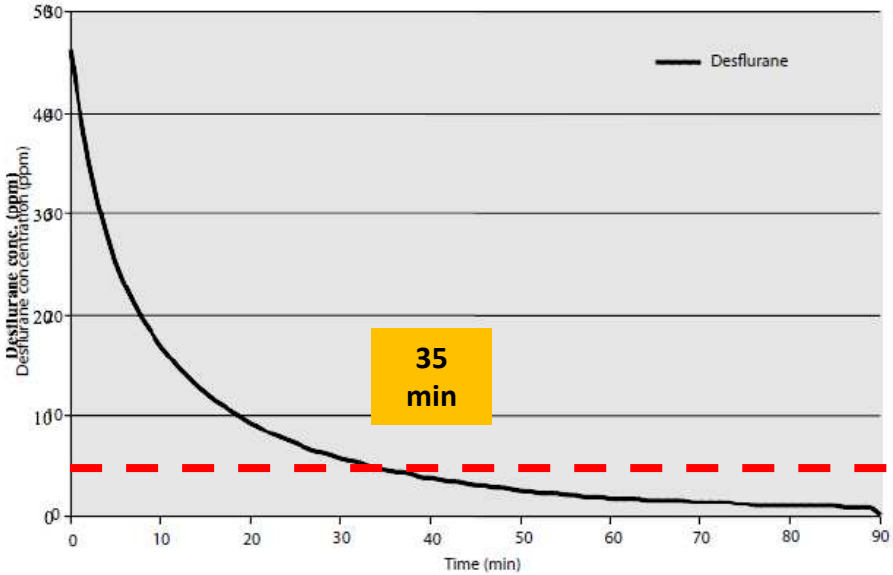
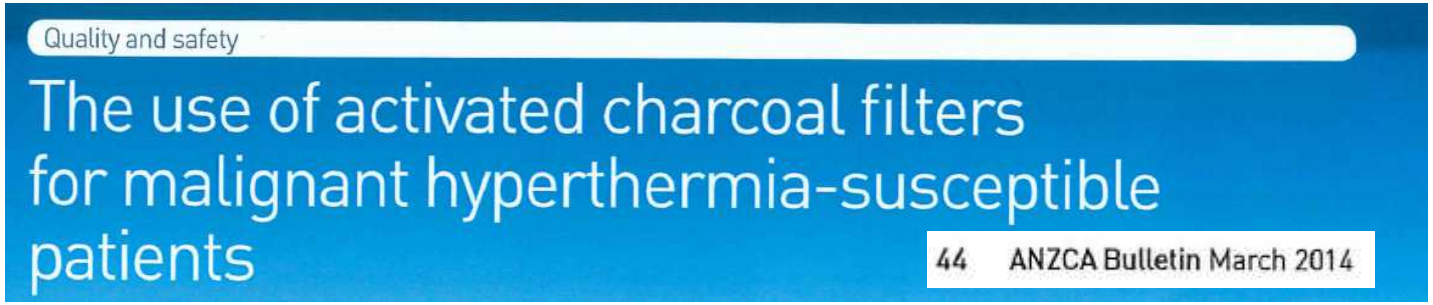


Figure 5: Desflurane vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high-flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of an activated charcoal filter on the expiratory limb.



MHANZ (Malignant Hyperthermia Australia & New Zealand) is the group of anaesthetists and scientists who test for MH susceptibility and advise ANZCA on MH-related policy. The following are our recommendations that follow from the results obtained by Melbourne investigators.

Birgenheier 2011
Bilmen & Gillies 2014

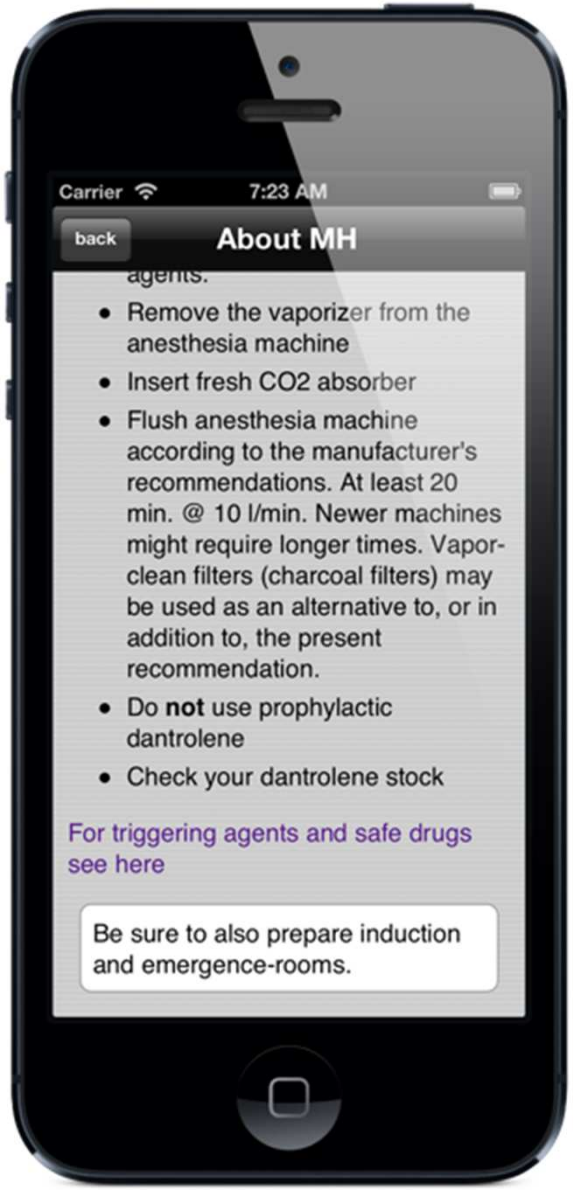
AYSIS **+ Vapor Clean**

- ↙ Cuve retirée
- ↙ flush 90''
- ↙ changement de consommables
- ↙ compris la chaux sodée
- **↙ 2 FCA**

DGF = 10 l/min 90min, ↘3l/min
Durée 12h
Usage unique

Universität Basel

European Malignant Hyperthermia Group EMHG



Prepare workstations

- ↙ Cuve retirée
- ↙ Changer la chaux sodée

DGF = 10 l/min

Durée = cf reco industriels

± **FCA**

Recommandations de la MHAUS

Birgenheier 2011

Ventilation du patients HTMs
Changer les filtres à charbon **toutes les heures**
DGF = 10l/min

Recommandations Dynesthetics

Bilmen & Gillies 2014

FGF = 10L/min
Renouvellement **toutes les 12h**

Discordance / durée d'action

Recommandations de la MHAUS 2015

FGF = 10L/min
Renouvellement **toutes les 12h**



Recommandations de la MHAUS et Dynesthetics Mi 2015

FGF = **3 L/min**
Renouvellement **toutes les 12h**

Pour les patients susceptibles de présenter une hyperthermie maligne

Prêts en moins de 90 secondes

Les composants internes des appareils d'anesthésie moderne capturent et retiennent les agents anesthésiques volatiles qui sont libérés lorsque la machine est utilisée avec un nouveau patient. Même d'infimes quantités de vapeur, présentes à l'état de traces, peuvent être nocives pour les patients susceptibles de présenter une HM[1]. On estimait auparavant que purger l'appareil d'anesthésie au moyen d'un débit élevé de gaz frais pendant une période de temps prolongée avant toute utilisation avec un nouveau patient permettait de réduire le risque avec les patients susceptibles de présenter une HM. Désormais, en moins de 90 secondes, les filtres à charbon actif Vapor-Clean permettent de réduire l'exposition du patient aux molécules de desflurane, sévoflurane et isoflurane à moins de 5 ppm pendant toute la durée d'une intervention et ce jusqu'à 12 heures.

- Une étude soumise à un examen collégial montre que les filtres Vapor-Clean homologués par la FDA permettent d'abaisser la quantité de vapeur d'agents anesthésiques à un seuil inférieur à 5 ppm en moins de 90 secondes[2].
- Les filtres Vapor-Clean permettent de maintenir des seuils de vapeur anesthésique inférieurs à 5 ppm pendant toute la durée d'une intervention (jusqu'à 12 heures).
- Il n'est donc pas nécessaire de purger l'appareil d'anesthésie pendant une durée allant jusqu'à 104 minutes[2,3,6] avant d'administrer l'agent anesthésique au patient susceptible de présenter l'hyperthermie maligne.
- Il suffit de raccorder les filtres Vapor-Clean d'inspiration et d'expiration entre l'appareil d'anesthésie et un nouveau circuit respiratoire pour distribuer un agent anesthésique sans vapeur.

Pour plus d'informations, notamment de courtes démonstrations du produit en ligne et des renseignements sur les modalités d'achat, consultez le site www.dynasthetics.com ou appelez le 801-484-3820

Pour les crises d'hyperthermie

Réduire l'exposition à des agents volatiles sans retarder l'administration de dantrolène

Dans le cas d'une crise d'hyperthermie maligne, les médecins peuvent rapidement arrêter le gaz anesthésique, mettre en place le Vapor-Clean et réduire l'exposition sans avoir à retarder l'administration de dantrolène et sans avoir à basculer sur une ventilation manuelle.

Sans le dispositif Vapor-Clean, le temps nécessaire pour remplacer l'appareil d'anesthésie ou pour changer le système d'anesthésie circulaire avec absorbeur de CO_2, entraîne souvent un retard de l'administration du dantrolène.



Le dispositif Vapor-Clean permet ainsi de garantir une ventilation mécanique sûre et sans interruption au cours d'une crise d'hyperthermie

« Le conseil consultatif professionnel / les consultants du service téléphonique de la MHAUS ont tous été impressionnés par le fait que l'action du dispositif (appelé Vapor-Clean) était conforme à ce qui était avancé par les investigateurs : à savoir une réduction rapide de la concentration de gaz anesthésique administrée au patient via l'appareil d'anesthésie qui devient pratiquement nulle ! »

- Blog du Président, juillet 2011, Henry Rosenberg M.D., Président, Malignant Hyperthermia Association of U.S. (MHAUS)

Dynasthetics

3487 West 2100 South #300, Salt Lake City, Utah 84119
www.dynasthetics.com 801-484-3820

10020 (E)

Dispositif reconnu par la MHAUS

(Malignant Hyperthermia Association of the United States)

Préparation rapide de la machine pour les patients susceptibles de présenter une HM & gestion de la crise d'HM



Dynasthetics

Marquage CE = 599815

Distributeur européen = Mic France Tél. : +33 (0)4 72 31 06 08). (alexandra.kuter@micfrance.com).

Standardiser la préparation de l'appareil d'anesthésie dans les cas d'hyperthermie maligne

- Compatible avec tous les appareils d'anesthésie
- Durée de conservation de deux ans minimum
- Permet de réduire les retards coûteux en salle d'opération dus à la découverte « surprise » de patients susceptibles de présenter une HM.



Compatible à la fois avec les circuits respiratoires standard à deux branches (en Y) et les circuits coaxiaux

« Avec l'avènement du dispositif Vapor-Clean, il semble bien que le défi consistant à protéger les patients susceptibles de présenter une hyperthermie maligne des traces les plus infimes de vapeur d'agent anesthésique a été relevé. »

- Jeffrey M. Feldman M.D., M.S.E., New Device Simplifies Workstation Preparation for Malignant Hyperthermia-susceptible Patients, Anesthesiology August 2011 - Volume 115 - Issue 2 - p 434

VAPOR-CLEAN

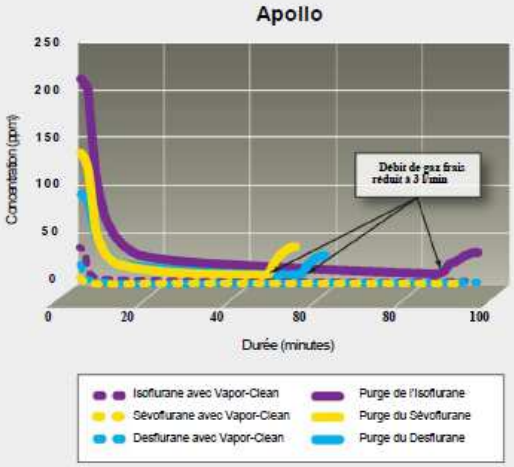
Résultats publiés

Données

Le graphique ci-dessous présente les données d'une étude publiée [2] qui montre l'effet de la procédure de purge sur la durée de préparation d'un appareil d'anesthésie Draeger Apollo avec et sans l'usage de filtres Vapor-Clean. Il convient de remarquer le phénomène de rebond ou d'élimination tardive survenant sans les filtres Vapor-Clean dès que la purge du système est interrompue. Ce phénomène expose ainsi les patients à des concentrations potentiellement nocives de vapeur d'agent anesthésique.

Pas de phénomène de rebond avec Vapor-Clean

Les patients ne sont pas exposés à un effet de rebond car les filtres Vapor-Clean bloquent les vapeurs tout au long de la procédure [2].



La procédure classique de purge du système dure plus longtemps que vous ne le pensez.

Ce tableau récapitule les études publiées qui montrent la nécessité de périodes de purge prolongées sans l'existence de filtres Vapor-Clean avant que des appareils d'anesthésie moderne ne soient utilisés pour les patients susceptibles de présenter une hyperthermie maligne [2].

