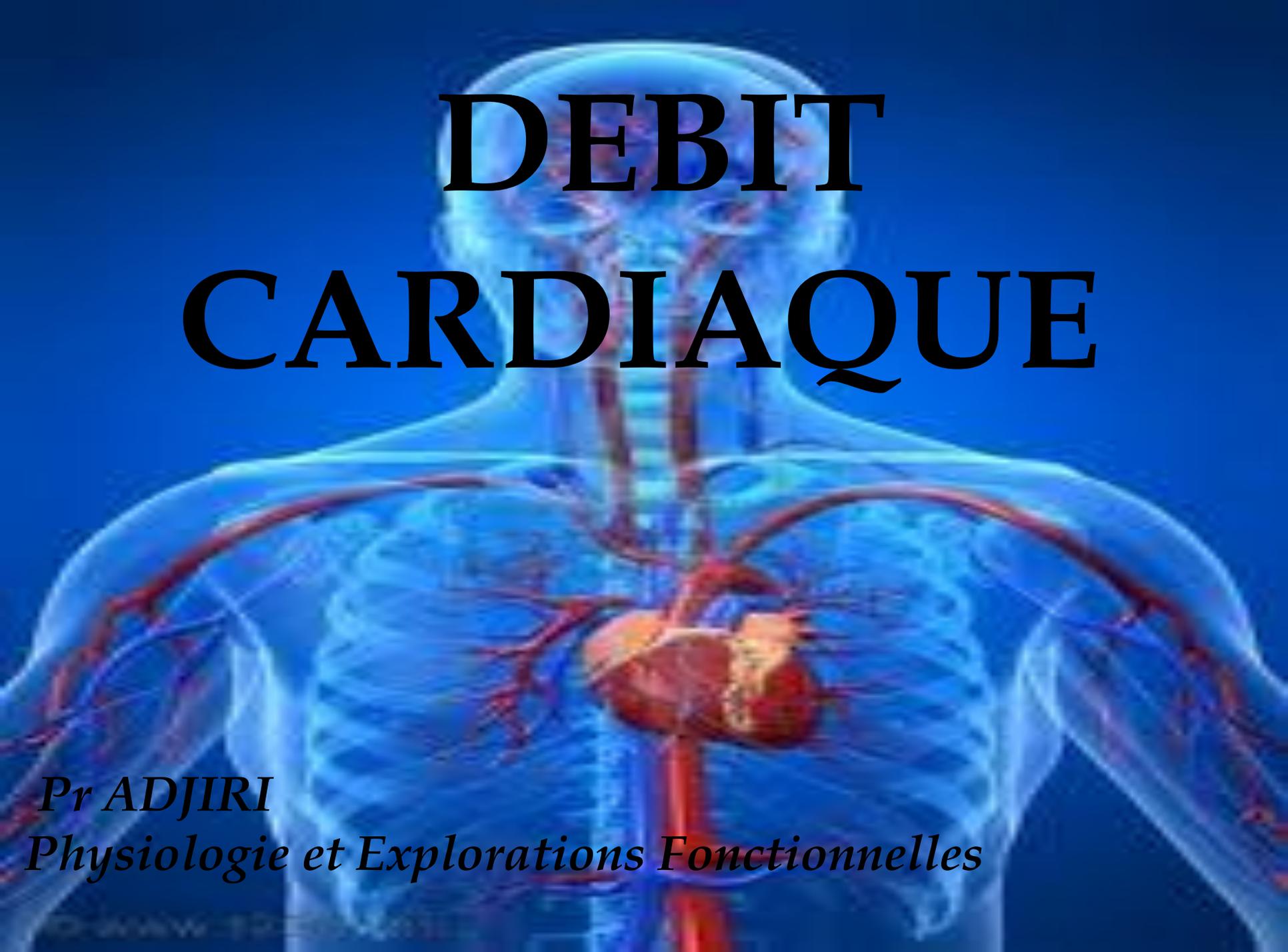




Faculté de Médecine

Laboratoire de Physiologie Clinique

Année universitaire 2020/2021



DEBIT CARDIAQUE

Pr ADJIRI
Physiologie et Explorations Fonctionnelles

INTRODUCTION

La principale fonction du cœur est de fournir une quantité suffisante de sang oxygéné à l'organisme pour couvrir ses besoins métaboliques

Cette condition impose une adaptation instantanée qui obéit à une régulation harmonieuse du système cardiovasculaire :

le cœur pour sa fonction de pompe et l'appareil circulatoire pour sa fonction de distribution du sang

DEFINITION:

-Le débit cardiaque est le volume de sang éjecté par chaque ventricule par unité de temps

-C'est le produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique

$$Q_c = F_c \times VES$$

-Il est exprimé en L/min ou mL/min

VALEURS DU DEBIT CARDIAQUE:

*Il est susceptible à de grandes variations en fonction de l'état de l'organisme; et pour un même état physiologique, il varie d'un individu à un autre (poids et taille)

*Au repos et en état stable:

-Fréquence cardiaque: nombre de battements par minute

Valeur normale: 60 à 100 bats/min

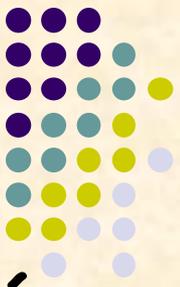
Moyenne: 75 bats /min

-Volume d'éjection systolique: volume de sang éjecté par un ventricule à chaque battement

Valeur normale: 70ml/bat

-Valeur normale : $Q_c = 5,5 \pm 1 \text{ L/min}$

Le débit cardiaque exprimé en L/min est un indicateur peu précis



Lorsque le débit est rapporté au mètre carré de surface corporelle ; sa valeur devient plus précise : c'est l'index cardiaque (Ic).

$$IC = \text{débit cardiaque} / \text{surface corporelle}$$

Il est en moyenne de:

- 3,5 L/min/m² de surface corporelle chez l'homme
- 3,2 L/min/m² de surface corporelle chez la femme

Le Qc est augmenté par:

*grossesse (2^{ème} et 6^{ème} mois)

*l'anxiété

*L'environnement chaud

*fièvre

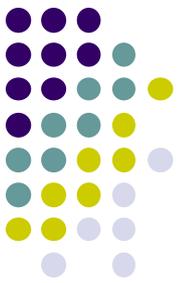
*altitude

*digestion

Le Qc est diminué par:

*passage en orthostatisme

*avec l'âge à partir de l'adolescence



REGULATION DU DEBIT CARDIAQUE

La régulation du débit cardiaque est assurée par des facteurs qui contrôlent la Fc et le VES isolement ou les deux à la fois

A - Régulation de la fréquence cardiaque:

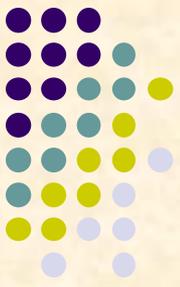
1-Régulation nerveuse:

la FC est déterminée par le nœud sinusal ,d'où le contrôle de l'automatisme cardiaque par le système nerveux végétatif

**Système orthosympathique:*

Cardio -accélérateur, agit par la noradrénaline sur les récepteurs β_1 adrénergiques

Augmente la pente de dépolarisation spontanée



***Système parasympathique:**

Cardio-moderateur , agit par l'acétylcholine

Diminue la pente de dépolarisation spontanée

2 - régulation hormonale:

Catécholamines

Hormones thyroïdiennes

3 - métaboliques:

Température

Concentration ionique

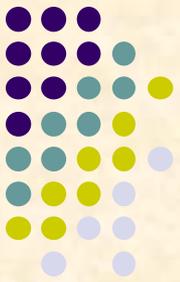
Importance de la fréquence cardiaque:



-La possibilité d'augmenter le Q_c par l'augmentation de la F_c est limitée; dépend de l'âge selon la formule d'ASTRAND

$$FMT = 220 - \text{âge} \pm 10 \text{ bats /min}$$

-L'augmentation isolée de la F_c n'entraîne pas obligatoirement une augmentation du Q_c sauf si le VES reste constant ou augmente à fortiori



Cette condition n'est remplie que si l'augmentation de la Fc s'associe à:

***Augmentation de la contractilité**

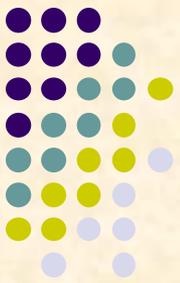
***Augmentation de la pré charge**

***Diminution de la post-charge**

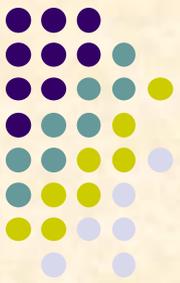
- La tachycardie entraîne un raccourcissement du cycle cardiaque au détriment de la diastole:

- *Diminution du VTD et du VES

- *Gene d'irrigation du myocarde



B - régulation du volume d'éjection systolique:



Le VES dépend de la pré-charge, post-charge et la contractilité

$$VES = VTD - VTS$$

1 - Pré-charge:

loi de FRANK STARLING

C'est la tension développée par le myocarde en fin de diastole (VTD), en effet plus le VTD augmente; plus le VES augmente (degré d'étirement des fibres myocardiques)

LOI FONDAMENTALE DU CŒUR DE FRANK STARLING



De quels facteurs dépend la longueur des cellules contractiles du cœur avant une contraction?

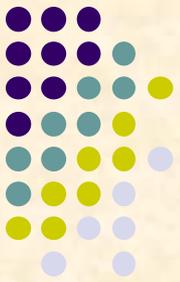
Le facteur essentiel est l'importance du remplissage ventriculaire.

