



Outil médecins

# Cathéterisme cardiaque droit

## Fiche pratique

### Valeurs, Formules, Tests complémentaires

---

*Cet outil est rédigé par l'équipe de l'École Numérique de Cardiologie.  
Il est partagé à titre informatif et ne peut se substituer aux validations locales  
propres à chaque établissement.*

---

Auteurs

Xavier ROY, Pascal BATTISTELLA, Louis-Marie DESROCHE (CHU de La Réunion) & Louis PERRARD (CHU Amiens-Picardie)

Relu par

Fabrice BAUER (Hôpital Kremlin-Bicêtre, APHP)

# Sommaire

- I. Analyse des courbes de pression standard
- II. Paramètres hémodynamiques normaux et calculés
- III. Définition et valeurs de l'hypertension pulmonaire
- IV. Valvulopathies et KT droit
- V. Shunts intra cardiaques et KT droit
- VI. Insuffisance cardiaque avancée et KT droit
- VII. Cardiopathie restrictive vs. Péricardite chronique constrictive
- VIII. Tests additionnels
- IX. Réanimation et KT droit

## Objectif :

Le cathétérisme cardiaque droit (KT droit) est une procédure diagnostique essentielle pour évaluer la fonction hémodynamique des patients atteints de maladie cardio-pulmonaire suspectée ou confirmée.

Il reste le gold standard pour le diagnostic de l'hypertension pulmonaire (HTP) et pour l'identification des shunts intracardiaques.

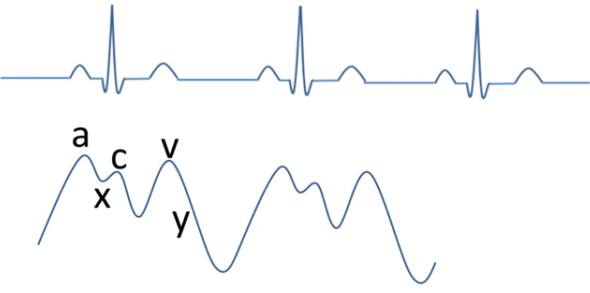
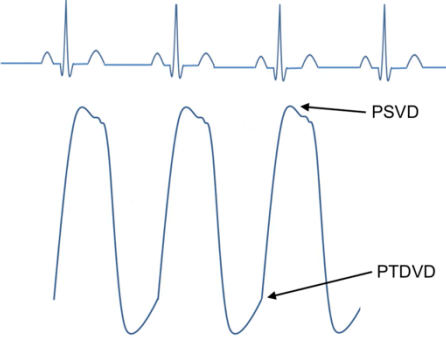
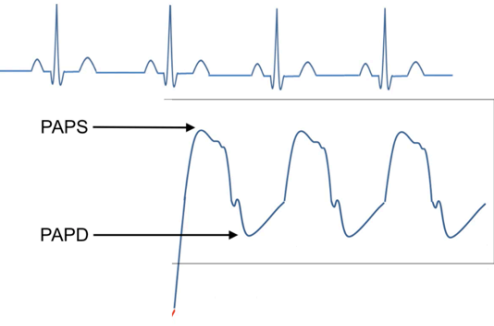
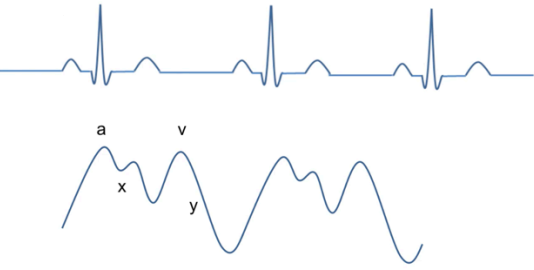
[Cet outil est en complément du tutoriel vidéo ENC nommé « Cathétérisme droit ».](#)

Retrouvez-le ici :



[Il existe également un arbre décisionnel ENC sur l'Hypertension pulmonaire.](#)