Type de station d'anesthésie	Agent anesthésique	Durée d'élimination publiée (laps de temps jusqu'à ce que la concentration de l'agent inspiré soit inférieure à 5 parties par million)	Laps de temps jusqu'à ce que la concentration de l'agent inspiré soit inférieure à 2 parties par million avec les filtres Vapor-Clean
Ohmeda Aestiva	Isoflurane	54 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Ohmeda Aestiva	Sévoflurane	48 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Ohmeda Aestiva	Desflurane	27 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Apollo	Isoflurane	84 minutes[2]	Moins d'1,5 minute[2]
Draeger Apollo	Sévoflurane	46 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Apollo	Desflurane	53 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Primus	Isoflurane	64 minutes[4]	
Ohmeda Aestiva	Sévoflurane	55 minutes[5]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Fabius	Sévoflurane	104 minutes[3]	
GE Avance	Sévoflurane	61 minutes[6]	
Maquet Flow-i	Sévoflurane	48 minutes[6]	
GE Aisys	Sévoflurane	55 minutes[7]	

1. Wappler F; Anesthesia for patients with a history of malignant hyperthermia; Current Opinion in Anaesthesiology, 2010; 23:417–422
2. Birgenheir N, Stoker R, Westenskow D, Orr J; Activated charcoal effectively removes inhaled anesthetics from modern anesthesia machines; Anesth Analg., June 2011, 1126, pp1363-70
3. Gunter JB, Ball J, Than-Win S.; Preparation of the Draeger Fabius anesthesia machine for the malignant hyperthermia susceptible patient; Anesth Analg.2008; 107:1936–1945.
4. Prinzhausen H, Crawford MW, Petroz GC; Preparation of the Drager Primus anesthesia workstation for malignant hyperthermia susceptible patients; Anesthesiology 2005; 103: A1276.
5. Shinkaruk KS, Nolan K, Crossan M; Preparation of the Datex-Ohmeda Aestiva anesthetic machine for malignant hyperthermia cases; Anesthesiology 2008; 109 A279
6. Cotron N1, et. al; The sevoflurane washout profile of seven recent anesthesia workstations for malignant hyperthermia-susceptible adults and infants; Anesth Analg. 2014 Jul;119(1):67-75.
7. Jones C, et. al; Preparation of Datex-Ohmeda Aestiva and Aisys anaesthetic machines for use in malignant hyperthermia susceptible patients; Anaesth Intensive Care. 2012 May;40(3):490-7.

© 2014 Dynasthetics, Inc. Tous droits réservés. Tous les noms de produits sont des marques déposées de leurs sociétés respectives.

Type de station d'anesthésie	Agent anesthésique	Durée d'élimination publiée (laps de temps jusqu'à ce que la concentration de l'agent inspiré soit inférieure à 5 parties par million)	Laps de temps jusqu'à ce que la concentration de l'agent inspiré soit inférieure à 5 parties par million avec les filtres Vapor-Clean
Ohmeda Aestiva	Isoflurane	54 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Ohmeda Aestiva	Sévoflurane	48 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Ohmeda Aestiva	Desflurane	27 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Apollo	Isoflurane	84 minutes[2]	Moins d'1,5 minute[2]
Draeger Apollo	Sévoflurane	46 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Apollo	Desflurane	53 minutes[2]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Primus	Isoflurane	64 minutes[4]	
Ohmeda Aestiva	Sévoflurane	55 minutes[5]	Moins d'1 minute[2]
Draeger Fabius	Sévoflurane	104 minutes[3]	
GE Avance	Sévoflurane	61 minutes[6]	
Maquet Flow-i	Sévoflurane	48 minutes[6]	
GE Aisys	Sévoflurane	55 minutes[7]	

Les FCA oui mais ?

Les nouveaux respirateurs ?
Ventilation pédiatrique ?
↘ DGF ?
Ventilation man/spont?

The efficiency of activated charcoal filters on preparation of seven recent anesthesia workstations for malignant-hyperthermia susceptible adults and infants, a bench test study

Lamouret O, Gallix D, Requis, J, Blais T, Laur JB, Pages M, Kurrek M, Fourcade O, Minville M, Kern D

Aysis
Flow-i
Léon +
Minray
Perséus
Philips
Primus

Contaminer (priming)

Sévoflurane 3%
Desflurane 8%

2 h

+ 10min man/spont

- Cuve retirée
- flush 90''
- **2 FCA**
- changement de consommables
- compris la chaux sodée

DGF = 10 l/min

Durée 4 h

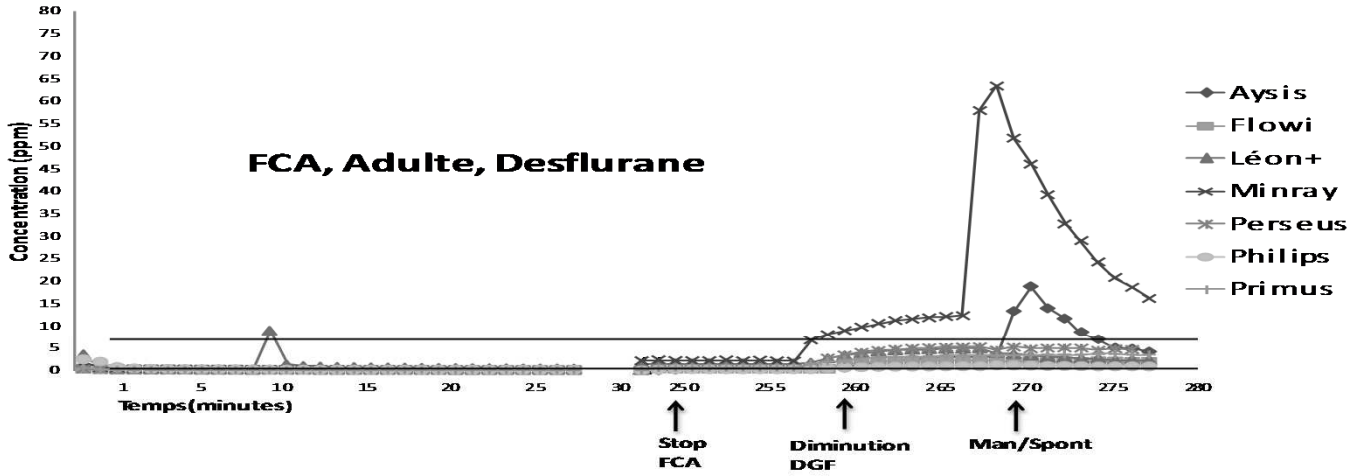
Question **OK sur tous les respirateurs en ventilation adulte et pédiatrique ?**

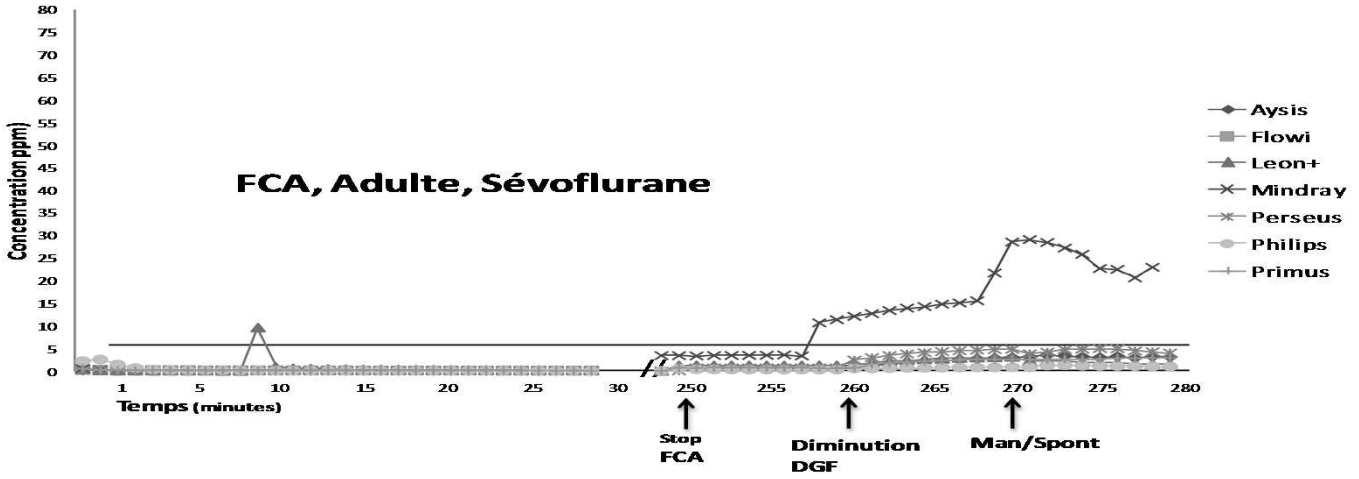
- Desflurane et Sévoflurane
- Ventilation volume contrôlé et Man/spont
- Ventilation adulte ou pédiatrique
- Y compris quand le DGF doit être diminué en ventilation pédiatrique (Perséus, Flow-i, Philips, Minray)
- Réserve pour le Léon+



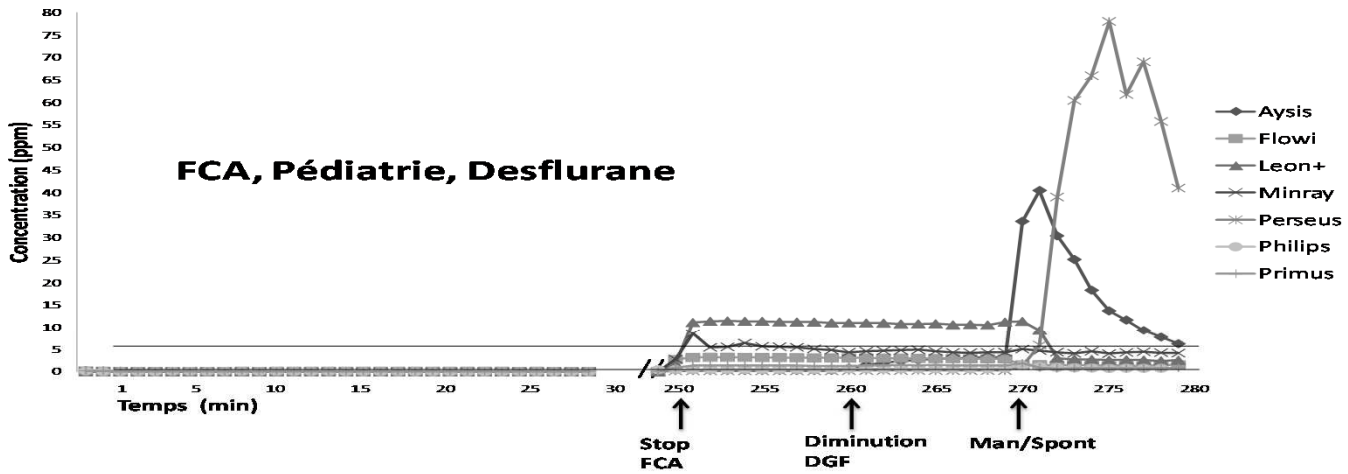
Ne jamais retirer les filtres à charbon actif pendant la ventilation d'un patient HTMs

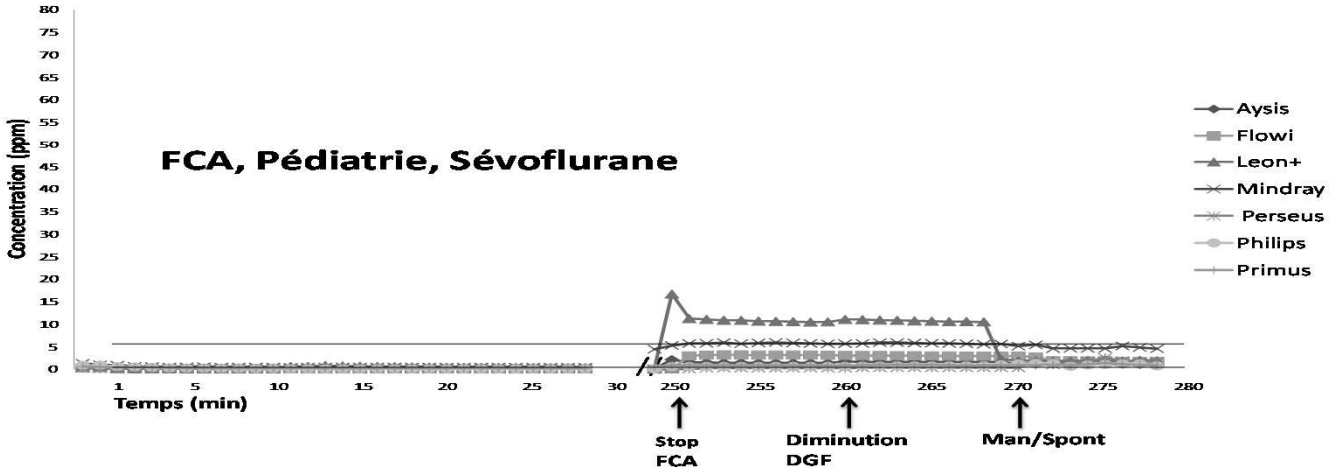
Résultats FCA adulte





Résultats FCA pédiatrie







Marquage CE = 599815
Distributeur européen = Mic France Tél. : +33 (0)4 72 31 06 08). (alexandra.kuter@micfrance.com).

