Circulation Extra Corporelle et ECMO

Dr C.Arbelot
Réanimation Polyvalente Pr Langeron
Département d'Anesthésie Réanimation, Assistance Publique Hôpitaux de Paris,
Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, France

Plan

- CEC

- Un peu d' histoire

- Principes & Déroulement normal d'une CEC

- Problèmes posés par la CEC

- ECMO extra corporeal membrane oxygenation

- Veinoartérielle

- Veinoveineuse

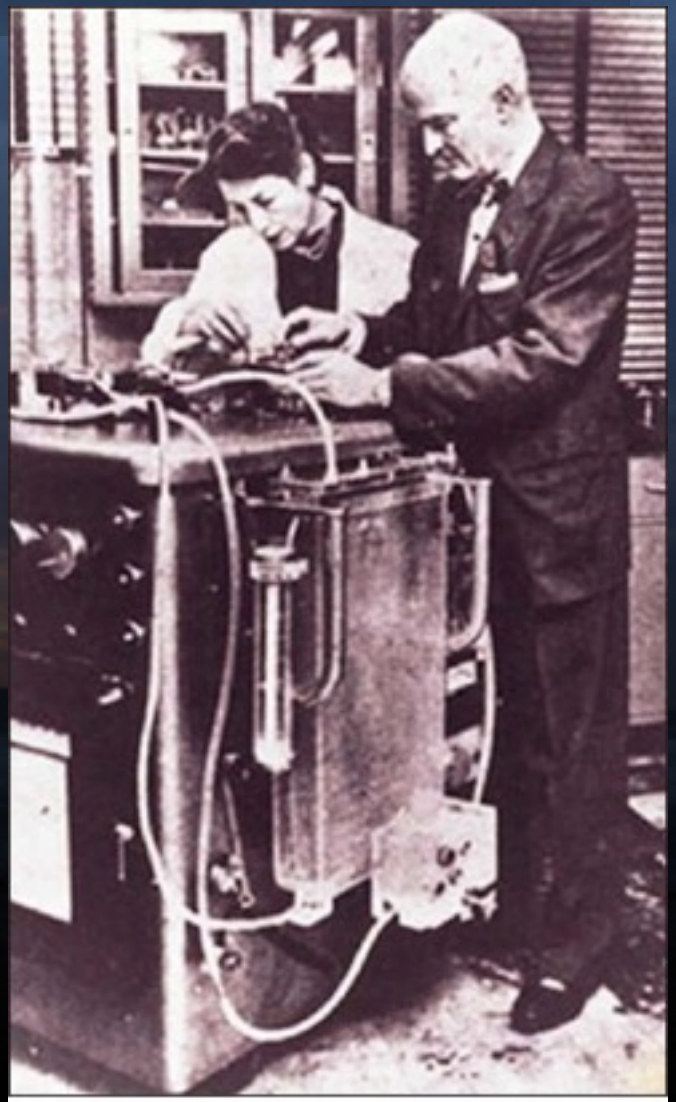
- ~~Veinoartérioveineuse~~


CEC

Historique

- 1930…





John Gibbon and his wife Mary Hopkinson developing the first heart-lung machine.

Historique

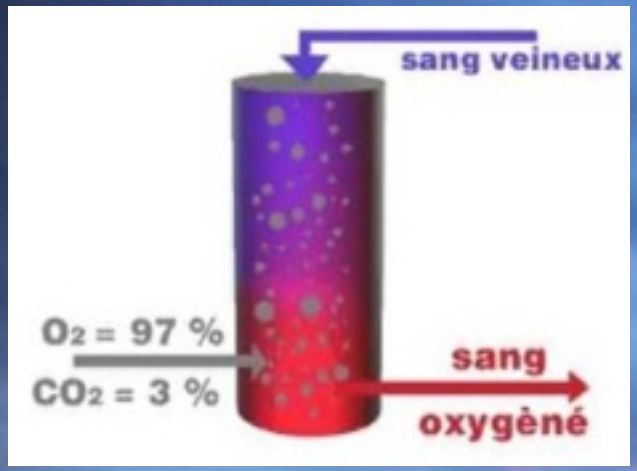
- **1953:** GIBBON première machine « cœur-poumon »
- **1955:** DUBOST et SPROVIERI première intervention française à coeur ouvert grâce à un coeur-poumon artificiel

  → Protection myocardique?
- **Entre 1975 et 1980 :** arrêt cardiaque par cardioplégie

  → Diminution mortalité

Principes

= technique par laquelle la pompe cardiaque et l'échangeur gazeux pulmonaire sont remplacés temporairement par un système mécanique relié au système vasculaire du patient.


sang veineux
O_2 = 97 %
CO_2 = 3 %
sang
oxygéné







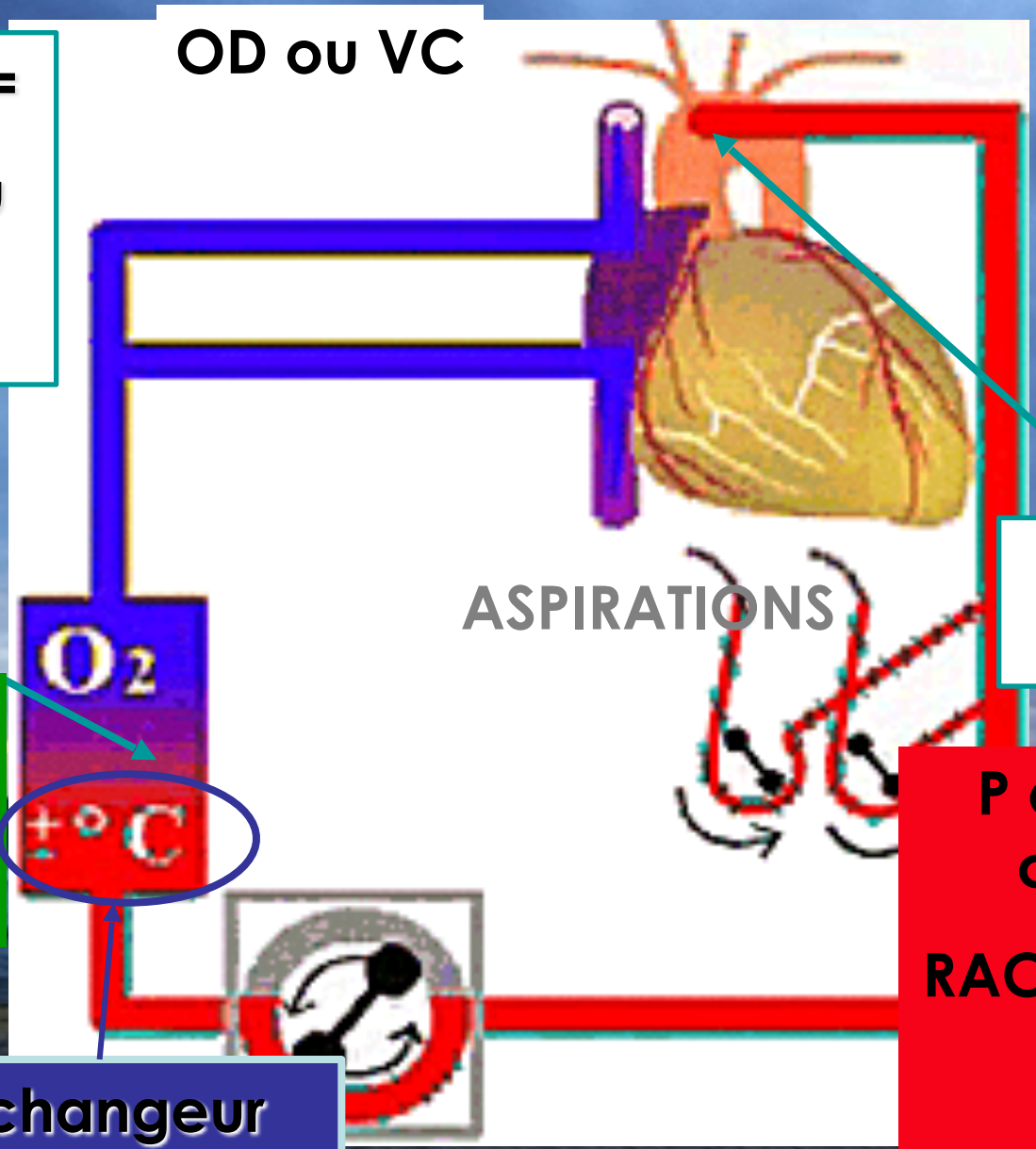
En pratique…





Oxygénateur=

Equivalent au passage alvéolaire



Réinjection par pompe

A bulles ou à membrane

→ GDS

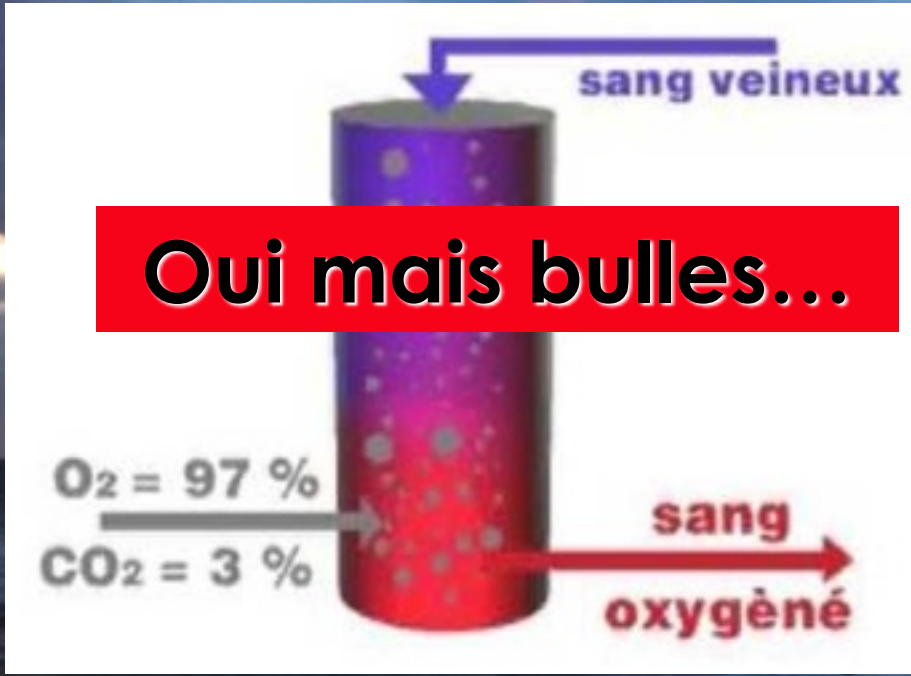
P à galets ou centrifuge

RACINE Ao / ART FEM

→ HDN

Echangeur Thermique

Oxygénateurs



A bulles



A membrane

Pompes

Traumatisme GR

Désamorçage possible



A galets

Centrifuge

Déroulement

Induction, pose des KT, +/- DLE, IOT +/ - CARLENS

Incision/canulation

héparine

Risque TR

+/- Réintubation

ANESTHESIE

CHIRURGIE

CEC

Arrêt

FV

Asystolie

FV

Sinusal

Hypothermie

Réchauffement

Décanulation/ fermeture

Positionnement

Arrêt cardiaque

Arrêt circulatoire hypothermie

Protection

1) HYPOTHERMIE

- Hypothermie conventionelle = 28 à 30°C si durée de CEC < 3 heures

- Hypothermie profonde = 18°C autorise un arrêt circulatoire complet = arrêt cardiaque mais aussi arrêt de la CEC.