## I. Analyse des courbes de pression standard

<p style="text-align: center;"><b>OREILLETTE DROITE</b></p> 	<p>3 ondes positives (a,c,v) ; 2 ondes négatives (x,y)  <b>a</b> : contraction auriculaire, suit l'onde P sur l'ECG.  a&gt;v dans l'OD, v&gt;a dans l'OG  <b>c</b> : mouvement de l'anneau tricuspide vers l'OD lors de la contraction isovolumétrique du ventricule  <b>v</b> : remplissage auriculaire passif, au moment de l'onde T sur l'ECG.  <b>x</b> : relaxation auriculaire,  <b>y</b> : vidange de l'OD après l'ouverture de la valve tricuspide</p>
<p style="text-align: center;"><b>VENTRICULE DROIT</b></p> 	<p>1- Portion ascendante rapide : contraction ventriculaire  2- Portion descendante plus lente : ouverture de la valve pulmonaire.  3- Diastole ; l'augmentation des pressions en diastole reflète la compliance du ventricule droit.</p> <p><u>Pression systolique du VD (PSVD) :</u>  N = 15-30 mmHg  <u>Pression télédiastolique du VD (PTDVD) :</u> Pression dans le VD en fin de diastole, avant la contraction,</p>
<p style="text-align: center;"><b>ARTERE PULMONAIRE</b></p> 	<p>Le dichrotisme correspond à la fermeture de la valve pulmonaire</p> <p><u>PAPM</u> = 1/3 PAPS + 2/3 PAPD</p>
<p style="text-align: center;"><b>PRESSION ARTERIELLE PULMONAIRE D'OCCLUSION</b></p> 	<p>2 ondes positives (a,v), 2 ondes négatives (x,y)</p> <p>Quelques différences avec courbe OD :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'onde c</li> <li>- Décalage avec le QRS de 40 à 120 ms (onde a en fin de QRS, onde v à la fin de l'onde T)</li> </ul> <p><b><u>PAPD (≈ pression capillaire pulmonaire PCP) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reflet de la POG</li> <li>- Inférieure à la PAPd</li> <li>- Mesurée en <u>télé-expiratoire</u> (ventilation spontanée et mécanique)</li> <li>- <b>Moyenne de l'onde « a »</b></li> </ul>

## II. Paramètres hémodynamiques normaux et calculés





Variable Hémodynamique	Plage de Valeurs Normales (mmHg, sauf indication contraire)	Formule de Calcul Clé
Pression Oreillette Droite (POD)	0-6 mmHg	Mesure directe
Pression Systolique VD (PSVD)	15 – 30 mmHg	Mesure directe
Pression Diastolique VD (PTDVD)	1-7 mmHg	Mesure directe
Pression Artérielle Pulmonaire moyenne (PAPm)	12-20 mmHg	Mesure automatique (aire sous la courbe) ou $PAPm = 1/3 PAPs + 2/3 PAPd$
Pression d'Occlusion Art. Pulmonaire (PAPO ≈ PCP)	6-12 mmHg	Mesure directe
Débit Cardiaque (DC)	4-6,5L/min	Thermodilution (Gold Standard) ou Fick*
Index Cardiaque (IC)	2,4-4,0 L/min/m <sup>2</sup>	$IC = DC/SC$ (surface corporelle)
Résistances Vasculaires Pulmonaires (RVP)	$\leq 2UW^{**} / \leq 160$ dyne/sec/cm <sup>2</sup>	$RVP = (PAPm-PAPO) / DC$
Résistances Vasculaires Systémiques (RVS)	700-1600 dyne/sec/cm <sup>2</sup>	$RVS = (PAM-POD)/DC \times 80$
Gradient Transpulmonaire Diastolique (GTPd)	<7 mmHg	$GTPd = PAPd-PAPO$
Saturation Veineuse Mixte en Oxygène (SvO <sub>2</sub> )	≥65-70%	Mesure directe dans l'artère pulmonaire
Rapport des débits Qp/Qs	<1,5 : shunt léger 1,5-2 : shunt modéré > 2 : shunt large	$Qp/Qs = (SaO_2 - SvO_2) / (SaO_2 - SapO_2)$ (voir § 5)

\*DC (Fick) =  $VO_2 / (1,36 \times Hb \times (SaO_2 - SvO_2) \times 10)$

$VO_2 \approx 125$  ml/min/m<sup>2</sup>

\*\*Unité Wood= (dyne/sec/cm<sup>2</sup>) / 80

### Attention aux conditions de mesure

-  **PAPO** : mesure en fin d'expiration, en s'assurant d'un tracé de bonne qualité
-  **DC** : préciser la méthode (thermodilution ou méthode de Fick)
-  **En cas d'insuffisance tricuspide sévère** : la thermodilution peut-être moins fiable  
→ discuter la méthode de Fick si disponible
-  **En cas d'insuffisance mitrale sévère** : l'onde V proéminente tend à majorer la PAPO et donc augmenter faussement la part réversible de l'HTP

### III. Définition et valeurs de l'hypertension pulmonaire

L'HTP est définie par une **pression artérielle pulmonaire moyenne (PAPm) supérieure à 20 mmHg au repos.**