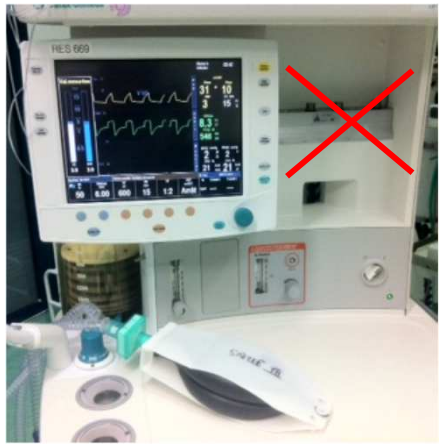


Préparation des respirateurs d'anesthésie avant ventilation de patients à risque d'hyperthermie maligne (HTM) avec les Filtres à Charbon Activé (FCA)

CHU Toulouse. Mars 2016
Document de travail

Retirer les cuves d'halogénés

Rinçage 90 secondes
VM = 600 ml x 15
DGF ≥10 L/min



Faire un test de fuite et de compliance



HTM= Hyperthermie maligne
FCA = Filtres à charbon activé
DGF = Débit de gaz frais

Respirateur en veille - Remplacer l'ensemble des consommables par des neufs ou autoclavés

Bac Prépa respirateurs patients à risque d'HTM HDE

1 paire de filtres à charbon activés non déconditionnée
2 Cannisters chaux sodée (1 Primus, 1 Avance/Aysis)
2 circuits patients (1 adulte, 1 enfant)
3 filtres patients (1 adulte, 1 enfant, 1 néonat)
2 Filtres anti bactériens
3 pièges à eau (1 Primus, 1 Avance, 1 Aysis)
1 ligne de prélèvement (capno)
1 poumon test maquet neuf ou autoclavé
Ventilation Manuelle = 1 tuyau raccord de ventilation manuelle + 1 raccord + 1 ballon de ventilation manuelle neuf ou autoclavé
2 BAVU (1 adulte, 1 pédiatrique) neuf, dédié ou à usage unique

Insérer les filtres à charbon activé neufs, un sur la branche inspiratoire du respirateur, le second sur la branche expiratoire du respirateur





La préparation du respirateur doit être faite juste avant l'utilisation
Laisser les FCA en place pendant toute la ventilation du patient à risque d'HTM
Changer les FCA toutes les 4h (sauf Aysis Adulte changer toutes les 12h)
Maintenir un DGF de 10l/min. Jeter les FCA après chaque patient

Circuits pouvant être utilisés
- Circuit patient en ventilation contrôlée ou en man/spont
- Circuit respirateur O2 de secours (Primus, Avance, Aysis) + tuyau vert + BAVU*
- O2 mural ou bouteille O2 + tuyau vert + BAVU*

**BAVU neuf ou dédié ou autoclavé*

Halogénés concernés
Desflurane, Sévoflurane, Isoflurane

Circuits ne pouvant pas être utilisés
- Circuit accessoire
- Circuit de secours respirateur avec halogénés

- ne déconditionner les filtres à charbon qu'au moment de l'utilisation (pas de témoin de première utilisation)
- les concentrations affichées sur les analyseurs standard de nos respirateurs sont en %, c'est-à-dire totalement incapables de détecter des concentration de l'ordre du ppm (pour mémoire 1% = 10 000 ppm)



Préparation des respirateurs d'anesthésie avant ventilation de patients à risque d'hyperthermie maligne (HTM) avec les Filtres à Charbon Activé (FCA)

CHU Toulouse. Mars 2016
Document de travail

Objectif

Permettre la ventilation d'un patient à risque d'hyperthermie maligne (HTM) sans l'exposer à des concentrations résiduelles d'halogénés stockées dans les circuits internes des respirateurs et les consommables.

Ce que l'on sait des travaux précédents

Les délais de rinçage des respirateurs pour atteindre des concentrations d'halogénés sécures (<5ppm) sont longs (≈1 heure pour les Primus et les Avance ou Aysis à débit de gaz frais maximum). Ils peuvent augmenter dans 3 circonstances:
- lorsqu'on baisse le DGF,
- lorsqu'on baisse la ventilation minute,
- lorsqu'on utilise le circuit man/spont.

Par exemple, il faut réaliser un rinçage complémentaire de près de 2h avant de pouvoir ventiler un enfant à risque d'HTM.

Avec les filtres à charbon activé (FCA)

Le délai de préparation du respirateur est réduit à quelques minutes, y compris en man/pont et en ventilation pédiatrique.

HTM= Hyperthermie maligne
FCA = Filtres à charbon activé
DGF = Débit de gaz frais

1- Programmer de préférence le patient en **première position** au bloc opératoire

2- **Retirer les cuves** d'halogénés du support du respirateur

3- Réaliser sur poumon test Maquet un **rinçage de 90 secondes** avec une ventilation minute de 600 ml x 15 et un débit de gaz frais d'au moins 10 L/min

4- Mettre le respirateur en veille

5- **Insérer les filtres à charbon activé (FCA)** neufs, un sur la branche inspiratoire du respirateur, le second sur la branche expiratoire du respirateur

6- **Changer l'ensemble des consommables** pour des consommables neufs (bac dédié) = circuit patient, filtres (patient et respi), ligne de capno, piège à eau, cannister de chaux sodée, tuyau et ballon de ventilation manuelle

7- Changer le poumon test Maquet pour un poumon test autoclavé

8- Faire un **test de fuite et de compliance** (le volume du circuit patient a été augmenté par l'ajout des filtres à charbon)

9- Le respirateur est prêt pour ventiler un patient adulte ou enfant à risque d'HTM. Les FCA doivent être **laissés en place pendant la ventilation** du patient à risque d'HTM. Les FCA doivent être **changés toutes les 4h** (sauf Aysis adulte toutes les 12h). Le débit de gaz frais doit être maintenu à **10l/min**

10- A l'issue de la ventilation du patient à risque d'HTM, les FCA doivent être retirés et jetés. Un nouveau test de fuite et de compliance doit être réalisé pour le patient suivant.



In association with
ESPA EUROPEAN SOCIETY FOR PAEDIATRIC ANAESTHESIOLOGY

Merci de votre attention

Merci de votre attention

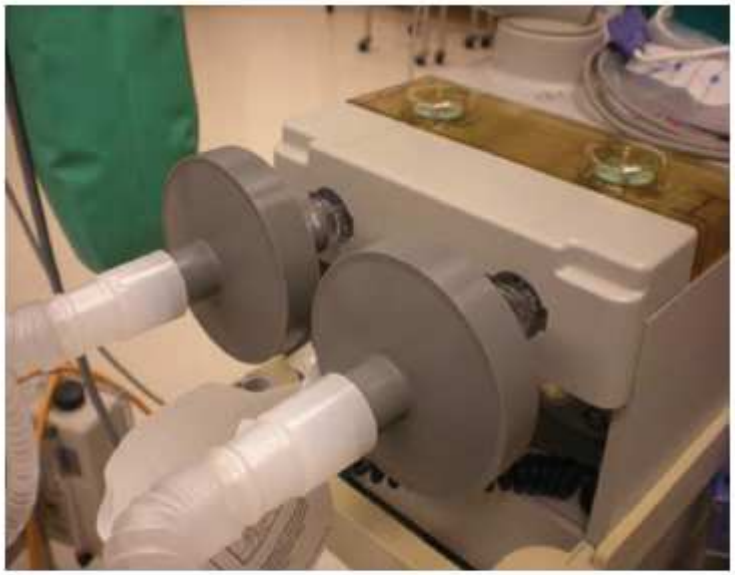


Figure 1. Two activated charcoal filters attached to an anesthesia machine and breathing circuit.

Table 1. Time (in Minutes) When the Inspired Anesthetic Concentration Coming from a Contaminated Apollo and Aestiva Anesthesia Machine Decreased Below 5 Parts per Million

	Agent	Charcoal	Control
Apollo	Isoflurane	1.5	84
	Sevoflurane	<1.0	46
	Desflurane	<1.0	53
Aestiva	Isoflurane	<1.0	54
	Sevoflurane	<1.0	48
	Desflurane	<1.0	27

The Charcoal column shows the time after placing charcoal filters on the inspired and expired limbs of the anesthesia machine. The Control column shows the time after beginning to flush the machine with 10 l/minute.

VAPOR-CLEAN

Manufactured by:
Dynasthetics
3487 West 2100 South #300
Salt Lake City, Utah 84119
www.dynasthetics.com
801-484-3820

U.S. Patent No.: 8485187. Other patents pending.

Instructions for use

1. Turn off the anesthesia vaporizer
2. Increase fresh gas flow to >10 L/min for at least 90 seconds to flush the vapor from the anesthesia delivery system
3. Place one of the Vapor-Clean canisters on the inspired port of the anesthesia machine and the other canister on the expired port of the anesthesia machine.
4. Replace the breathing bag and connect a new breathing circuit between the patient and the Vapor-Clean canisters. Maintain fresh gas flow at >10L/min.

+ changer chaux sodée

Coût

= 960 euros = 8 paires
120 euros / patient
50 patients HMS/an / pédiatrie + 10 /an / adultes
7200 euros / an

Pourquoi ?

Sécurité = changements de machines, de versions logicielles (ex flow-i)
Résiste aux 3 conditions / effet rebond
Économise du temps IADE
Economise les délais de rinçage des respirateurs
N'économise pas le changement de consommables

Qui paie?

Le Pôle d'anesthésie Réanimation

		ACF +
Workstation	**Maximal FGF with MV= 50ml*30**	**8 tests /worstation** [sevo] < 5ppm or [desfl] < 5ppm with adult or pediatric ventilation during 4 hours
Perseus	**10 l/min**	**Ok**
Philips	**3,5 l/min**	**Ok***
Flow i	**1,5 l/min**	**Ok**
Primus	**18 l/min**	**Ok***
Avance	**15 l/min**	**Aysis = Ok**
Zeus	**10 l/min**	Not studied
Mindray A7	**4,5 l/min**	**Ok ***
Felix	**12 l/min**	Not studied
Leon	**12 l/min**	**Leon + Ok except****

** except 2 measurements > 5ppm when controlled ventilation was changed for man/spont (2 / 8 tests)

Simulation effet des FCA si crise HTM après 90 min anesthésie halogénée

Apollo

↘ **2 FCA**

FCA saturés
Isoflurane = 67 min
Sévoflurane = 83 min
Desflurane = 90 min

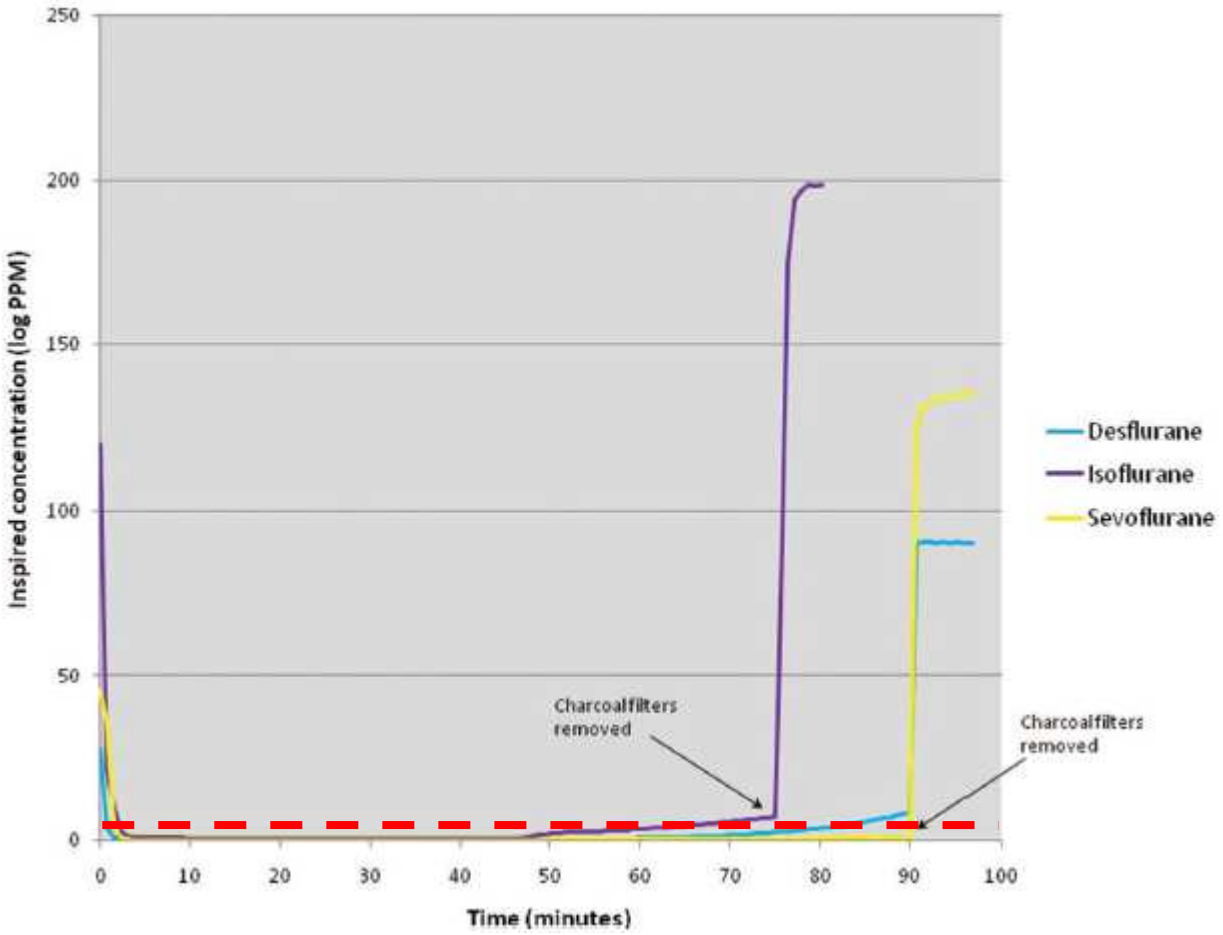


Figure 8. The inspired concentration of desflurane (blue), sevoflurane (yellow), and isoflurane (purple) after placing charcoal filters on the inspiratory and expiratory limbs of an anesthesia machine that had been used for the previous 90 minutes to deliver anesthesia to the patient. We used olive oil to simulate volatile anesthetic uptake and elimination in this case in which malignant hyperthermia was diagnosed 90 minutes after induction of anesthesia. After the diagnosis at time = 0, charcoal filters were immediately placed on the anesthesia machine to reduce further exposure. The charcoal filters became saturated and the inspired anesthetic concentration increased above 5 parts per million (ppm) after 67 minutes of use after an isoflurane anesthetic, 83 minutes after sevoflurane, and 90 minutes after desflurane. The filters were removed when the concentration increased above 5 ppm or after 90 minutes.