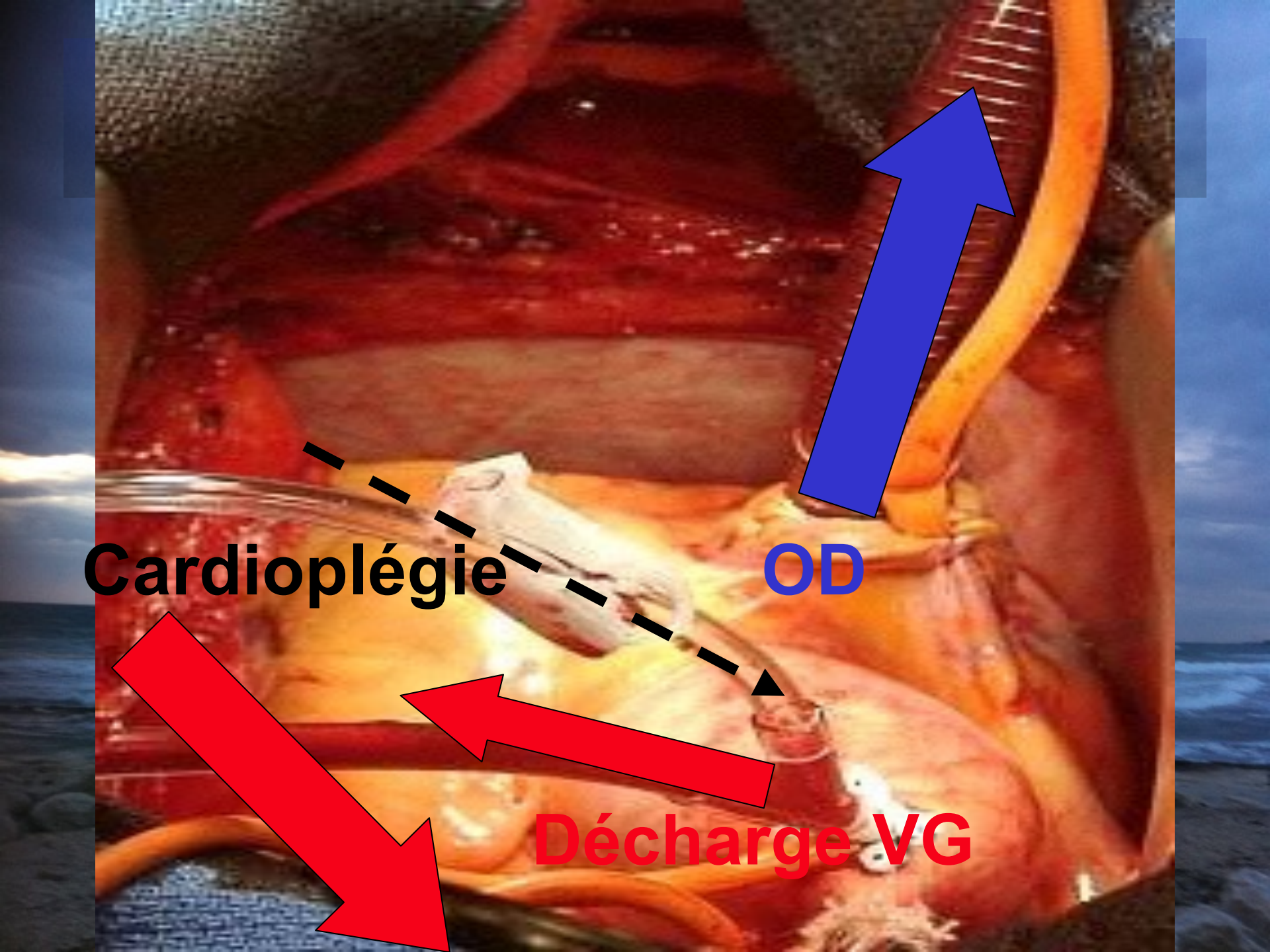
Protection myocardique

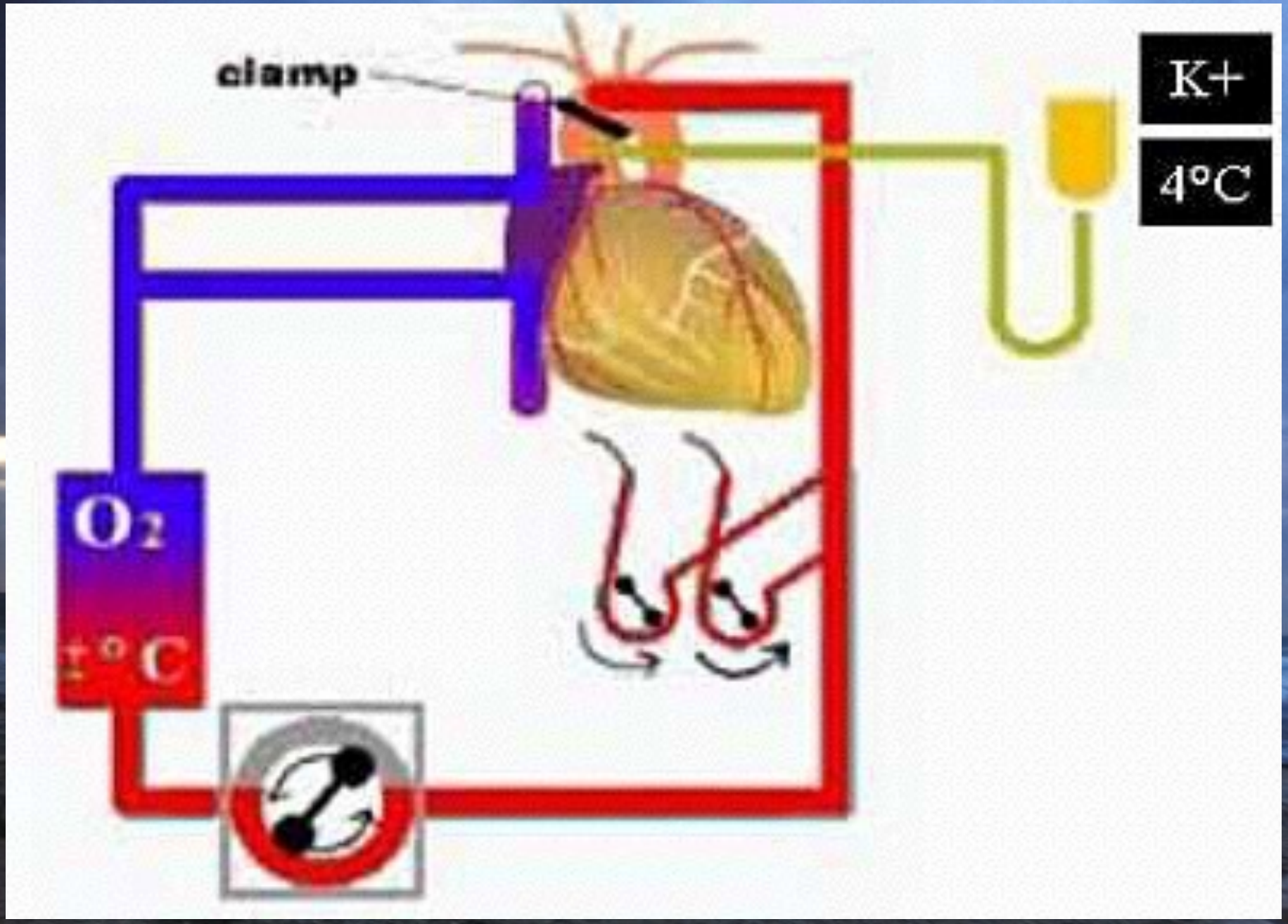
2) CARDIOPLEGIE

Dès clampage aortique, 1000 cc de sérum glacé (ou de sang) à 4°C enrichis en potassium (= LIQ de CARDIOPLEGIE) perfusés dans la racine de l'aorte (= dans les coronaires)

L'activité mécanique puis électrique du cœur est stoppée en quelques secondes.

- REINJECTIONS


Cardioplégie
OD
Décharge VG


clamp
K+
4°C
O2
4°C

Problèmes posés par la CEC (I)

- Embolie gazeuse
- Dissection aortique
- Drainage veineux défaillant et désamorçage
- Défaut de protection myocardique
- Emboles d'athérome à partir de l'aorte- Complications neurologiques
  ⬆ Age

Problèmes posés par la CEC (II)

- Vasomotricité: ↓ mise en route, hypothermie.
- Remplissage / hémodilution: oedèmes ++
- Activation complément, hémolyse…

- SIRS = mécanismes inflammation / coagulation
- Tolérance cardiaque
- Ventilation?


ECMO

Indications

1/Arrêt circulatoire (thérapeutique et à but de **prélèvement**)

2/Suppléance cardiaque (intox, myocardites…)

Veinoartérielle

3/Suppléance respiratoire

Veinoveineuse

Indications VA

Choc cardiogénique réfractaire médical	De novo	• Infarctus étendu • Myocardite fulminante • Intoxication aux cardiotropes • Insuffisance valvulaire aiguë • CM dilatée, ischémique, valvulaire • Malgré traitement par substances inotropes et vasoactives + IABP
	Sur cardiomyopathie chronique	
	+ instabilité majeure ou arythmies malignes réfractaires	
Choc cardiogénique postcoronarographie	Dissection TC, IVA	
	Rupture AP	
Choc cardiogénique postcardiotomie	Echec de sortie de CEC	Malgré traitement par substances inotropes et vasoactives + IABP
	Bas débit cardiaque aux soins intensifs	
Arrêt cardiaque	Infarctus massif	Avec • ACR < 5 min ou en présence de témoins débutant une réanimation efficace • Massage cardiaque efficace • $ETCO_2 \geq 1,5$ kPa • Low-Flow ≤ 100 minutes • TV, TP, FV • Intoxications cardiotropes • Hypothermie ≤ 32°C
	Embolie pulmonaire	
	Hypothermie	
	Intoxication aux cardiotropes	
	Traumatisme thoracique	
	Arythmies malignes	

ACR: arrêt cardiorespiratoire; IVA: artère interventriculaire antérieure; IABP: ballon de contre-pulsion intra-aortique; Low-Flow: bas débit; CM: cardiomyopathie; CEC: circulation extracorporelle; FV: fibrillation ventriculaire; $ETCO_2$: fraction expirée de CO_2, évaluée après 20 minutes de réanimation médicalisée; TV: tachycardie ventriculaire; TP: torsade de pointe; TC: tronc commun; AP: artère pulmonaire.