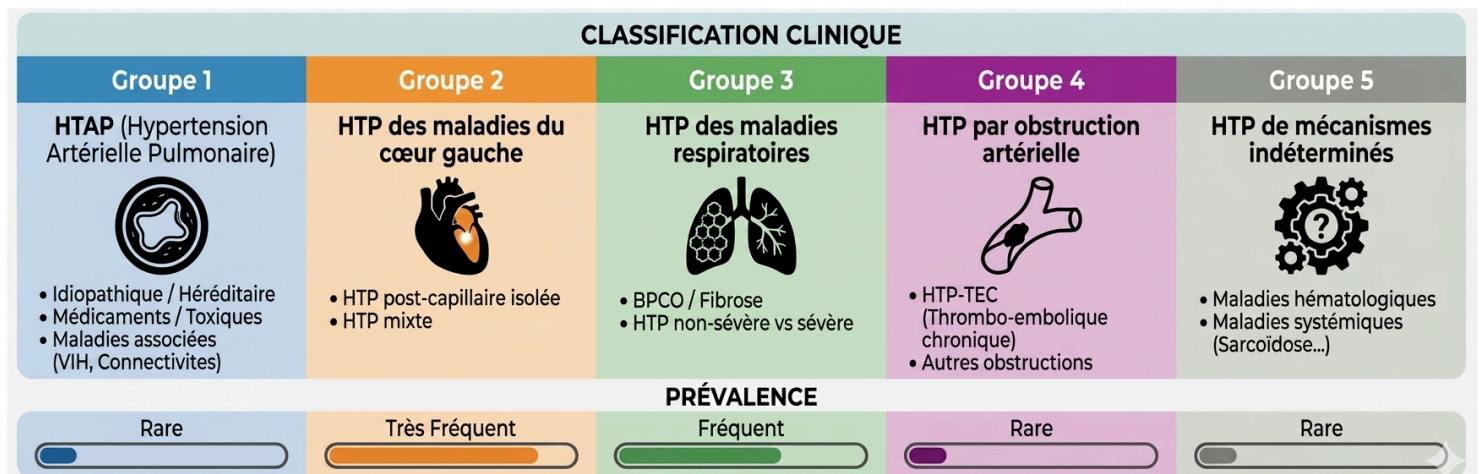
En cas de PAPO > 15 mmHg, l'HTP est post capillaire.

Les RVP reflètent la présence ou non d'une part pré capillaire associée.

<u>Classification de l'HTP</u>	<b>PAPm (mmHg)</b>	<b>PAPO (mmHg)</b>	<b>RVP (UW)</b>	<b>GTPd (mmHg)</b>
<b>HTP Précapillaire (Groupe 1/3/4/5)</b>	> 20	≤ 15	> 2	≥ 7
<b>HTP Post-capillaire Isolée (Gr 2)</b>	> 20	> 15	≤ 2	<7 (norme)
<b>HTP Post-capillaire Combinée (Gr 2)</b>	> 20	> 15	> 2	≥ 7
<b>HTP d'effort</b>	Pente PAPm / DC entre le repos et l'effort > 3mmHg/L/min			

*NB : Le Gradient diastolique transpulmonaire (GTPd) est un outil complémentaire pour classer les différentes formes d'HTP mais ne fait plus partie des recommandations.*

Rappel clinique :



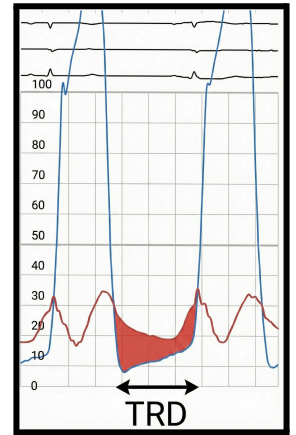
Arbre décisionnel de l'ENC sur l'HTP : [cliquer ici](#).

## IV. Valvulopathies et KT droit

Il peut être intéressant lorsque l'évaluation non invasive est **inconclusive ou discordante** avec les signes cliniques, réaliser un KT droit avec mesure directe des pressions, du DC et évaluation précise de l'impact hémodynamique.

### Sténose Mitrale :

- o **Onde "a" géante (si rythme sinusal), onde « v » modérée (différent IM), descente « y » ralentie** sur la courbe PAPO.
- o Rechercher une hypertension pulmonaire post capillaire
- o Calcul de la surface mitrale par la **Formule de Gorlin :  $S = DC / (44,3 \times TRD \times FC \times \sqrt{\Delta P})$** 
  - DC → débit transvalvulaire (ml/min)
  - TRD → temps de remplissage diastolique (sec)
  - $\Delta P$  → gradient de P° diastolique moyen OG-VG (mmHg) = aire sous la courbe entre PAPO et P° diastolique VG, en rouge sur la courbe de droite



**Limites importantes :** pas fiable en cas de régurgitation, FA, tachycardie, sensible aux erreurs de mesure du débit (Fick vs thermodilution).

**Insuffisance Mitrale :** Grande onde "v" sur le tracé de PAPO, +/- HTP

### Rétrécissement Aortique :

- o Calcul de la surface aortique par la **Formule simplifiée de Hakki:  $S = DC / \sqrt{\Delta P}$** 
  - DC → débit transvalvulaire (ml/min)
  - $\Delta P$  → gradient de P° systolique moyen VG - Aorte (mmHg) = aire sous la courbe entre P° VG et aortique en systole, en rouge sur la courbe de droite



### Insuffisance Tricuspide :

- o **Onde "v" géante** sur le tracé de l'OD
- o KT droit impératif avant une réparation valvulaire tricuspide percutanée pour évaluer les RVP : si les RVP sont trop élevées, cela peut rendre l'intervention risquée.