MH Hotline
1-800-644-9737
Outside the US:
1-315-464-7079

EMERGENCY THERAPY FOR MALIGNANT HYPERTHERMIA

DIAGNOSIS

Signs of MH:

- Increased $ETCO_2$
- Trunk or total body rigidity
- Masseter spasm or trismus
- Tachycardia/tachypnea
- Acidosis
- Increased temperature (may be late sign)

Sudden/Unexpected Cardiac Arrest in Young Patients

- Presume hyperkalemia and initiate treatment (see #6)
- Measure CK, myoglobin, ABGs, until normalized
- Consider dantrolene
- Usually secondary to occult myopathy (e.g., muscular dystrophy)
- Resuscitation may be difficult and prolonged

Trismus or Masseter Spasm with Succinylcholine

- Early sign of MH in many patients
- If limb muscle rigidity, begin treatment with dantrolene
- For emergent procedures, continue with non-triggering agents; consider dantrolene
- Follow CK and urine myoglobin for 36 hours at least. Check CK immediately and at 6–hour intervals until returning to normal. Observe for cola colored urine. If present, test for myoglobin.
- Observe in PACU or ICU for at least 12 hours

ACUTE PHASE TREATMENT

GET HELP. GET DANTROLENE –

1 Notify Surgeon.
- Discontinue volatile agents and succinylcholine.
- Hyperventilate with 100% oxygen at flows of 10 L/min. or more.
- Halt the procedure as soon as possible; if emergent, use non-triggers.

(The circle system and CO_2 absorbent need not be changed.)

2 Dantrolene 2.5mg/kg rapidly IV through large-bore IV, if possible

To convert kg to lbs for amt of dantrolene, give patients 1 mg/lb (2.5 mg/kg approximates 1 mg/lb).

- Repeat until there is control of the signs of MH.
- Sometimes more than 10 mg/kg (up to 30 mg/kg) is necessary.
- Dissolve the 20 mg in each vial with at least 60 ml **sterile preservative-free water** for injection. Prewarming (not to exceed 38°C) the sterile water will speed solublization of dantrolene.
- The crystals also contain NaOH for a pH of 9; each 20 mg bottle has 3 gm mannitol for isotonicity.

3 Bicarbonate for metabolic acidosis.
- 1-2 mEq/kg if blood gas values are not yet available.

4 Cool the patient with core temperature >39°C. Lavage open body cavities, stomach, bladder, or rectum. Apply ice to surface. Infuse cold saline intravenously. Stop cooling if temp. <38°C and falling to prevent drift <36°C.

5 Dysrhythmias usually respond to treatment of acidosis and hyperkalemia.
- Use standard drug therapy **except calcium channel blockers, which may cause hyperkalemia or cardiac arrest in the presence of dantrolene.**

6 Hyperkalemia - Treat with hyperventilation, bicarbonate, glucose/insulin, calcium.
- Bicarbonate 1-2 mEq/kg IV.
- For **pediatric**, 0.1 units insulin/kg and 1 ml/kg 50% glucose **or** for **adult**, 10 units regular insulin IV and 50 ml 50% glucose.
- Calcium chloride 10 mg/kg or calcium gluconate 10-50 mg/kg for life-threatening hyperkalemia.
- Check glucose levels hourly.

7 Follow $ETCO_2$, electrolytes, blood gases, CK, core temperature, urine output and color, coagulation studies. If CK and/or K+ rise more than transiently or urine output falls to less than 0.5 ml/kg/hr, induce diuresis to >1 ml/kg/hr urine to avoid myoglobinuria-induced renal failure.
- Venous blood gas (e.g., femoral vein) values may document hypermetabolism better than arterial values.
- Central venous or PA monitoring as needed and record minute ventilation.
- Place Foley catheter and monitor urine output.

Poster MHAUS site MHAUS consulté le 25/01/2016

Since 1981

MHAUS

MALIGNANT HYPERTHERMIA ASSOCIATION OF THE UNITED STATES

Dedicated to Patient Safety

Hyperventilate with 100% oxygen at flows of 10L/min to flush volatile anesthetics and lower ETCO2. If available, insert activated charcoal filters (Vapor-Clean™, Dynasthetics, Salt Lake City, UT) into the inspiratory and expiratory limbs of the breathing circuit. The Vapor-Clean™ filter may become saturated after one hour; therefore, a replacement set of filters should be substituted after each hour of use.

Site MHAUS consulté 19/03/2016

Table 1. Sevoflurane Washout Profile for Seven Anesthesia Workstations in Adult Experiment

Washout phases		Early washout	Late washout	
	FGF	FGF Max	↓FGF = 10 L/min	
Ventilatory pattern	Minute ventilation	600 mL × 15	600 mL × 15	
Workstation characteristics		Time to [sevo] <5 ppm	C Max [sevo]	Time to [sevo] <5 ppm
Workstation®	FGF max	Median [min–max]	Median [min–max]	Median [min–max]
Avance® (General Electric)	15 L/min	37 [35–42] min	10.1 [7.6–10.7] ppm	61 [33–72] min
Flow-i® (Maquet)	Minute ventilation + 2 L/min	48 [48–51] min	<5 ppm	N/A
Perseus® (Dräger)	15 L/min	14 [15–16] min	8 [7.3–8.4] ppm	21 [15–26] min
Primus® (Dräger)	18 L/min	42 [42–45] min	6.2 [6.1–6.4] ppm	16 [15–20] min
Zeus® (Dräger)	18 L/min	34 [29–36] min	13.1 [12.9–13.3] ppm	87 [85–99] min
Felix® (Air Liquide)	12 L/min	144 [137–148] min	5.7 [5.6–5.9] ppm	17 [15–22] min
Leon® (Heinen Löwenstein)	12 L/min	112 [110–112] min	<5 ppm	N/A

Table 2. Sevoflurane Washout Profile for Seven Anesthesia Workstations in Pediatric Experiment

Washout phases		Early washout	Late washout	
	FGF	FGF max	FGF max	
Ventilatory pattern	Minute ventilation	600 mL × 15	↓50 mL × 30	
Workstation characteristics		Time to [sevo] <5 ppm	C max [sevo]	Time to [sevo]<5 ppm
Workstation®	FGF max	Median [min–max]	Median [min–max]	Median [min–max]
Avance® (General Electric)	15 L/min	39 [36–40] min	13.3 [12.6–13.9] ppm	98 [87–98] min
Flow-i® (Maquet)	Minute ventilation + 2 L/min	46 [46–51] min	21.4 [20–51.2] ppm	143 [130–144] min
Perseus® (Dräger)	15 L/min	15 [14–17] min	6.4 [6.3–7.3] ppm	7 [6–11] min
Primus® (Dräger)	18 L/min	39 [39–41] min	14.5 [12.8–15.1] ppm	68 [55–73] min
Zeus® (Dräger)	18 L/min	35 [26–37] min	5.3 ppm[a]	2 min
Felix® (Air Liquide)	12 L/min	135 [129–143] min	<5 ppm	N/A
Leon® (Heinen Löwenstein)	12 L/min	106 [103–106] min	18.2 [18–18.7] ppm	306 min[b]

Les devises Shadok



ROUXEL

POURQUOI FAIRE SIMPLE
QUAND ON PEUT FAIRE
COMPLIQUÉ ?!

Les devises Shadok



ROUXEL

IL VAUT MIEUX POMPER MÊME S'IL NE SE PASSE
RIEN QUE RISQUER QU'IL SE PASSE QUELQUE CHOSE
DE PIRE EN NE POMPANT PAS.

Aysis
Flow-i
Leon +
Minray
Perseus
Philips
Primus

Activated Charcoal Filters

Insertion



Removal

Priming
3% sévo ou 8% Desfl

Ventilation + ACF

Vent - FCA

MV	600ml*15	600ml*15 / 50ml * 30	600ml*15 / 50ml * 30
FGF	3l/min	10l/min (or max recommended/ped)	*id* ↘ 3 3
	Man/ Spont	VCV	Man/ Spont	VCV	VCV	Man/ Spont
	10 ‘	2 h	10’	4 h	10 ‘	10 ‘	10 ‘

Worstation preparation

Vaporizer removed
Flush 90 s MV 600 X 15 DGF 10 L/min
Ventilator put on stand by
Insertion of 2 ACF
Consumables exchange
Photoacoustic Field Gas-Monitor–INNOVA 1412
(Lumasense®) connexion
Leak and compliance tests
Test lung reconnected

n=8 / respirateur

Quel seuil de déclenchement?



Pas de crise d'HM pour des cochons susceptibles exposés à 5 ppm d'halotane *Maccani anesth analg 1996*

Taux en salle = 1 à 5 ppm

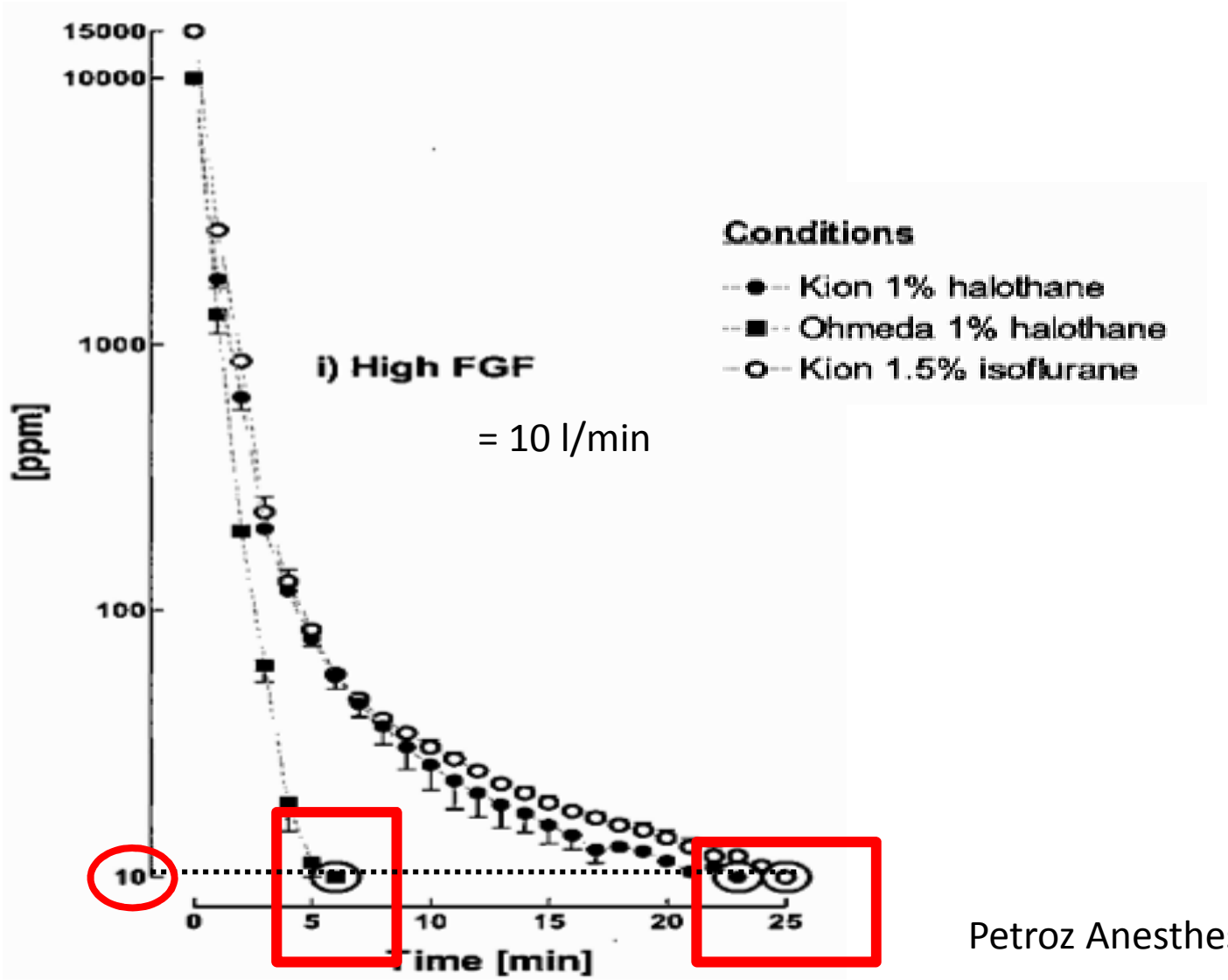
Pas de crise pour le personnel des blocs opératoires

Prinzhausen CJA 2006

Seuil de **5 ppm** semble sans risque

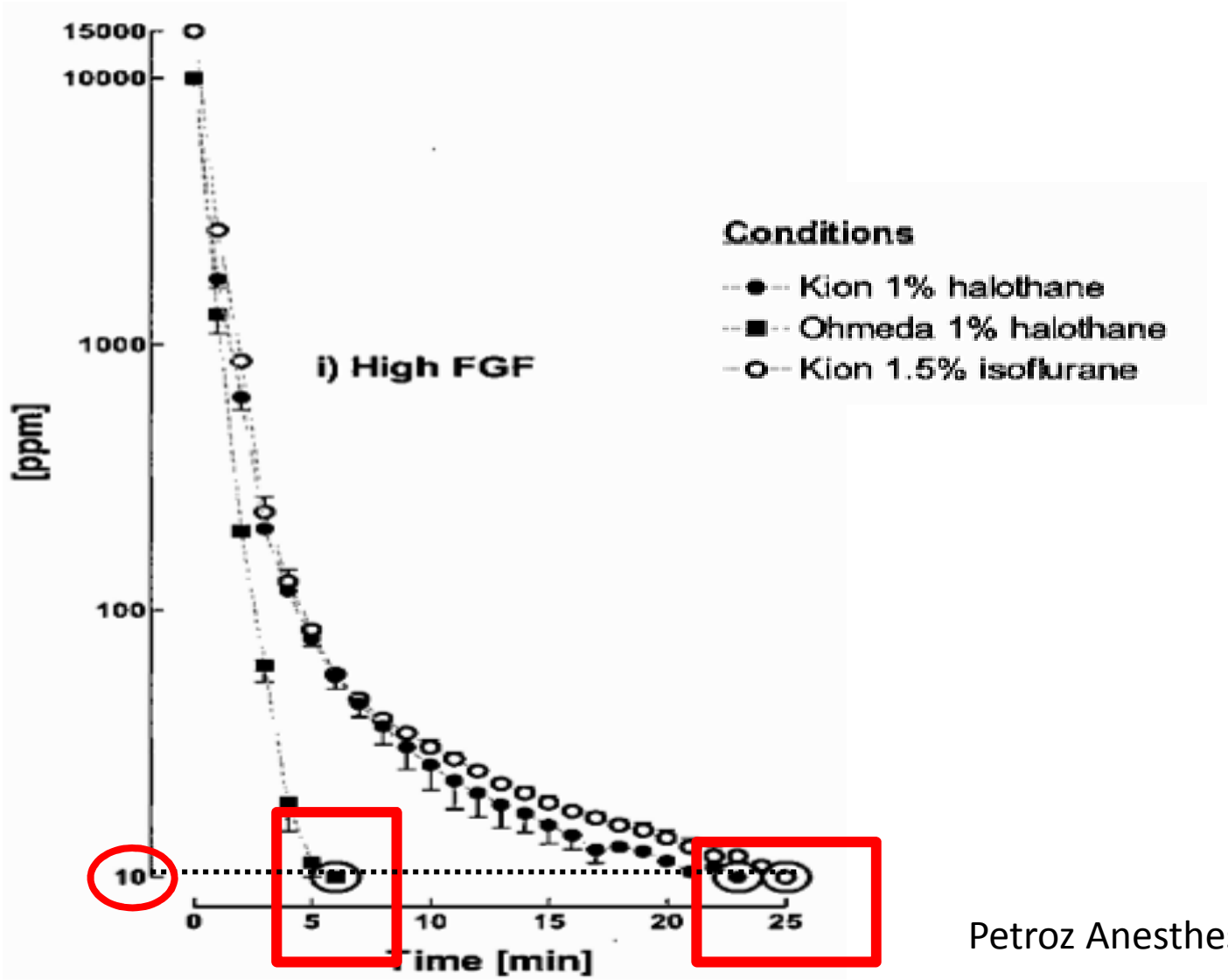
Travaux expérimentaux: objectif **5 ppm ou 10 ppm**

Combien de temps ?



