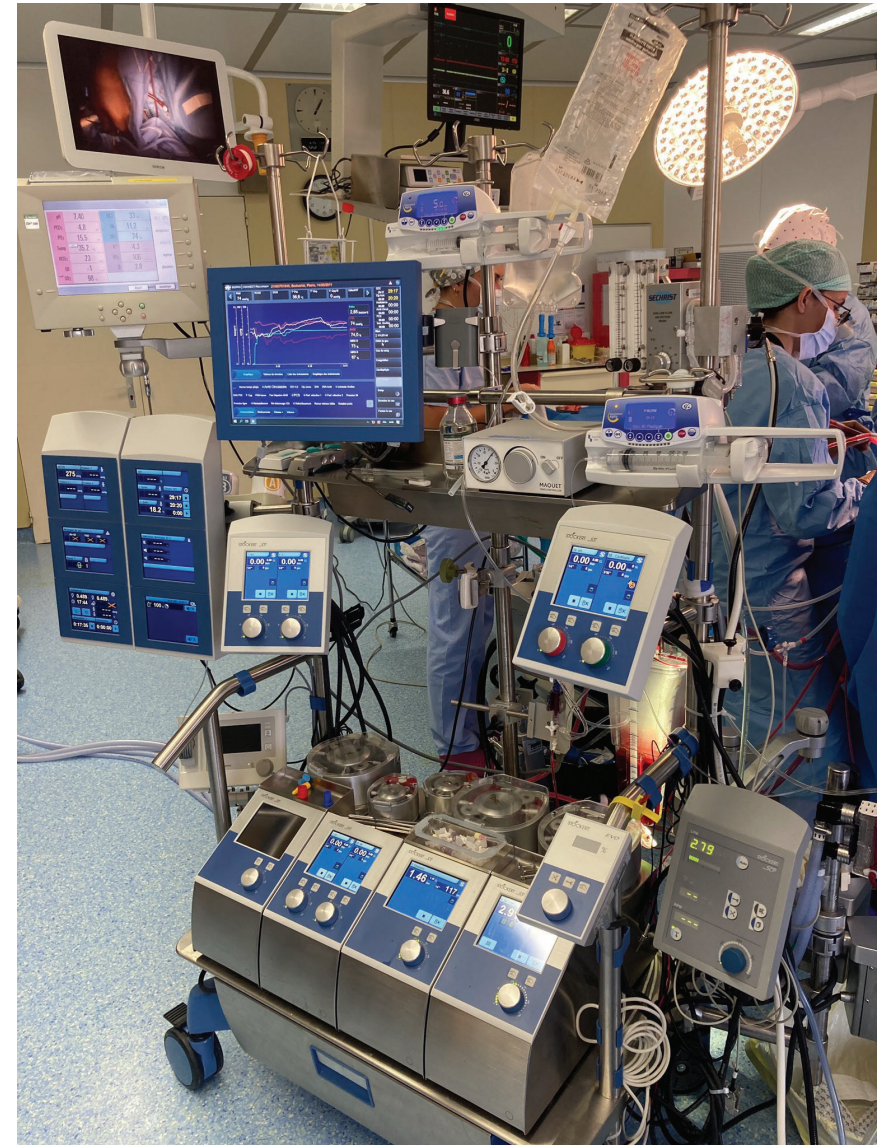


Éléments constitutifs du circuit de circulation extra corporelle & variabilité de montage

Rougier Nicolas, Sorbier Christelle
Perfusionniste
Bloc de Chirurgie cardiaque
Hôpital Haut-Lévêque, CHU de Bordeaux





Plan

I) La circulation extra corporelle

1. Définition
2. Objectifs

II) Les éléments constitutifs du circuit

1. Les consoles
2. Les circuits
3. Les canules

III) Le monitoring

(IV) Variabilité de montage

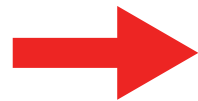
I. La circulation extra corporelle

1) Définition

- Circulation extra corporelle → dériver le sang et le faire passer dans un circuit dont le but est de suppléer un organe.
- Suppléance rénales (hémodiltration), suppléance hépatique (système MARS), suppléance cardio pulmonaire
- Pompe à sang = suppléance cardiaque, force motrice (à galet ou centrifuge)
- Oxygénateur = suppléance pulmonaire

2. Objectifs

- Ouverture des cavités cardiaques
- Luxation du cœur
- Champ chirurgical dépourvu de sang (ou presque)
- Immobilisation du cœur



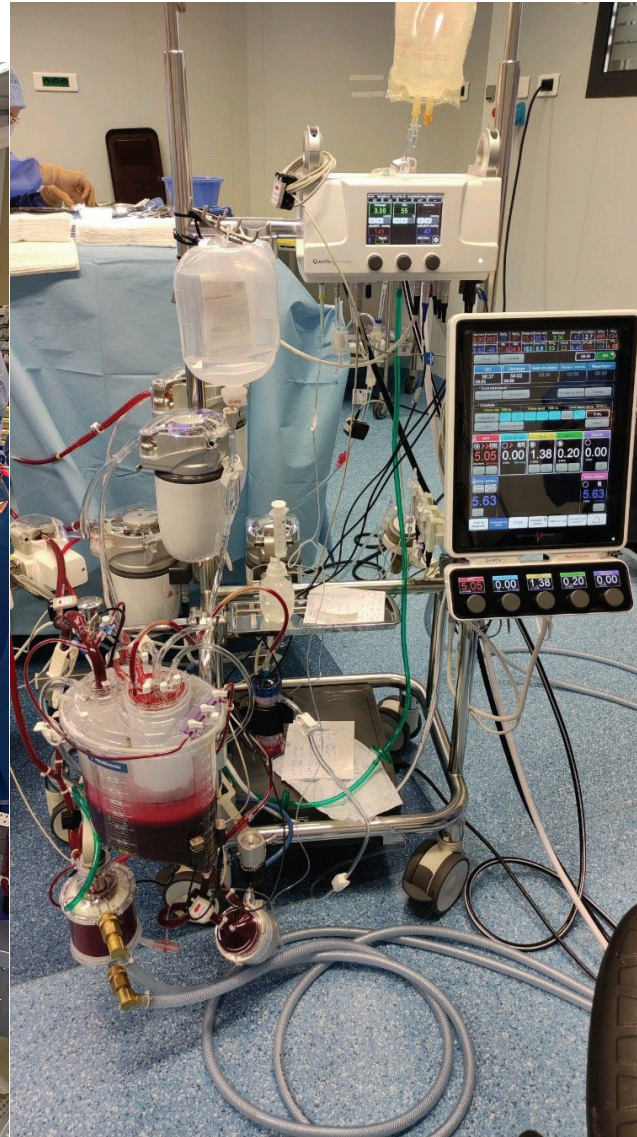
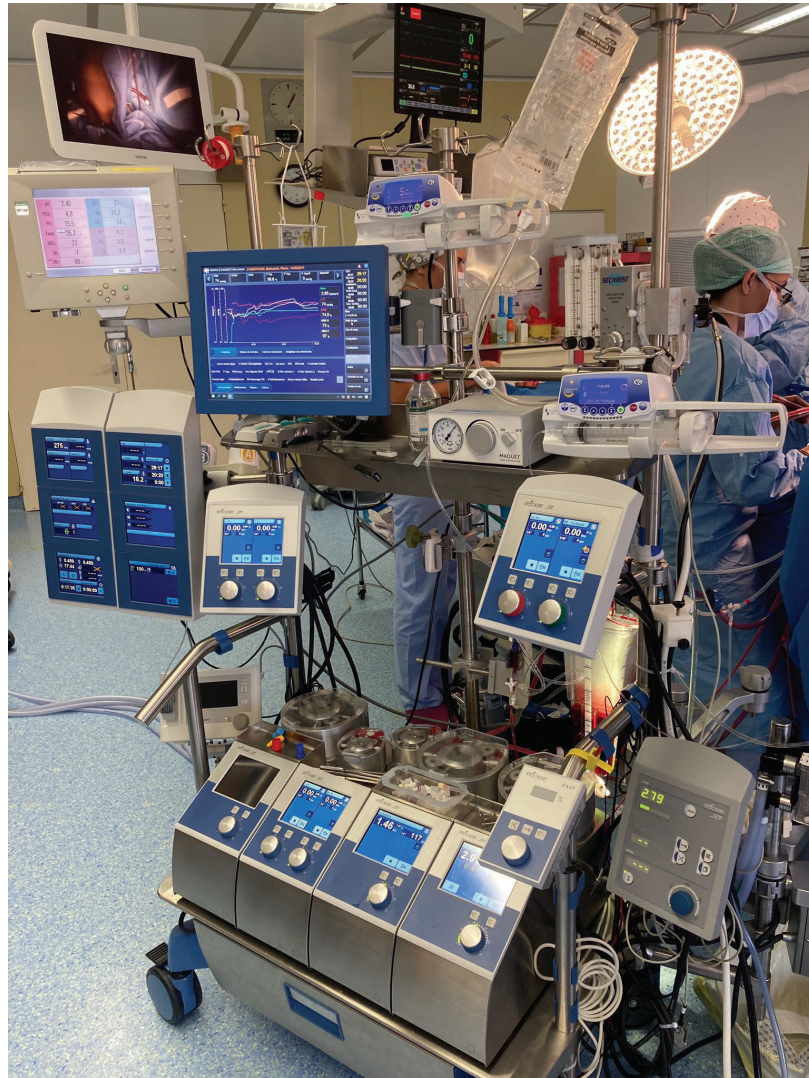
Possible si suppléance coeur poumon

Matériel:

Console (pompe à galet ou centrifuge)
Générateur thermique
Débitmètre – mélangeur type Sechrist
Appareil monitoring SVO2-GDS
Circuit CEC (jetable)
Canules veineuses et artérielles

II. Éléments constitutifs du circuit

1. Les consoles





Rotaflow



Xenios



Euroset



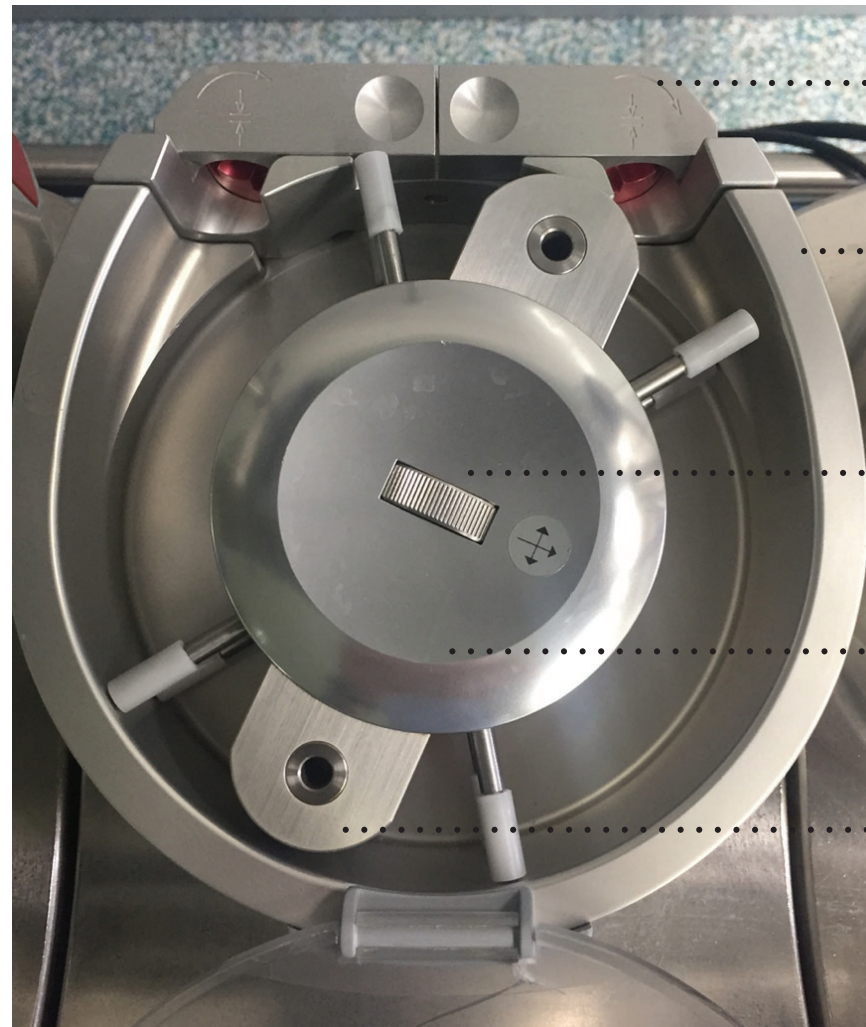
Cardiohelp



Rotaflow 2

Pompe à galets

- Compression par 2 galets opposés (pompe occlusive ou sub-occlusive)
- Compression continue du tuyau (réglage occlusion)
- Mouvement de rotation (continu ou pulsatil)
- Adaptation de la taille de la pompe et du diamètre du tuyau en fonction de la surface corporelle du patient
- Insensible aux conditions de charge
- Débit calculé