**Sténose Tricuspide et Pulmonaire :** Mesure du gradient moyen entre AP-VD ou du gradient diastolique entre VD-OD

## V. Shunts intra cardiaques et KT droit

Le KTd est le *gold standard* pour l'évaluation des shunts (CIA, CIV, RVPA, canal artériel, fistule artério-veineuse pulmonaire)

Un shunt G-D peut être suspecté si la **SvO<sub>2</sub> > 75%** ou lors de la détection d'un **saut d'oxygénation** entre deux étages successifs, au cours d'une série de prélèvements étagés réalisés dans VCS, VCI, OD haute, OD basse, VD, AP.

Un saut d'oxygénation significatif suggère un shunt gauche-droite et aide à localiser le niveau de ce shunt.

Formule simplifiée en partant du principe que la saturation veineuse pulmonaire (SpvO<sub>2</sub>) est similaire à la saturation artérielle systémique (SaO<sub>2</sub>) :

$$Qp/Qs = (SaO_2 - SvO_2) / (SaO_2 - SapO_2)$$

<1,5 : shunt G-D léger

1,5-2 : shunt G-D modéré

> 2 : shunt G-D large

*Qp = Débit pulmonaire*

*Qs = Débit systémique*

*SaO<sub>2</sub> = Saturation artérielle aortique en O<sub>2</sub>*

*SvO<sub>2</sub> = saturation veineuse centrale en O<sub>2</sub>*

*SapO<sub>2</sub> = saturation de l'artère pulmonaire en O<sub>2</sub>*

## VI. Insuffisance cardiaque avancée et KT droit

Le cathétérisme droit dans l'insuffisance cardiaque avancée permet de :

1. Objectiver le profil hémodynamique (congestion, bas débit, atteinte droite)
2. Quantifier l'hypertension pulmonaire (HTP) et les Résistances Vasculaires Pulmonaires (RVP)
3. Apprécier la qualité contractile du VD (évaluation multiparamétrique)
4. Aider à la décision dans le parcours « insuffisance cardiaque avancée » : optimisation médicale, assistance ou transplantation

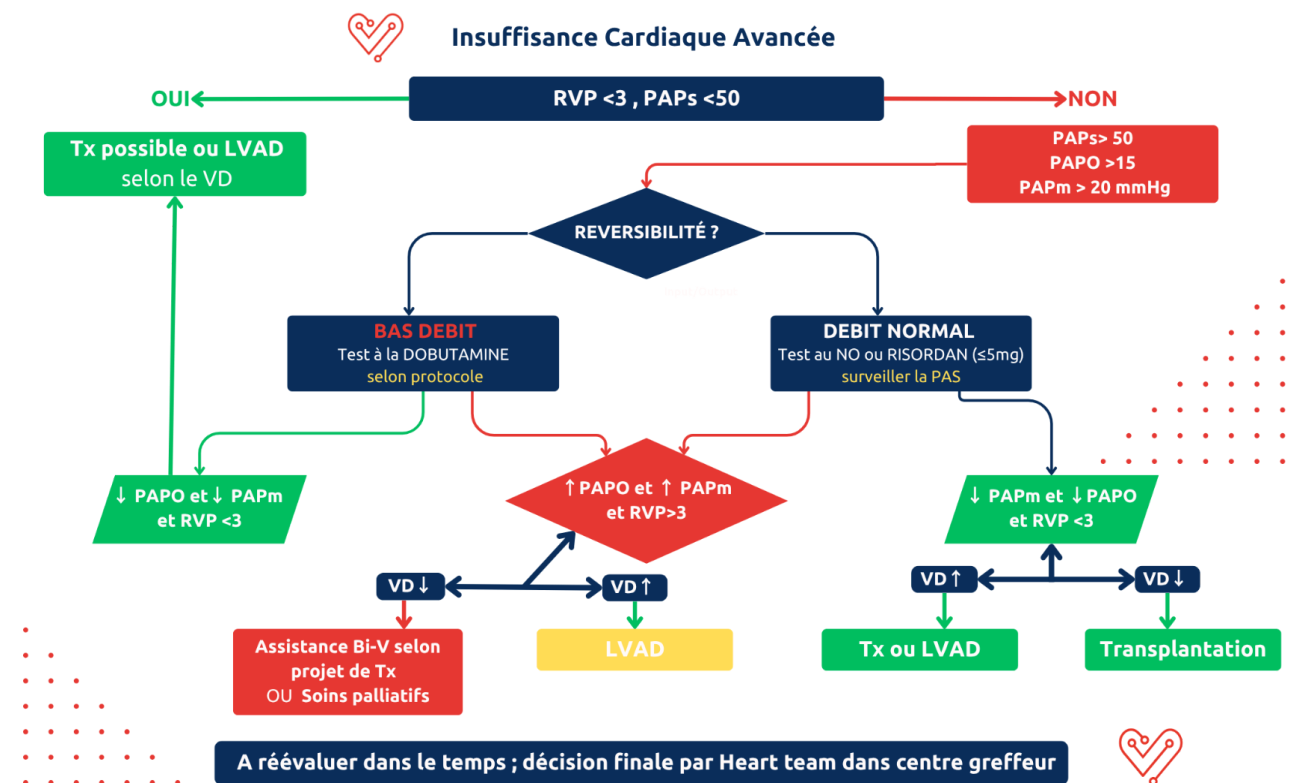
### a) Lecture orientée pour décision rapide : 3 profils simples