Petroz Anesthesiology 2002

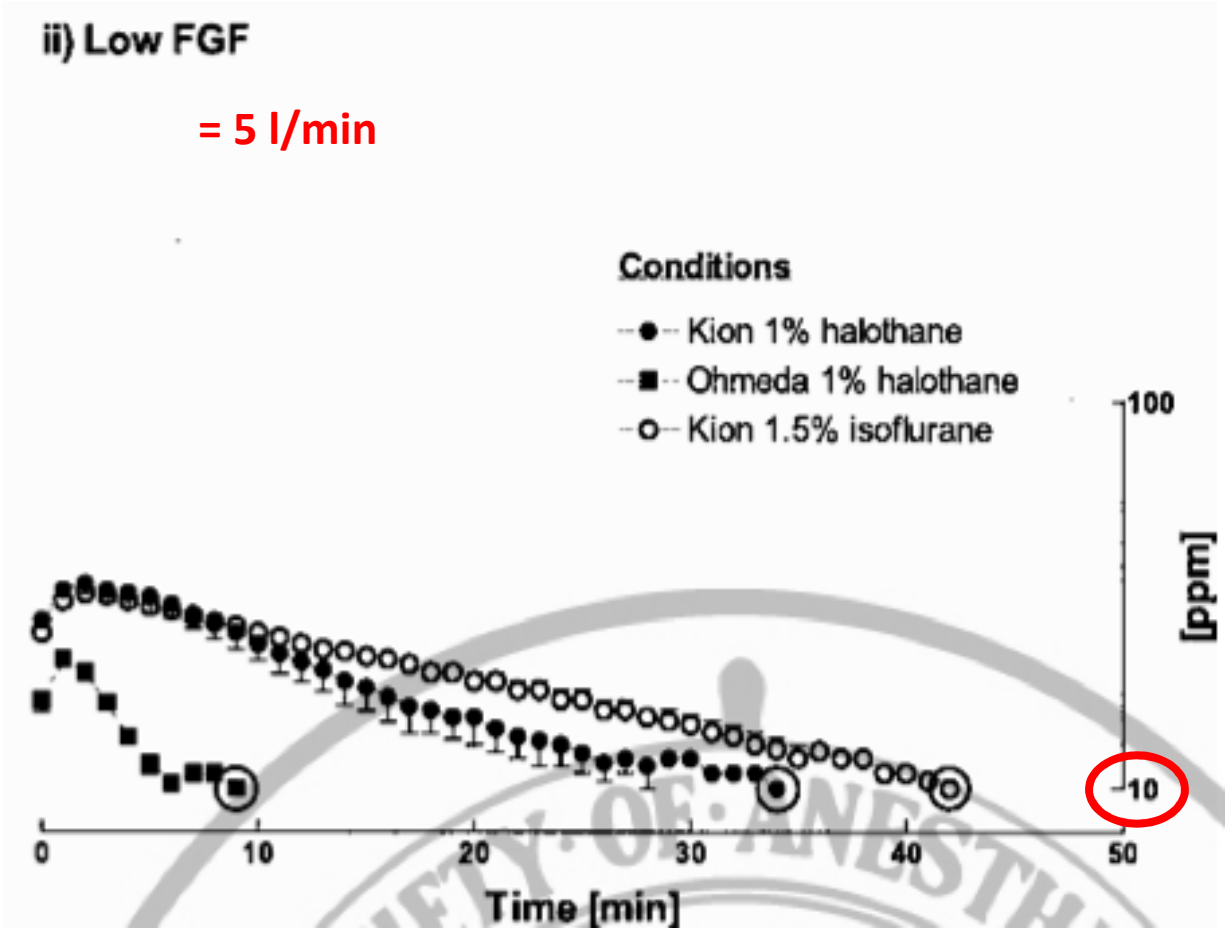
Combien de temps ?



Petroz Anesthesiology 2002

Rebound effect ?

Petroz anesthesiology 2002



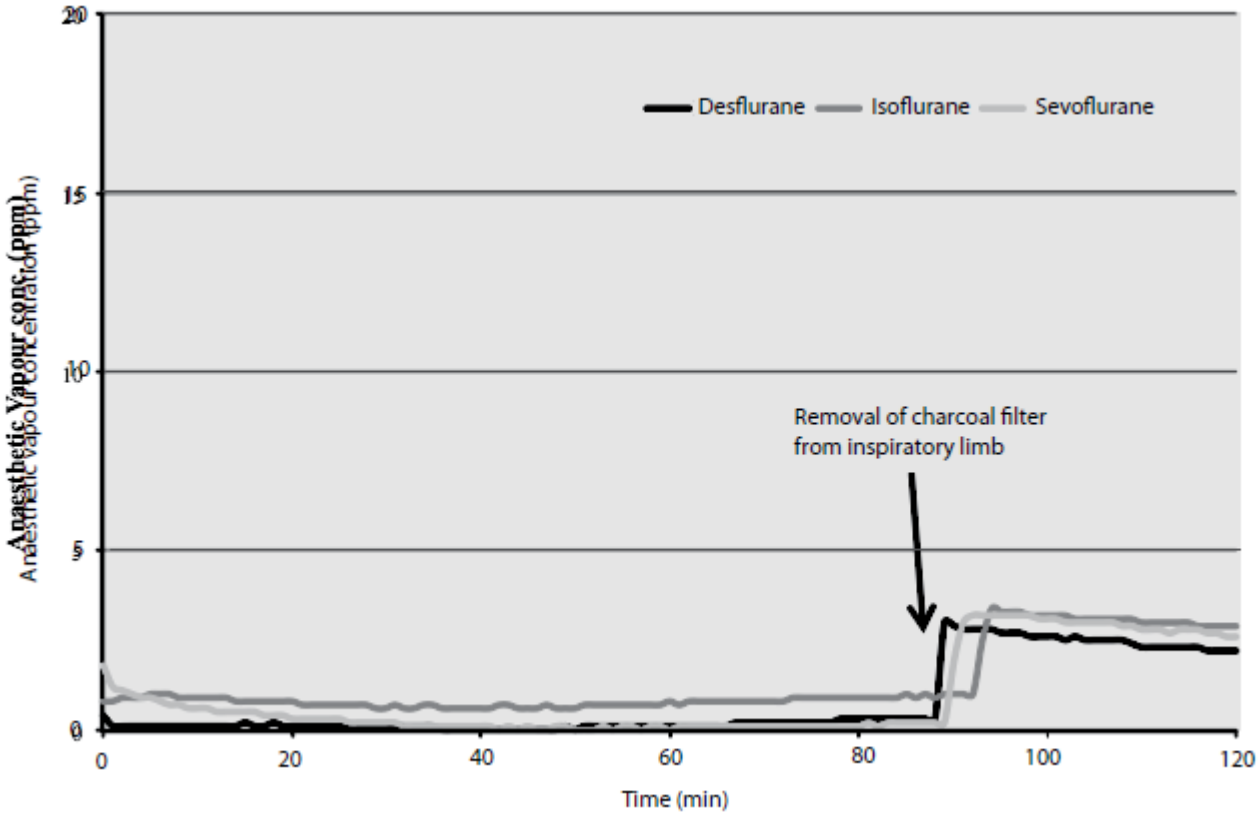


Figure 3: Anaesthetic vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of a single activated charcoal filter on the inspiratory limb. The filter was removed after 90 minutes while high flow oxygen delivery was maintained (10 lpm).

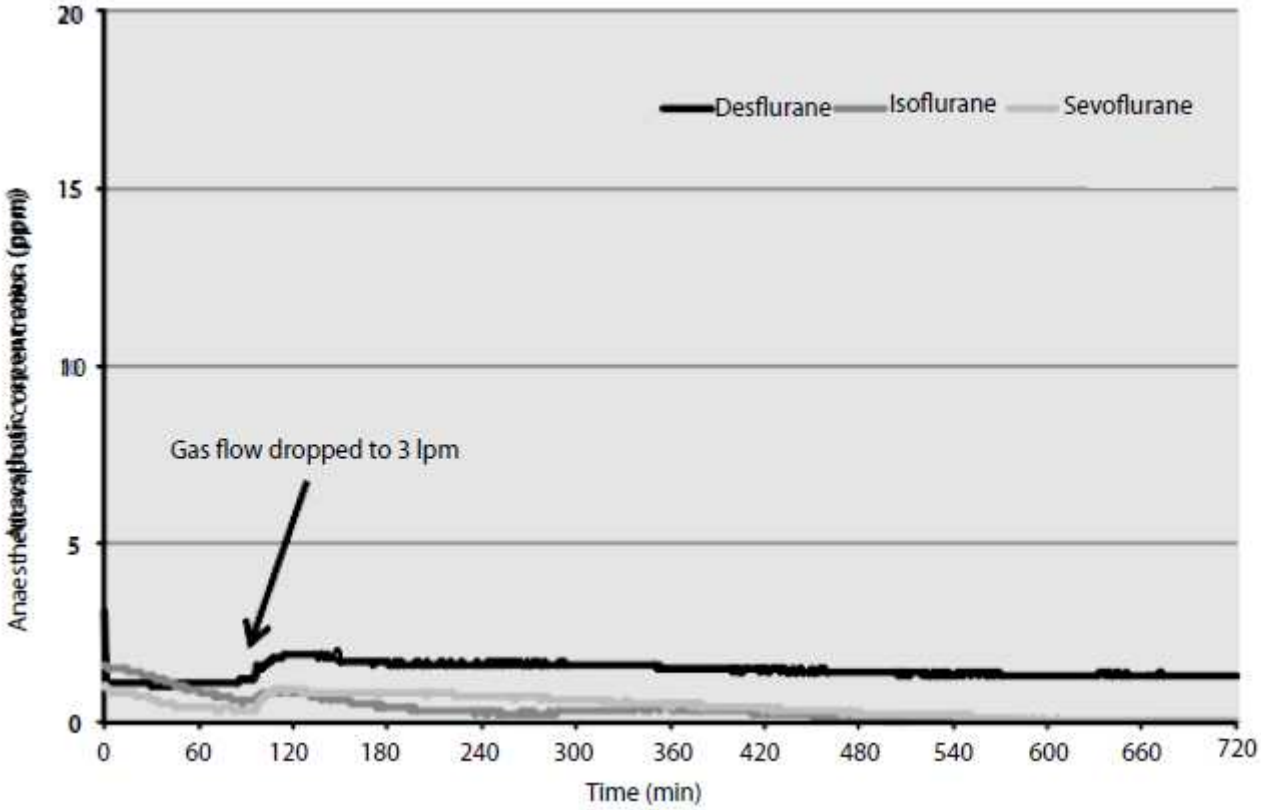


Figure 4: Anaesthetic vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high-flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of an activated charcoal filter on the inspiratory limb. Gas flows were reduced after 90 minutes from 10 lpm to 3 lpm with the filter remaining in situ.

Exp 4

- 1 FCA br exp
- flush 90''
- changement de consommables
- Cuve retirée

DGF = 10 l/min

Durée 1h30

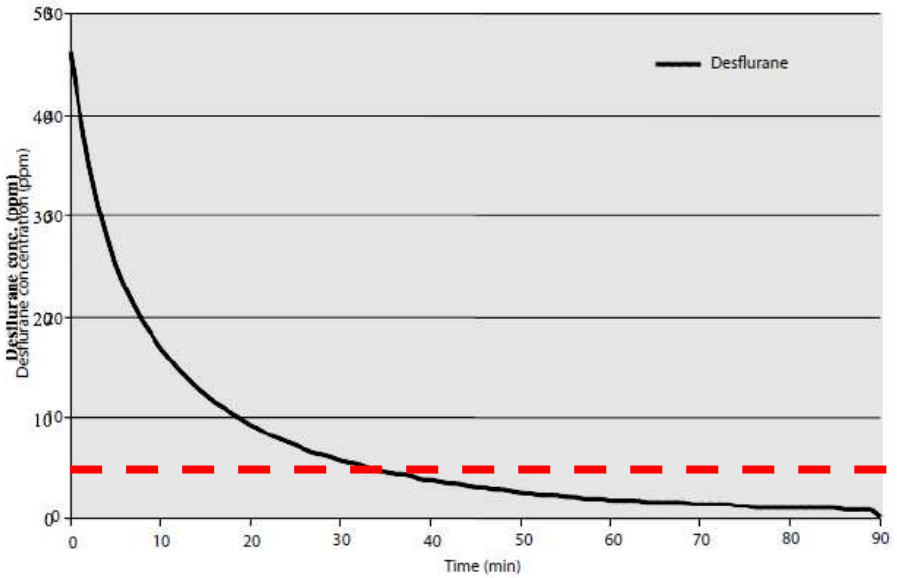


Figure 5: Desflurane vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the workstation, flushing of the circuit for 90 seconds with high-flow oxygen, changing of the circuit and soda lime canister, and insertion of an activated charcoal filter on the expiratory limb.