..... **Inser**

..... **Stator**

..... **Vis
micrométrique**

..... **Rotor**

..... **Galet**

Complications possibles

- Hypertension: déconnection, rupture
- Embolies de particules (silicone)
- Dépression excessive générant microbulles
- Embolie gazeuse
- Hémolyse (occlusion trop importante)
- Débit erroné (occlusion trop faible)

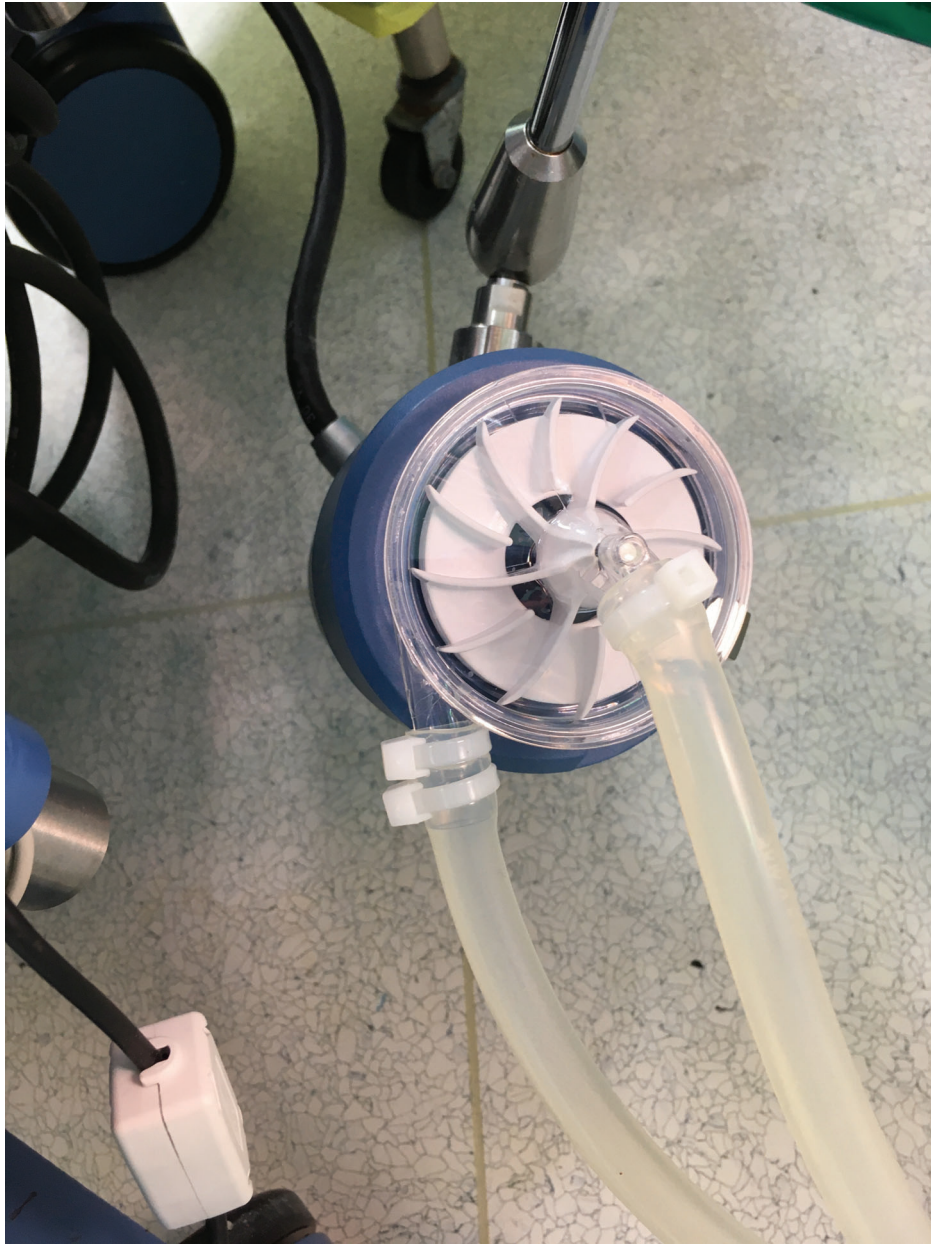
Pulsatilité ?

- Résultats expérimentaux montrent une amélioration
- Ce n'est pas le cas cliniquement
- Pas ou peu de recommandation favorable ou défavorable à son utilisation
- Aggravation hémolyse +++

Pompe centrifuge

- Pompes non occlusives (risque de débit rétrograde quand pompe à l'arrêt ou vitesse de rotation insuffisante)
- Débit mesuré par ultrason
- Cône avec ou sans aubes dans structure en PVC
- Mobilisation du liquide par mouvement de rotation d'une turbine, entraîné par électro-aimant
- Orifice d'entrée dans l'axe de rotation, orifice de sortie perpendiculaire





Pré et post charge dépendantes

Le débit dépend donc:

- Vitesse rotation de la pompe
- Volémie
- Des freins à l'aspiration: taille et longueur de la canule et de la ligne veineuse
- Des freins à l'éjection: taille et longueur de la canule / ligne artérielle, pression artérielle du patient

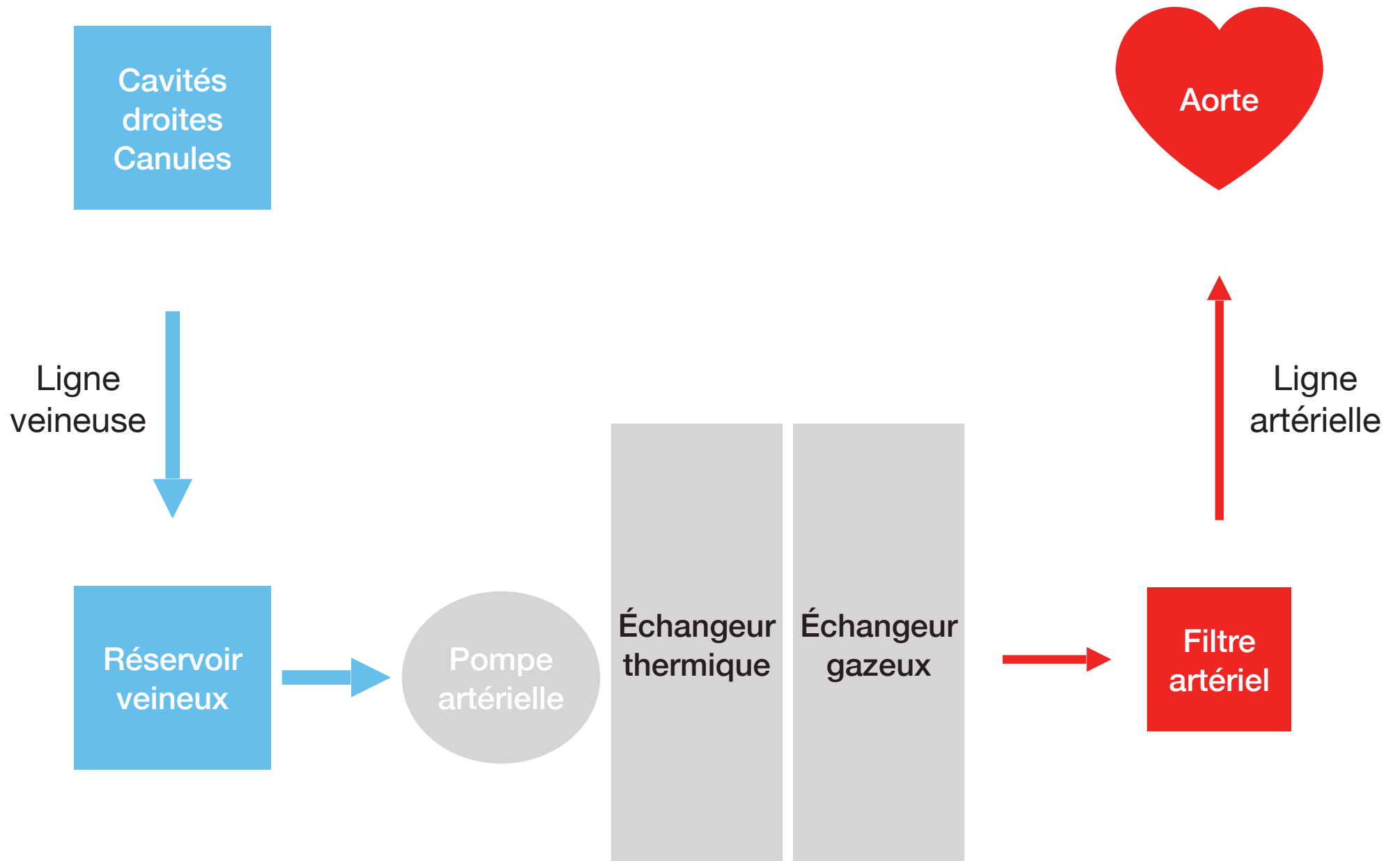
Avantages

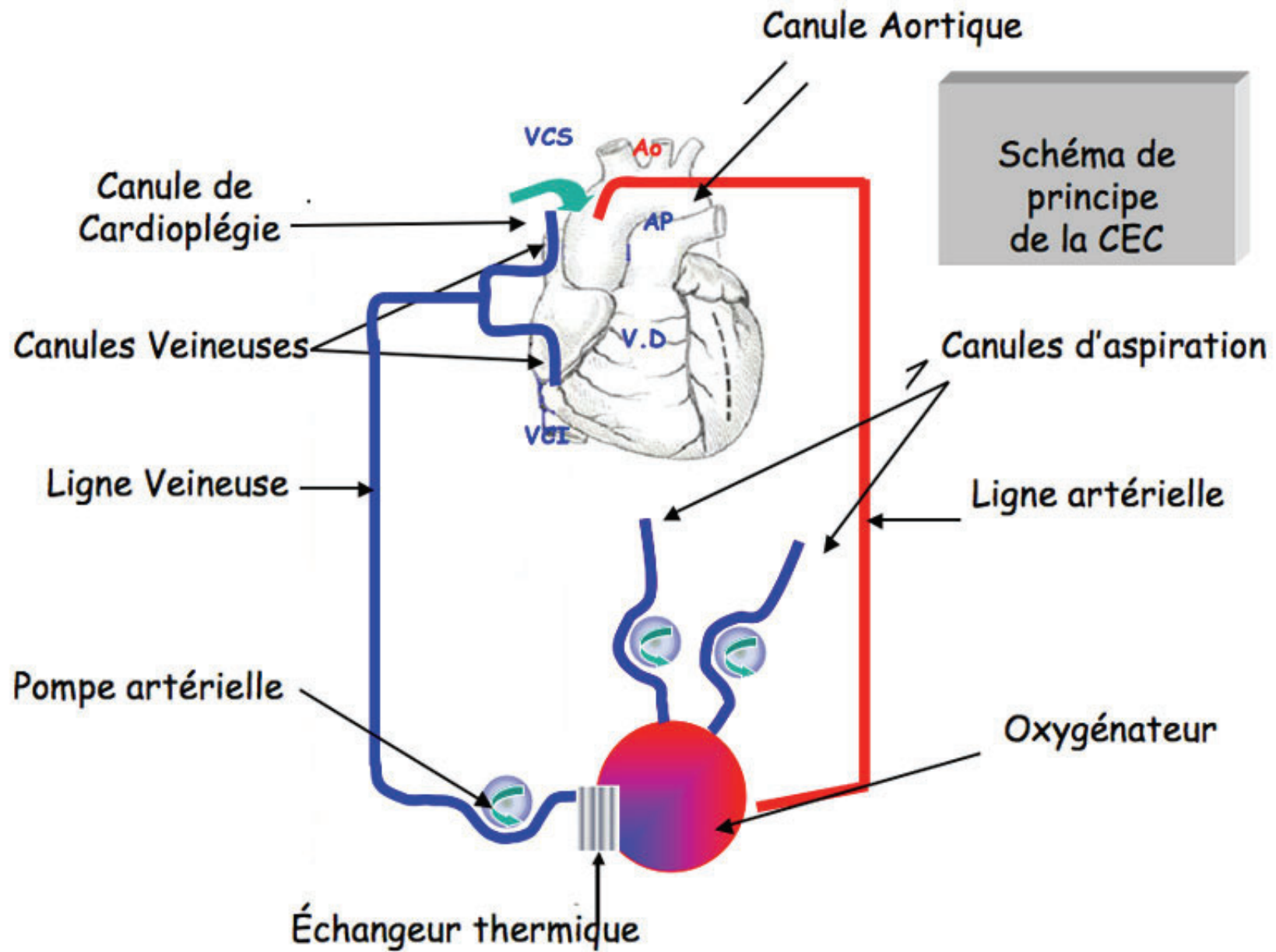
- Pas de rupture ou déconnection en cas de suppression sur la ligne artérielle
- Moins d'hémolyse = adapter assistance longue durée
- Moins de risque d'embolie gazeuse massive → désamorçage de la pompe

2. Les circuits

- Circuit CEC jetable
- Rampes de prélèvements, « purges »
- Circuit cardioplégie (+PSE)
- Diverses aspirations (décharge gauche ...)
- Perfusions multiples (pompe perfusion sélective)
- Hémofiltration