L'objectif est d'identifier rapidement le phénotype principal : congestion, bas débit et HTP avec composante pré-capillaire.

Profil	Congestion dominante	Bas débit dominant	HTP + <b>composante pré-capillaire</b> suspecte (enjeu transplantation)
Paramètres	PAPO ↑ (souvent PAPm ↑) DC <-> ou ↓ modérée	DC ↓ & SvO2 ↓ PAPO variable	PAPO ↑ & RVP ↑ (HTP pré- et post-cap combinée si RVP > 2 UW)
Actions	Optimiser la congestion → diurétiques +/- vasodilatateurs	Évaluer tolérance, discuter inotrope, trajectoire IC avancée	Discuter réversibilité (RVP) après optimisation/test
Commentaires	Si décision lourde, re-contrôle après optimisation	⚠ si instable, discuter assistance de courte durée	

### b) KT droit et bilan pré transplantation cardiaque

Le KT droit est systématique. La transplantation cardiaque est envisageable en fonction de l'évolution des résistances pulmonaires.



LVAD : Left Ventricular Assist Device ou dispositif d'assistance ventriculaire gauche  
 PAPs/PAPm/PAPO : Pressions Artérielles Pulmonaires systolique/moyenne/occluse  
 RVP : Résistances Vasculaires Pulmonaires  
 Tx : Transplantation  
 VD : Ventricule Droit  
 VD ↓ : fonction VD altérée / VD ↑ : bonne fonction VD

Le bas débit est défini par un DC < 4 L/min ou un IC < 2.4 L/min/m<sup>2</sup>, mesurés par thermodilution ou méthode de Fick.

Le test de réversibilité est détaillé dans le chapitre dédié VIII.c.

### Screening pré LVAD et facteurs prédictifs de défaillance VD

Lors d'un projet d'assistance, le KTd est un outil important (avec l'échographie) rentrant dans le cadre de l'évaluation multi-paramétrique.

Certains paramètres permettent de prédire un risque de défaillance VD post opératoire :

- **Les résistances vasculaires pulmonaires (RVP).**
- **Le ratio POD/PAPO > 0,63 :**

Il permet d'évaluer l'équilibre entre les pressions de remplissage des cavités droites et gauches. L'élévation de ce rapport est en faveur d'une défaillance droite associée.

- **Le Right Ventricular Stroke Index (RVSWI) ≤ 0,25 :**

Il estime la charge de travail réelle du VD pour chaque battement.  
 $RVSWI = (PAPm - POD) \times VES_{indexé} \times 0,0136$

- **L'index de pulsatilité de l'artère pulmonaire (PAPi) ≤ 1,85 :**

C'est un indice important pour évaluer la fonction contractile du VD en intégrant la pulsatilité de l'artère pulmonaire.  $PAPi = (PAPs - PAPd) / POD$