Indications VV

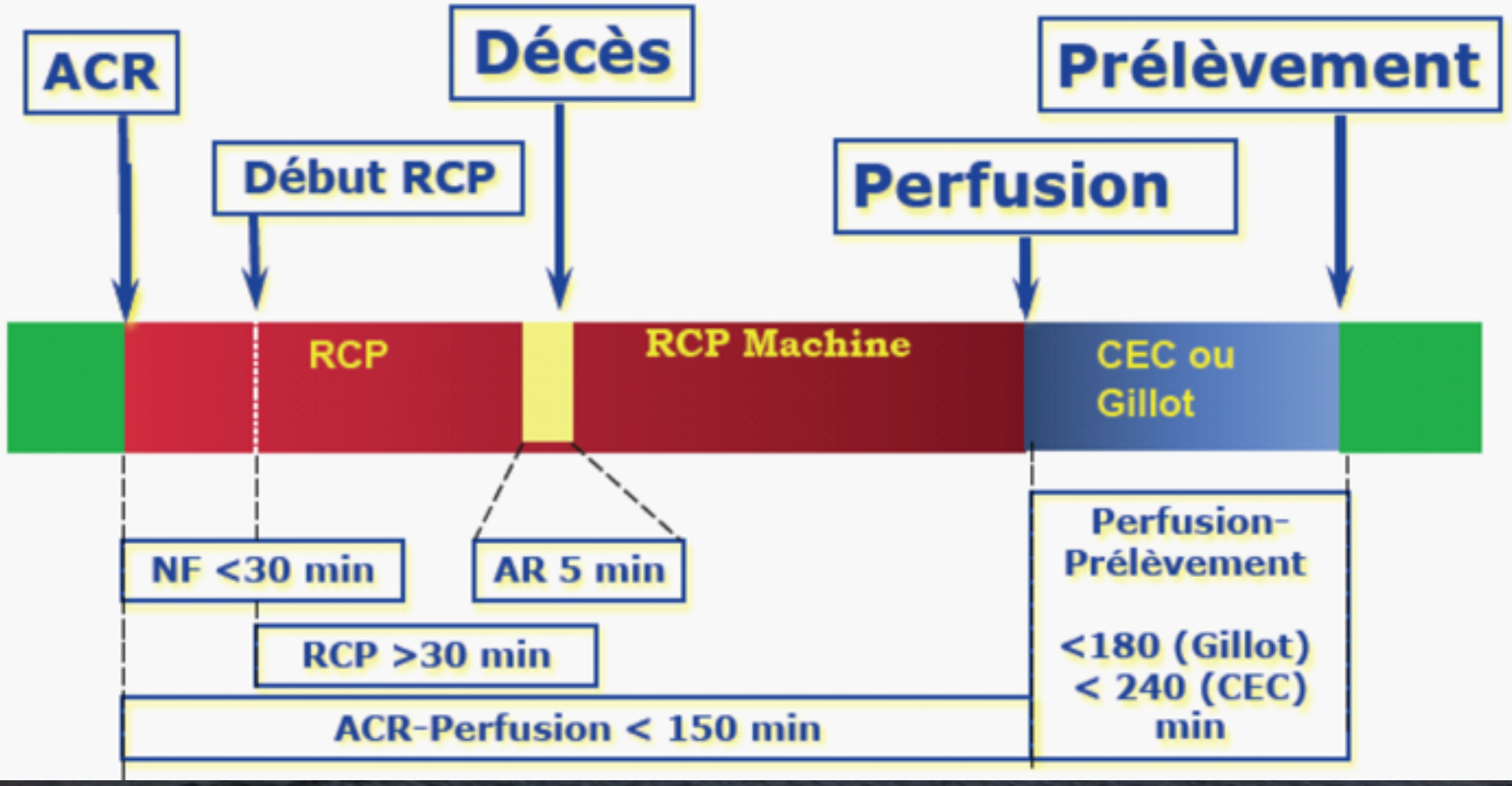
Hypoxémie réfractaire	$PaO_2/FiO_2 < 6{,}5$ kPa avec $FiO_2 > 80\%$ pendant plus de trois heures	Malgré une optimisation de la ventilation mécanique protectrice (VT < 6 ml/kg PP, Pplat < 30 cmH_2O) et recours aux thérapeutiques adjonctives habituelles (NO, décubitus ventral, ventilation HFO, almitrine)
	$PaO_2/FiO_2 < 10$ kPa avec $FiO_2 > 80\%$ pendant plus de six heures	
Hypercapnie réfractaire	pH < 7,25 pendant plus de six heures	Malgré augmentation de la FR jusqu'à 35/min résultant de la réduction du VT et de la PEEP pour Pplat ≤ 32 cmH_2O
Conditions additionnelles	Pathologie réversible et/ou transplantable Durée de ventilation mécanique < 7 jours	

FiO_2 : fraction inspirée en O_2 ; FR : fréquence respiratoire ; NO : monoxyde d'azote ; HFO : oscillation à haute fréquence ; PP : poids prédit ; PaO_2 : pression partielle artérielle en O_2 ; Pplat : pression plateau ; PEEP : pression positive de fin d'expiration ; VT : volume courant.



1/Arrêt circulatoire

(thérapeutique et à but de **prélèvement**)

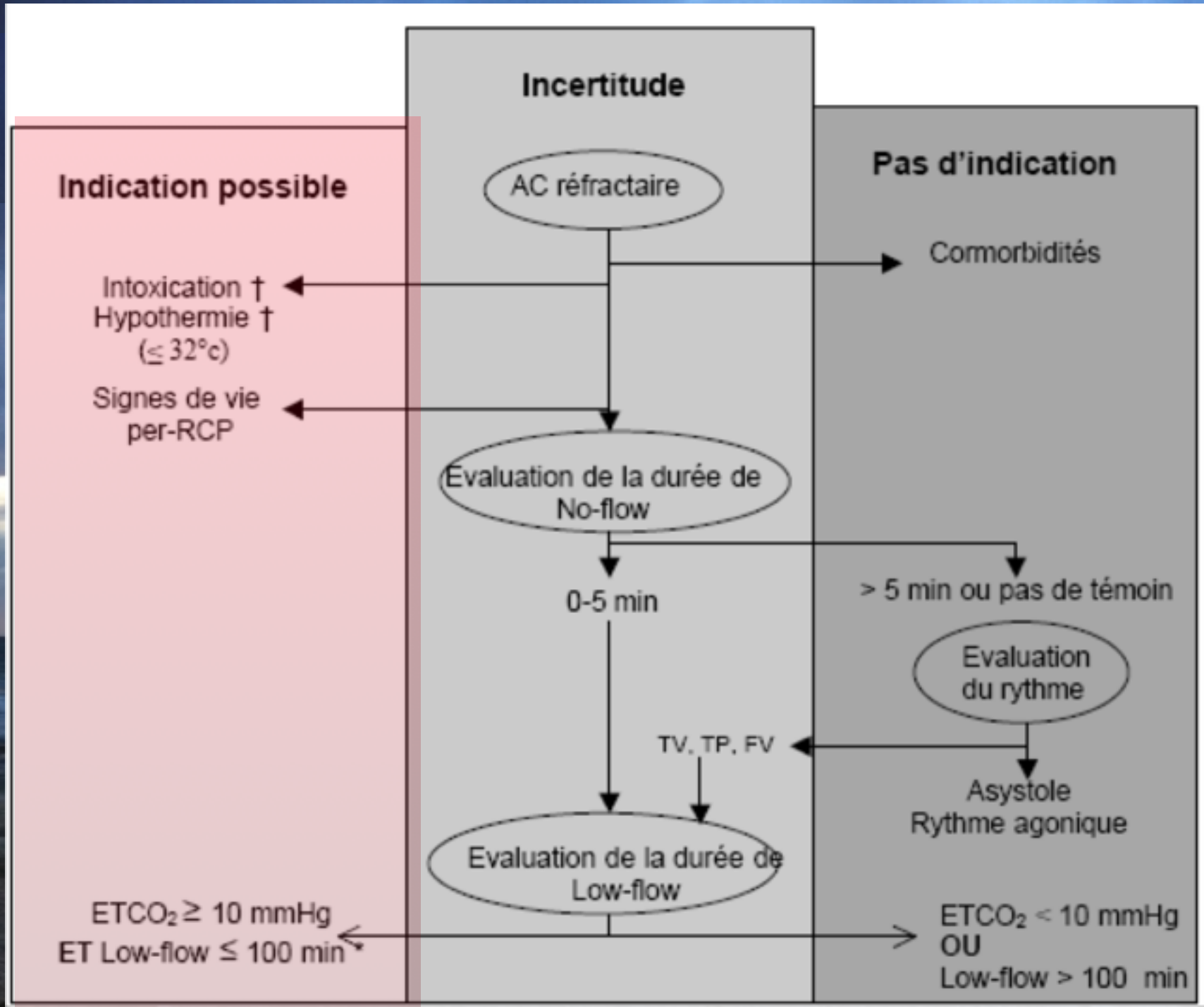

ACR
Décès
Prélèvement
Début RCP
Perfusion
RCP
RCP Machine
CEC ou
Gillot
NF <30 min
AR 5 min
Perfusion-
Prélèvement
<180 (Gillot)
< 240 (CEC)
min
RCP >30 min
ACR-Perfusion < 150 min

CLASSIFICATION DE MAASTRICHT

- Cat. I: Décès à l'arrivée à l'hôpital sans RCP
- Cat. 2: RCP inefficace (ACR réfractaire)
- Cat. 3: arrêt de soins
- Cat. 4: arrêt cardiaque au cours de la ME

Koostra et al., Transplant Proc 1995

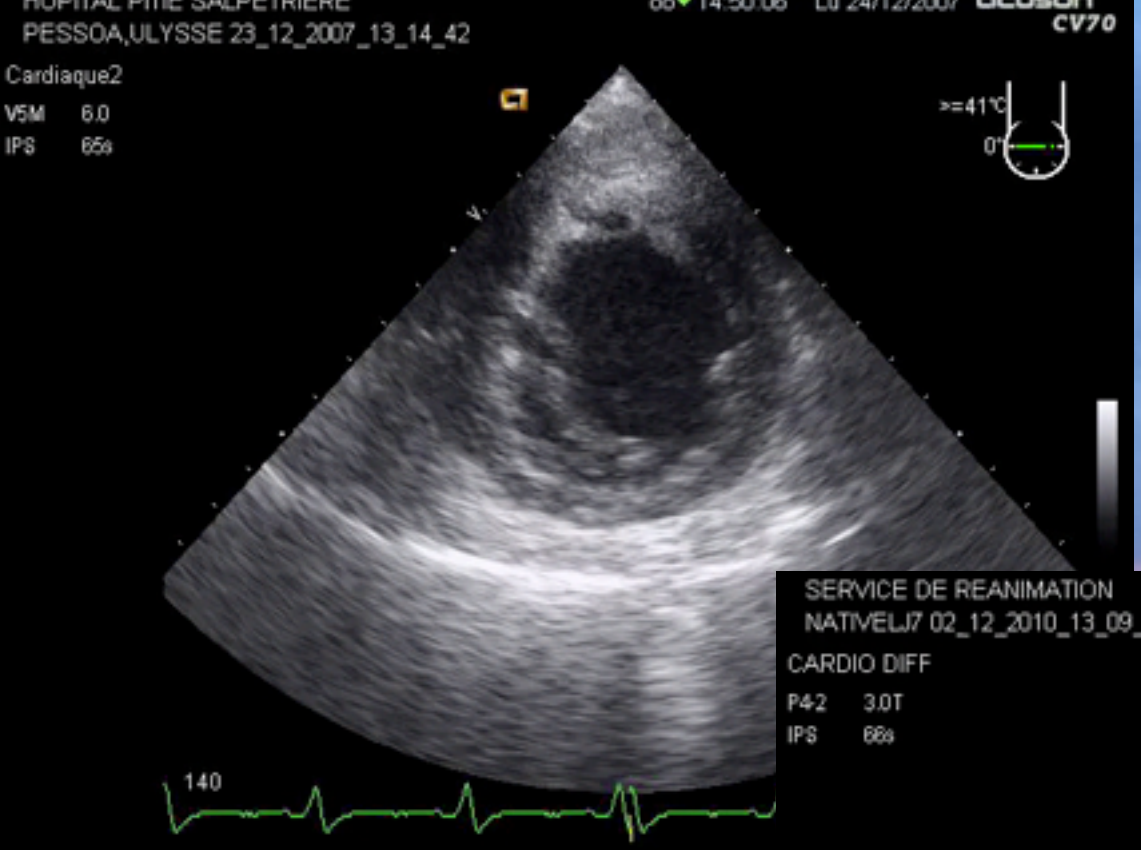

2/Suppléance cardiaque


Incertitude
Indication possible
Pas d'indication
AC réfractaire
Comorbidités
Intoxication †
Hypothermie †
(≤ 32°c)
Signes de vie
per-RCP
Evaluation de la durée de
No-flow
0-5 min
> 5 min ou pas de témoin
Evaluation
du rythme
TV, TP, FV
Asystole
Rythme agonique
Evaluation de la durée de
Low-flow
ETCO2 ≥ 10 mmHg
ET Low-flow ≤ 100 min
ETCO2 < 10 mmHg
OU
Low-flow > 100 min