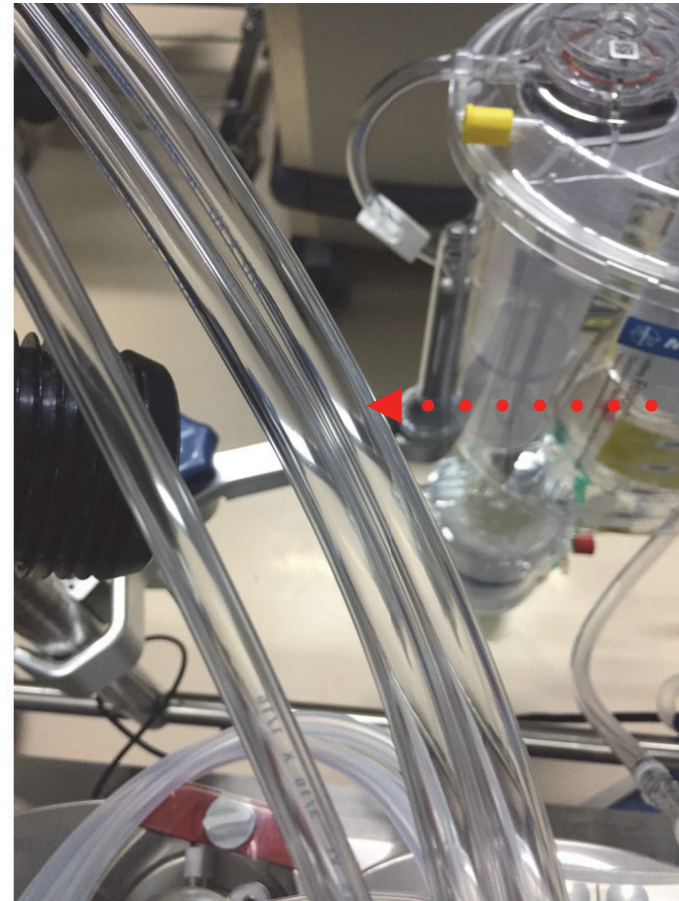




Silicone

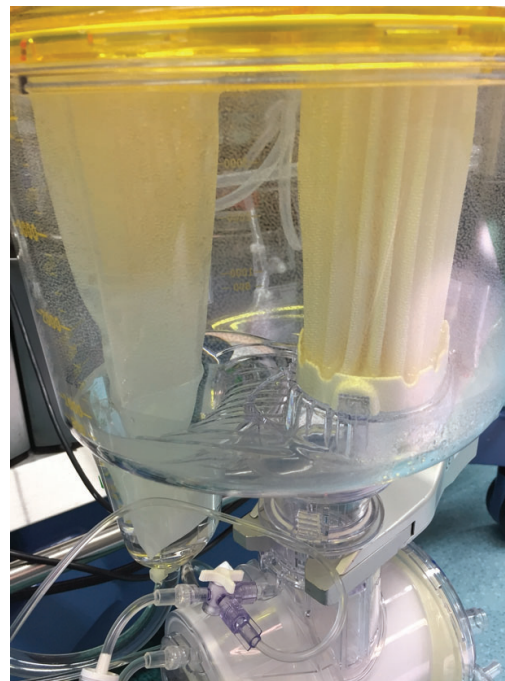
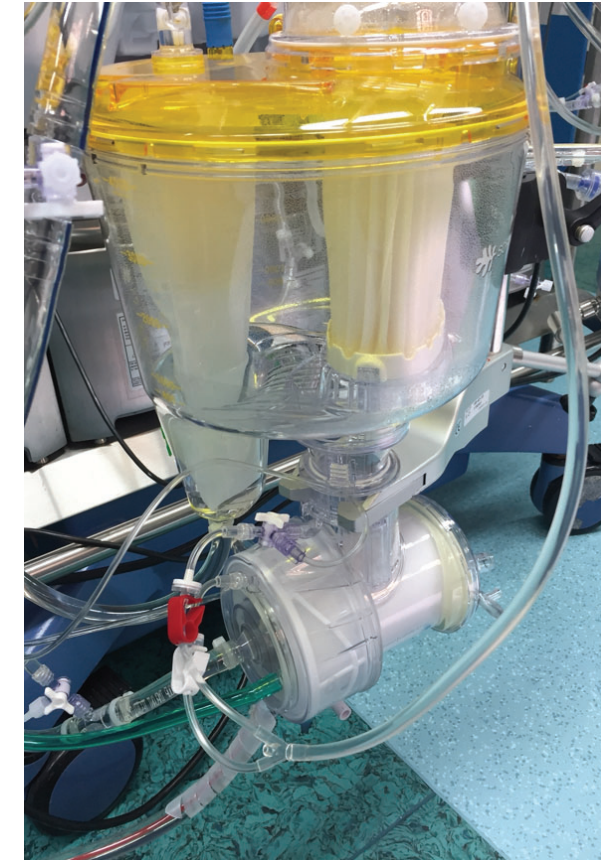
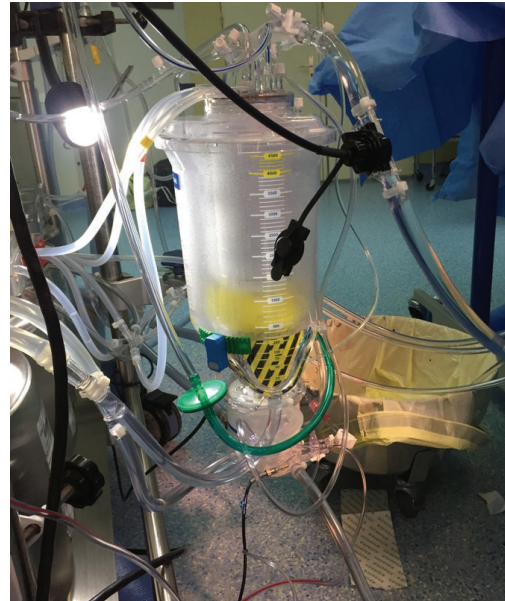


PVC



- Matériaux polymères synthétiques
- Tubing: lignes veineuse et artérielle, corps de pompe, lignes cardioplégie ...
- Tubing: PVC (transparent, rigide)
- Tubing: Silicone (élastique, translucide)
- Taille: mesure en pouce ou inch (1/2, 3/8, 1/4, 3/16)

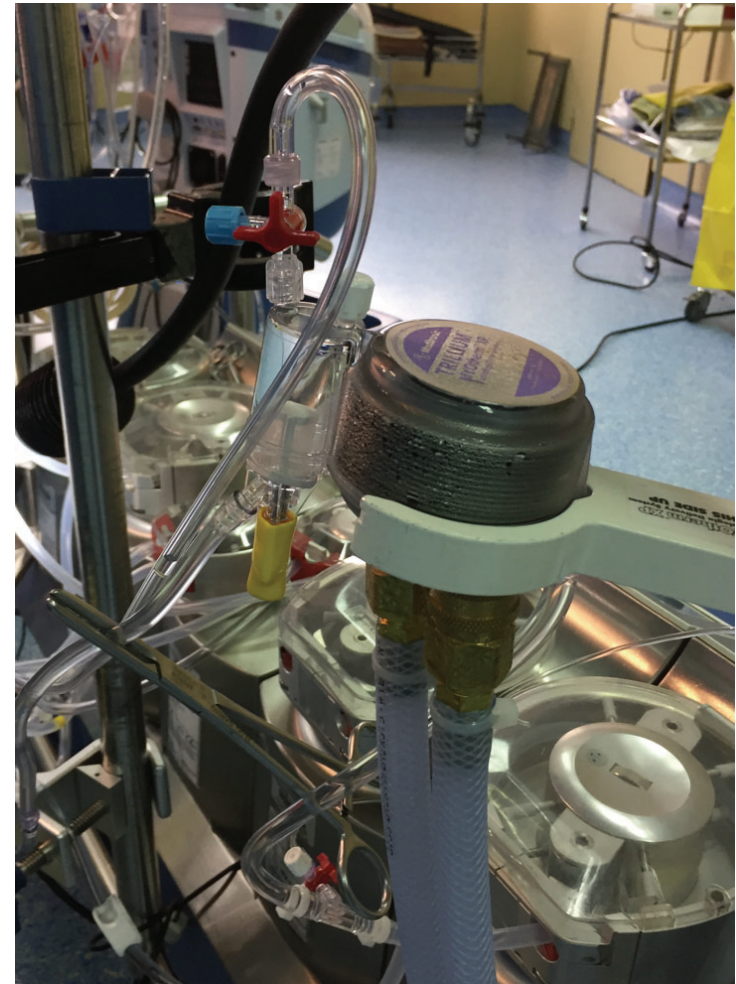
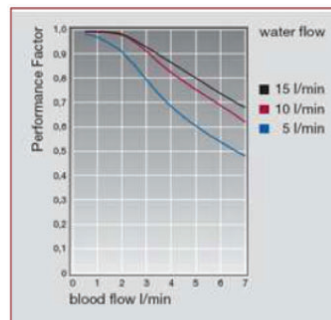
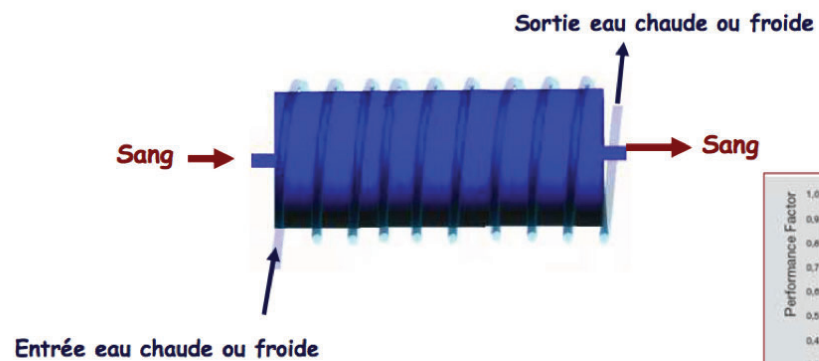
- Réservoir de cardiotorie
- Zone « tampon » entre retour veineux et pompe artérielle
- Récupération des aspi. chirurgicales
- Taille adapter à la surface corporelle
- Filtres micropores de différentes tailles
- Ouvert à la pression atmosphérique (possibilité drainage veineux actif)



Bloc oxygénateur / filtre artériel/
échangeur thermique

Echangeur thermique: pas de contact
sang et eau

Coupler à l'oxygénateur
Echangeur thermique déporter pour
cardioplégie



- Oxygénateur remplacer fonction alvéole pulmonaire
- Oxygénation + décarboxylation
- Membrane microporeuse tubulaire ou semi perméable (utilisation courte)
- Surface d'échange 1,8-2,5 m²
- FiO₂ règle la PaO₂ et débit gaz frais règle la PaCO₂



- Filtre artériel
- Sur ligne artérielle (entre oxy et canule artérielle)
- Filtre = 40 μ m
- Intégrer au bloc oxygénateur ou non

Comment choisir son circuit?

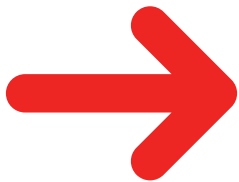


En pratique:

- Calcul de la surface corporelle, formule de Dubois

$$BSA = 0.007184 * Taille^{0.725} * Poids^{0.425}$$

- Débit max: 3L/min/m²
- Patient 70kg pour 178cm



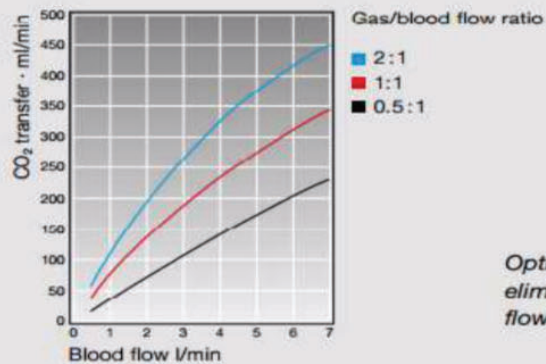
Surface corporelle: 1.87m²

Débit à 3L d'index = 5.61 L/min

Courbe de transfert O2 CO2

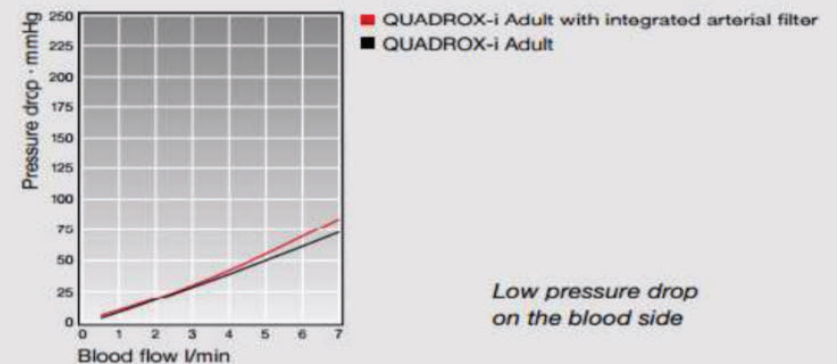
Courbe de pression

Carbon Dioxide Transfer



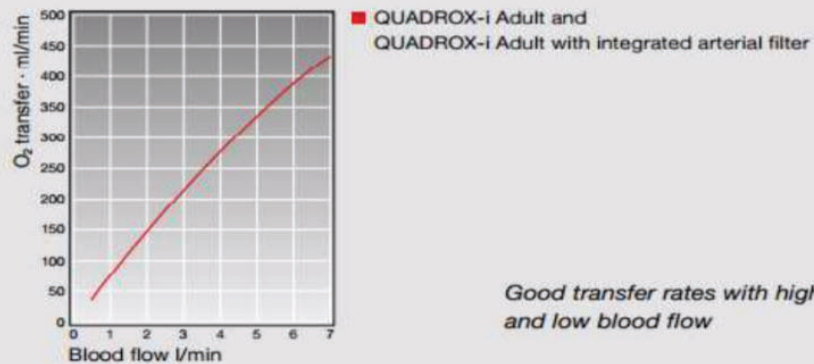
Optimized carbon dioxide elimination at any gas / blood flow ratio