Les ventricules relâchés sont un peu analogues à un ballon; plus on le remplit, plus l'étirement de sa paroi augmente et plus la longueur initiale des fibres du muscle cardiaque est grande.



Cette plus grande longueur cause une plus forte contraction et par conséquent un plus grand volume systolique éjecté.

Dans les limites physiologiques, le cœur a la capacité intrinsèque d'adapter le débit éjecté au débit de remplissage.



Le VTD dépend:

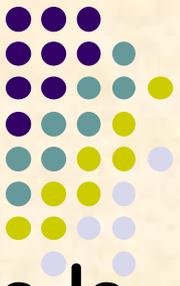
**Facteurs cardiaques:*

- Durée de la diastole
- Pression auriculaire droite et systole auriculaire
- Retour veineux

**Facteurs extra cardiaques:*

- Volume sanguin total
- Position du corps, passage en orthostatisme
- Pression intra thoracique
- Pression intra péricardique
- Veinomotricité
- Pompe musculaire

2 - post-charge:



C'est l'ensemble des résistances que doit vaincre le VG au moment de l'éjection

Il doit vaincre:

- Des forces d'inertie: l'accélération de la masse sanguine
- Des forces capacitives : distensibilité des parois aortiques
- Des forces résistives: vasomotricité artériolaire
viscosité sanguine

3 - contractilité:

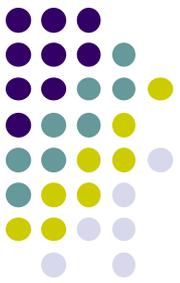


*Joue un rôle important dans l'ajustement du Q_c

*Représente la vitesse de raccourcissement des éléments contractiles (activité ATPasique de la myosine)

*Dépend de la concentration du calcium

*La quantité de calcium délivrée détermine le degré de raccourcissement des fibres



La quantification de la contractilité est difficile en pratique clinique.

La fraction du volume sanguin intracardiaque éjectée à chaque systole est calculée par la formule suivante:

$$FE = (VES/VTD) \times 100 (\%)$$

C'est un indice imparfait de contractilité, influencé par les conditions de charge ventriculaire.

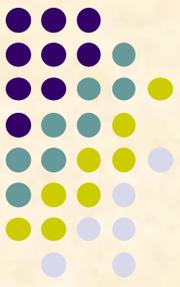


Ventricule gauche:

FE \approx 65%, inférieure à 55% c'est pathologique.

Ventricule droit:

FE \approx 55%, inférieure à 45% c'est pathologique



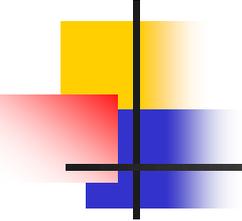
Substances inotropes positif:

- Noradrénaline (stimulation du $\text{SN}\Sigma$)
- Substances Σ mimétiques: adrénaline, dopamine
- Cardiotoniques: digitaliques (digoxine, digitaline)

Substances inotropes négatif:

- Acétylcholine (stimulation du SN para Σ)
- Certains inhibiteurs calciques(vérapamil)

REPARTITION DU DEBIT CARDIAQUE



- Le poumon reçoit la quasi-totalité du débit ventriculaire droit.
- En revanche, le débit cardiaque gauche se répartit entre les différents organes.

Distribution du débit cardiaque (DC) et débit sanguin des différents organes au repos
(Valeurs pour un sujet de 70 Kg au repos avec un DC de 5,7 L/min)

	% du DC	mL /min	mL /min/100 g	VO₂ (%)
Circulation cérébrale	14	800	60	21
Cœur-coronaires	4	230	80	11
Reins	20	1250	400	7
Muscles	20	850	5	27
Foie et tractus digestif	25	1400	100	24
Autres	17	1170	2	10



- ❑ Le débit cardiaque gauche se répartit entre les différents organes en fonction de leurs besoins et de leur importance vitale (les reins ne représentent que 0,5% du poids corporel mais ils reçoivent 20% du DC).
- ❑ En cas d'exercice dynamique, les muscles squelettiques reçoivent plus de 60% du débit cardiaque.

- En cas de stress majeur ou de choc, les circulations vitales sont protégées: cerveau, diaphragme et myocarde (coronaires).
- Une baisse du DC s'accompagne de signes périphériques dits de bas débit: oligurie et pâleur de la peau.