Indications

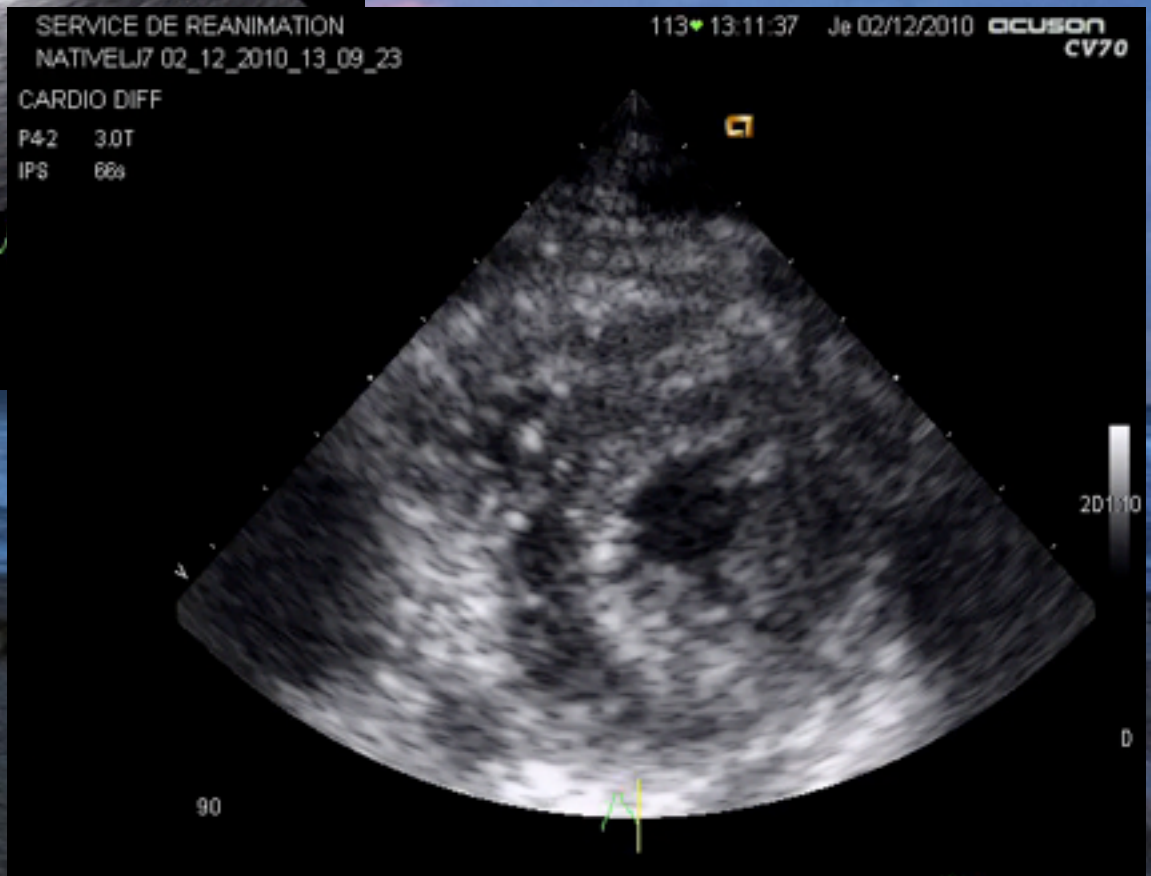
- Ni trop tôt ni trop tard…


Principe
= CEC…

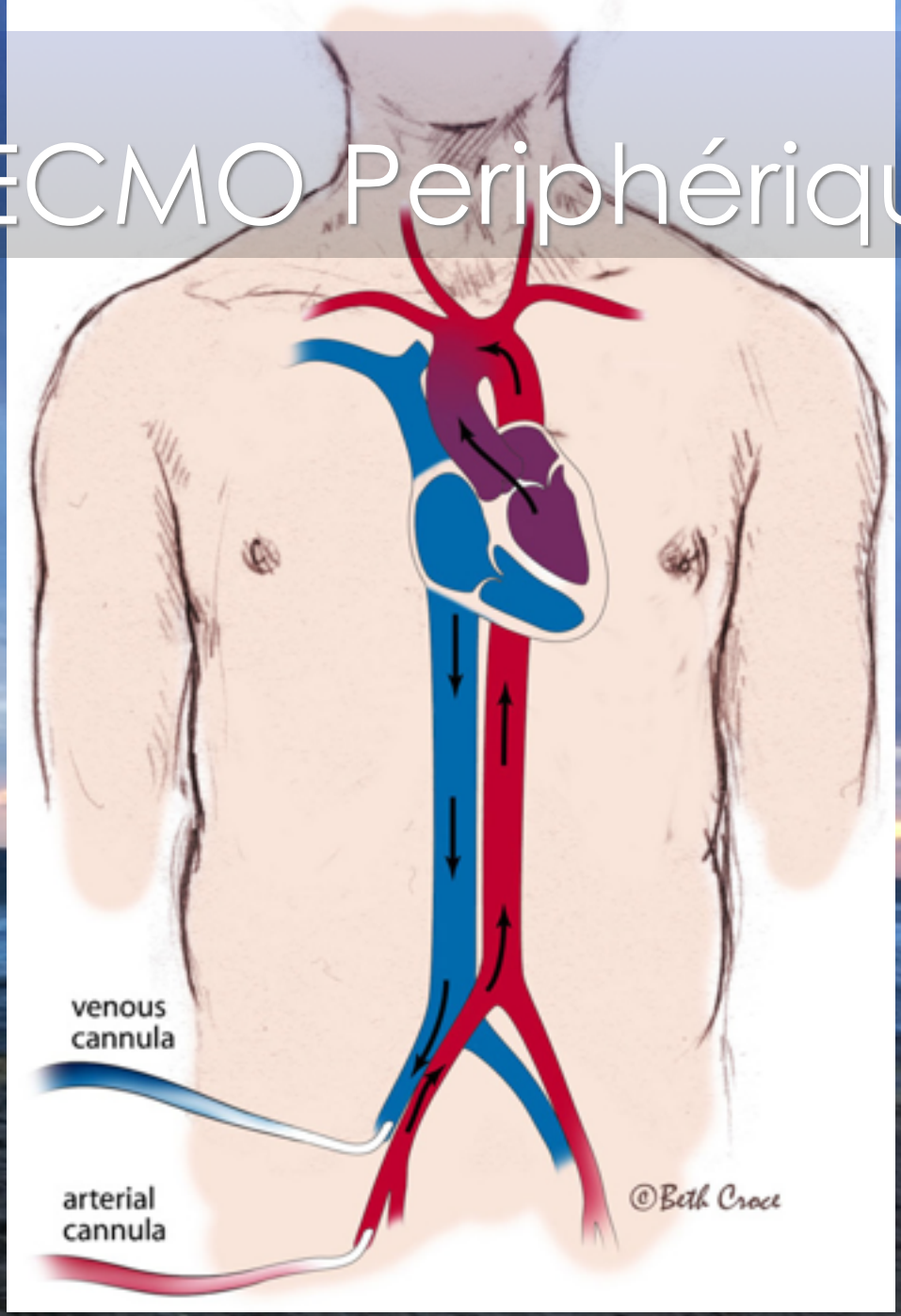

HOPITAL PITIE SALPETRIERE
PESSOA,ULYSSE 23_12_2007_13_14_42
Cardiaque2
V5M 6.0
IPS 65s
>=41°C
0°
140
2D 60/1/30
IM 0.5 ITM 0.6 ITO 0.6 Tx 90%






SERVICE DE REANIMATION
NATIVELJ7 02_12_2010_13_09_23
113♥ 13:11:37 Je 02/12/2010
acuson CV70
CARDIO DIFF
P4-2 3.0T
IPS 66s
2D 110
D
90

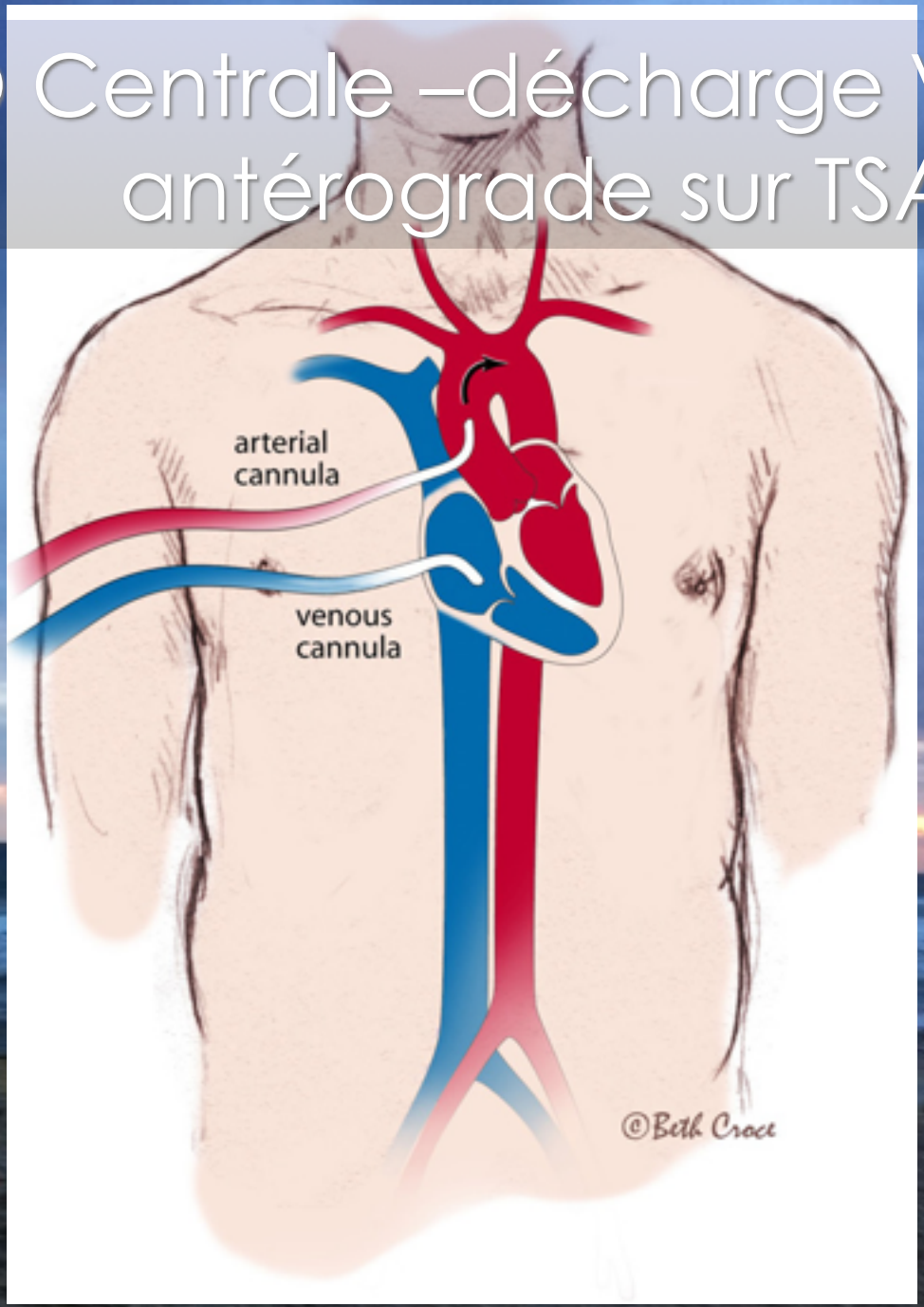
ECMO Periphérique



Pb de l'absence de décharge VG OAP massif…

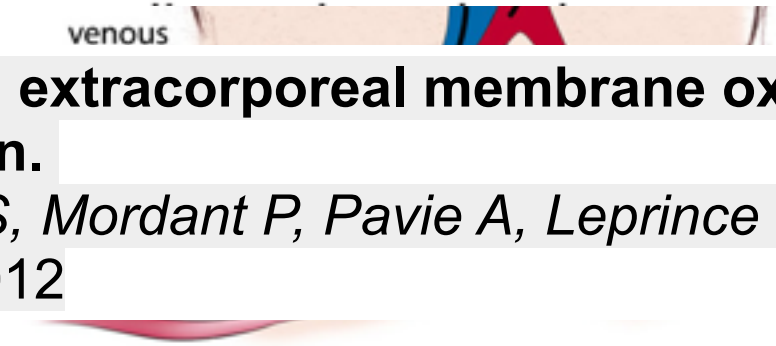


ECMO Centrale –décharge VG++/Flux antérograde sur TSA



ECMO Periphérique + CPIA ?