Pressure Drop



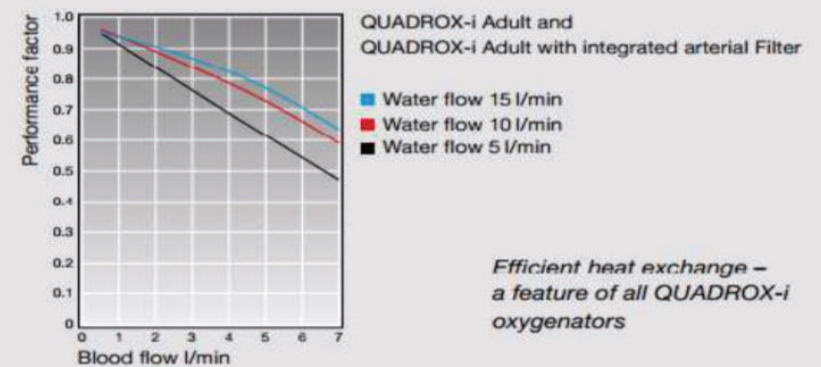
Low pressure drop on the blood side

Oxygen Transfer



Good transfer rates with high and low blood flow

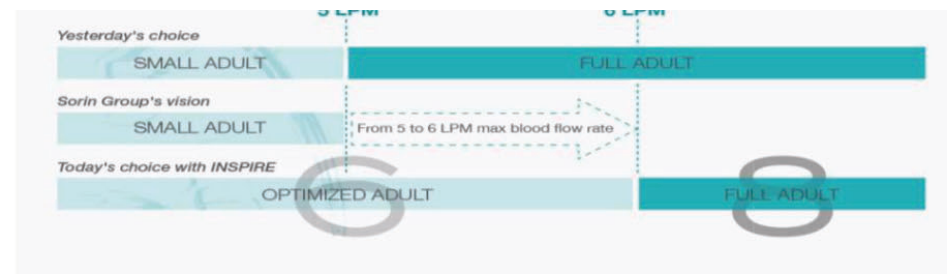
Heat Exchange Performance



Efficient heat exchange – a feature of all QUADROX-i oxygenators

- Capacité de l'oxygénateur avec débit max
- Volume du priming

CAPIOX® RX Oxygenators			
Oxygenator	RX05, RX05R Baby RX	RX15, RX15R	RX25, RX25R
Housing material	Polycarbonate	Polycarbonate	Polycarbonate
Fibers material surface area	Microporous polypropylene	Microporous polypropylene	Microporous polypropylene
Fibers bundle surface area	Approx. 0.5 m ²	Approx. 1.5 m ²	Approx. 2.5 m ²
Heat exchanger material	Stainless steel	Stainless steel	Stainless steel
Heat exchanger surface materials	Approx. 0.035 m ²	Approx. 0.14 m ²	Approx. 0.2 m ²
Blood flow range	Min. 0.1 L/min Max. 1.5 L/min	0.5 – 5.0 L/min 0.5 – 4.0 L/min when using R30 hardshell reservoir	Min. 0.5 L/min Max. 7.0 L/min
Reference blood flow (AAMI std.)	2.5 L/min	7 L/min	
Priming volume (static)	43 mL	135 mL	250 mL
Blood Inlet Port (from pump)	1/4" (6.4 mm)	3/8" (9.5 mm)	3/8" (9.5 mm)
Blood Outlet Port	1/4" (6.4 mm)	3/8" (9.5 mm)	3/8" (9.5 mm)
Cardioplegia Port	Luer port	1/4" (6.4 mm)	1/4" (6.4 mm)
Luer port (for recirc. or blood cardioplegia)	One luer lock on blood outlet port	One luer lock on blood outlet port	One luer lock on blood outlet port
Gas Inlet Port	1/4" (6.4 mm)	1/4" (6.4 mm)	1/4" (6.4 mm)
Gas Outlet Port	5/16" (7.9 mm)	1/4" (6.4 mm)	1/4" (6.4 mm)
Water Ports	1/2" (12.7 mm) Hansen Quick Connect Fittings	1/2" (12.7 mm) Hansen Quick Connect Fittings	1/2" (12.7 mm) Hansen Quick Connect Fittings



TECHNICAL FEATURES

Max. blood flow	8 l/min
Static priming volume (oxygenator module + heat exchanger + arterial filter)	430 ml
Membrane surface area	2.0 m ²
Heat exchanger surface area	0.14 m ²
Hard shell reservoir capacity	4300 ml
Cardiotomy filter pore size	30 µm
Arterial filter screen	polyester, 40 µm
Arterial surface area	0.04 m ²

Technical Data	QUADROX-i Small Adult	QUADROX-i Small Adult (with integrated arterial filter)
Recommended blood flow rating	0.5–5 l/min	0.5–5 l/min
Priming volume	175 ml	295 ml
Effective gas exchange surface area	1.3 m ²	1.3 m ²
Effective heat exchange surface area	0.3 m ²	0.3 m ²
Material of gas exchange fiber	Polypropylene (PP)	Polypropylene (PP)
Material of heat exchange fiber	Polyurethane (TPU)	Polyurethane (TPU)
Arterial filter pore size	–	40 µm
Arterial filter surface area	–	430 cm ²

Capture d'écran

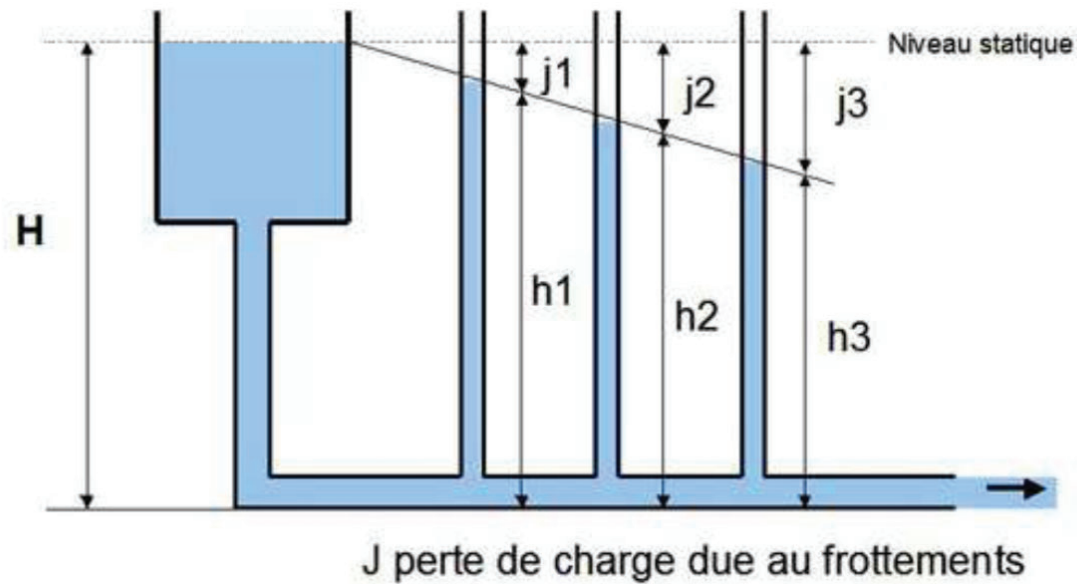
3. Les canules



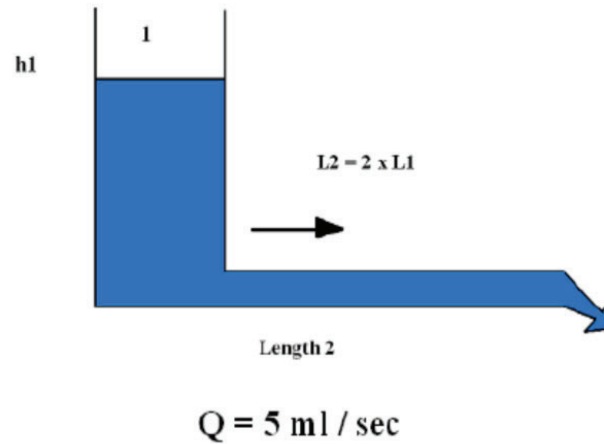
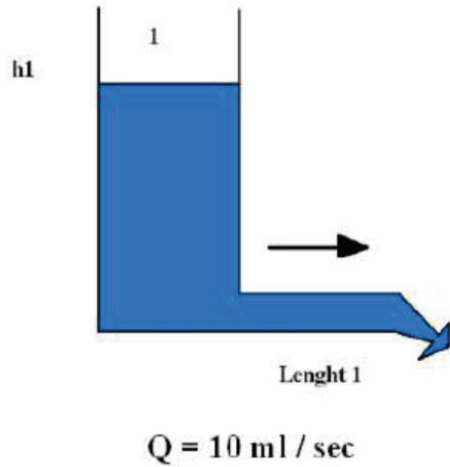
Rappel de physique

La perte de charge

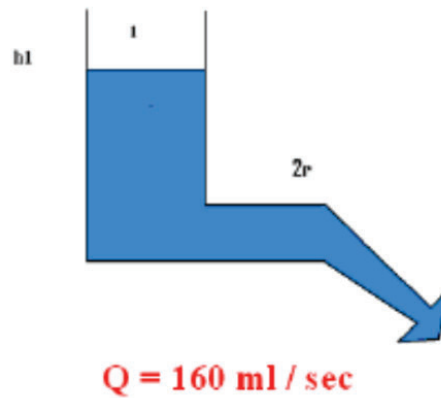
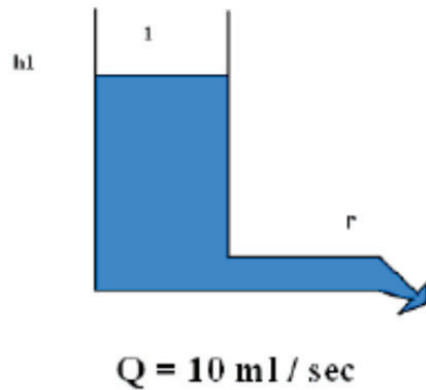
Dissipation par frottement de l'énergie mécanique d'un fluide en mouvement



Loi de Poiseuille

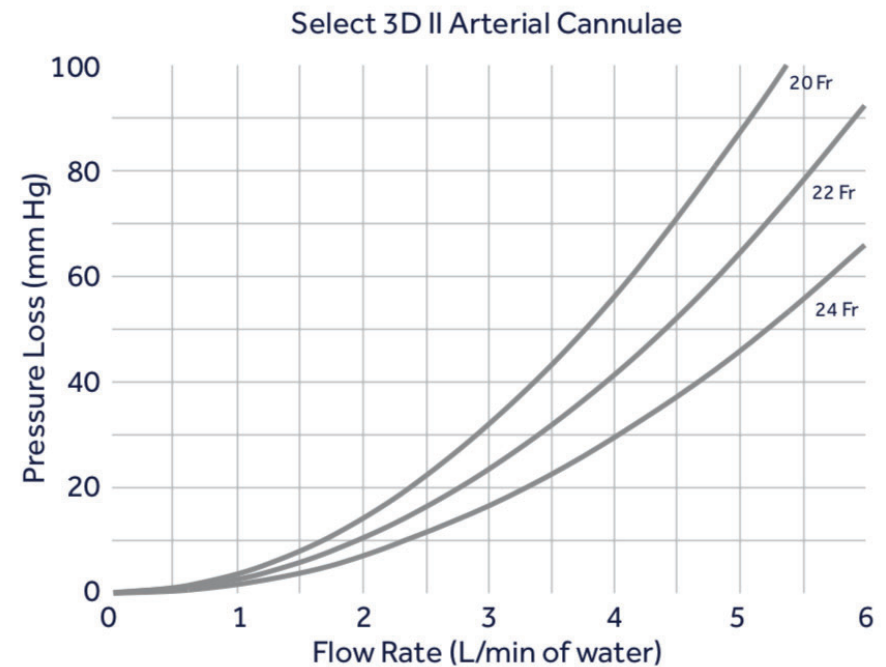
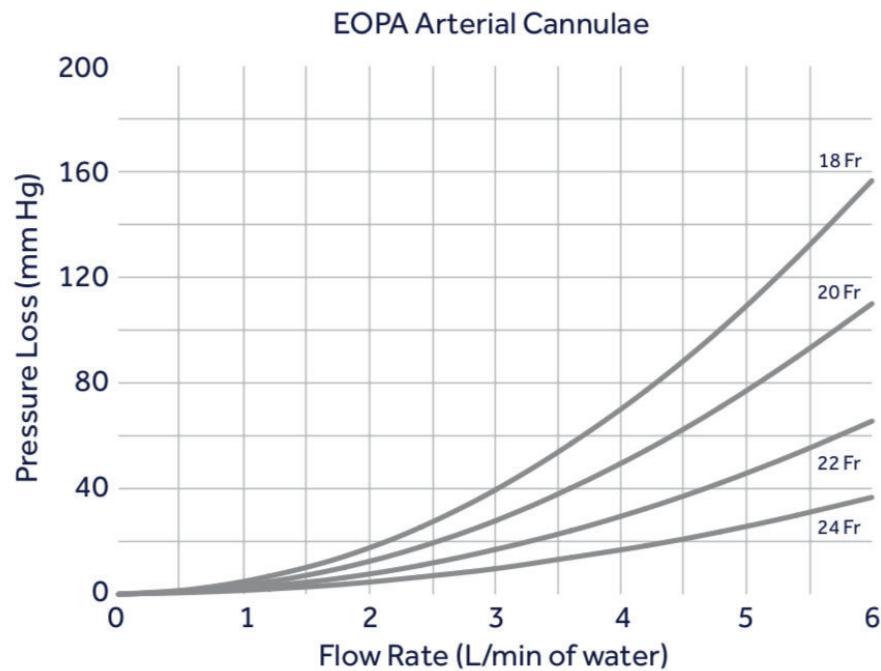