Exp 1

- 2 FCA
- Ø flush 90''
- Ø changement de consommables
- Cuve retirée

DGF = 10 l/min

Durée 1h

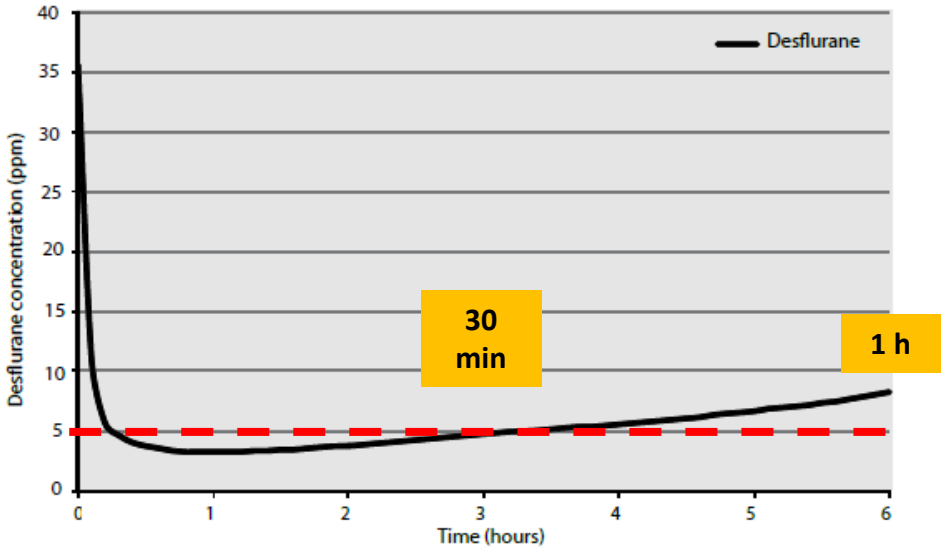
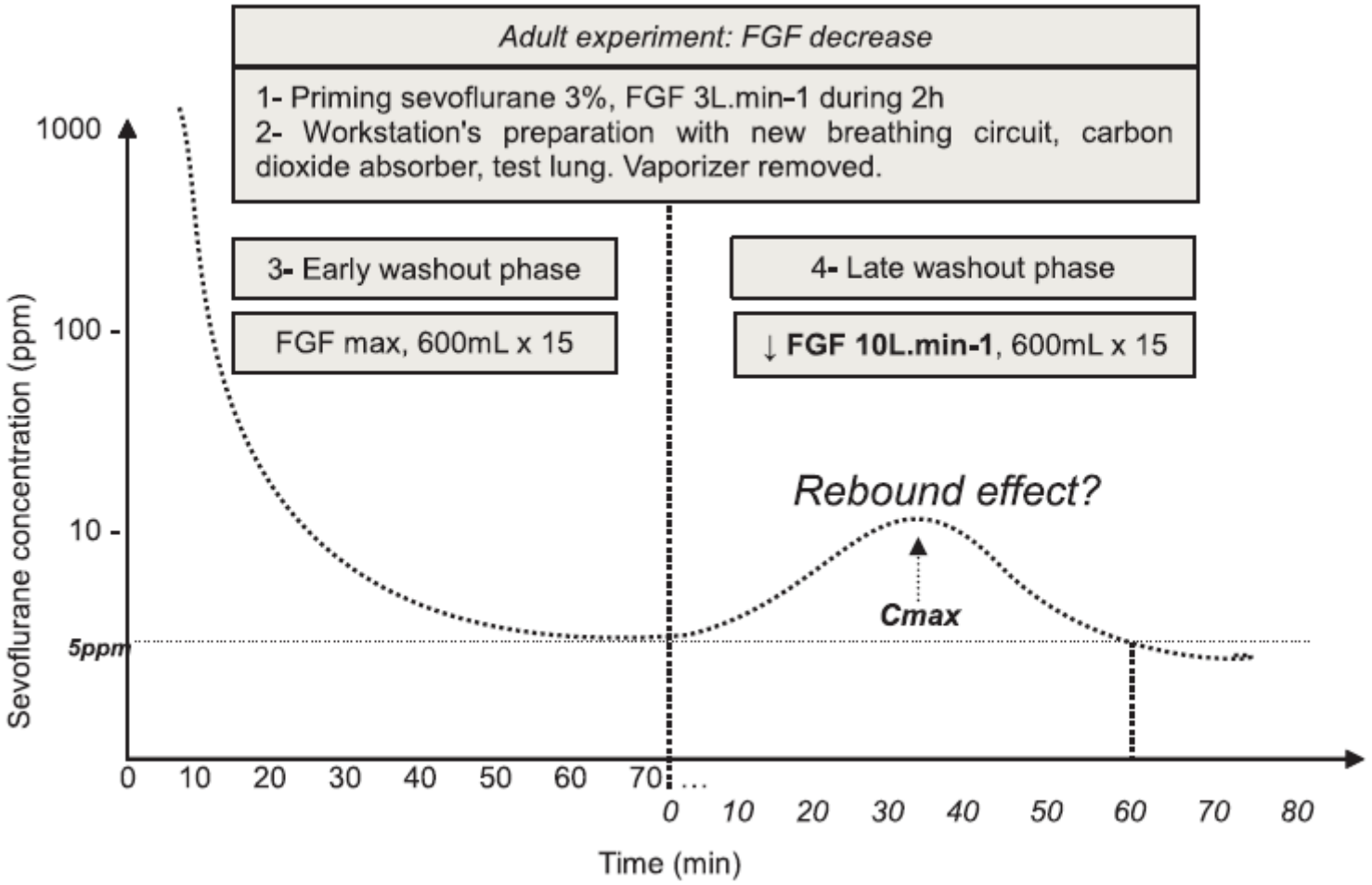


Figure 2: Desflurane vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the circuit with vapour for two hours and the subsequent addition of two activated charcoal filters.

Quels délai de rinçage avant de ventiler un adulte HTMs?

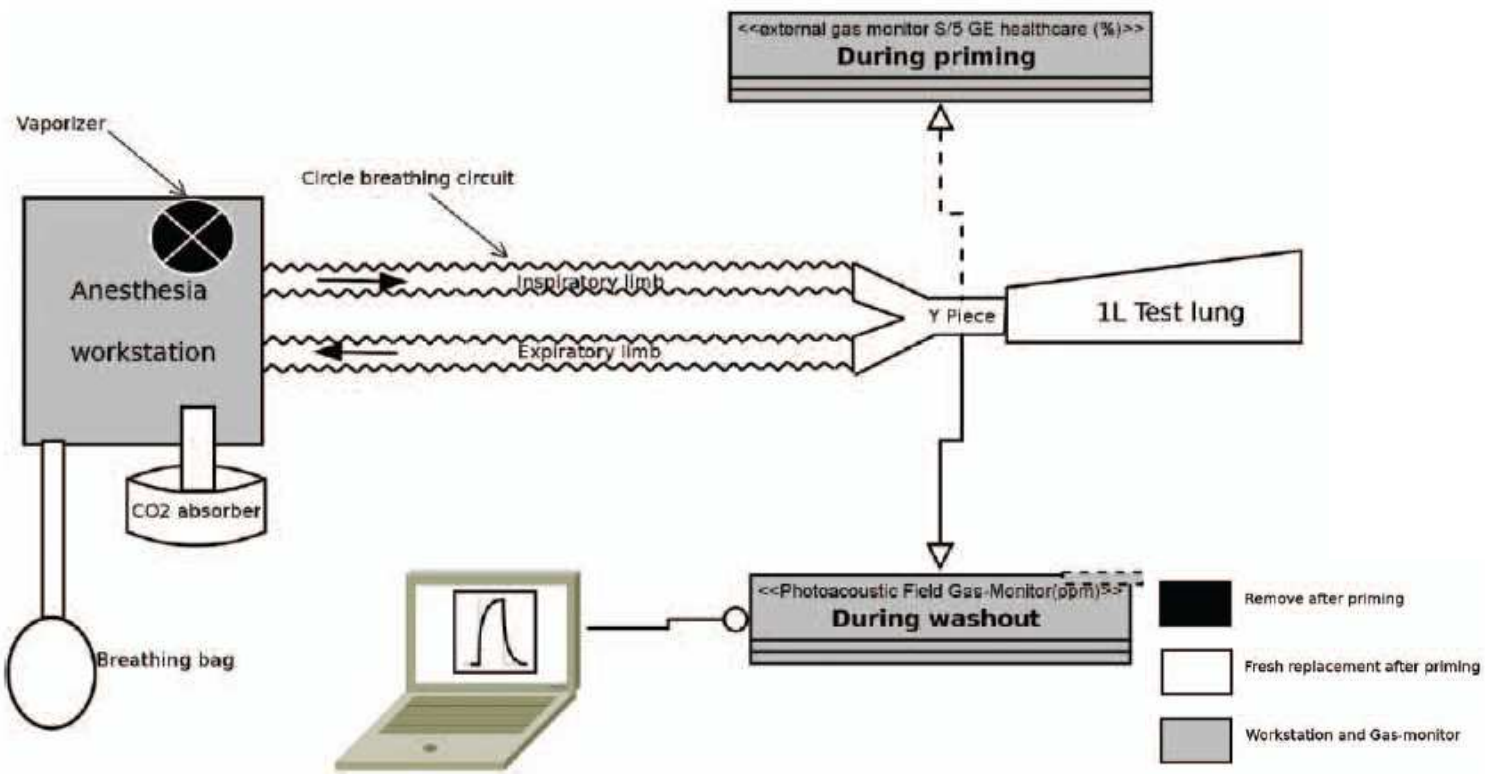


Washout delay before HMS adult ventilation ?
Can FGF be decreased to 10 l/min during ventilation ?

The Sevoflurane Washout Profile of Seven Recent Anesthesia Workstations for Malignant Hyperthermia-Susceptible Adults and Infants: A Bench Test Study

Nicolas Cottron, MD, Claire Larcher, MD, Agnès Sommet, MD, PhD, Rose Fesseau, MD, Xavier Alacoque, MD, Vincent Minville, MD, PhD, , Olivier Fourcade, MD, PhD, and Delphine Kern, MD, PhD

Anesth Analg. 2014 Jul;119(1):67-75.



Washout delay before HMS adult ‘s ventilation ?

Washout delay before HMS children’s ventilation?

⚠ **Warning**: In a patient that is known, or suspected, of having malignant hyperthermia, the safest course of action is to use a ventilator which has never been exposed to anesthetic vapors.

DGF = 3 ou 10 L/min ?

Dynesthetics et MHAUS =3l/min
MHANZ = 10/min puis 3l/min après 90 min

Aucune spécificité proposée pour la pédiatrie (↘ Ventilation minute et parfois du DGF…)
12 h testée sur 1 seul respirateur = Aysis
DGF 3 l/min d'emblée testé sur aucun respirateur

Birgenheier 2011

Alors la MHAUS place l'utilisation des FCA en complément des flush ou en association
Recommandation initiale valable jusqu'au 1er trimestre 2015 =
Changer les circuits du respirateurs, pas la chaux sodée
FGF = 10l/min
Renouvellement des FCA **toutes les heures**

Bilmen & Gillies 2014



Discordance / durée d'action

Dynesthetics
FGF = 10L/min
Renouvellement **toutes les 12h**

Dynesthetics fin du 1er trimestre 2015
FGF = 3L/min
Renouvellement toutes les 12h
Reco suivies par la MHAUS fin 2015

Can J Anesth/J Can Anesth (2014) 61:935–942
DOI 10.1007/s12630-014-0200-3

REPORTS OF ORIGINAL INVESTIGATIONS

A. Sassan Sabouri, MD · Jerrold Lerman, MD · Christopher Heard, MBChB

Effects of fresh gas flow, tidal volume, and charcoal filters on the washout of sevoflurane from the Datex Ohmeda® (GE) Aisys®, Aestiva®/5, and Excel 210 SE Anesthesia Workstations