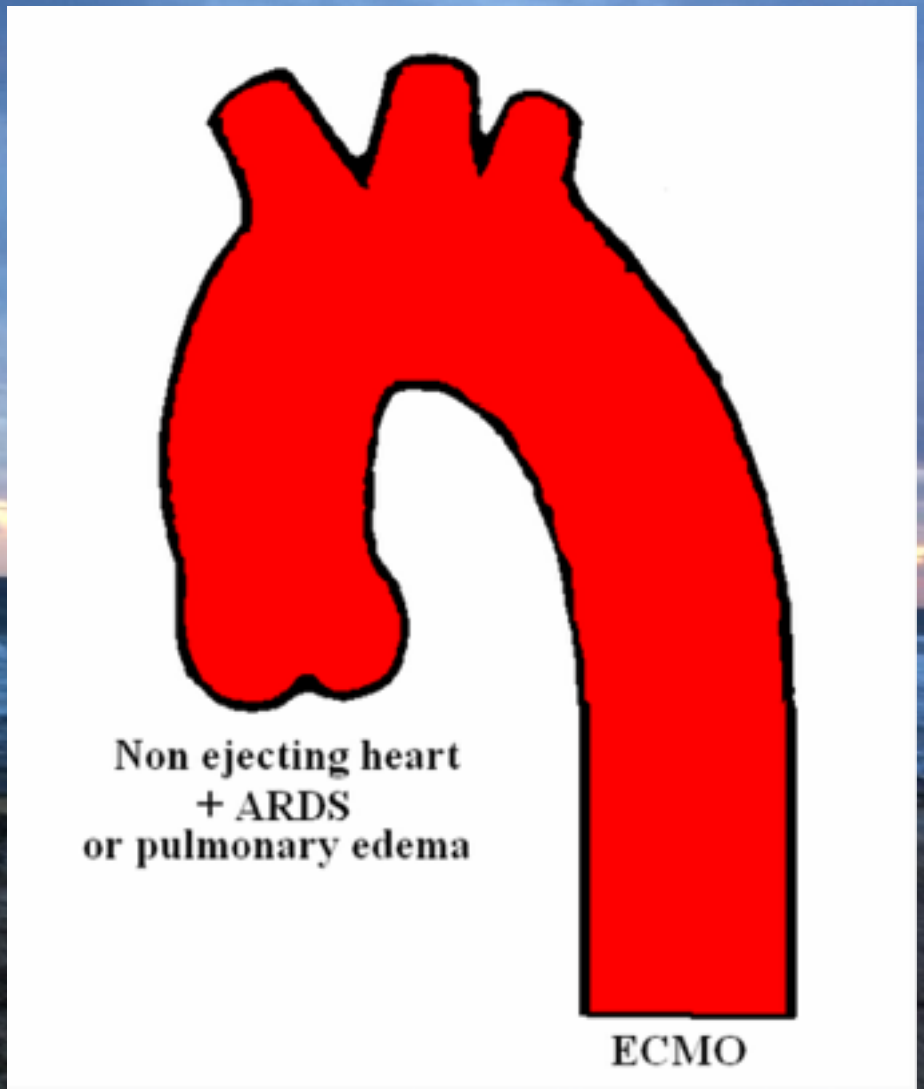
Conclusions: Restoring pulsatility and decreasing left ventricular afterload with intra-aortic balloon pump was associated with smaller left ventricular dimensions and lower pulmonary artery pressures but did not affect microcirculation variables in cardiogenic shock patients with little/no residual left ventricular ejection while on peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. (*Crit Care Med* 2014; 42:2075–2082)



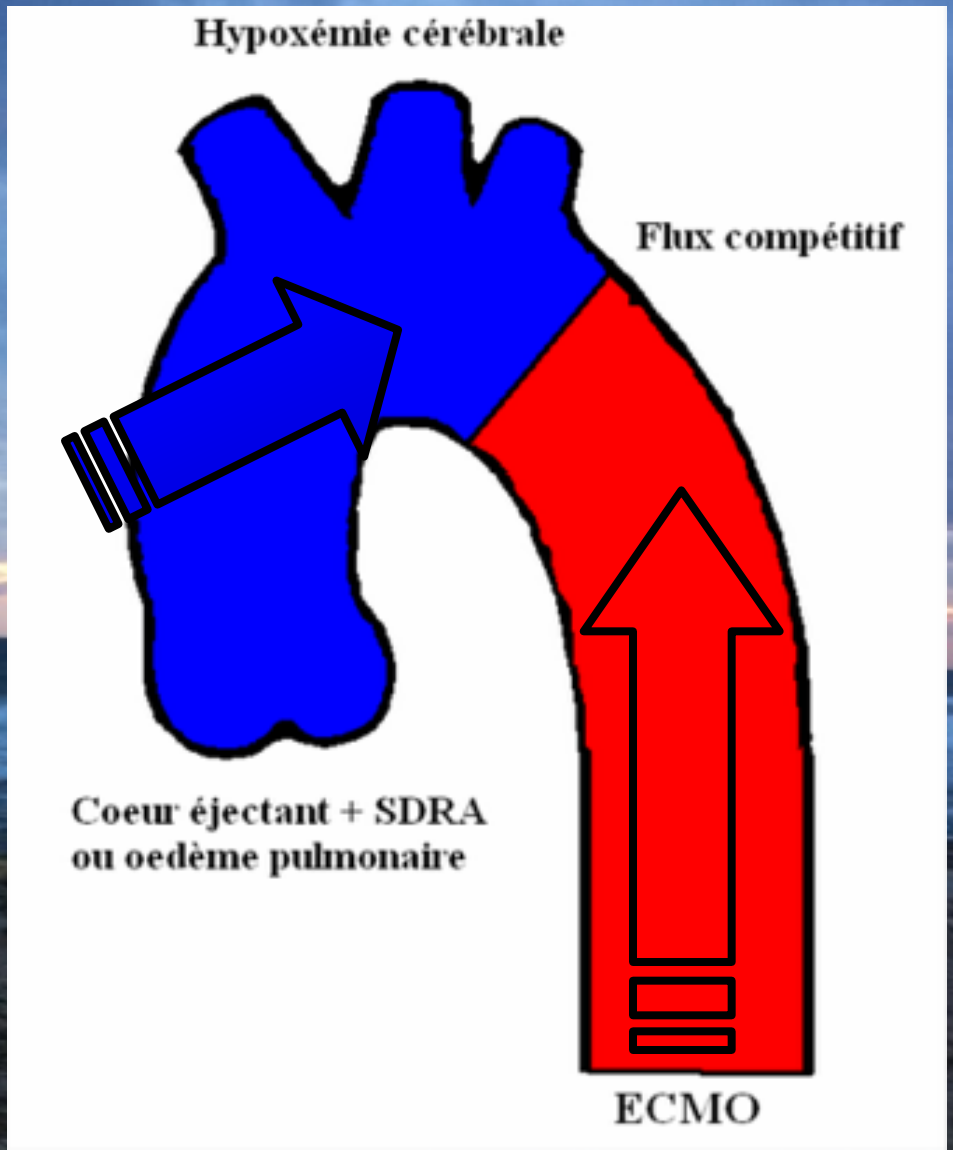
Impella and extracorporeal membrane oxygenation: a demanding combination.
Beurtheret S, Mordant P, Pavie A, Leprince P.
ASAIO J. 2012


Plusieurs possibilités…

Le cœur ne pompe PAS



L'effet « Arlequin »



Adaptation Pratique

>Débit entre 2,5 à 6-7 l/min, soit l'équivalent du débit propre du patient (70 ml/kg)

! trop bas thrombose et inversion

! trop haut cavitation - remplissage++

> Maintenir une SaO_2 > 95 % et une SvO_2 > 70 %.

Adaptation Pratique

1/ Débit de pompe

- Innéfficacité circulatoire – débit MAX
- Récupération – test diminution

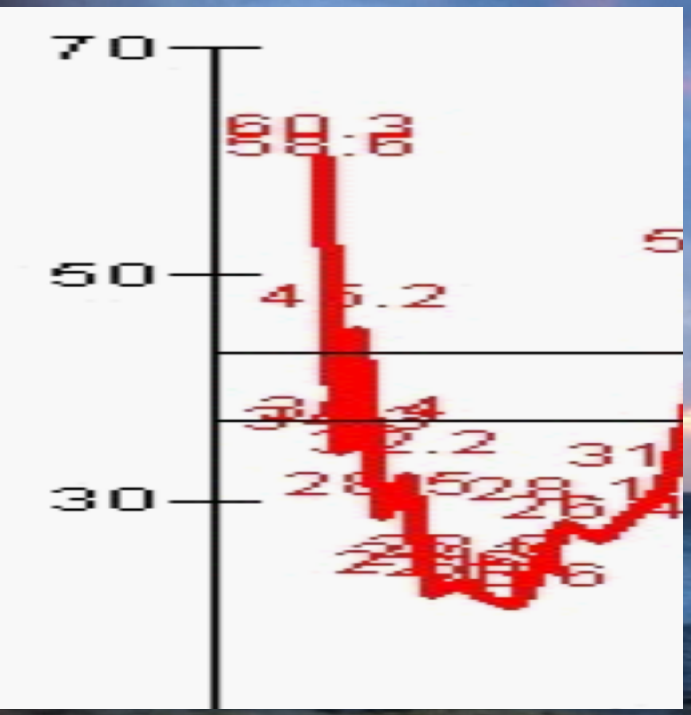
2/ Sechrist PCO2 BALAYAGE/ FIO2

- Innéfficacité circulatoire – seul « poumon » - mettre CPAP
- Récupération – reventiler /KTA Droit!!

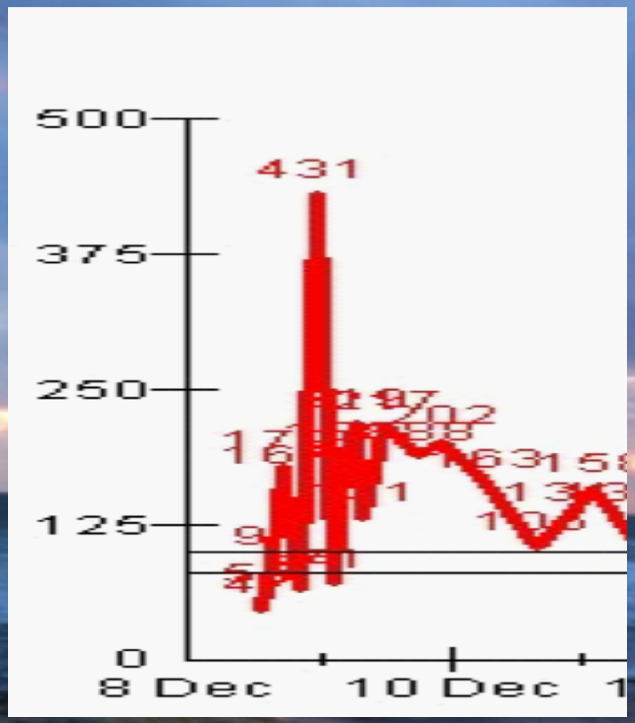


3/Suppléance respiratoire

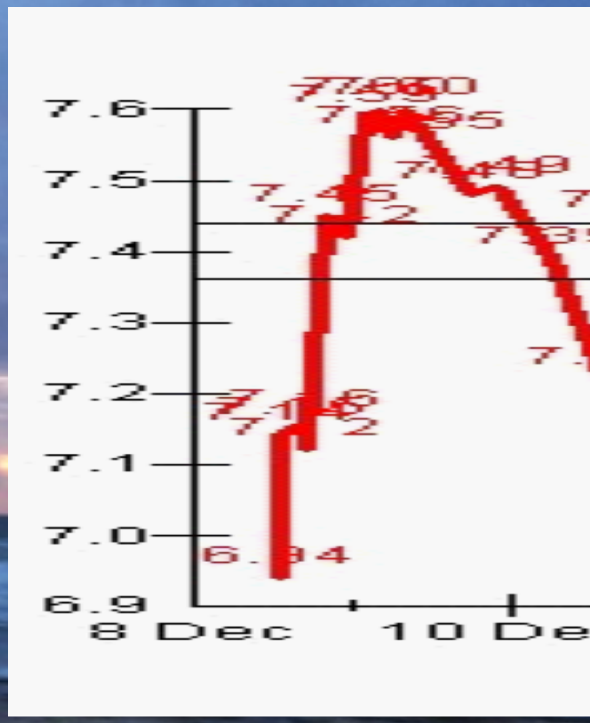
VV



PCO2



PO2



pH

VV

- Jugulo (Dte) fémorale

Ou

- Fémorofémorale
- Respectant une interdistance d'au moins 15 cm pour éviter la recirculation