En doublant la longueur du tuyau, le débit est divisé par 2 pour un même temps donné

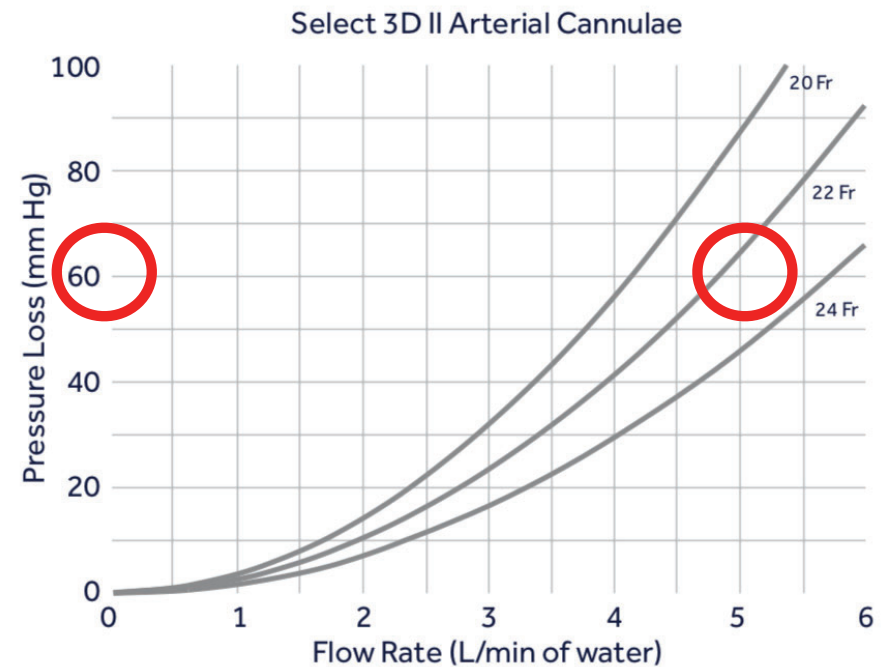
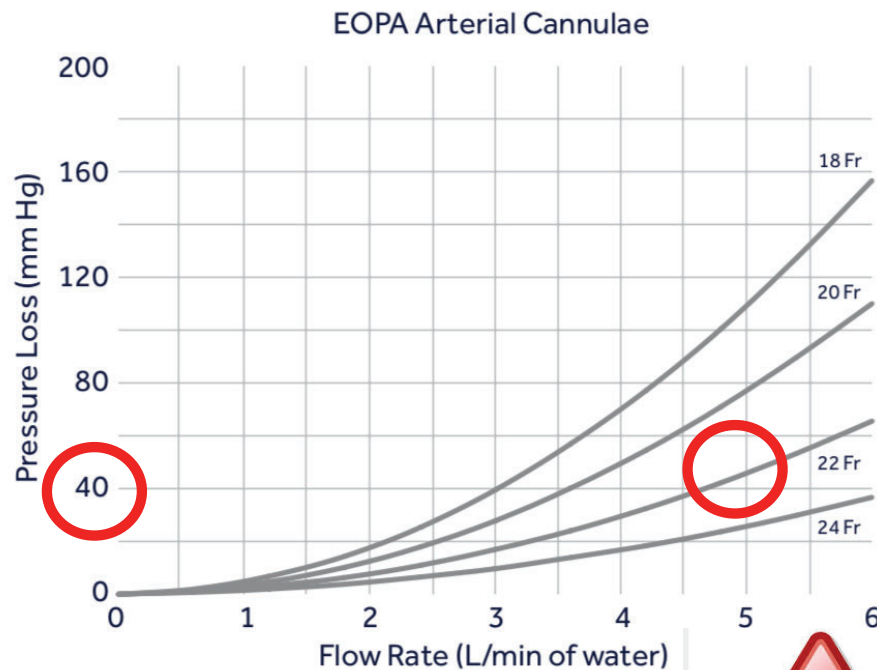


En doublant le rayon du tuyau le débit est multiplié par 16

- Taille canule en « French » = diamètre extérieur donc la diamètre correspondant à l'incision que doit faire le chirurgien.
- 3 French = 1mm
- Même constructeur
- Taille canule identique



- Taille canule en « French » = diamètre extérieur donc la diamètre correspondant à l'incision que doit faire le chirurgien.
- 3 French = 1mm
- Même constructeur
- Taille canule identique



Un 22 Fr n'est jamais un 22 Fr !

Pourquoi des différences de pression?



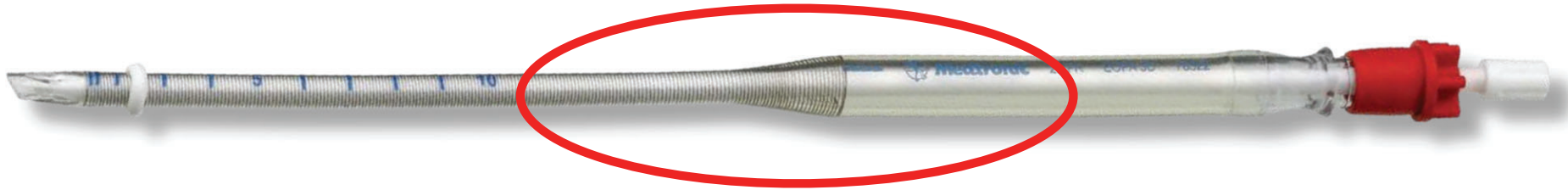
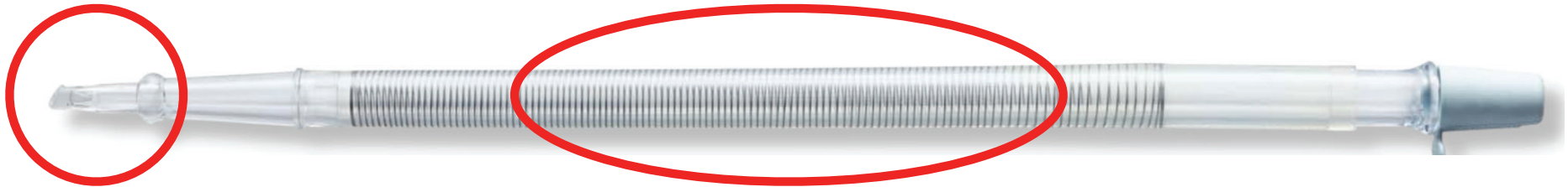
Pourquoi des différences de pression?

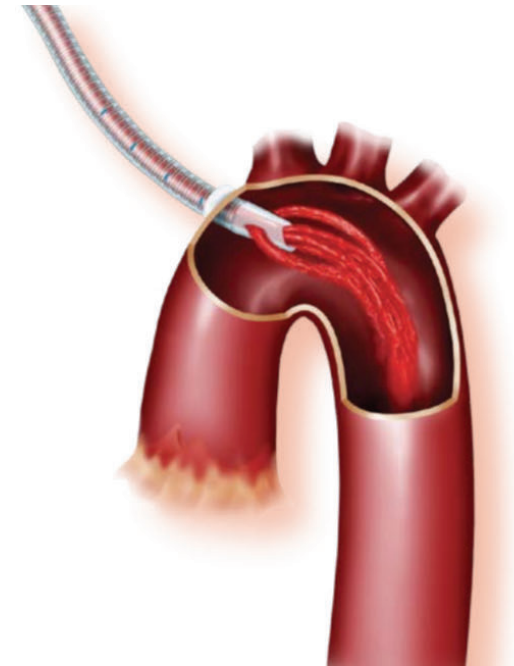
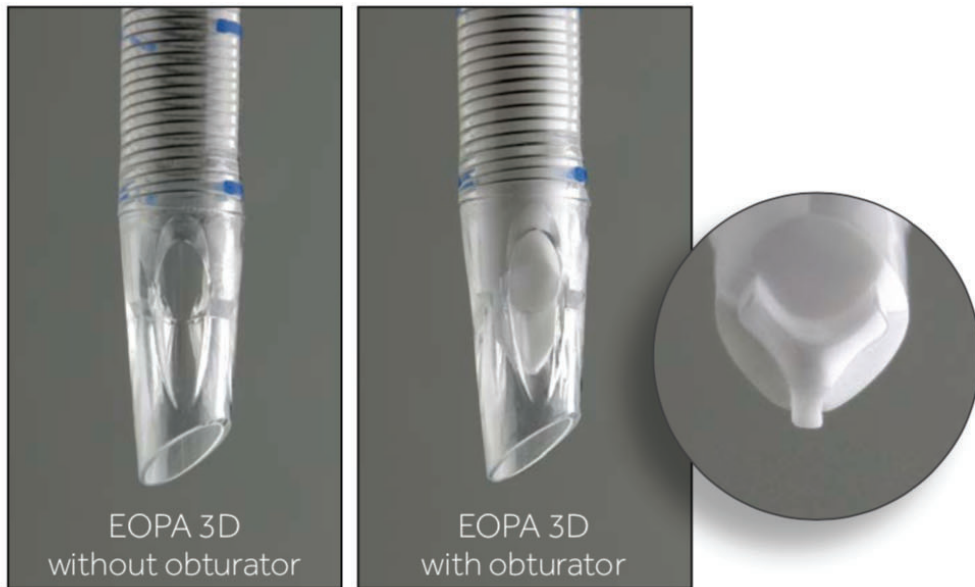
- Embout droit ou coudé



Pourquoi des différences de pression?

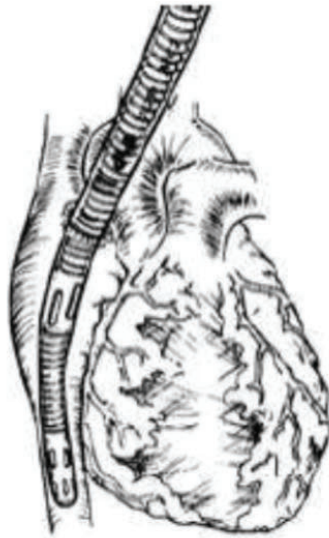
- Embout droit ou coudé
- Forme



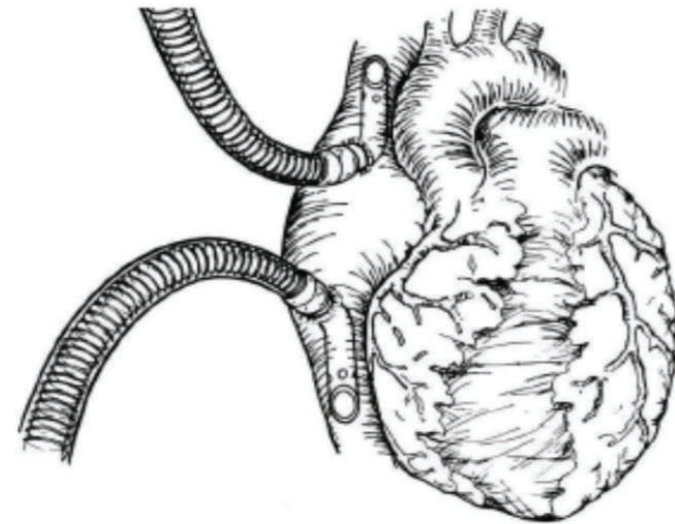


- Embolies artérielles: athérome aorte ascendante
- Dans la canule, la surface diminue donc la vitesse augmente ==> Attention à l'effet karcher/Jet/Sablage
- Hémolyse
- Accident: Malposition de la canule (pression post oxygénateur)
- Accident: Déchirures / Dissection