Sévoflurane 2%

2 h

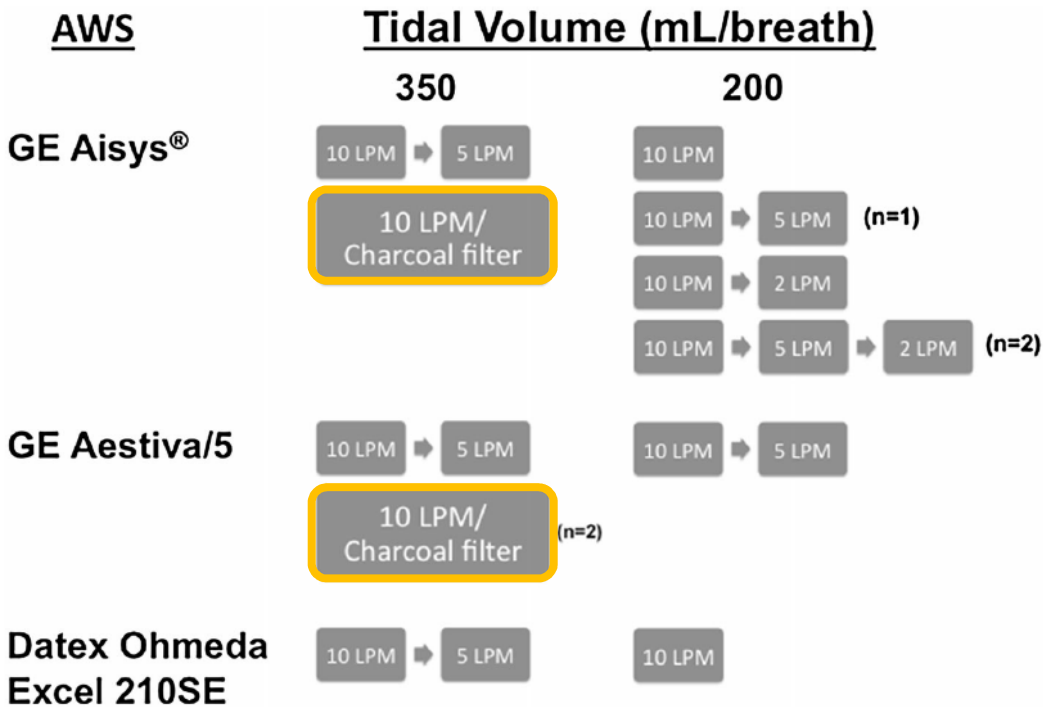
- changement de consommables
- ABS changé
- ∅ Chaux sodée

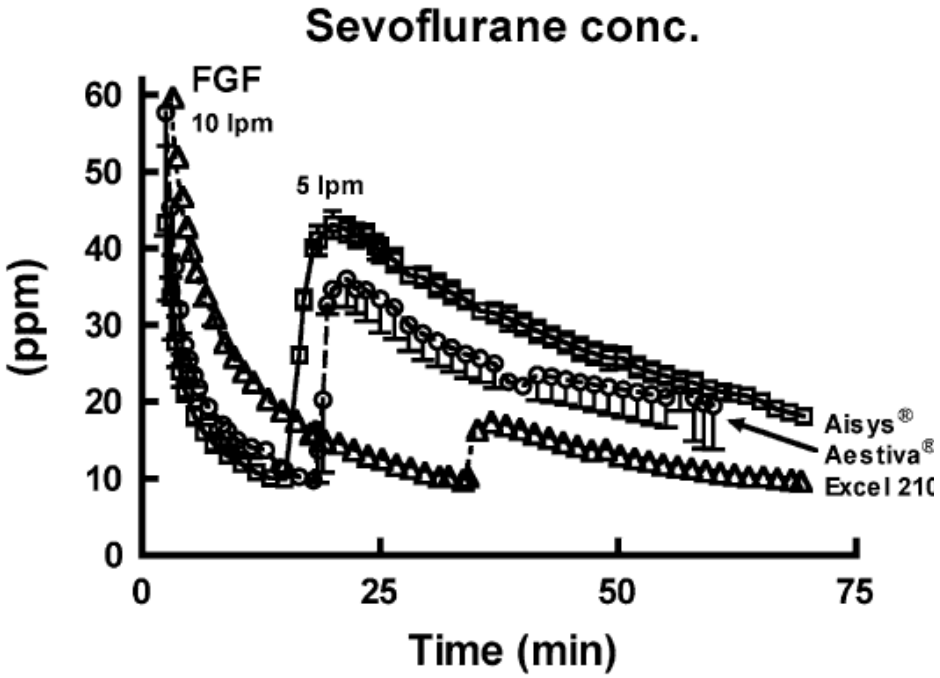
DGF variable

Vt variable

Objectif 10 ppm (extrap 5ppm)

± 1 FCA inspiratoire





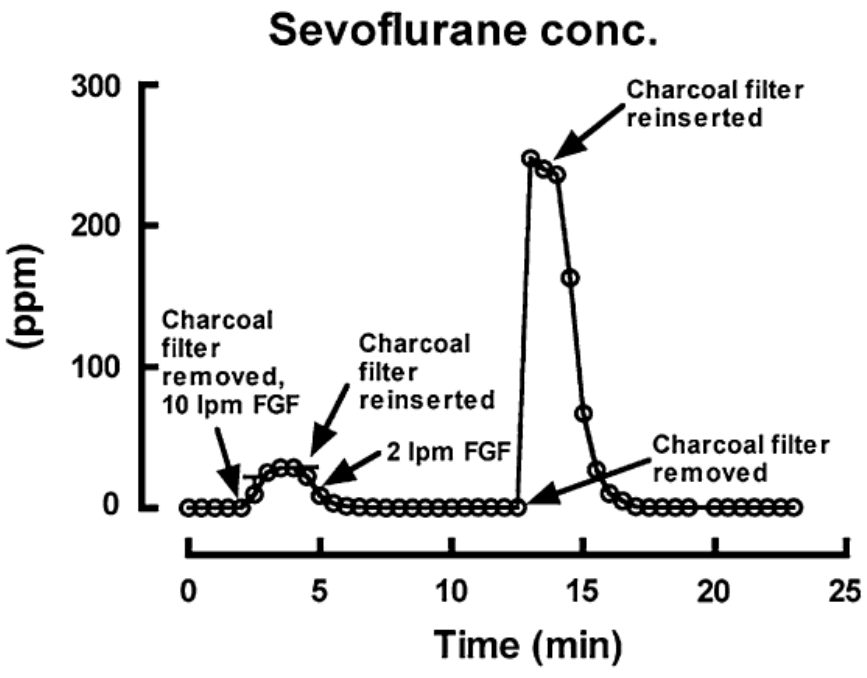


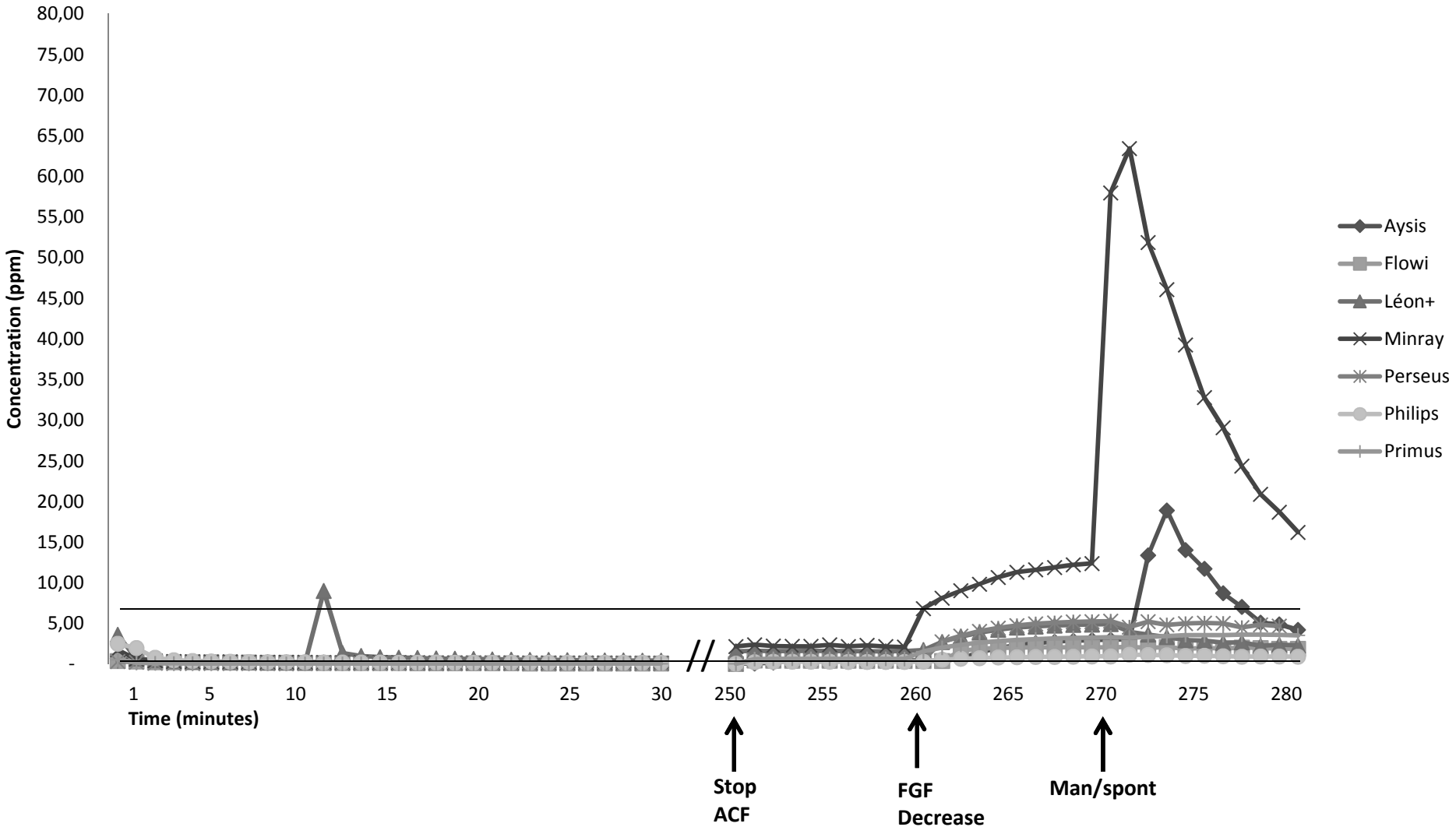
Fig. 4 The washout of sevoflurane from three GE anesthesia workstations (using a FGF of 10 $L \cdot min^{-1}$ and a V_T of 350 $mL \cdot breath^{-1}$) to 10 ppm that was followed by a reduction in the FGF to 5 $L \cdot min^{-1}$. Data are mean (SD) (in lieu of raw data for ease of interpretation). Note the magnitude of the rebound in sevoflurane concentration. FGF = fresh gas flow; ppm = parts per million

Fig. 6 Effects of inserting and removing a charcoal filter from the inspiratory limb of the anesthesia breathing circuit in the Aestiva®/5 anesthesia workstation with a tidal volume of 350 $mL \cdot breath^{-1}$. The sevoflurane concentration rebounded dramatically to 248 parts per million after the filter was removed at a FGF of 2 $L \cdot min^{-1}$. FGF = fresh gas flow

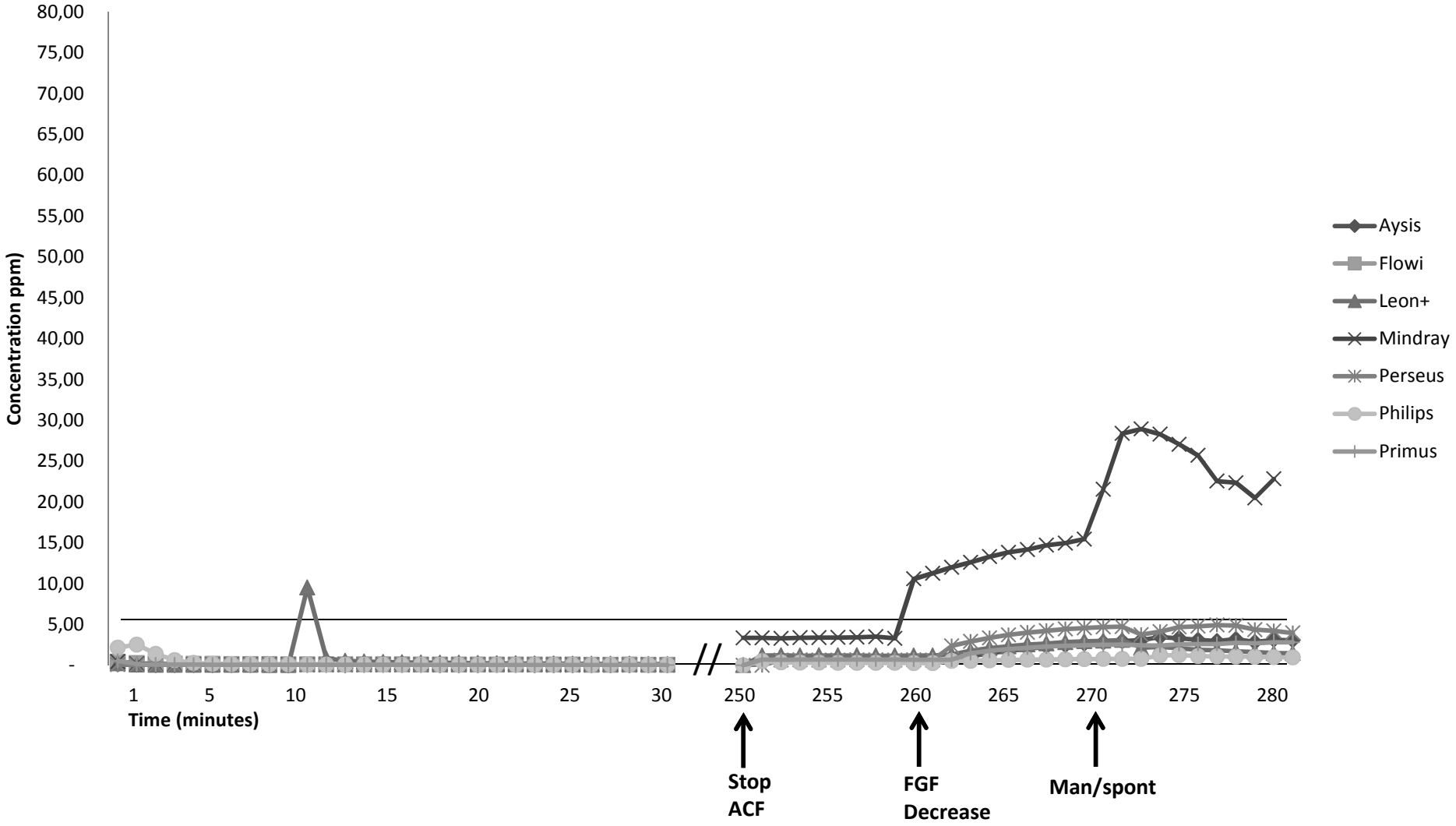
Recommandation des auteurs

Préparation = Rinçage Aysis et Aestiva à 10 l/min pendant 25 min (10ppm)
Ventilation patient HMS = 10l/min per op + 1 FCA inspiratoire