ADAPTATION DU DEBIT CARDIAQUE:

❖ Au repos:

- Action permanente du para Σ (Q_c normal)
- Mécanisme de STARLING ajuste battement par battement le remplissage et l'éjection
- F_c d'un sujet entraîné est inférieure à celle d'un sujet non entraîné

❖ Digestion:

augmentation du Q_c de 30% avec redistribution du sang vers le tractus digestif

❖ Chaleur:

augmentation du Q_c par augmentation du retour veineux (dilatation veinulaire) \Rightarrow éliminer le surplus de chaleur

❖ Grossesse:

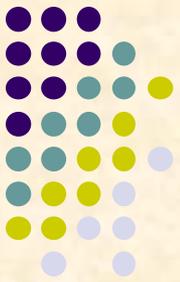
augmentation du Q_c (2^{ème} et 6^{ème} mois), puis diminue

❖ Altitude:

- \downarrow pression barométrique, \downarrow PaO_2 mais la FiO_2 reste cte \Rightarrow hypoxie \Rightarrow stimulation des chémorécepteurs périphériques \Rightarrow hyperventilation et tachycardie

- polyglobulie





❖ A l'effort:

-Action du Σ (Q_c augmente par effet chronotrope +, inotrope +, \uparrow pré charge, \downarrow post charge et redistribution du sang vers les muscles en activité)

-VES d'un sujet entraîné est supérieur à celui d'un sujet sédentaire

MESURE DU DEBIT CARDIAQUE

- En pratique médicale, le débit cardiaque de repos est rarement mesuré avec précision, mais l'examen clinique est en revanche capital pour évaluer les réserves cardiaques en quantifiant la symptomatologie d'effort par l'interrogatoire et par un test d'exercice, tel un test de marche.
- La mesure du débit cardiaque peut être obtenue de façon invasive ou non invasive.

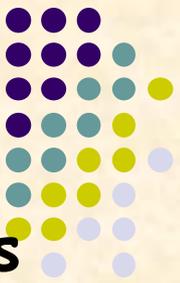
Méthodes non invasives :

*l'échographie cardiaque : est la technique la plus utilisée (calcul des diamètres, des surfaces et des volumes cardiaques, débit par intégration temps/vitesse du sang à la racine de l'aorte).

détermine le volume d'éjection systolique, le Q_c est ensuite calculé en multipliant ce dernier par la fréquence cardiaque

*doppler cardiaque

*l'imagerie : scanner.