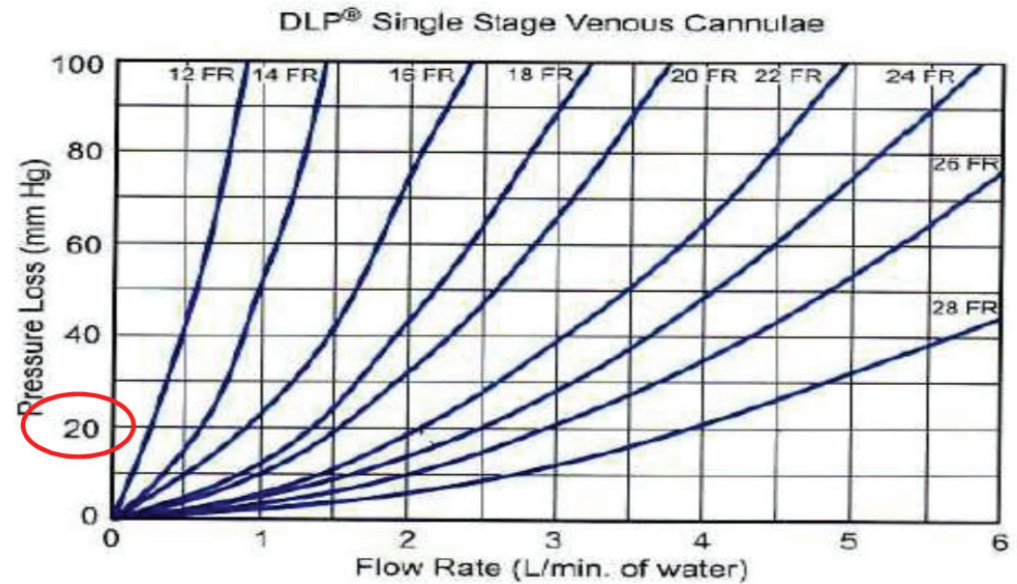
Canulation atrio-cave



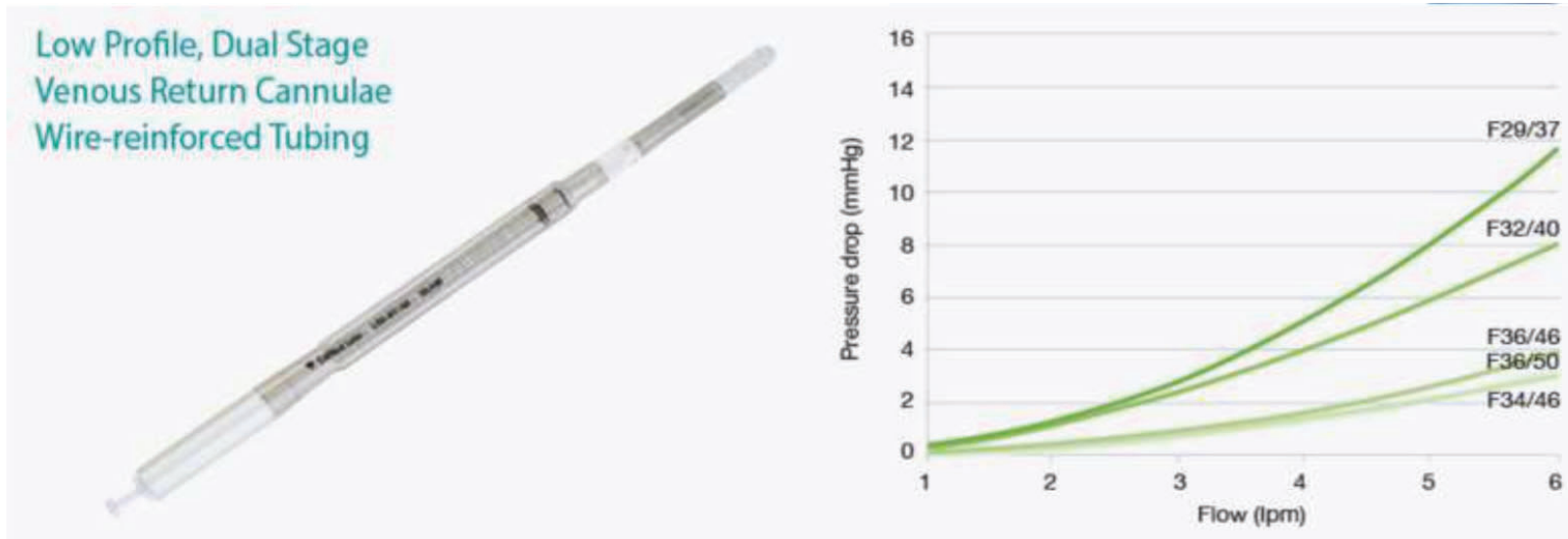
Canulation bicave



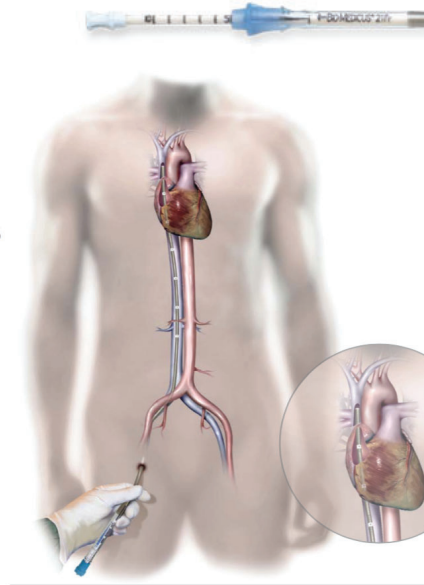
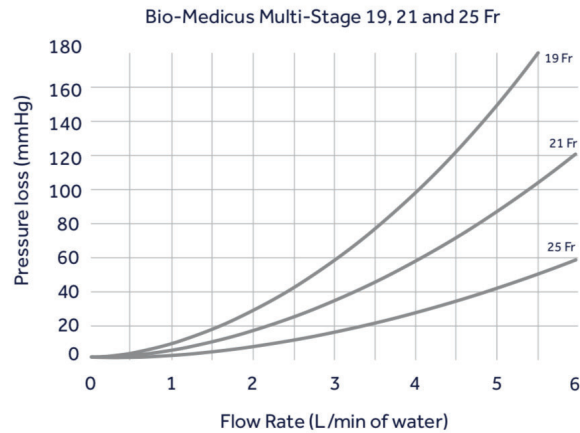
- Ce qui est important c'est le volume drainé !
- Double canulation, 1/3 VCS et 2/3 VCI



Pour les canules atrio-cave, la perte de charge est négligeable



Canules d'assistance



POSTER 2017, PRAGUE MAY 23

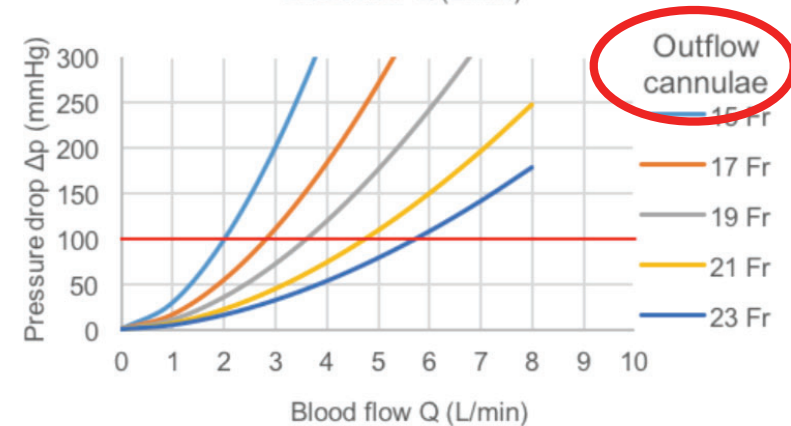
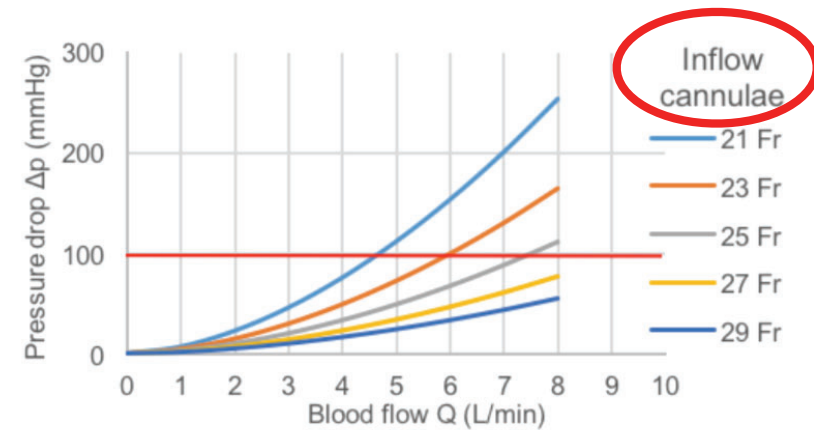
1

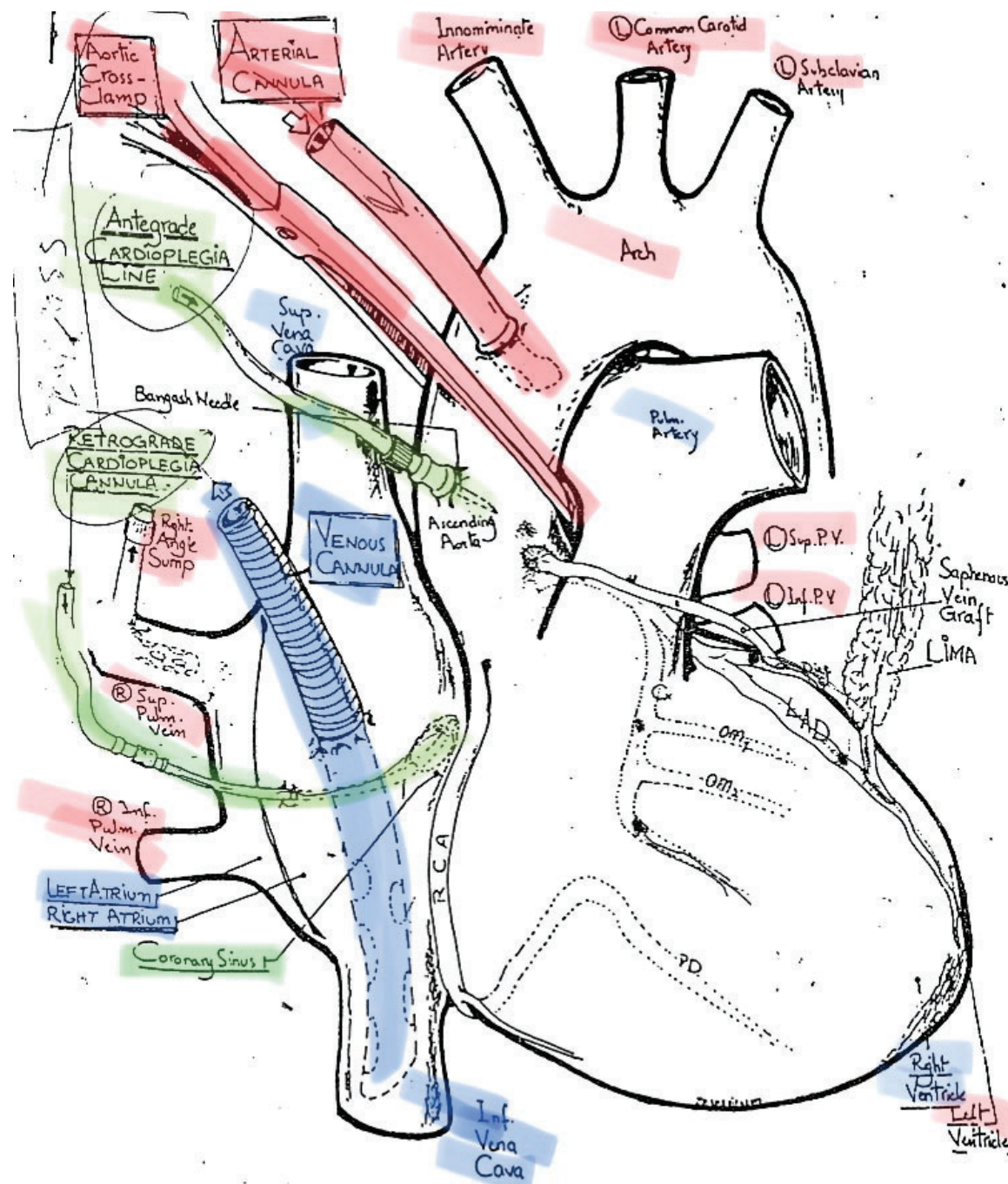
Analysis of blood flow in extracorporeal membrane oxygenation circuit

Erdenejargal ERDENECHIR¹, Svitlana STRUNINA¹

¹ Faculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University, Nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, Czech Republic

erdenerd@fbmi.cvut.cz, svitlana.strunina@fbmi.cvut.cz





Diagrammatic Representation of the Position
of Cardiac Cannulation for Cardiopulmonary Bypass

Comment choisir son circuit?