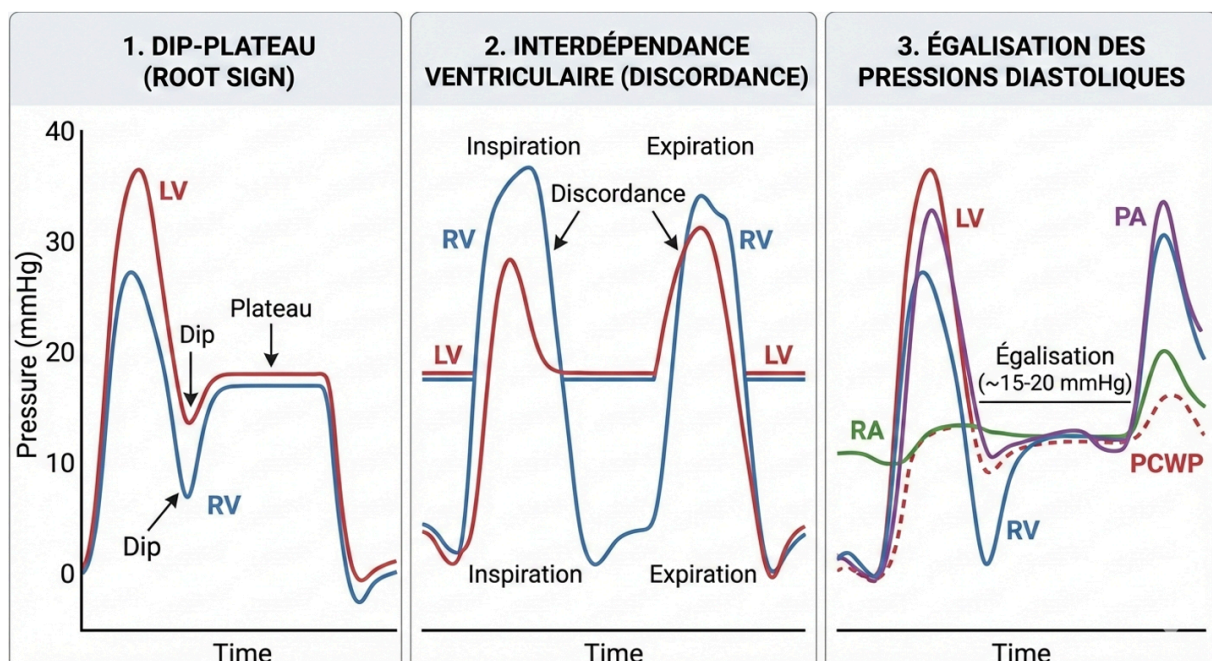
## VII. Cardiopathie Restrictive vs. Péricardite Constrictive Chronique

La différenciation entre PCC et CMR est un rôle clé du KTd.

	Constriction	Restriction
<b>Pouls paradoxal</b>	Parfois présent (1/3)	Absent
<b>VD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Dip Plateau*</b></li> <li>● PTDVD/PSVD &gt;1/3</li> <li>● Onde de remplissage ventriculaire rapide &gt;7 mmHg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Dip Plateau*</b></li> <li>● PTDVD/PSVD &lt;1/3</li> <li>● Onde de remplissage ventriculaire rapide &gt;7 mmHg</li> </ul>
<b>AP</b>	Souvent normale	Pressions élevées
<b>Capillaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PAPO normale</li> <li>● <b>Égalisation des pressions*</b> : PTDVG - PTDVD &lt;5 mmHg (± révélé post test-remplissage)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PAPO élevée</li> <li>● PTDVG - PTDVD &gt; 5 mmHg</li> </ul>
<b>VG-VD</b>	<b>Discordance ventriculaire*</b>	Concordance ventriculaire

\* explications et schémas ci dessous

1. **Dip-plateau ("square root sign")** : remplissage diastolique initial rapide puis plateau sur courbes ventriculaires.
  - **Pourquoi** : relaxation précoce préservée puis **arrêt brutal** par la contrainte péricardique.
  - **Orienté vers** : **constriction ou restriction** (non spécifique).
2. **Discordance VG/VD (interdépendance) et pouls paradoxal** : sont deux expressions du même mécanisme (contrainte péricardique) :
  - a. **Discordance respiratoire VG/VD (signe invasif, "interdépendance")** : en mesures simultanées, à l'inspiration **la systolique VD augmente** tandis que **la systolique VG diminue** (et inverse à l'expiration).
    - **Pourquoi** : volume intrapéricardique quasi fixe ; l'augmentation du remplissage VD refoule le septum vers le VG et réduit son remplissage.
    - **Orienté vers** : **constriction** (très discriminant vs restriction).
  - b. **Pouls paradoxal (signe clinique/artériel)** : chute inspiratoire de la PAS **> 10 mmHg**.
    - **Pourquoi** : c'est la **conséquence artérielle** de la baisse du volume d'éjection du VG à l'inspiration due au mécanisme ci-dessus.
    - **Orienté vers** : surtout **tamponnade**, mais peut exister dans la **constriction** (inconstant).
3. **Égalisation des pressions télédiastoliques** : pressions de remplissage élevées avec **PTDVG  $\approx$  PTDVD (écart  $\leq 5$  mmHg)**, souvent  $\sim 15-20$  mmHg.
  - **Pourquoi** : contrainte externe commune imposée par le péricarde rigide.
  - **Orienté vers** : **constriction**, à interpréter avec la discordance.



## VIII. Tests additionnels

### a. Le cathétérisme cardiaque droit à l'exercice

#### Objectif :

Étudier les patients se plaignant d'une **dyspnée inexpliquée** dont l'hémodynamique au repos est normale.

#### Définition :

L'**hypertension Pulmonaire à l'Exercice** est définie par une pente **PAPm/DC > 3 mmHg/L/min** entre le repos et l'exercice.