74



74

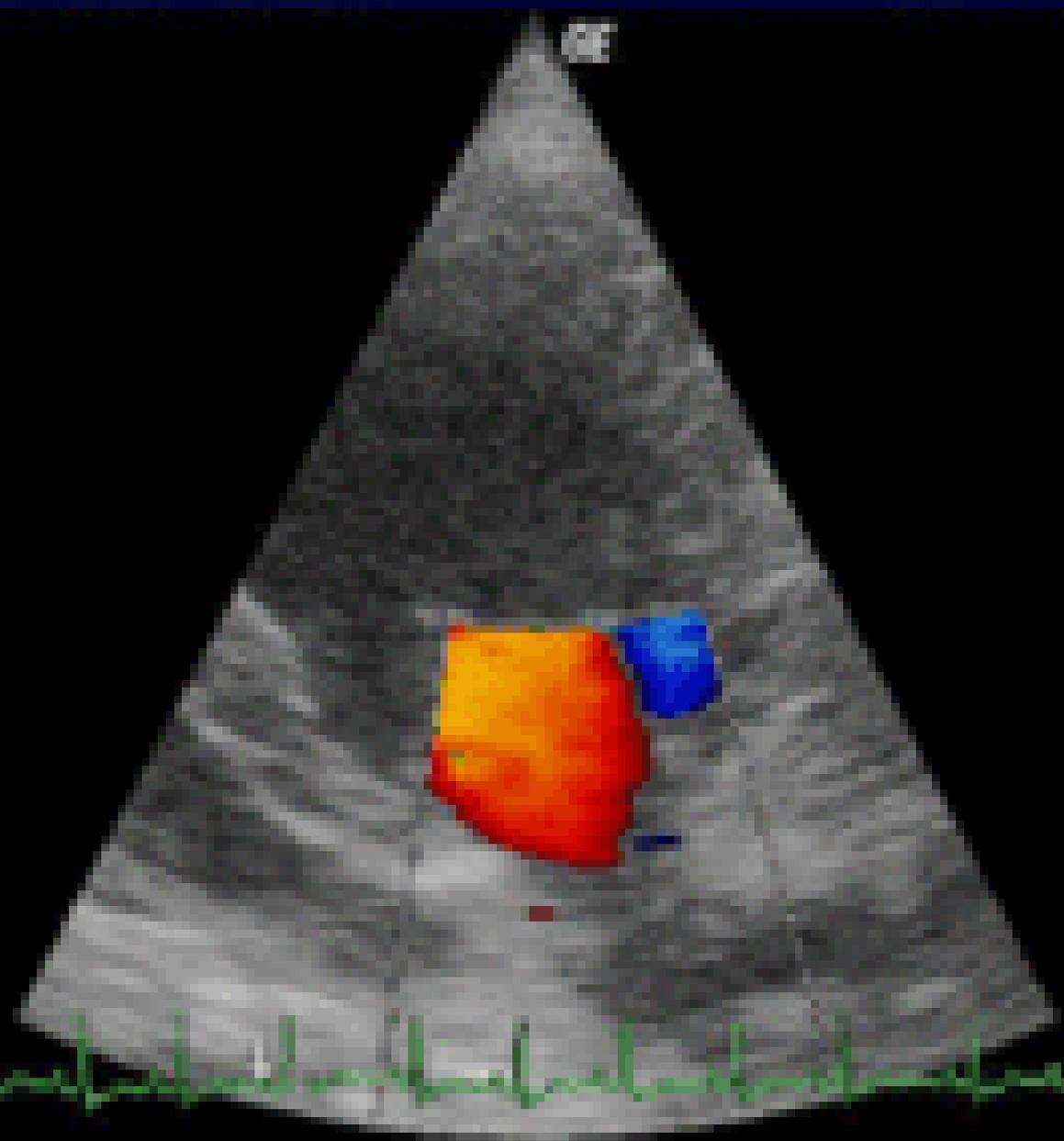
0.418

0.50

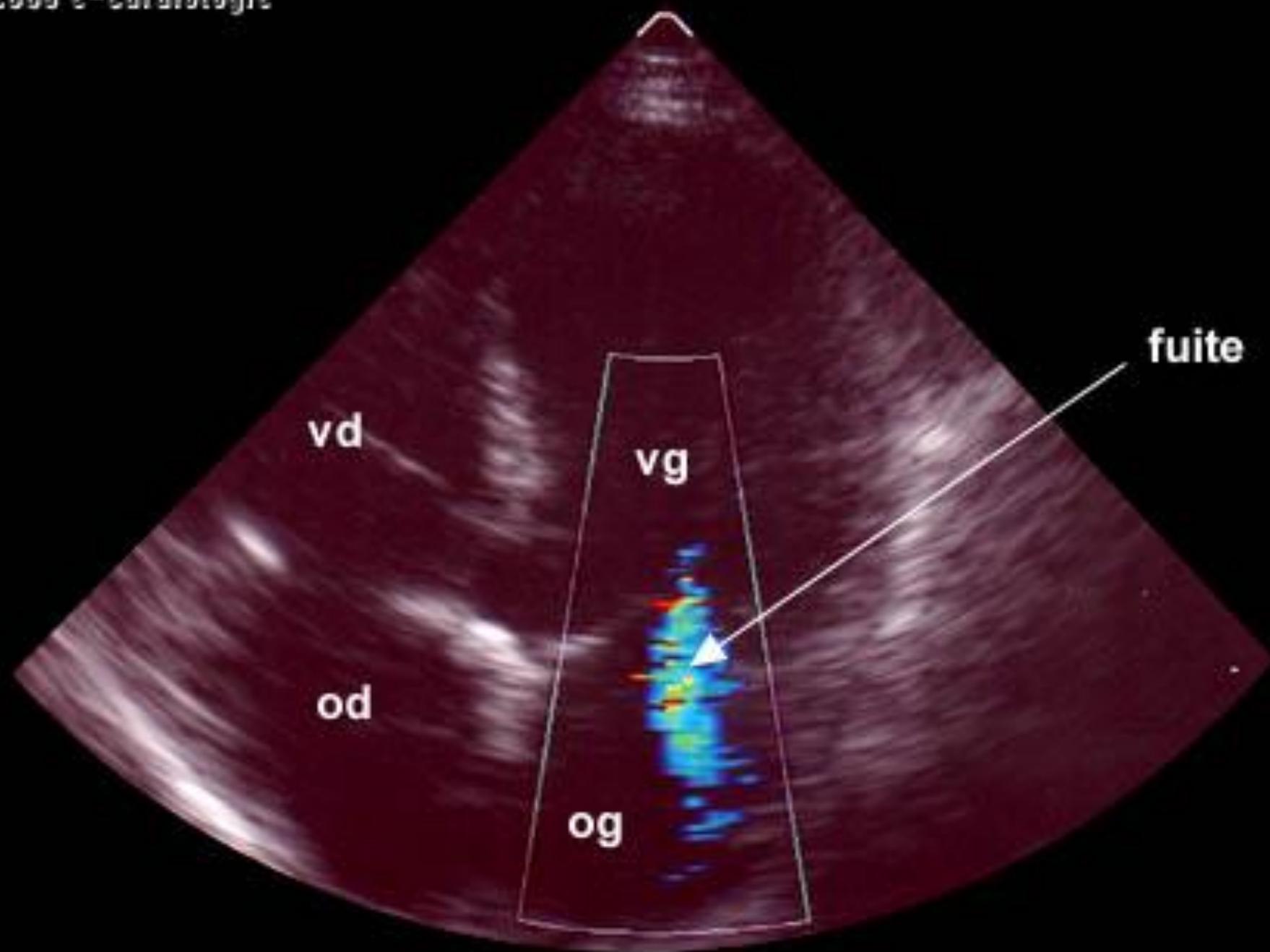
0.50

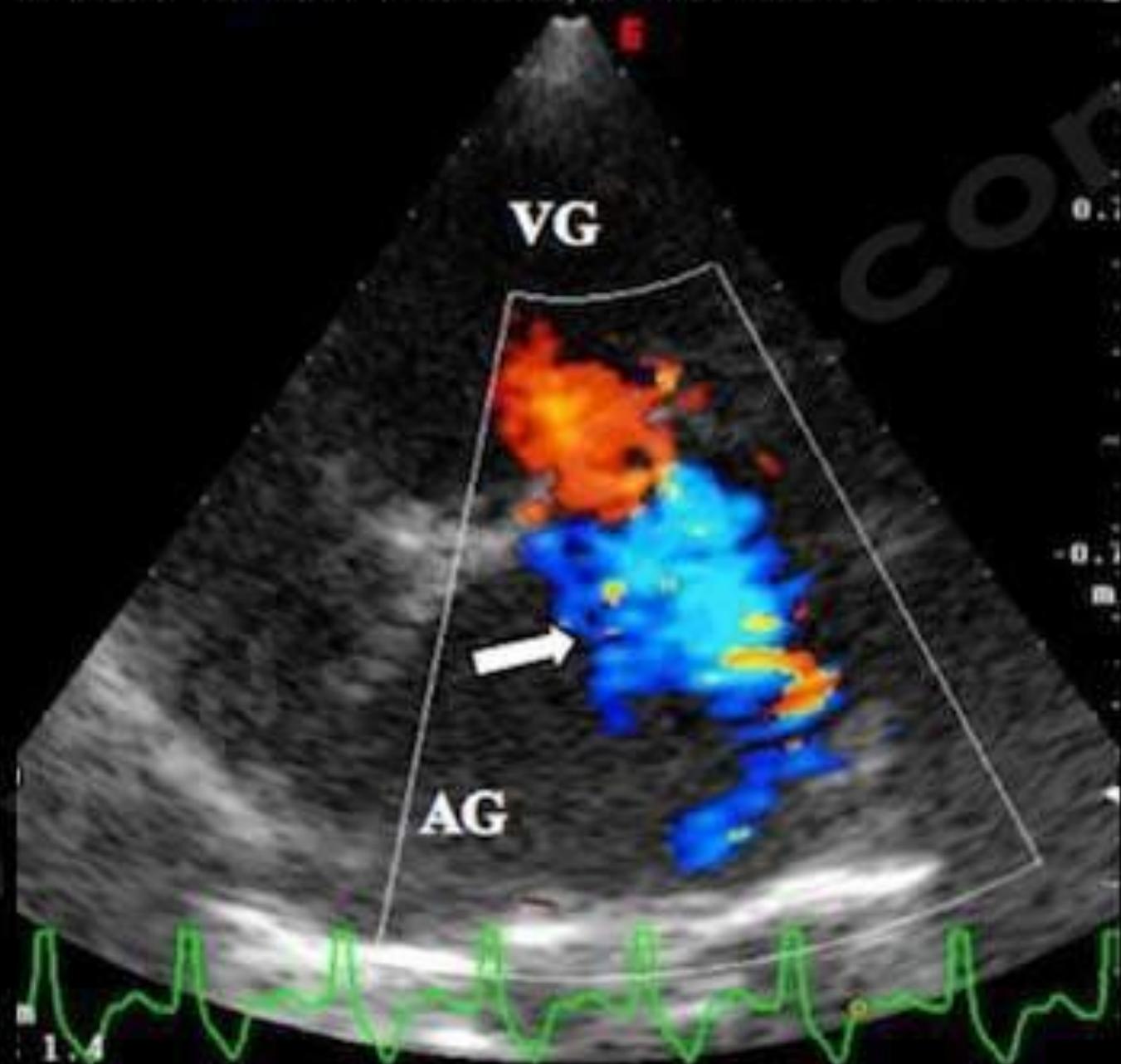
0.50

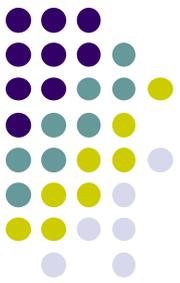
0.50



1.500000
 1.100000







Méthodes invasives :

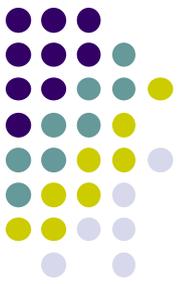
Ces techniques nécessitent la mise en place d'un cathéter dans le cœur droit permettant d'injecter un traceur (thermo dilution) ou de prélever (FICK).