CHU BDX CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BORDEAUX

Chirurgie cardiaque congénitale

FEUILLE DE ROUTE CEC PEDIATRIE

Poids: 100,00
Taille: 180

13/10/2021

Etiquette

Surface: 2,20
Débit max 3L/min/m²: 6,60
Terumo: -
Maquet: -
Sorin: 8F

DONNEES INTERVENTION

Intervention :
Reprise :
Perfusionniste :
Chirurgien :
Anesthésiste :

Artère: 22
VCS: 28
VCI: 28
ATRIALE

Shunt: -
Corps de pompe: -
Débit: 300
Cardioplégie 1: 20,00
Cardioplégie 2: 10,00
Custodiol dose (ml): 5000
Custodiol (ml.min-1): 714

ASSISTANCES

Artère	21
Veine	23
Oxygénéateur	ADULTE

Index	Débit
0,5	1,1 ml.min-1
1	2,2 ml.min-1
1,5	3,3 ml.min-1
2	4,4 ml.min-1
2,5	5,5 ml.min-1
3	6,6 ml.min-1

Notes

CHU BDX CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BORDEAUX

Chirurgie cardiaque congénitale

FEUILLE DE ROUTE CEC PEDIATRIE

Poids: 4,00
Taille: 60

13/10/2021

Etiquette

Surface: 0,25
Débit max 3L/min/m²: 0,75
Terumo: Fx 05
Maquet: 11000
Sorin: -

DONNEES INTERVENTION

Intervention :
Reprise :
Perfusionniste :
Chirurgien :
Anesthésiste :

Artère: 10
VCS: 12
VCI: 14
ATRIALE

Shunt: 1/4 - 1/4
Corps de pompe: 1/4
Débit: 50,00
Cardioplégie 1: 1,60
Cardioplégie 2: 0,80
Custodiol dose (ml): 200
Custodiol (ml.min-1): 29

ASSISTANCES

Artère	10
Veine	10
Oxygénéateur	PEDIA

Index	Débit
0,5	0,125 ml.min-1
1	0,25 ml.min-1
1,5	0,375 ml.min-1
2	0,5 ml.min-1
2,5	0,625 ml.min-1
3	0,75 ml.min-1

Notes

CHU BDX CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE BORDEAUX

Chirurgie cardiaque congénitale

FEUILLE DE ROUTE CEC PEDIATRIE

Poids: 30,00
Taille: 100

13/10/2021

Etiquette

Surface: 0,86
Débit max 3L/min/m²: 2,58
Terumo: -
Maquet: 31000
Sorin: -

DONNEES INTERVENTION

Intervention :
Reprise :
Perfusionniste :
Chirurgien :
Anesthésiste :

Artère: 14
VCS: 18
VCI: 20
ATRIALE

Shunt: 3/8 - 1/4
Corps de pompe: 3/8
Débit: 172,00
Cardioplégie 1: 5,73
Cardioplégie 2: 2,86
Custodiol dose (ml): 1500
Custodiol (ml.min-1): 214

ASSISTANCES

Artère	15
Veine	15
Oxygénéateur	PEDIA

Index	Débit
0,5	0,43 ml.min-1
1	0,86 ml.min-1
1,5	1,29 ml.min-1
2	1,72 ml.min-1
2,5	2,15 ml.min-1
3	2,58 ml.min-1

III. Le monitoring

Générateur thermique

- Plusieurs compartiments permettant d'alimenter plusieurs échangeurs thermique à des températures différentes
- Principal: couplé à l'oxygénéateur, maintien de la température du patient ou à l'inverse refroidissement pour intervention en hypothermie. Le secondaire étant pour la cardioplégie.
- Simplifié: transportable pour les assistances en réanimation.
- Problème de contamination bactérienne.



- **Infectieux:** réservoir d'eau donc développement bactérien, aérosol (pas vers le patient), désinfection chronophage, coût, solution? résultats?

		DESINFECTION GT																			
		2017										2018									
		decembre					janvier					fevrier					mars				
		s48	s49	s50	s51	s52	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	s12	s13	s14	s15
		s16	s17																		
(A) Lundi	eau		SP		WG		LP		SP		LM		JLC			LM		OC		WG	
20179143	dési	WG		WG		JLC		DL		NR		DL		LP	JLC		ED		LM		ED
(B) Mardi	eau		ED			NR		SP		ED		LM			ED		OC		LM		LP
20179142	dési	LM		LM	LP		WG		JLC		NR		SP	OC		LP		ED		WG	
Mercredi	eau		WG	LM		NR			LP	WG											
prêt Maquet	dési	WG			ED		WG	LM			LM	LM	CS	WG	SP	LP	LM	WG	LP	LP	SP
Jeudi	eau		WG																		HS
prêt SORIN	dési	JLC		LM	ED	NR	LM	LM													HS
(C)Vendredi	eau		OC			LM		WG		NR		ED		NR		JLC		JLC		NR	
20179144	dési	LM		NR	DL		SP		DL		WG		DL		OC		DL		DL		DL
GT 1 07S003930	eau								NR		NR		LM		OC	OC		WG			
	dési						sorin		DL		LM		NR	LP		LM		ED		OFF le 30/03	
			OK		NUL		BOF		?												
		2018																			
		mai					juin					juillet					aout				
		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
		38	39																		
(A) Lundi	eau		JLC		JLC		DL		NR	LM		LM		SP		ED		JLC		WG	
20179143	dési	WG		LP		ED		WG	OC		WG		LP		LM		LM		NR		LM
(B) Mardi	eau		DL		CS		ED		NR	ED		WG		LP		NR		NR		ED	
20179142	dési	ED		ED		ED		LM	OC		WG		ED		ED		SP		JLC		DL
Mercredi	eau										SP										
prêt Maquet	dési	WG	WG	ED	LM	LM	LM	WG	WG	WG		WG	WG	LM	LP	SP	LM		SP	LM	DL
Jeudi	eau		OC		OC		WG		JLC		SP		NR				OFF		DL		LP
prêt SORIN	dési	WG		SP		DL		WG		DL		LP		OC		JLC		SP		DL	
(C)Vendredi	eau		OC			LP		WG		CS		LM		LM		LM		SP		WG	
20179144	dési		LP	LP		LM		DL		WG		NR		CS		NR		OC		LM	
GT 1 (07S003930)	eau																			DL	
Mercredi	dési	OFF LE 30/03																	DL		OFF

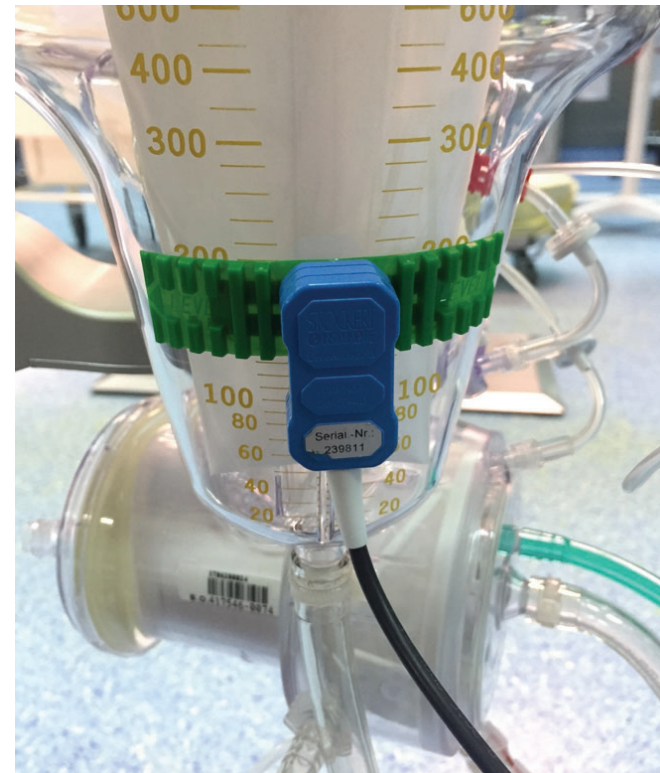
Anticoagulation

- ACT pour évaluer le degré d'anticoagulation
- Cible?
- Protocole? En flash ou continu?

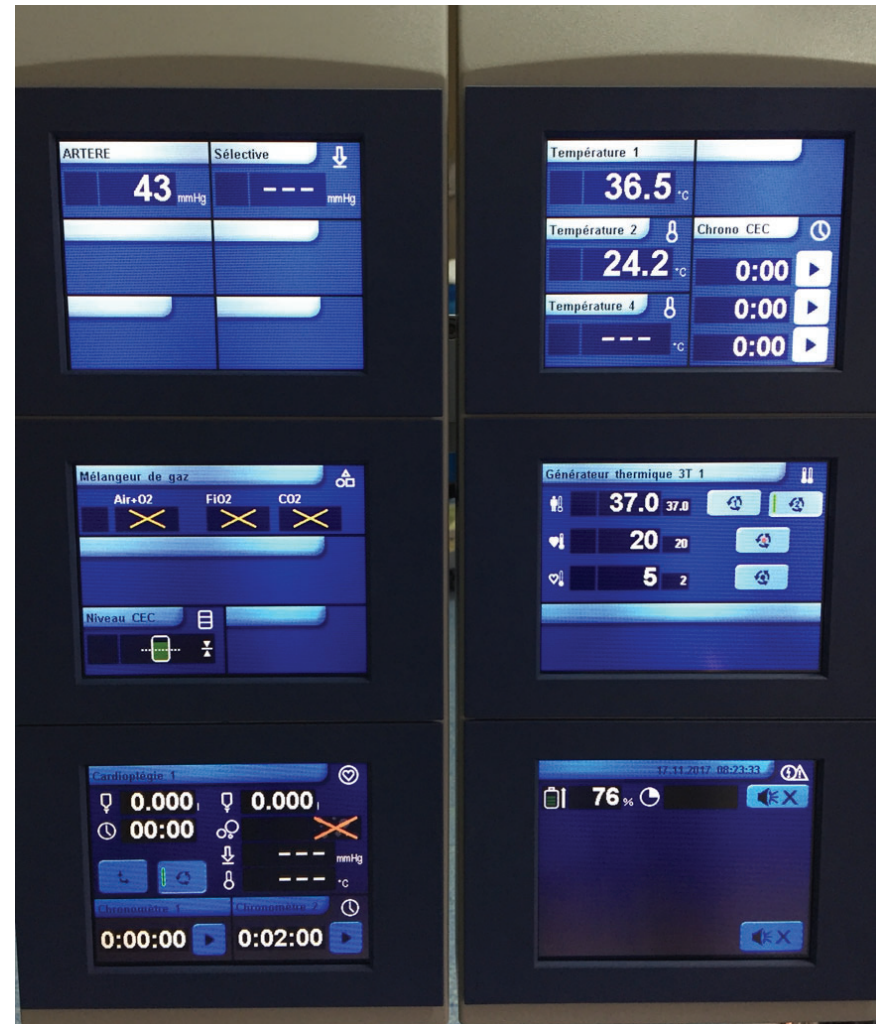


Alarme de niveau

- Alarme de niveau +/- autorégulation. Indispensable, elle permet d'arrêter la pompe quand le volume est insuffisant et donc d'éviter d'envoyer de l'air



- Alarme de pression voir asservissement à la pression. Positionner en pré/post oxygénateur
- Asservissement entre les pompes
- Température oxygénateur ou réservoir
- Détecteur de bulles asservie à la pompe
- Volume de cardiologie à perfuser au patient
- Diverses fonctions: chrono, volume, SC, taille des tuyaux ...