Adaptation Pratique

1/ Débit de pompe – débit MAX trjs > 60% DCthéorique (débit de 2,5-5 l/min/m^2, en se contentant d'une SaO2 > 80 % et d'une SvO2 > 70 %)

2/ Sechrist PCO2 BALAYAGE/ FIO2

Résultante SVO2

- Patient – sa SVO2/Son DC
- Machine – sa SVO2 (poumon parfait!)et débit pompe

70 ml/Kg/min


En pratique

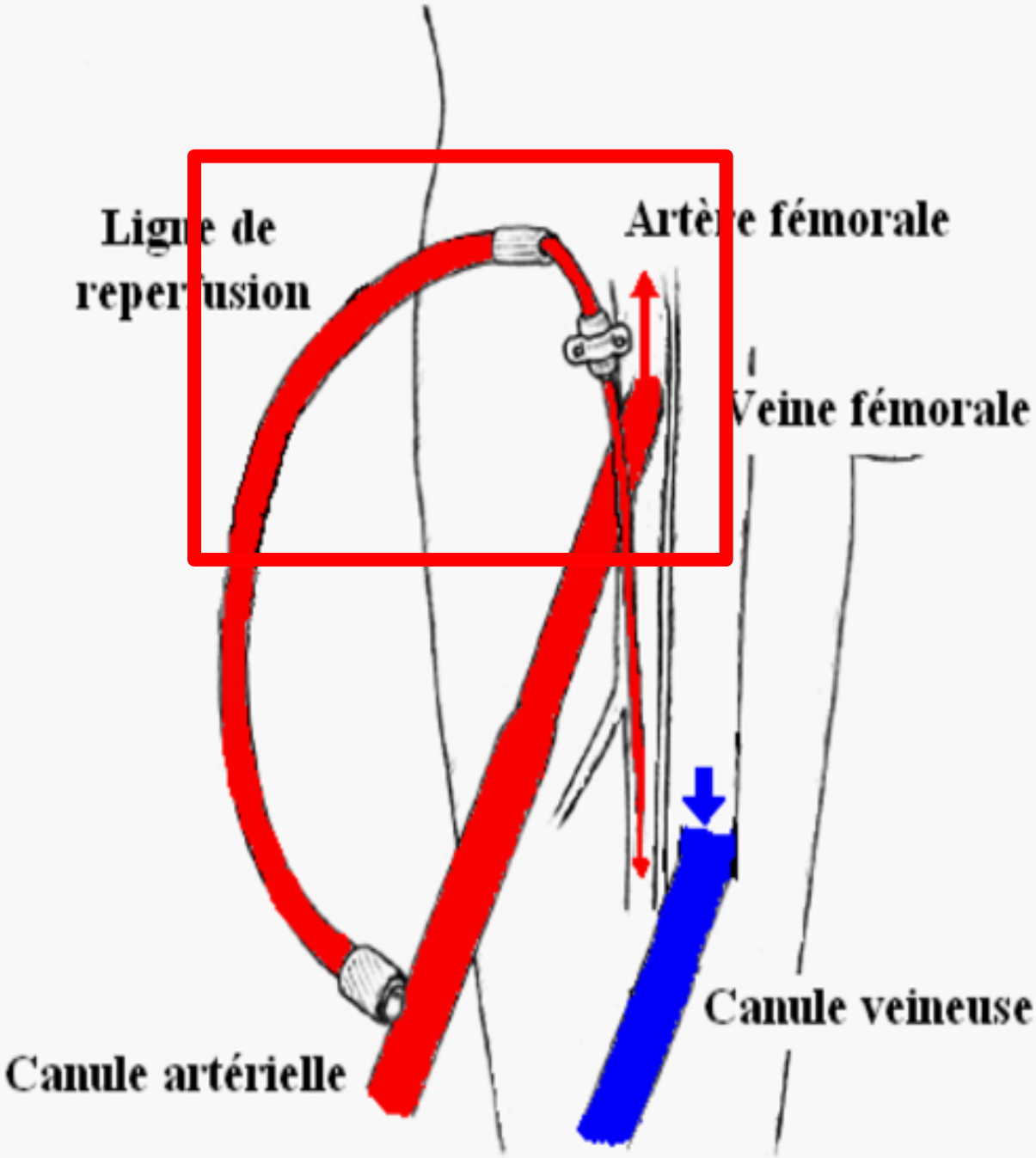


- Appel des Cardiochirurgiens (UMAC)
- Préparer les sites
- Mise en place en < 1Heure
- Pas de matériel spécifique en dehors du bistouri électrique pour VA
- Pompiste présent

à apprentissage?

- Débullage ?
- Seldinger?...


QUADROX

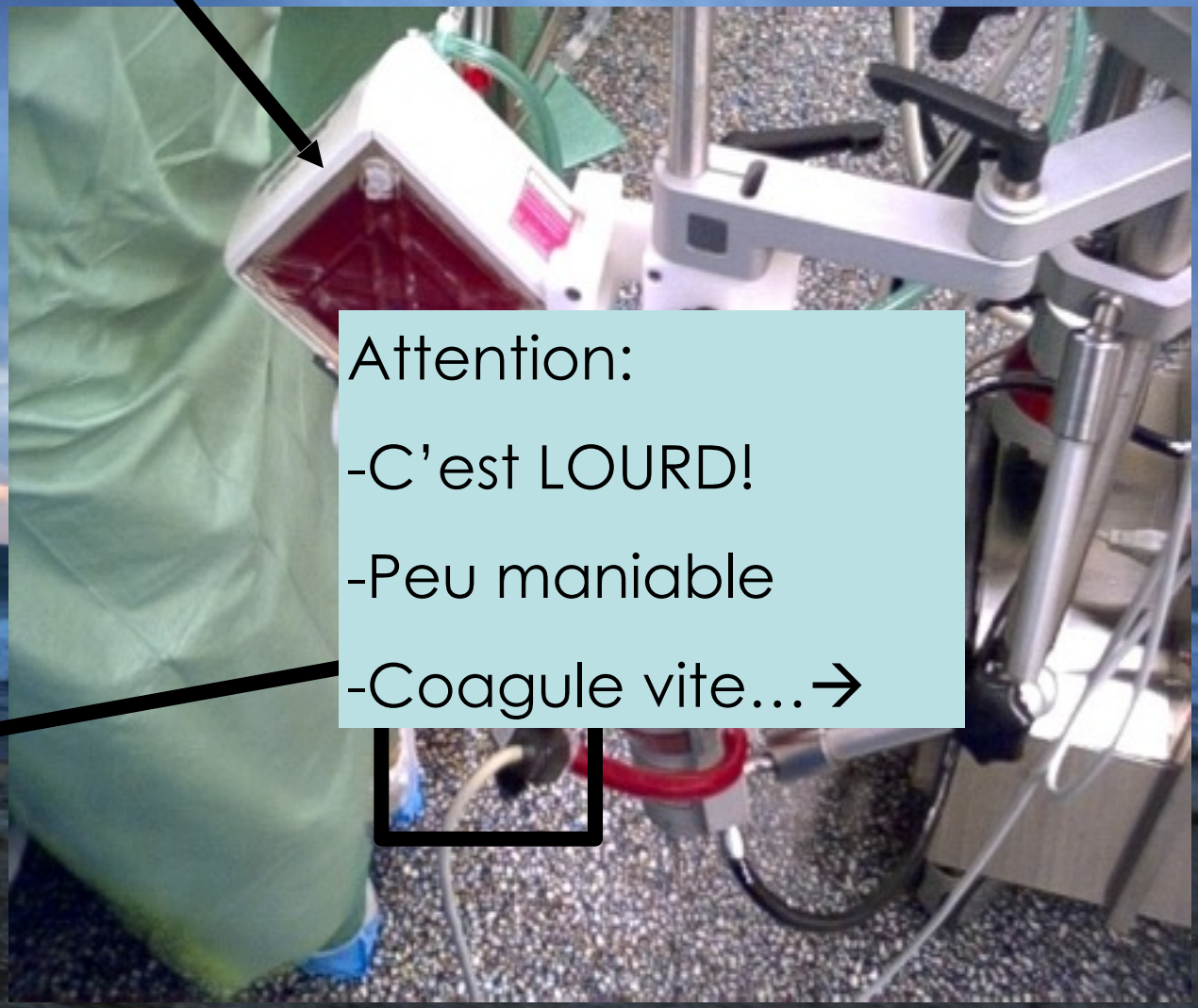

Ligne de
reperfusion
Artère fémorale
Veine fémorale
Canule veineuse
Canule artérielle

Reperfusion!!!!





ECMO



Attention:

-C'est LOURD!

-Peu maniable

-Coagule vite…→

Check list après la pose…

- Manivelle de secours
- Clamps
- Numéro du pompiste
- Lampe électrique pour contrôle oxygénateur

Optimiser l'oxygénation

1/ La SVO2

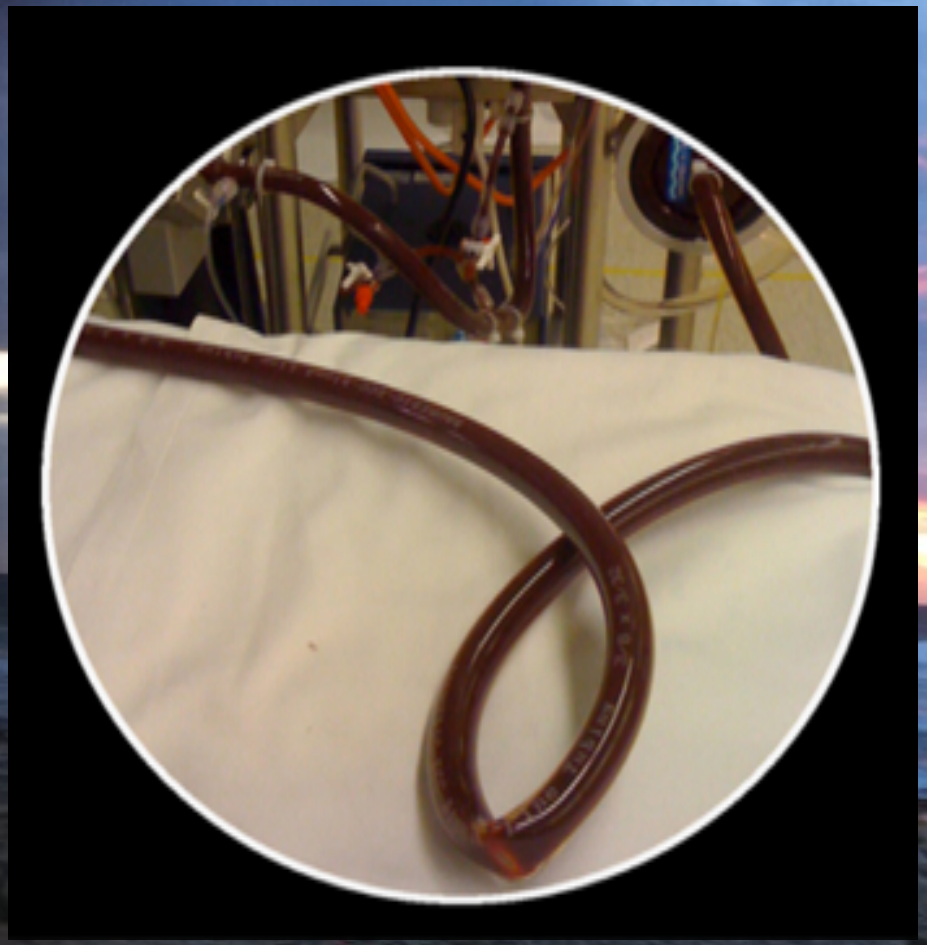
Patient VO2 mini (sédation,curares, limiter hyperthermie)