Equation de FICK :

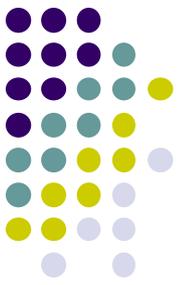
Le débit cardiaque est adapté aux besoins métaboliques de l'organisme. Suivant la loi de conservation de masse, la consommation d'oxygène de l'organisme (VO_2) est la différence entre le débit d'oxygène partant du cœur ($Q \times CaO_2$) et en revenant ($Q \times CvO_2$).

$$\begin{aligned}VO_2 &= (Q \times CaO_2) - (Q \times CvO_2) \\ &= Q (CaO_2 - CvO_2) \\ &= Q \times DAV\end{aligned}$$

$$\text{Donc : } QC = VO_2/DAV$$



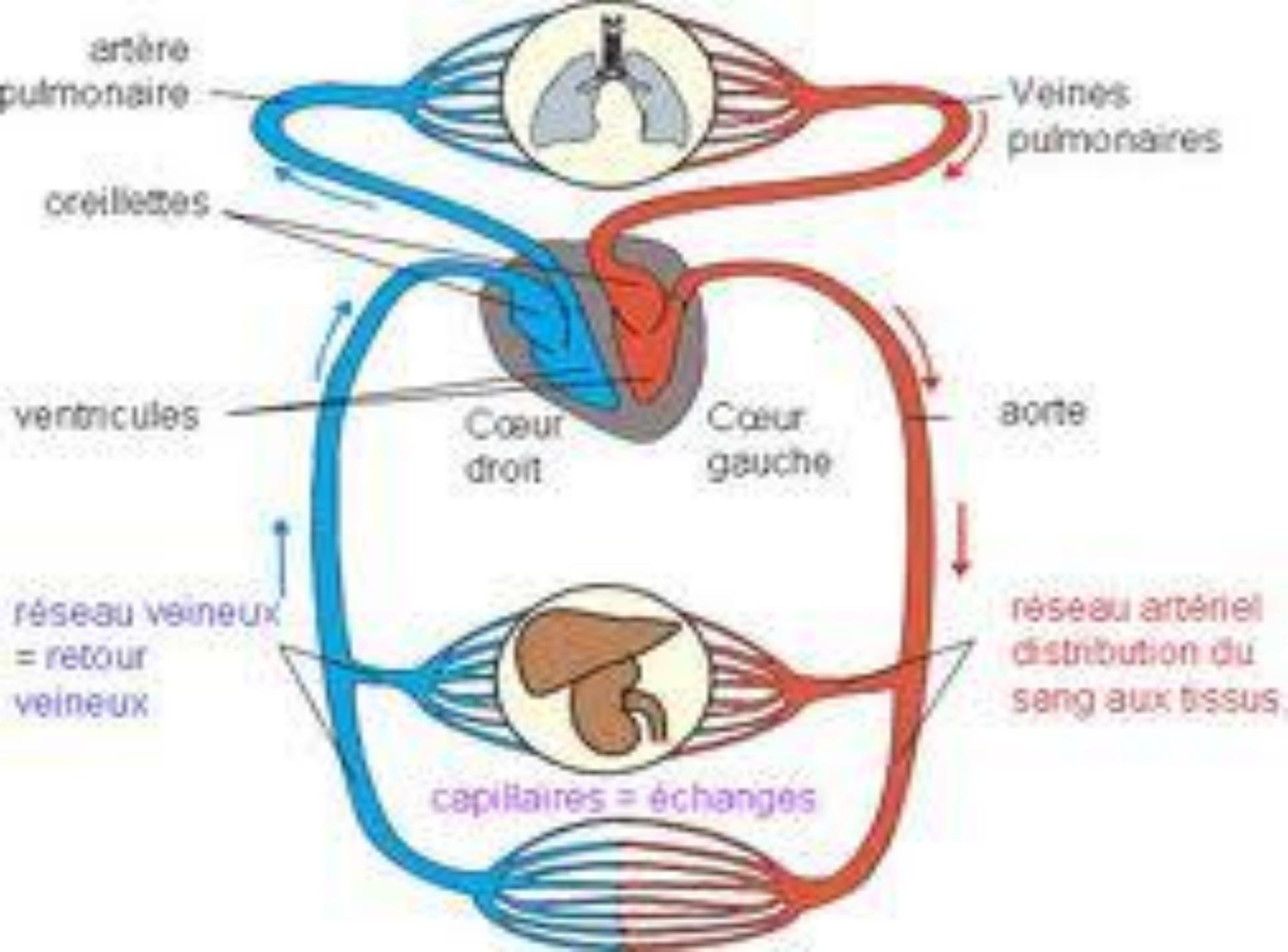
VO_2 : consommation d'oxygène de l'organisme