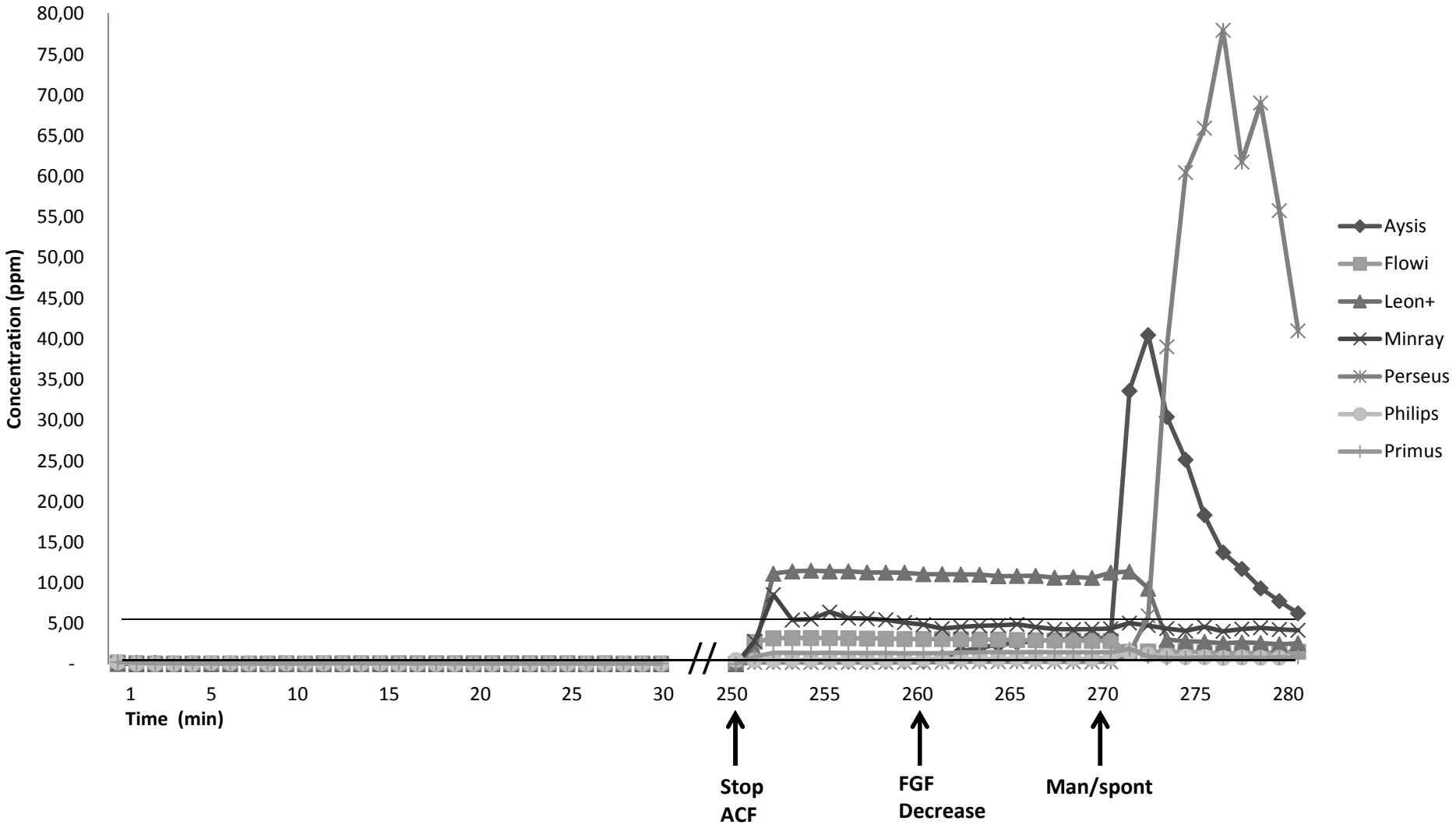
ACF, Adult, Desflurane



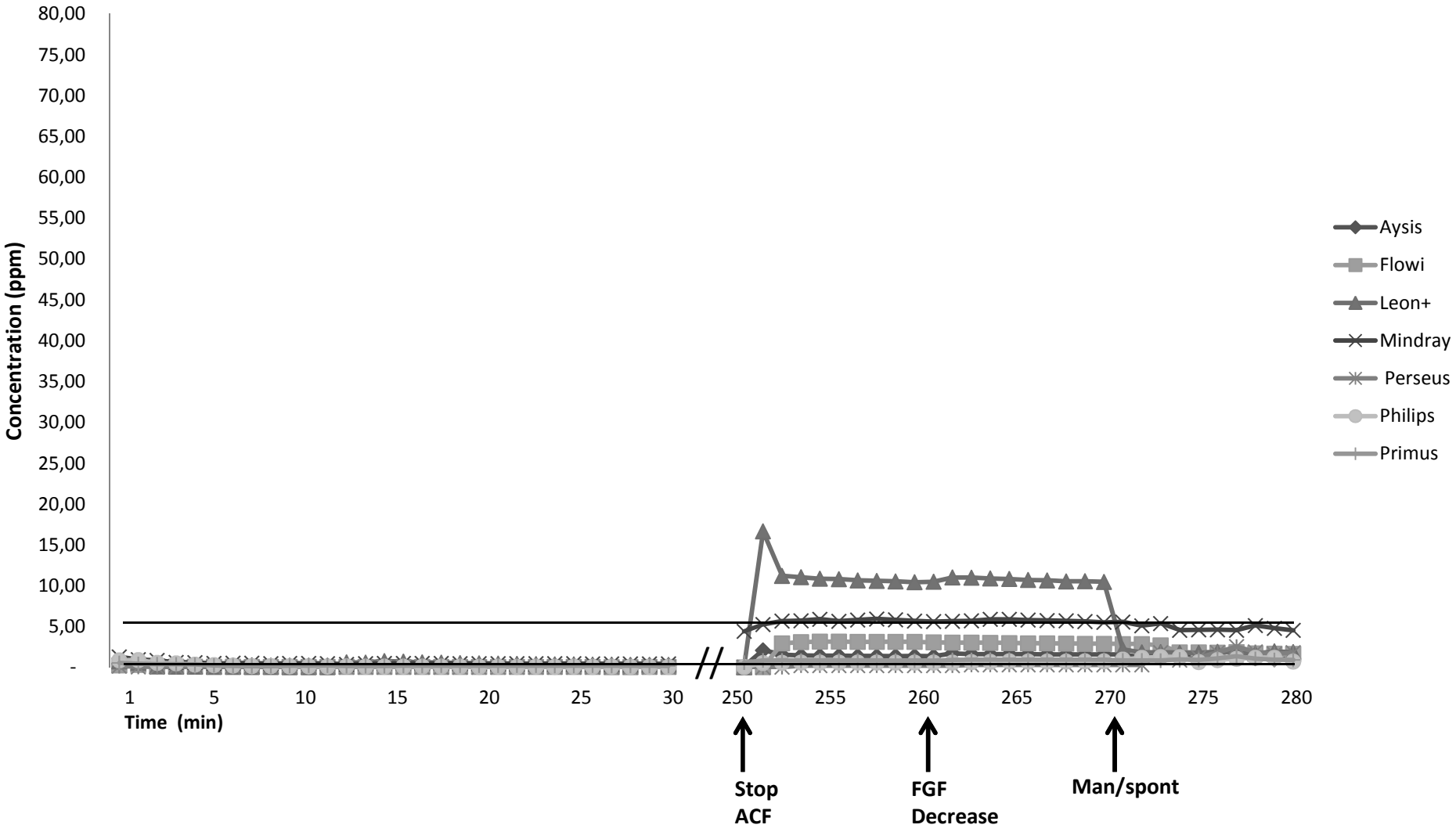
ACF, Adult, Sevoflurane



ACF, Pediatric, Desflurane



ACF, Pediatric, Sevoflurane

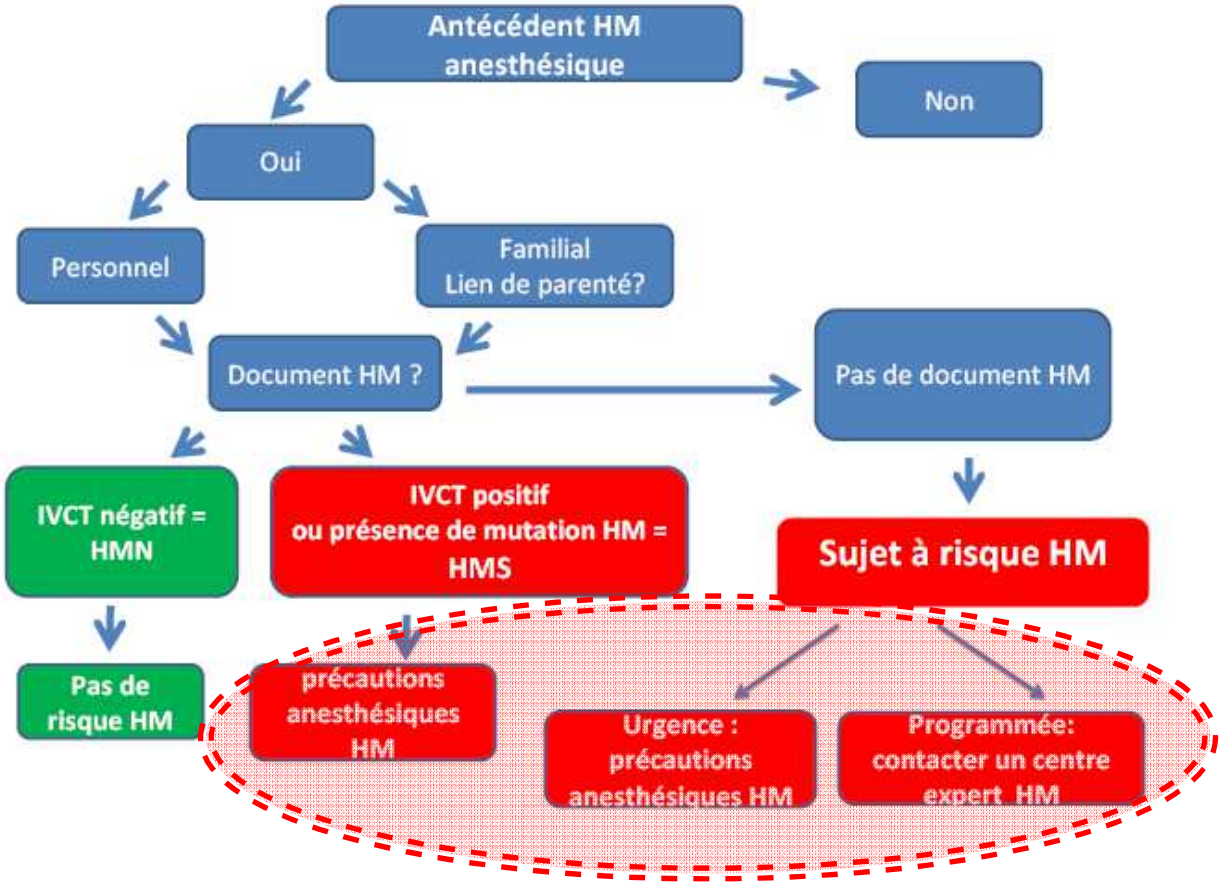


Quels patients sont à risque d'HM = **HMS**

La question des antécédents personnels et familiaux doit être posée CLAIREMENT à la consultation d'anesthésie

Figure 1 : Dépistage du risque HM en consultation d'anesthésie

IVCT: In Vitro Contracture Test; HMS: HM sensible (IVCT positif); HMN: HM négatif (IVCT négatif)



Conf Expert SFAR 2013

Exp 1

- **2 FCA**
- Ø flush 90''
- Ø changement de consommables
- Cuve retirée

DGF = 10 l/min

Durée 1h

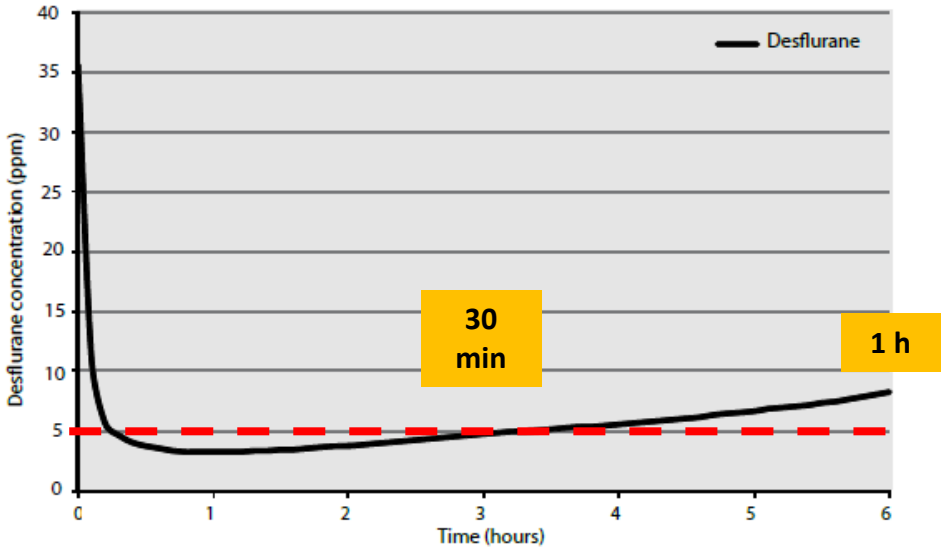


Figure 2: Desflurane vapour concentration in the anaesthetic circuit following saturation of the circuit with vapour for two hours and the subsequent addition of two activated charcoal filters.