Une pente **PAPm/DC > 3 mmHg/L/min** n'est pas physiologique chez les sujets de moins de 60 ans et est rarement présente chez les sujets sains de plus de 60 ans.

Ne permet pas de différencier une cause pré-capillaire d'une cause post-capillaire (toutefois une origine post-capillaire est suspectée en cas de PAPO > 25 mmHg et PAPO/DC > 2 UW).

### b. Le test de charge hydrique (fluid challenge)

#### Objectif :

Utilisé lorsque la PAPO paraît faussement normale ou limite au repos, afin de démasquer une HTP post capillaire (patients sous diurétiques / hypovolémiques / à jeun).

Permet d'éviter de conclure à tort à un **diagnostic erroné d'HTP pré capillaire**.

Améliore également le pouvoir diagnostique en cas de suspicion de **PCC** lorsque les pressions de remplissage sont basses suite à l'utilisation de diurétiques.

#### Protocole :

Administration d'un bolus intraveineux de **500 mL de solution saline** en **5 à 10 minutes** (ou levé de jambes passif).

Positif si PAPO > **18 mmHg** avec augmentation de la PAPO > 5 mmHg

### c. Test de réversibilité au NO : HTP du groupe 1

#### Indication :

Indispensable chez les patients porteurs d'une HTAP du groupe 1 afin d'identifier ceux répondeurs aux inhibiteurs calciques (10% en moyenne).

#### Protocole :

Administration de **NO inhalé** à la dose de 10-20 ppm, nouvelle mesure des RVP après 5-10 min, selon protocole local.

⚠ nécessité de masque étanche avec réserve d'air de type BAVU.

Alternative : test au **Risordan**, donneur de NO plus facile à mettre en place.

⚠ injecter mg par mg afin d'éviter une chute de pression artérielle systémique, rendant l'interprétation des pressions pulmonaires difficile.

Positif si diminution de la PAPm d'au moins 10 mmHg avec PAPm  $\leq$  40 mmHg et un DC stable ou augmenté.

#### **d. Bilan pré transplantation cardiaque et test de réversibilité au NO ou à la dobutamine**

A réaliser en cas de RVP > 3 UW à la recherche d'une réversibilité de ces résistances.

##### **Protocole :**

En cas de **débit cardiaque normal** : NO (inhale ou test au Risordan), avec le même protocole que précédemment.

En cas de **bas débit cardiaque / pression artérielle systémique basse** : Dobutamine par palier de 5 gamma/kg/min (jusqu'à 15, voire 20 ; parfois après imprégnation de plusieurs heures en Dobutamine).

Il est important de noter toutes les valeurs mesurables, sans oublier la pression artérielle systémique, la fréquence cardiaque, la pression de l'oreillette droite et la saturation veineuse en oxygène.

On réalise ensuite une nouvelle mesure des résistances pulmonaires.

Le pronostic des patients ayant une réversibilité des résistances pulmonaires est le même que les patients ayant des résistances vasculaires pulmonaires basses.

## **IX. Réanimation et KT droit**

En réanimation, le KTd est crucial pour le monitoring des patients, aider à la prise en charge du choc et pour évaluer la part de surcharge cardiaque au cours d'un SDRA.

Une sonde de Swan-Ganz en thermodilution continue est utilisée, valide également sous ECMO.

Type de Choc	PAPO	POD	DC	RVS	SvO <sub>2</sub>
Cardiogénique	Élevée	Elevée	Bas	Élevée	Basse
Hypovolémique	Basse	Basse	Bas	Élevée	Basse
Distributif (Septique)	Basse	Basse	Élevée	Basse	Élevée
Obstructif (EP)	Augmentée ou normal	Elevée	Bas	Augmentées ou normales	Basse