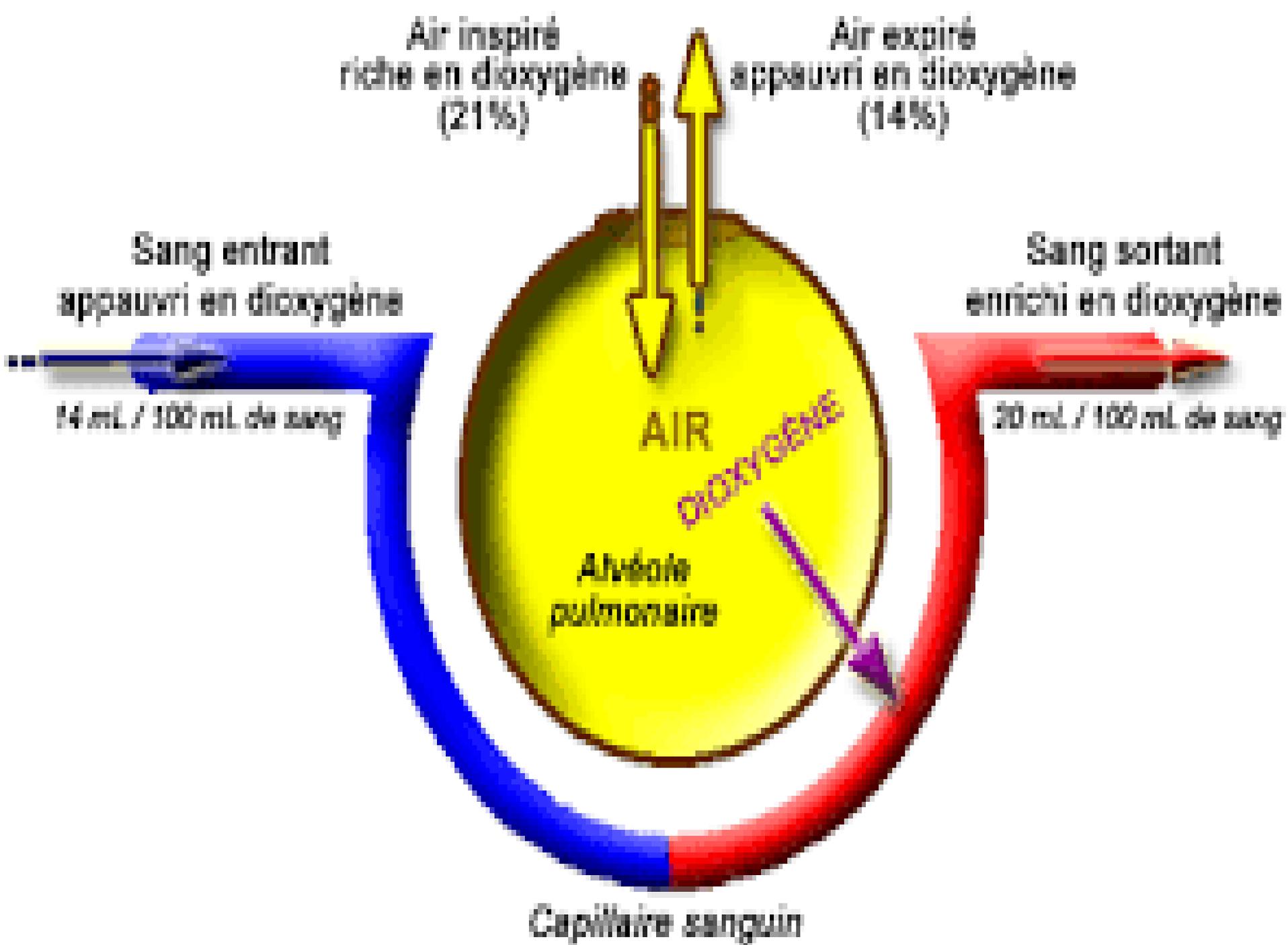


CaO_2 : concentration artérielle en oxygène.

CvO_2 : concentration veineuse en oxygène (au niveau de l'artère pulmonaire).

DAV : différence artério-veineuse.







Au repos :

$$VO_2 = 0,3 \text{ L/min}$$

$$CaO_2 = 0,20 \text{ L d'oxygène /L}$$

$$CvO_2 = 0,15 \text{ L d'oxygène /L}$$

$$DAV = 0,05 \text{ L d'oxygène}$$

$$QC = 0,3/0,05 = 6 \text{ L/min}$$



1 - utilisation du principe de fick de conservation de la masse appliqué à l'oxygène (principe indirecte de fick).

2- méthode utilisant un indicateur (principe de Stewart-Hamilton):

* Un colorant: vert d'indocyanine ou tricarboyanine ou cardiogreen.

*thermo dilution.



*utilisation du CO_2 ou des gaz étrangers à l'organisme(le KRYPTON 85 ;gaz inerte radioactif).

*dilution isotopique:

- Albumine humaine marquée à l'iode 132

- Hématies marquées au technétium 99



3 - Ciné angiographie qui calcule les

volumes de sang déplacé :

le sang est rendu opaque aux rayons

X et sa vitesse est mesurée