Ventilation



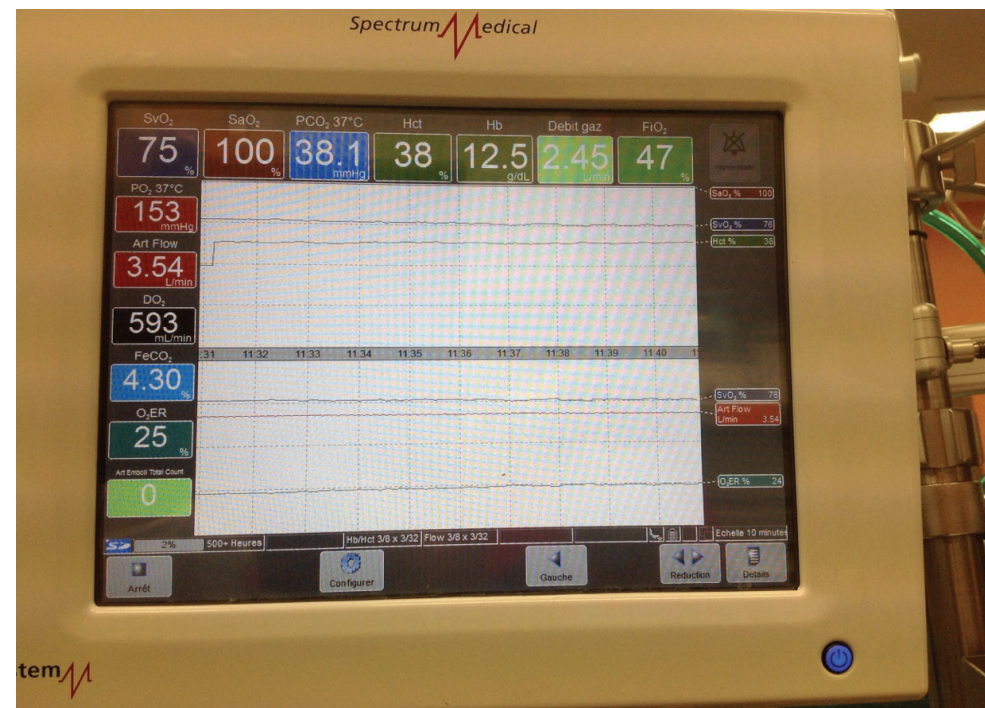
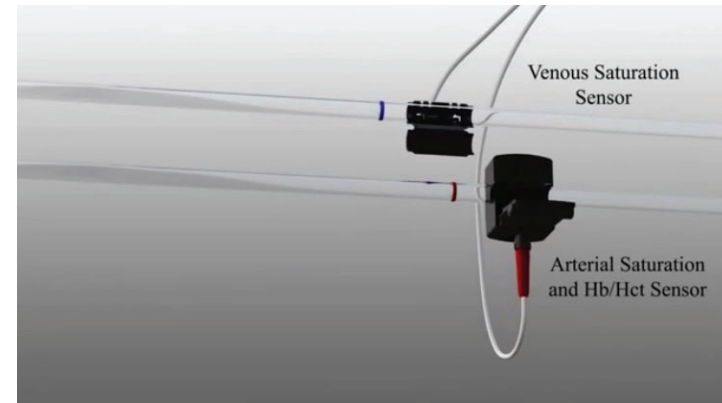
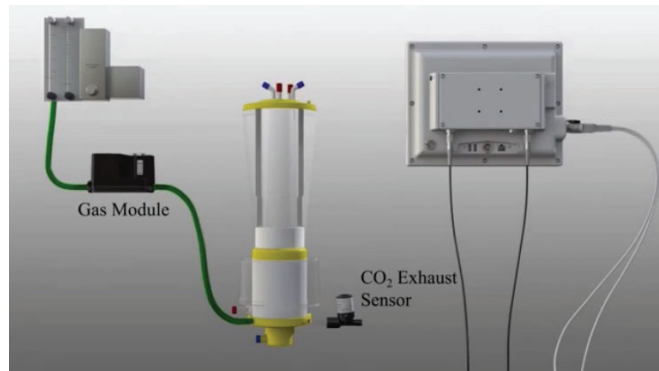
- Au minimum, SVO2 et Htc
- Cable branché sur ligne veineuse



- Intervention « compliquée » ou plus à risque: GDS en continu type CDI de Terumo (petite électrode au contact du sang, donne pH et K+)



- Spectrum
Medtronic



- Quantum
Medtronic



Indicateurs de mesures

Minuteurs

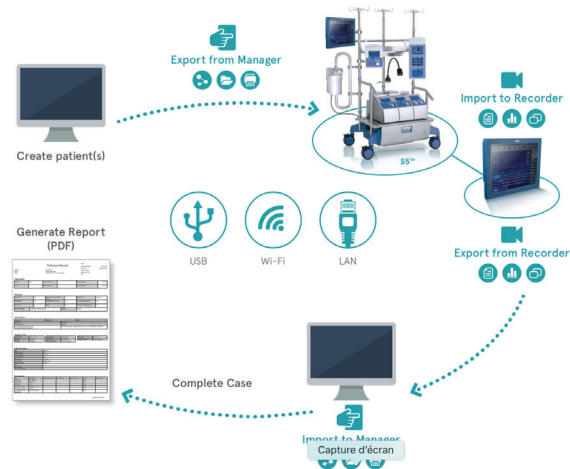
Fonctionnalités CEC automatiques possibles

Gestion de la cardioplégie

Système principal de commande des pompes

Onglets du système

- **LivaNova**
Système Connect
Dossier patient +++



- **LivaNova**
GDP (Goal directed Perfusion)



Que disent les recommandations?



European Journal of Cardio-Thoracic Surgery 00 (2019) 1–42
doi:10.1093/ejcts/ezz267



2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery

- 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary

bypass in adult cardiac surgery

- Dans l'European Journal of Cardio - Thoracic Surgery 2019

- Plus de 100 recommandations

- Il n'y pas de cadre légale pour l'utilisation des divers

dispositifs de surveillance. Il y a seulement ces

recommandations.

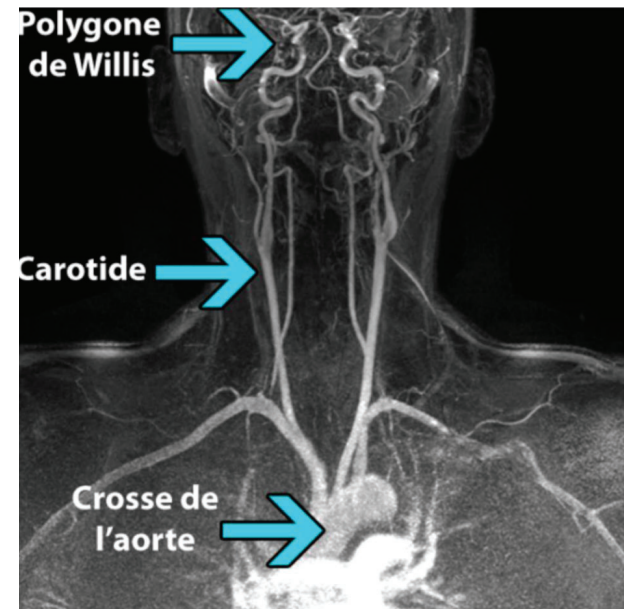
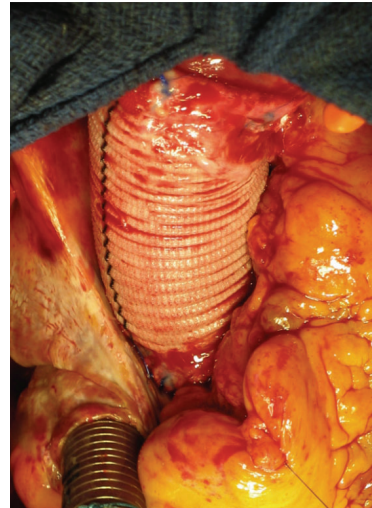
- Jurisprudence

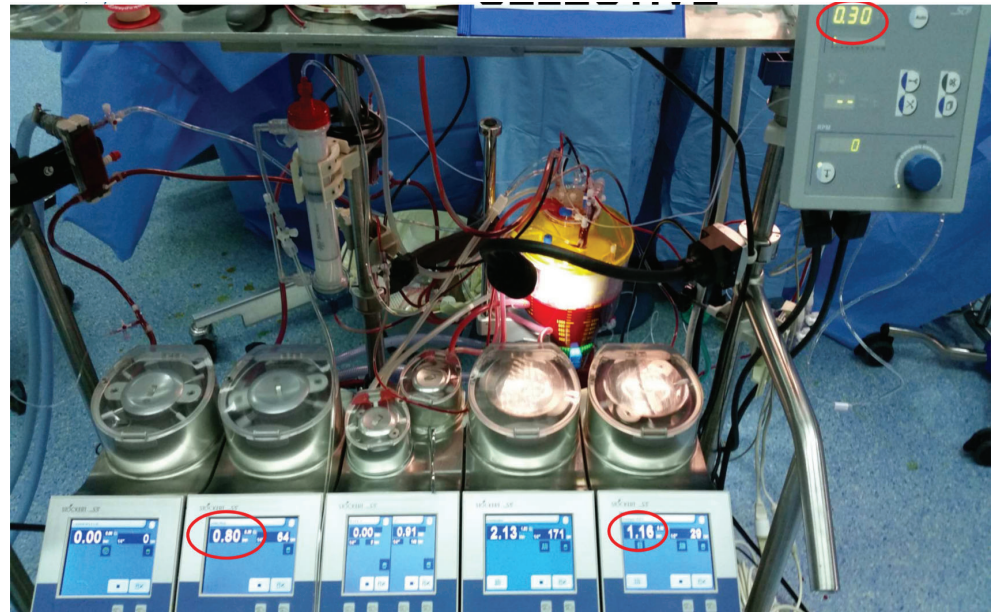
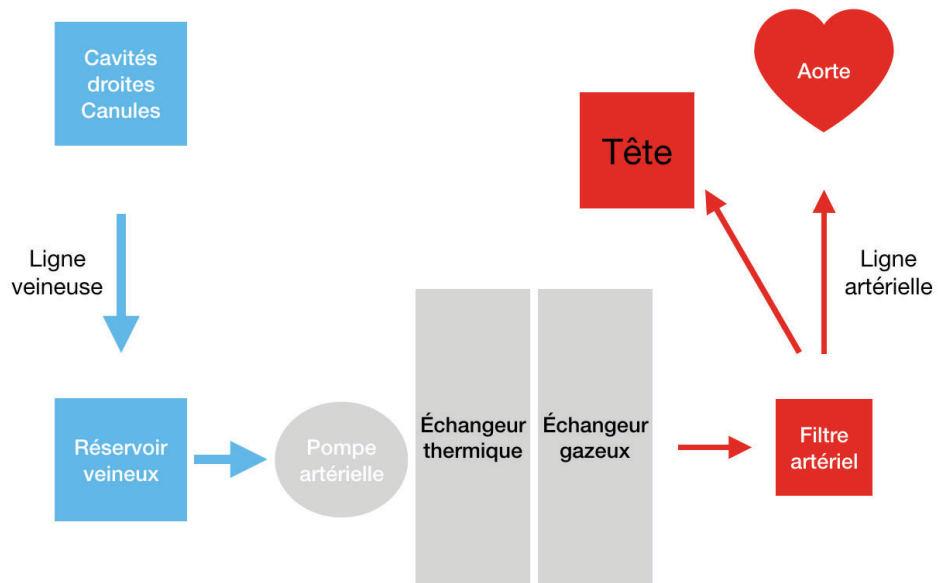
IV. Variabilité de montage

Dissection aortique

- Canulation sous clavière droite
- Canulation TABC
- Canulation carotide droite
- Canulation des 2 carotides

Objectif: Perfusion cérébrale sélective durant l'arrêt circulatoire.





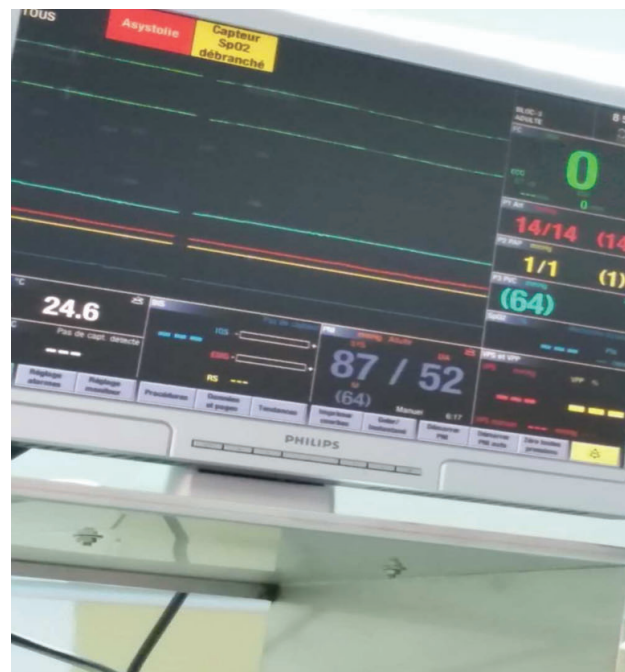
Pompe annexe, dérivation sang en sorti de l'oxygénateur.

Débit en fonction surface corporelle

A adapter en fonction de NIRS

Arrêt circulatoire +/- complet

Hypothermie



Objectif:Greffe pulmonaire

Protéger le premier greffon implanté des lésions d'œdème pulmonaire créées par l'hyperdébit et l'hyperpression liés à l'explantation du second poumon.

Attention à l'hypoperfusion du greffon (ischémie chaude)

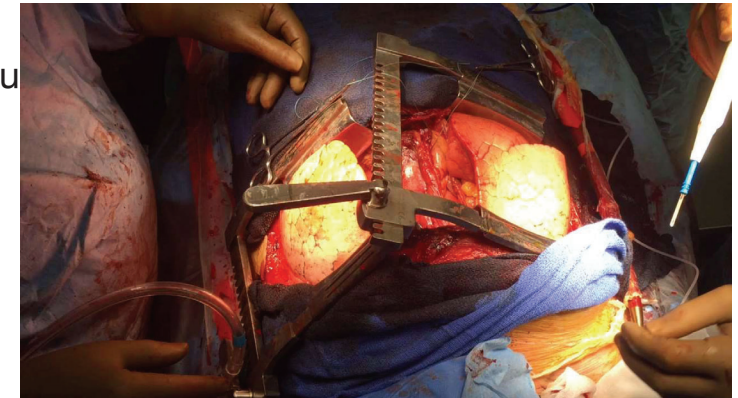
Débit de la CEC en fonction du CO_2 expiré $15 \text{ mmHg} < \text{EtCO}_2 > 20 \text{ mmHg}$

En pratique:

Freiner le retour veineux pour mettre en charge le poumon, tout en gardant u

Supérieur à 20mmHg: frein trop important

Inférieur à 15mmHg: frein pas assez important



Procédure hybride



**MERCI DE
VOTRE
ATTENTION**