Hb optimum

NO, almitrine, DV…FiO2 respi < 0.6

DC optimisé oui mais pas trop…

Les problèmes…



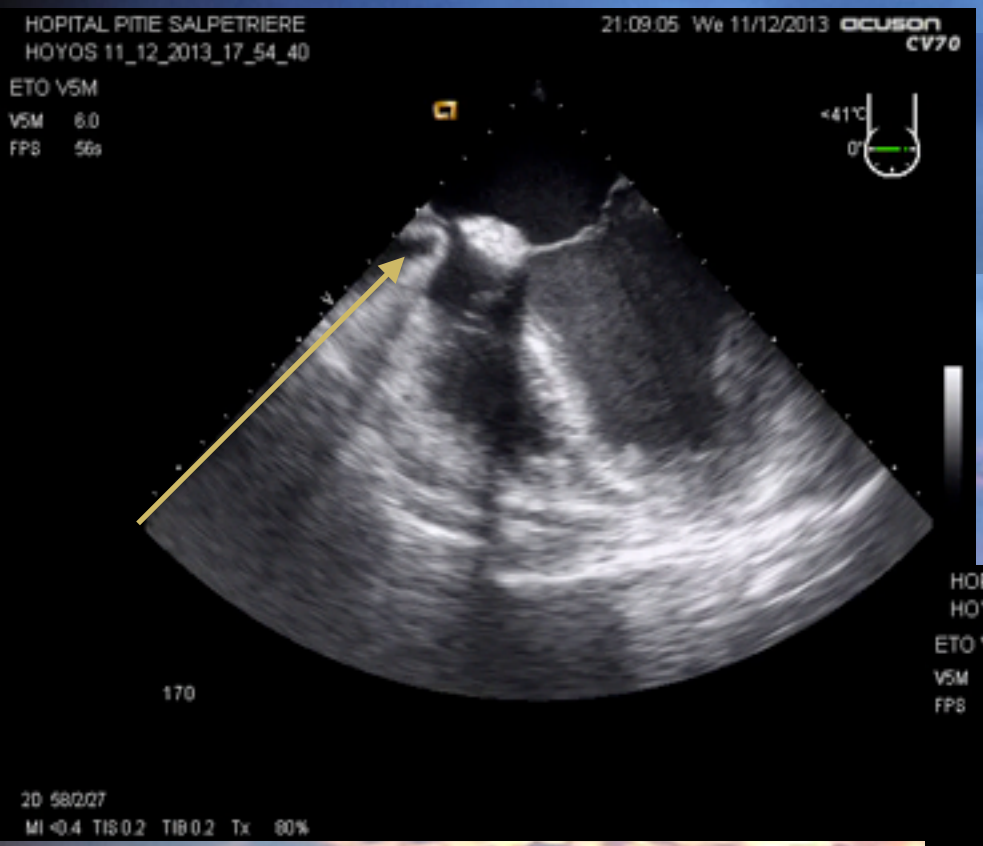
- Le débit chute brutalement

1/ controler ensemble du circuit…

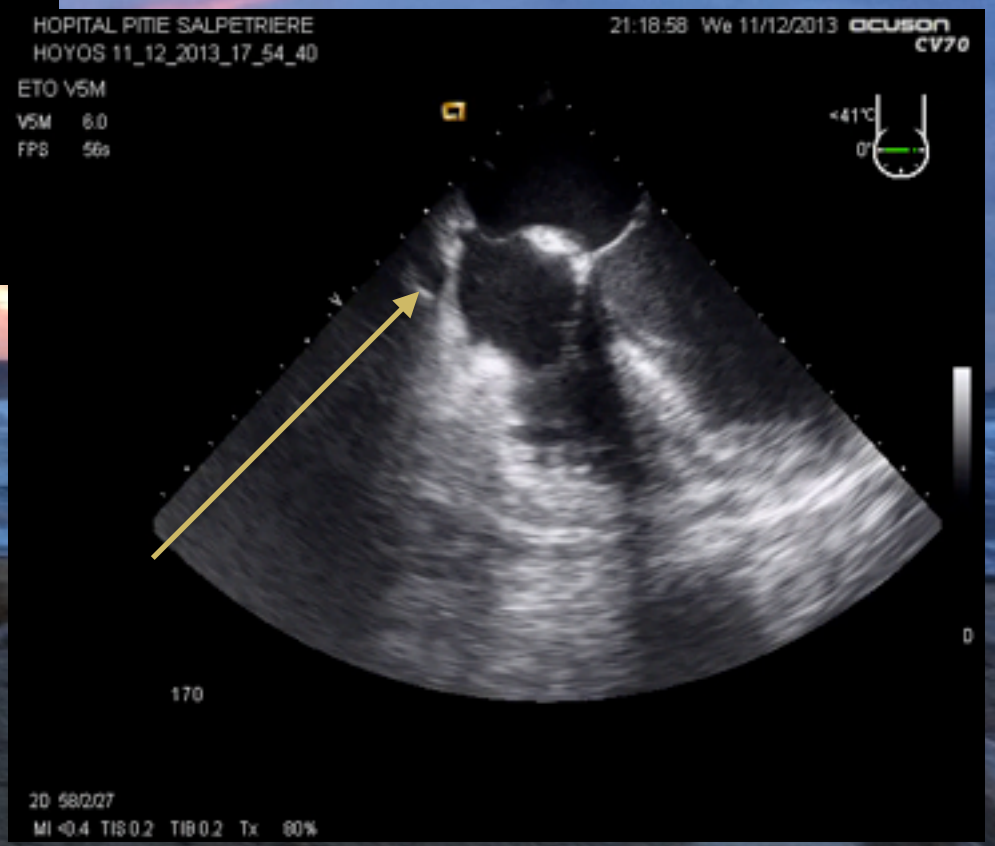
2/ Si les canules battent

➢ Mon patient doit être rempli?

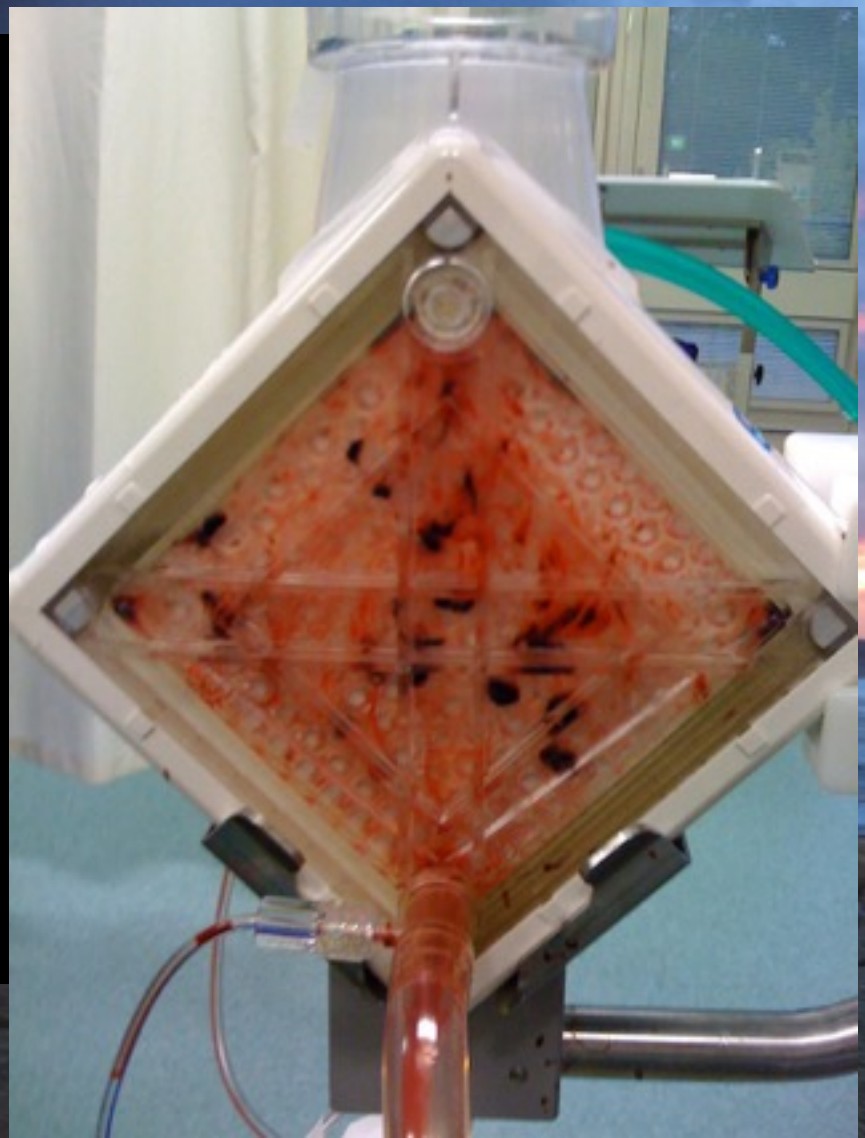
➢ Les canules sont déplacées?


HOPITAL PITIE SALPETRIERE
HOYOS 11_12_2013_17_54_40
21:09:05 We 11/12/2013
acuson CV70
ETO V5M
V5M 6.0
FPS 56s
<41°C
0°
170
2D 58/227
MI <0.4 TIS 0.2 TIB 0.2 Tx 80%




HOPITAL PITIE SALPETRIERE
HOYOS 11_12_2013_17_54_40
21:18:58 We 11/12/2013
acuson CV70
ETO V5M
V5M 6.0
FPS 56s
<41°C
0°
170
2D 58/227
MI <0.4 TIS 0.2 TIB 0.2 Tx 80%

Les problèmes…



- Mon patient désature…

1/ Contrôle circuit + sechrist + respi (couleur lignes!)

2/ Oxygénateur défaillant?

L'échang

→ **Maintenir normocapnie et normoxie**

- $PaCO_2$ réglée par débit de gaz
  - 60% du débit de sang
- PaO_2 réglée par FiO_2 du mélange gazeux
- Prélèvements artériels sur artère radiale (droite)



Et la ventilation…?