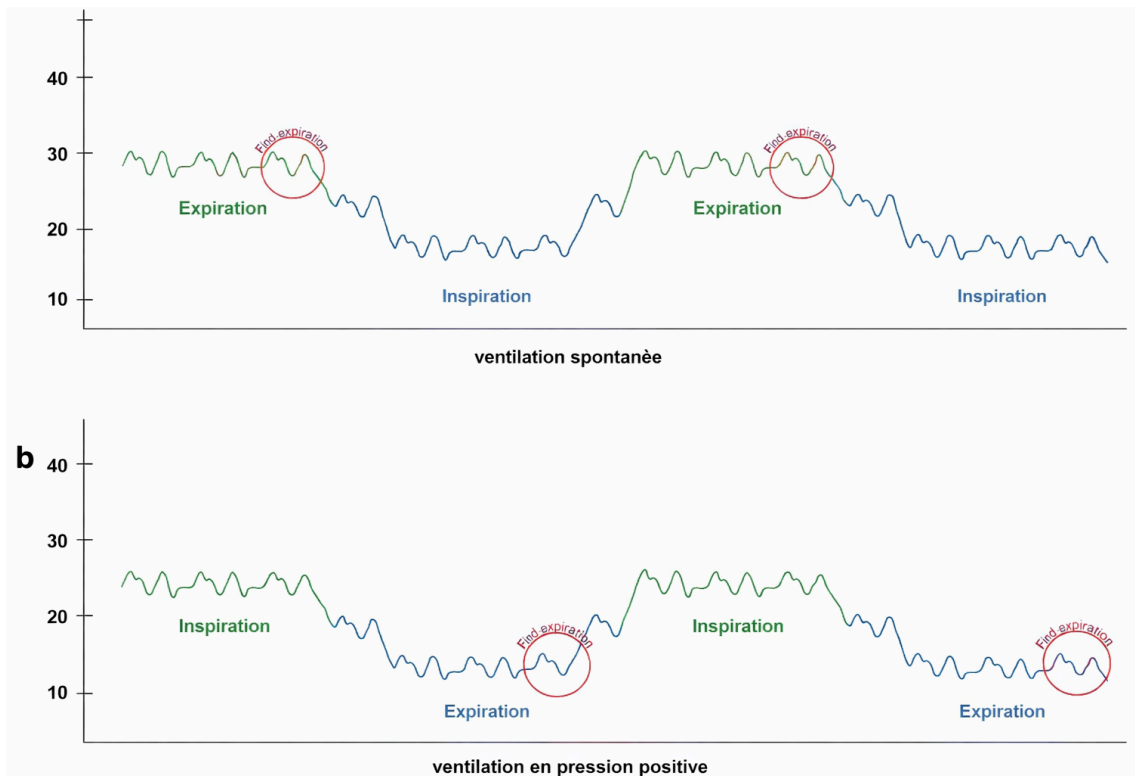
*NB : ce tableau ne fonctionnera pas forcément en cas de choc mixte.*

En ventilation mécanique :

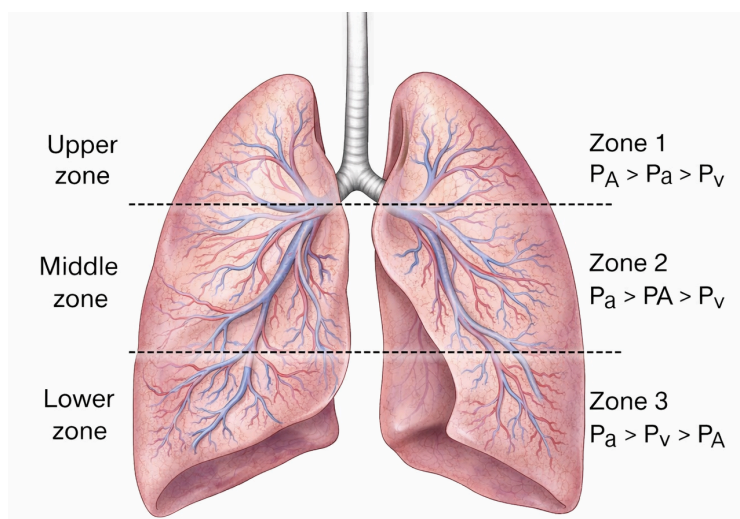
Prendre la mesure de la PAPO en fin d'expiration.

La sonde doit se trouver en zone 3 de West, vérifié généralement par :  $\Delta PAPO/\Delta PAPS = < 1,5$

A noter que la mesure de la FEVD par la Swan a une mauvaise capacité de discrimination et doit s'intégrer dans une évaluation multi-paramétrique (ETT, autres paramètres etc.) et non comme un gold standard.



*Courbes de PAPO en ventilation spontanée et en pression positive*



*Zones de West*

## Sources

1. Humbert M, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Eur Heart J. 2022.
2. Simonneau G, et al. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension. Eur Respir J. 2019.
3. Galiè N, et al. Pulmonary hypertension diagnosis and management. Eur Heart J. 2021.
4. Mehra MR, et al. The International Society for Heart and Lung Transplantation consensus on pulmonary hypertension in heart transplantation. J Heart Lung Transplant. 2020.
5. Kovacs G, et al. Measurement and interpretation of pulmonary arterial pressure. Eur Respir J. 2021.
6. Baim DS, Grossman W. Grossman & Baim's Cardiac Catheterization, Angiography, and Intervention. 8th edition. Wolters Kluwer.
7. Zeder K, et al. Right heart catheterization in heart failure: indications, interpretation, and pitfalls. Eur Heart J. 2025.

## Mots-clés

**Cathétérisme cardiaque droit, Hypertension pulmonaire, Cardiopathie restrictive, Constriction péricardique, Shunt intra-cardiaque, insuffisance cardiaque avancée, Transplantation cardiaque.**