

L'ECMO

(ExtraCorporeal Membrane Oxygenation) aux soins intensifs : intérêt chez le patient en choc cardiogénique réfractaire, en hypoxémie réfractaire ou en arrêt cardiaque

P.B. MASSION (1), D. LEDOUX (1), S. PIRET (1), P. MORIMONT (1), E. NELLESSEN (2), R. DURIEUX (3), M. RADERMECKER (3), J.-O. DEFRAIGNE (3), J.-L. CANIVET (1), P. DAMAS (1)

RESUME : L'assistance cardiorespiratoire par extracorporel membrane oxygenation (ECMO) est une technique d'assistance extracorporelle de durée prolongée destinée aux patients en arrêt cardiaque, en choc cardiogénique réfractaire ou en hypoxémie réfractaire, et qui, sans elle, sont condamnés. Les progrès techniques récents, la pose précoce de l'indication, le respect strict des contre-indications, la mise en place multidisciplinaire au lit du malade, le dépistage des complications spécifiques et l'évaluation échocardiographique de la sevrabilité sont autant de facteurs-clés conditionnant la réussite de cette technique d'exception.

MOTS-CLÉS : ECMO - arrêt cardiaque - Choc cardiogénique - Hypoxémie réfractaire

EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION (ECMO) IN ICU PATIENTS SUFFERING FROM CARDIOGENIC SHOCK, REFRACTORY HYPOXEMIA OR CARDIAC ARREST

SUMMARY : ExtraCorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) is a cardiopulmonary assistance device able to support patients in cardiac arrest, refractory cardiogenic shock or refractory hypoxemia otherwise sentenced to death. Recent technical progresses, early indication decision, bedside multidisciplinary implant, specific complications screening and echocardiographic weaning testing are crucial points to allow success of this exceptional technique.

KEYWORDS : ECMO - Cardiac arrest - Cardiogenic shock - Refractory hypoxemia

INTRODUCTION

La première ECMO veino-artérielle, publiée en 1972 (1), a permis après 3 jours de sauver la vie d'un patient accidenté présentant un traumatisme thoracique avec un poumon de choc (shock lung syndrome). L'ECMO veino-veineuse fut, quant à elle, rapportée pour la première fois en 1980 en vue d'éliminer le CO₂ pour une hypercapnie réfractaire (2). Depuis lors, les indications se sont multipliées et précisées. Après une première phase expérimentale grevée de nombreuses complications techniques, les progrès récents dans le matériel et la prévention des complications ont permis de fortement développer l'ECMO. Elle s'impose de nos jours comme la technique d'assistance circulatoire la plus abordable et la plus facile à mettre en place au lit du malade en situation de défaillance cardiorespiratoire extrême.

LA TECHNIQUE

Il faut distinguer 2 types d'ECMO (3) :

L'ECMO «veino-artérielle», ou ExtraCorporeal Life Support (ECLS), consiste à assister

(quasi) complètement à la fois le cœur et les poumons. Via une pompe centrifuge extracorporelle, elle draine le sang par une longue canule veineuse (23 à 27Fr) placée dans l'oreillette droite. La pompe envoie ensuite le sang désaturé au travers d'un oxygénateur à diffusion pour le retourner, oxygéné, décarboxylé et réchauffé au niveau de l'aorte du patient, par une canule artérielle plus courte (17 à 19Fr) (Fig. 1).

L'ECMO veino-artérielle est dite périphérique lorsqu'elle s'implante en fémoro-fémoral, en fémoro-axillaire ou en jugulo-axillaire, de façon à garder le sternum fermé. Elle peut s'implanter par voie percutanée. L'ECMO veino-artérielle sera dite centrale lorsque les canules sont insé-

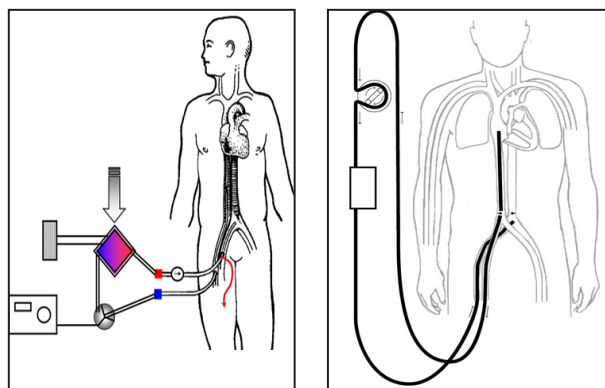


Figure 1. Circuit d'ECMO veino-artérielle fémoro-fémorale, comprenant la canule veineuse dans l'oreillette droite, la pompe (reliée à la console), l'oxygénateur (relié à l'échangeur thermique et au flux d'air/O₂) et la canule artérielle jusqu'au carrefour aortique (avec un shunt rétrograde).

(1) Intensivistes, Service des Soins Intensifs, CHU de Liège.

(2) Cardiologue, Service de Cardiologie, CHU de Liège.

(3) Chirurgiens, Service de Chirurgie Cardiovasculaire, CHU de Liège.

rées directement dans l'oreillette droite et l'aorte ascendante par un sternum qui doit rester ouvert. Régulièrement, un shunt périphérique (8Fr) irriguant l'artère fémorale superficielle en aval de la canule artérielle occlusive est ajouté au circuit pour garantir une bonne vascularisation de la jambe instrumentée. L'objectif de l'ECMO veino-artérielle est d'assurer un débit de 2,5-3l/min/m², soit l'équivalent du débit propre du patient (70ml/kg), et de maintenir une SaO₂ > 95% et une SvO₂ > 70%.

L'ECMO «veino-veineuse», quant à elle, n'assiste que les poumons. Elle est mise classiquement par voie fémoro-jugulaire, avec une longue canule veineuse fémorale (23 à 27Fr) drainant le sang de la veine cave inférieure rétro-hépatique, tandis que la réinjection du sang oxygéné se fait par une canule plus étroite (19Fr) dans la veine jugulaire à l'entrée de l'oreillette droite, en respectant une inter-distance d'au moins 15cm pour éviter le phénomène de recirculation (Fig. 2). En cas d'accès difficile au niveau jugulaire, l'ECMO veino-veineuse sera fémoro-fémorale, avec une longue canule de drainage dans l'oreillette droite et une autre, plus courte, de réinjection au niveau du carrefour cave, la voie sous-clavière étant proscrite en raison de l'angle anatomique et de la finesse des parois veineuses inadéquats pour la mise en place et le débit à obtenir. L'objectif est aussi d'assurer un débit de 2,5-3l/min/m², en se contentant d'une SaO₂ > 80% et d'une SvO₂ > 70%, sachant que le débit propre du patient hypoxique se mélangera au sang oxygéné par l'ECMO (3).

Pour mémoire, l'ECMO «artério-veineuse» fémoro-fémorale (pumpless interventional lung assist- iLA, Novalung ou extracorporeal lung assist -ECLA) consiste en une mini-ECMO sans pompe, où le sang de l'artère fémorale (canule 13-15Fr) est dirigé vers un petit oxygénateur qui renvoie le sang dans la veine fémorale controlatérale (canule 15-17Fr). Elle permet d'éliminer efficacement le CO₂ (extracorporeal CO₂ removal, ECCO₂R), malgré le débit limité à 2l/min,

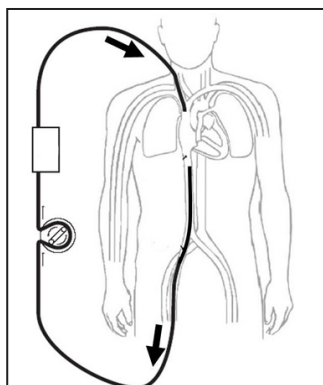


Figure 2. Circuit d'ECMO veino-veineuse, avec drainage dans la veine cave inférieure et réinjection à l'entrée de l'oreillette droite.

d'où son indication restreinte à l'hypercapnie réfractaire isolée.

Les circuits utilisés sont recouverts soit de phosphorylcholine, soit d'héparine, afin de limiter le risque thrombotique; ils nécessitent néanmoins une anticoagulation modérée par héparine (pour TCA x 1,5 soit 45-50sec); en cas d'hémorragie, l'anticoagulation doit être interrompue et reprise dès contrôle du saignement. La durée de l'assistance va de quelques jours à quelques semaines, dépassant rarement le mois.

INDICATIONS

Il existe 5 indications d'ECMO, une respiratoire (ECMO veino-veineuse) et 4 cardiaques (ECMO veino-artérielle) (Tableau I).

L'indication respiratoire (ECMO veino-veineuse) pour hypoxémie réfractaire se rencontre par exemple, dans les pneumonies extensives, les syndromes de détresse respiratoire aiguë (Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS) pulmonaires et extrapulmonaires, les ARDS post-pneumonectomie, les dysfonctions primaires du greffon pulmonaire, les traumatismes thoraciques et les barotraumatismes majeurs indrainables. L'hypercapnie réfractaire peut être secondaire à un état de mal asthmatique inextinguible, une obstruction anatomique trachéale ou une bronchiolite oblitérante. Les critères gazométriques d'ECMO veino-veineuse sont repris dans le Tableau II (4).

Les indications cardiaques (ECMO veino-artérielle) représentent les chocs cardiogéniques réfractaires d'origine médicale, interventionnelle ou chirurgicale, ainsi que les arrêts cardiaques, pour autant, à chaque fois, que la pathologie soit au moins en partie réversible ou que le patient soit candidat potentiel à la greffe cardiaque. La liste des étiologies les plus souvent rencontrées

TABEAU I. INDICATIONS DE L'ECMO ET TYPE D'ECMO CORRESPONDANT

Indication respiratoire	1. Hypoxémie réfractaire Hypercapnie réfractaire	ECMO-VV ECMO-AV
Indication cardiaque	2. Choc cardiogénique médical réfractaire 3. Choc cardiogénique post-angioplastie 4. Choc cardiogénique post-cardiotomie 5. Arrêt cardiaque	ECMO-VA
ECMO-VV : ExtraCorporeal Membrane Oxygenation Veino-Veineuse; ECMO-AV : ExtraCorporeal Membrane Oxygenation Artério-Veineuse; ECMO-VA : Extracorporeal Membrane Oxygenation Veino-Artérielle.		

TABLEAU II. ECMO VEINO-VEINEUSE : CRITÈRES GAZOMÉTRIQUES

Hypoxémie réfractaire	PaO ₂ /FiO ₂ <50mmHg pendant 3h	Malgré : 1) ventilation protectrice VT=6ml/kg Pplat<30; Pee<20mmHg 2) ventral 30min 3) manœuvres de recrutement ± NO, HFO
	PaO ₂ /FiO ₂ <80mmHg pendant 6h	
	Pplat >35mmHg pendant 6h	
	Stress pulmonaire (ΔPL)>20mmHg	
Hypercapnie réfractaire	pH<7,15	Malgré Pplat>35 mmHg
2 conditions supplémentaires	Pathologie réversible Durée de ventilation agressive <7-14jours	
FiO ₂ : Fraction inspiratoire en Oxygène; VT : Volume courant; Pplat : Pression Plateau; Pee : Pression de fin d'expiration; NO : monoxyde d'azote; HFO : ventilation par oscillateur à haute fréquence.		

TABLEAU III. ECMO VEINO-ARTÉRIELLE : ÉTIOLOGIES «RÉVERSIBLES» SINON «GREFFABLES»

Choc cardiogénique réfractaire médical	De novo	Infarctus étendu Myocardite virale fulminante Intoxication cardiotrope Problème valvulaire aigu
	Sur cardiomyopathie chronique	CM dilatée CM ischémique CM valvulaire
	+ Instabilité majeure ou arythmies malignes réfractaires	Malgré ≥2 drogues et IABP
Choc cardiogénique post-corographie	Dissection tronc commun, IVA	
	Rupture AP	
Choc cardiogénique post-cardiotomie	Echec de sortie de CEC	Malgré ≥2 drogues et IABP
	Bas débit cardiaque à USI	
Arrêt cardiaque	Infarctus massif	Avec massage efficace : EtCO ₂ >15 mmHg, TAS>80mmHg PaO ₂ >60mmHg
	Embolie pulmonaire massive	
	Hypothermie	
	Intoxication aux cardiotropes	
	Traumatisme thoracique	
	Arythmies malignes	
CM : CardioMyopathie; CEC : Circulation Extra-Corporelle; USI : Unité de Soins Intensifs; IABP : contrepulsion intra-aortique; EtCO ₂ : capnie de fin d'expira- tion; TAS : Tension Artérielle Systolique.		

sont reprises au tableau III (5). L'algorithme de prise en charge des patients en choc post-cardiotomie préconise, plutôt que l'instauration d'un traitement par adrénaline (6), la mise en place rapide de l'ECMO après échec de sortie de CEC malgré de hautes doses de 2 drogues et malgré le placement d'une contrepulsion intra-aortique.

CONTRE-INDICATIONS

Les contre-indications à l'ECMO sont tout aussi capitales à intégrer dans le bilan décisionnel car elles sont de mieux en mieux définies et leur respect conditionne fortement le succès

de l'ECMO. Il faut distinguer les contre-indications absolues et les contre-indications relatives (Tableau IV), avec certaines spécificités supplémentaires en cas d'arrêt cardiaque (7).

COMPLICATIONS ET PRONOSTIC

Après la mise en place de l'ECMO, des complications imprévisibles sont à redouter, et sont présentées comme rencontrées dans notre expérience (Tableau V), avec des prises en charge spécifiques. Leur diagnostic précoce conditionne directement la survie du patient (8-10).

TABLEAU IV. CONTRE-INDICATIONS À L'ECMO

Absolues	1. Lésions cérébrales irréversibles • No flow (asystolie) >5min (sauf hypothermie et intoxications) ou arrêt cardiaque sans témoin; • Low flow (RCP) >100min, ou inefficace = EtCO ₂ <10, PaO ₂ <60 et TAS<80; • Fenêtre neuro « aréactive », mydriase bilatérale max d'emblée avant RCP; terrain poly-morbide, cause d'ARCA non cardiaque.
	2. Néoplasie évolutive;
	3. Choc septique non contrôlé (étiologie mal définie, escalade des vasopresseurs, neutropénie prolongée>48h) : si ECMO-VA (relatif si ECMO-VV).
	4. Hémorragie non contrôlée; thrombopénie < 30.000
	5. Dissection aortique, insuffisance aortique sévère (III/IV) : si ECMO-VA
Relatives	6. Age >70 (>65 ans si ARCA, >75 si post-CEC)
	7. Pathologie non réversible et patient non greffable: – HTAP sévère fixée (>6UW en basal et >3UW après test Dobu, Cedocard, NO, Prostin); RVP= (PaP – PAPO)/DC – Hyperimmunisé : Panel Reactive Antigen (PRA) >80% – Insuffisant hépatique, diabétique terminal...
	8. Contre-indiqué à héparine : AVC récent étendu/hémorragique; HIT II (protocole Danaparoïde=Orgaran; Bivalirudine=Angiox)
	9. Témoins de Jéhovah, refus d'acharnement thérapeutique du patient
RCP : Réanimation Cardio-Pulmonaire; EtCO ₂ : capnie de fin d'expiration; TAS : Tension Artérielle Systolique; ARCA : Arrêt Cardiaque; ECMO-VA : Extra-Corporeal Membrane Oxygenation Veino-Artérielle; ECMO-VV : ExtraCorporeal Membrane Oxygenation Veino-Veineuse; UW : Unité Wood; AVC : Accident Vasculaire Cérébral; HIT II : thrombopénie induite à l'héparine de type II.	

TABLEAU V. COMPLICATIONS DE L'ECMO

Hémorragies majeures	Hémorragie cérébrale Tamponnade Perforation VCI/VCS Hémorragie fémorale, dissection
Thomboembolies	Pulmonaire AVC
Infections (Device-related)	
Ischémie de la jambe	si absence de shunt, coudure, obstruction
Mécanique (circuit)	si oxygénateur/tubulure/pompe défectueux
Hémolyse	si Hb plasmatique >100mg/l
Recirculation	si interdistance canules veineuses insuffisante
Syndrome cave supérieur	si canule jugulaire obstructive
Syndrome d'hyperdébit	si shunt de reperfusion trop grand
Collapsus de reperfusion	si ischémie trop prolongée levée brutalement
Syndrome Arlequin	si compétition ECMO-débit propre hypoxique
Oedème pulmonaire aigu	si surcharge ventriculaire gauche, valve aortique fermée
Hyperoxie brutale sur défaillance cardiaque sur-aiguë	Pneumopéricarde Désamorçage sur hypovolémie, FV
VCI : Veine Cave Inférieure; VCS : Veine Cave Supérieure; FV : Fibrillation Ventriculaire; AVC : Accident Vasculaire Cérébral.	

Alors que la survie hospitalière des ECMO veino-veineuses est de l'ordre de 53% (11) à 67% (12) selon la sévérité des cas inclus, celle des ECMO veino-artérielles est nettement moindre, allant de 33% (11) à 20% en cas d'arrêt cardiaque (13), ce qui reste malgré tout remarquable pour ces sujets souvent jeunes, par ailleurs condamnés à mourir sans assistance (14).

Les résultats de notre expérience au CHU sont illustrés dans la figure 3, et sont conformes

à ceux repris dans la littérature. Ayant débuté en novembre 2005, le programme d'ECMO a connu une croissance progressive, avec 30 cas à ce jour. 53% de nos patients ont pu être sevrés de l'ECMO (n=16), tandis que la mortalité hospitalière globale fut de 33%, et de 42% pour cette année 2010. La plupart de nos patients sevrés ont récupéré une fonction cardiorespiratoire satisfaisante (Bridge To Recovery, BTR, n=13), alors que 4 ont été greffés (Bridge To Transplant,

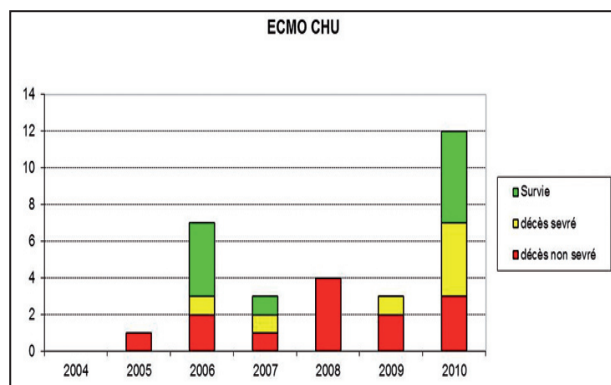


Figure 3. Incidence annuelle d'ECMO au CHU de Liège, Belgique.

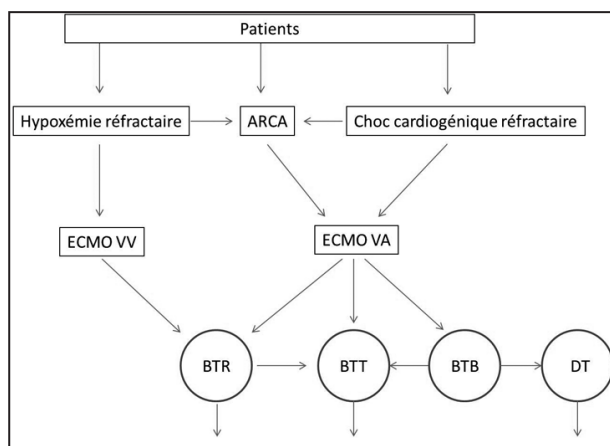


Figure 4. Indications, types d'ECMO et devenir des patients assistés. ARCA : ARrêt CARDiaque; BTR : Bridge To Recovery; BTT : Bridge To Transplant; BTB : Bridge To Bridge; DT : Destination Therapy.

BTT). Un patient a pu bénéficier d'une assistance ventriculaire gauche de type Heartmate II (Bridge To Bridge, BTB), et est toujours en attente d'une transplantation cardiaque. Nous n'avons encore aucun malade sous assistance définitive (Destination Therapy, DT) (Fig. 4; Tableau VI).

CONCLUSION

L'assistance cardiorespiratoire par ECMO est une technique thérapeutique devenue indispensable à ce jour pour supporter les patients en défaillance cardiaque ou respiratoire réfractaire, et leur donner une ultime chance soit de récupérer, soit d'être greffé. La précocité de la pose de l'indication, le respect scrupuleux des contre-indications, la multidisciplinarité lors de sa mise en place et de la gestion des complications ainsi que les compétences et la disponibilité bienveillante de chacune et chacun sont autant d'atouts qu'il nous faut continuer à déve-

TABLEAU VI. EVOLUTION DES PATIENTS DU CHU AYANT BÉNÉFICIÉ DE L'ECMO

	ECMO VV	ECMO VA
n	3	27
Age (y)	17,42,47	47±15 (20;75)
Sexe M/F	2/1	19/8
ARCA (n)	1	13 (48%)
Post-CEC	0	9 (33%)
Post-greffe cardiaque	0	5 (18%)
Durée ECMO (d)	4,5,7	8 ±7 (0,1;30)
Sevrage ECMO	2 (66%)	14 (52%)
Bridge to Recovery	2	11
Bridge to Transplant	0	4
Bridge to Bridge	0	1
Survie hospitalière	2 (66%)	8 (30%)

ECMO-VV : Extracorporeal Membrane Oxygenation Veino-Veineuse;
ECMO-VA : Extracorporeal Membrane Oxygenation Veino-Artérielle;
ARCA : ARrêt CARDiaque; CEC : Circulation ExtraCorporelle.

opper pour une prise en charge optimale d'un maximum de patients en défaillance cardiorespiratoire réfractaire.

REMERCIEMENTS

Les cardiologues, les perfusionnistes, les anesthésistes, les intensivistes, les urgentistes, les chirurgiens, les instrumentistes, les infirmier(e)s de soins intensifs, des urgences ainsi que les personnes du laboratoire sont autant de personnes actives que nous souhaitons remercier pour leur participation précieuse à ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

1. JD Hill, et al.— Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. *N Engl J Med*, 1972, **286**, 629-634.
2. L Gattinoni, et al.— Treatment of acute respiratory failure with low-frequency positive-pressure ventilation and extracorporeal removal of CO₂. *Lancet*, 1980, **2**, 292-294.
3. ELSO.— ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support. Extracorporeal Life Support Organization, 2009. Version 1:1. <http://www.elseo.med.umich.edu/Guidelines.html>
4. D Chiumello, et al.— Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, **178**, 346-355.
5. LK von Segesser.— Cardiopulmonary support and extracorporeal membrane oxygenation for cardiac assist. *Ann Thorac Surg*, 1999, **68**, 672-677.
6. Samuels LE, et al.— Management of acute cardiac failure with mechanical assist : experience with the ABIOMED BVS 5000. *Ann Thorac Surg*, 2001, **71**, S67-72, discussion S82-5.

7. B. Riou.— Recommandations sur les indications de l'assistance circulatoire dans le traitement des arrêts cardiaques réfractaires. *Ann Franç Anes Réa*, 2009, **28**, 182-186.
8. A. Combes, P. Leprince, C.E Luyt, et al.— Assistance cardiorespiratoire par extracorporel membrane oxygenation (ECMO); Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for cardiopulmonary support. *Réanimation*, 2009, **18**, 420-427.
9. B. Schwarz, et al.— Experience with percutaneous venoarterial cardiopulmonary bypass for emergency circulatory support. *Crit Care Med*, 2003, **31**, 758-764.
10. A. Combes, et al.— Outcomes and long-term quality-of-life of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock. *Crit Care Med*, 2008, **36**, 1404-1411.
11. SA. Conrad, PT. Rycus, H. Dalton.— Extracorporeal Life Support Registry Report 2004. *ASAIO J*, 2005, **51**, 4-10.
12. GJ. Peek, et al.— Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR) : a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*, 2009, **374**, 1351-1363.
13. M. Massetti, et al.— Back from irreversibility : extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79, 178-183. discussion 183-184.
14. GJ. Magovern, KA. Simpson.— Extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiac support : the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg*, 1999, **68**, 655-661.

Les demandes de tirés à part sont à adresser au Dr P. Massion, Service de Soins intensifs, CHU de Liège, Belgique.
E-mail : paul.massion@chu.ulg.ac.be