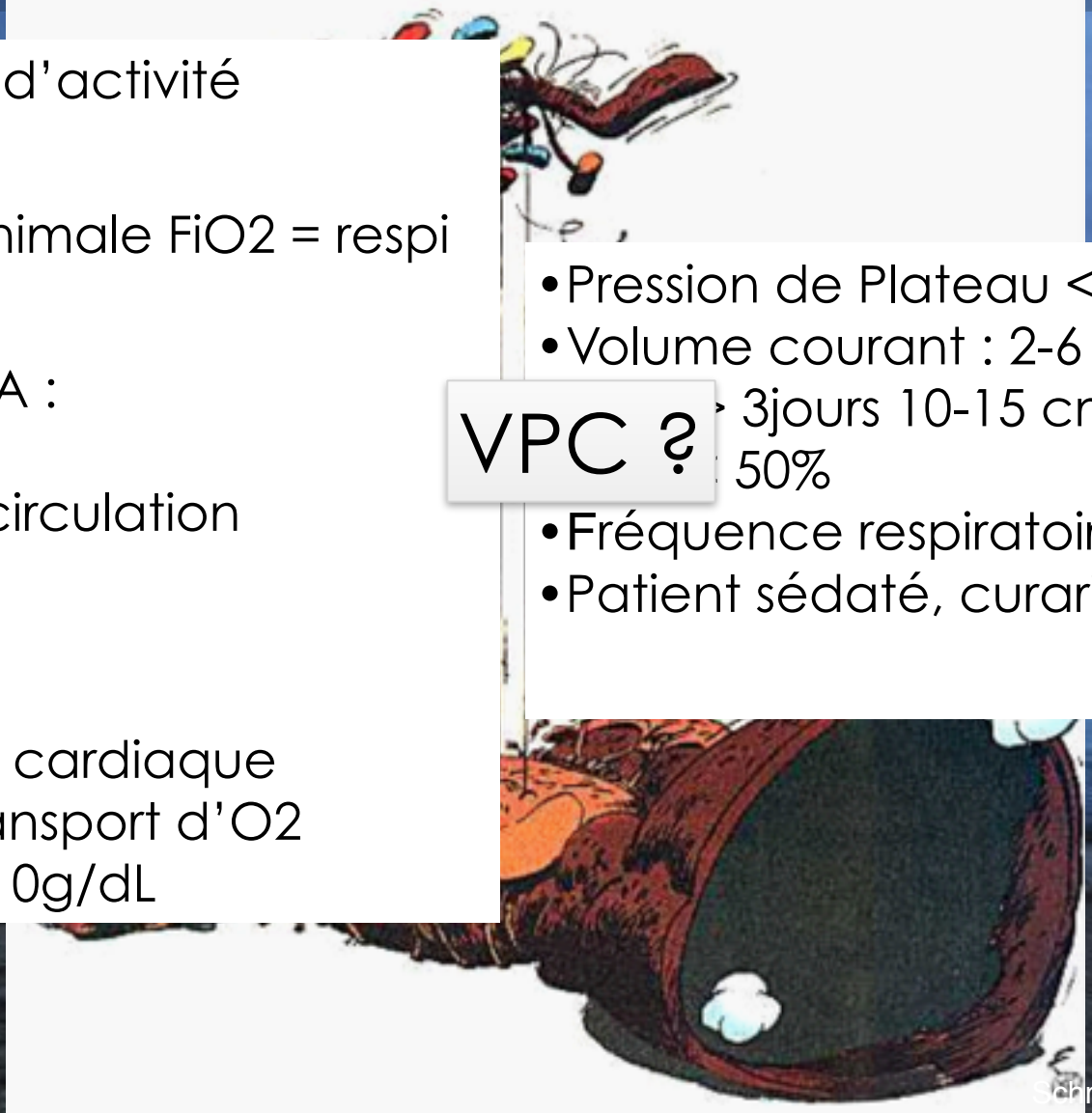
- « CPAP » si pas d'activité circulatoire
- Ventilations minimale FiO2 = respi si AV
- Si VV pour SDRA :

Optimisations

- Minimiser la recirculation
- Débit ECMO
- > 5 - 6 L/min
- > 3 L/m²
- > 70% du débit cardiaque
- Améliorer le transport d'O2
- Hémoglobine 10g/dL

VPC ?

- Pression de Plateau < 25 cm H2O
- Volume courant : 2-6 mL/kg
- > 3jours 10-15 cm H2O
- 50%
- Fréquence respiratoire : 30-35
- Patient sédaté, curarisé



Schmidt Crit Care Med. 2015

Surveillance (s)

- Débit de pompe/Nb tours
- Saignement
- Intégrité circuit
- Filtre
- FiO2/Balayage
- Trophicité membre canulé
- Anticoagulation

Complications?

Tableau 1 Complications *n* (%), survenues chez 81 malades ayant bénéficié d'une ECMO (centrale, *n* = 21 ; fémorale, *n* = 60).

Complication	ECMO centrale (*n* = 21)	ECMO fémorale (*n* = 60)
Saignement fémoral	0	19 (32)
Saignement médiastinal	5 (24)	3 (5)
Thrombose de la veine fémorale	1 (5)	7 (12)
Ischémie membre inférieur	3 (14)	12 (20)
Thrombose cave inférieure	1 (5)	5 (8)
Infection du site fémoral	0	10 (17)
Médiastinite	4 (19)	0
Œdème pulmonaire	1 (5)	4 (7)
Accident vasculaire cérébral	3 (14)	4 (7)

Combes A Crit Care Med 2008;36:1404—11


Sevrage

ECMO VA Sevrage

- Dès que possible mais pas avant 24-48H
- Diminution progressive du débit par diminution de la vitesse de rotation (paliers)
- Attention de ne pas aller en dessous de la vitesse critique → débit rétrograde
- Doses inotropes
- Surveillance hémodynamique et échographique

FEVG >30 %/ITV > 10,PCap ,lactates, ventilation

ECMO VA Sevrage

- Augmentation de l'anticoagulation
- Arrêt de l'assistance sur de courtes périodes (tests de clampages)

→ Sevrage complet de l'assistance

ECMO VA Sevrage

- Patient hémodynamiquement stable (PAM > 60 mmHg, pas ou petites doses d'agents vasoactifs)
- Présence d'une courbe artérielle pulsatile pendant 24 h
- Pas de compromission de l'oxygénation

Epreuve de sevrage: diminution du débit de l'ECMO à 66% pendant 10-15 minutes puis à 33% et/ou jusqu'à un débit minimum de 1-1,5 l/min pendant 10-15 minutes avec:

- PAM > 60 mmHg
- Pas de signe de défaillance cardiaque
- Paramètres échocardiographiques
  - FEVG > 20-25%
  - ITV s/aortique > 10 cm
  - TDSa (pic de vélocité systolique mesuré par Doppler tissulaire au niveau de la partie latérale de l'anneau mitral > 6 cm/s)

Effectuer un clampage prolongé du circuit au bloc opératoire pendant 15 à 20 minutes

FEVG: fraction d'éjection du ventricule gauche; ITV s/aortique: intégrale temps vitesse mesurée par Doppler pulsé en dessous de l'anneau aortique; PAM: pression artérielle moyenne; TDSa: pic de vélocité systolique mesuré par Doppler tissulaire au niveau de la partie latérale de l'anneau mitral.

Aissaoui Intensive Care Med. 2015

ECMO VV Sevrage

Amélioration clinique, radiologique, gazométrique et de la compliance pulmonaire

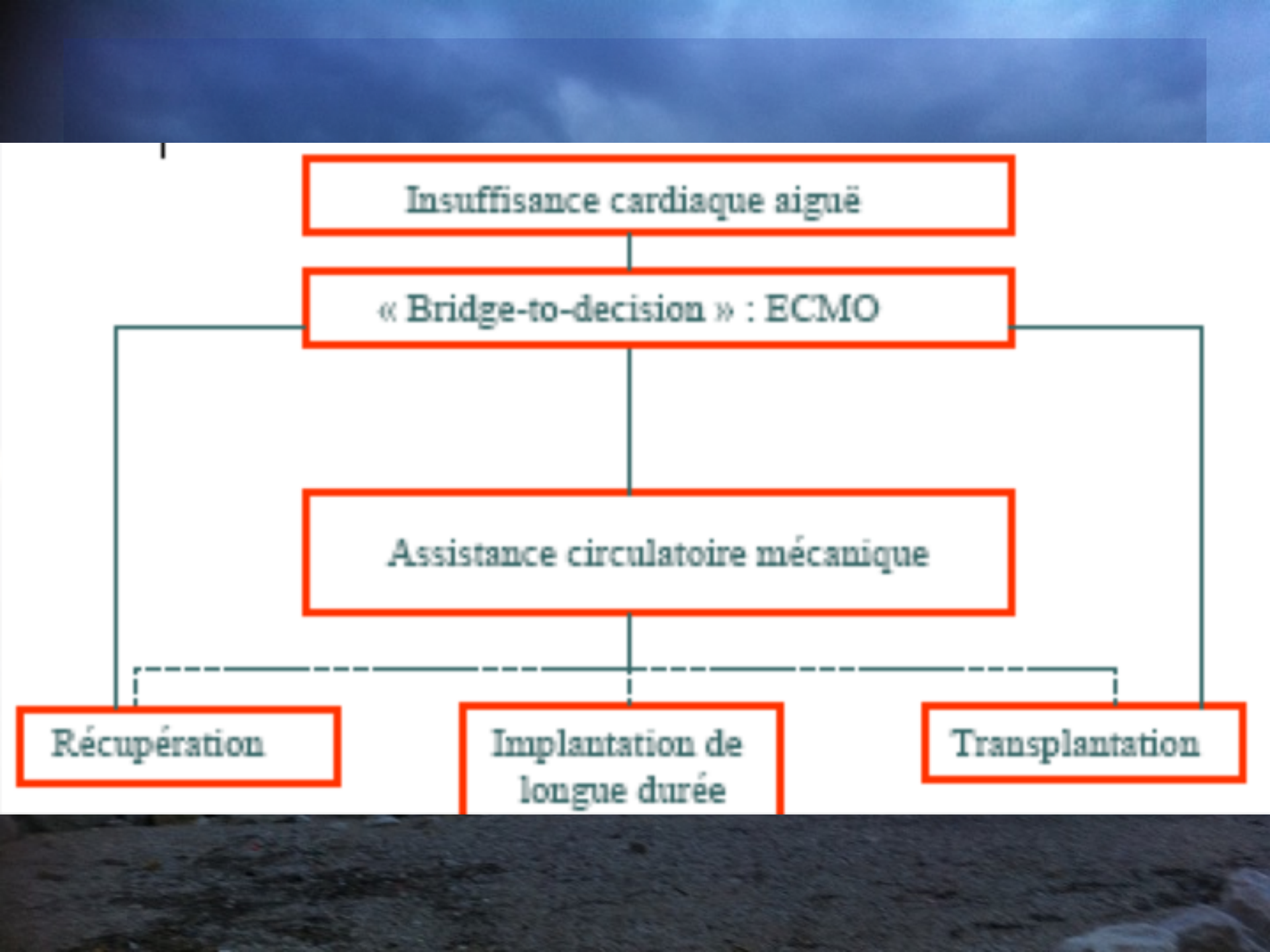
Epreuve de sevrage de l'ECMO

- Arrêter la ventilation de la membrane
- Ajuster la FiO_2 de l'ECMO à 21%
- Le débit d'assistance à 2-2,5 l/min pendant au moins une heure

En cas d'épreuve de sevrage prolongée, l'oxygénateur à membrane sera balayé par l'admission d'un mélange gazeux à fort débit toutes les heures pendant 30 secondes

Retrait du dispositif envisageable si :

- $PaO_2 > 8$ kPa
- FiO_2 sur le respirateur $< 60\%$
- Pression de plateau inspiratoire < 30 cmH_2O
- Pas de signe de cœur pulmonaire aigu à l'échographie cardiaque


Insuffisance cardiaque aiguë
« Bridge-to-decision » : ECMO
Assistance circulatoire mécanique
Récupération
Implantation de longue durée
Transplantation


L'ECMO...
What else ?
NESPRESSO

VV

→ réduction de l'occurrence du critère combiné décès ou invalidité sévère à six mois dans le groupe ECMO (risque relatif = 0,69 ; 95 % IC 0,05—0,97)
> 60% mortalité

Hitt EP. CESAR Trial
EOLIA

- Arrêt cardiaque réfractaire extra-hospitalier? → délais
- Arrêt cardiaque intra-hospitalier → oui?

Leprince P Transplant Proc 2005 Jul-Aug;37(6):2879-80
Ruttmann EJ Thorac Cardiovasc Surg. 2007 Sep;134(3): 594-600
Combes A Crit Care Med. 2008 May;36(5):1404-11
Bakhtiary F J Thorac Cardiovasc Surg. 2008 Feb;135(2): 382-8.
Chen YSJ Am Coll Cardiol 2003 Jan 15;41(2):197-203.

- 2/3 de survie à l'arrêt de l'ECMO et <50% à 6 mois – interêt implantation précoce (< 8J)?

Centres de reference - procédures standardisées

Tulman et al. BMC Anesthesiology 2014

RESP- score

Pas d'ATB systématique - adaptation ATB plus - IVSE

Schmidt CID 2013

Balance Hydrosodée? J 3 prédictif mauvais pronostic

Schmidt Intensive Care Med (2014)

- Techniques d'exception
- Indications raisonnées
- Savoir connaître ses limites (patient mort circulant)

Merci…


INSTITUT DE CARDIOLOGIE
Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière