

# Mesures de Caractéristiques Mécaniques et Fluides de l'Anche Double

André Almeida, Clément Vern, Matthias Coulon

**Direction de Thèse:** Xavier Rodet, Christophe Vergez (LMA), René Caussé

IRCAM — Centre Georges Pompidou  
Équipes Acoustique Instrumentale et Analyse et Synthèse des Sons

# Plan

- Modèles d'instrument à anche
- Paramètres du modèle
- Courbes Caractéristiques
- Mesure des paramètres

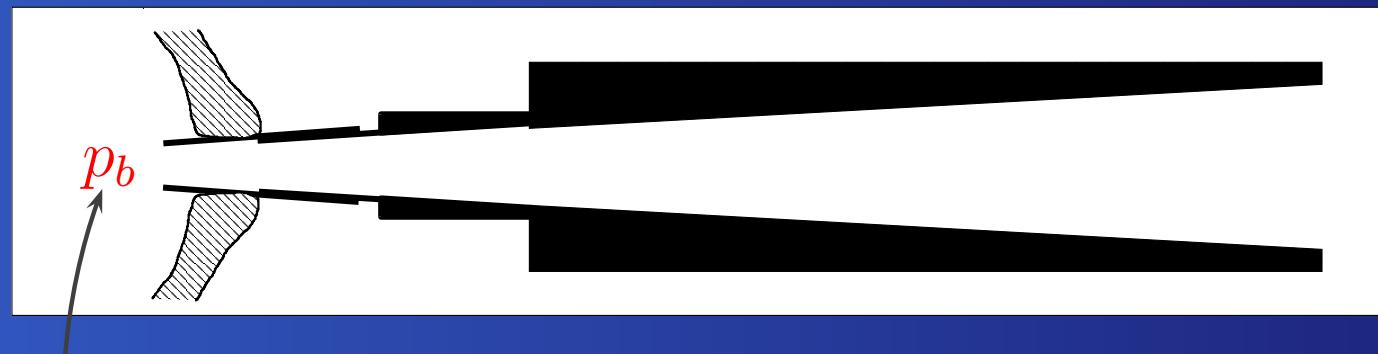
# Instrument à Anche

## Mécanique de l'anche



# Instrument à Anche

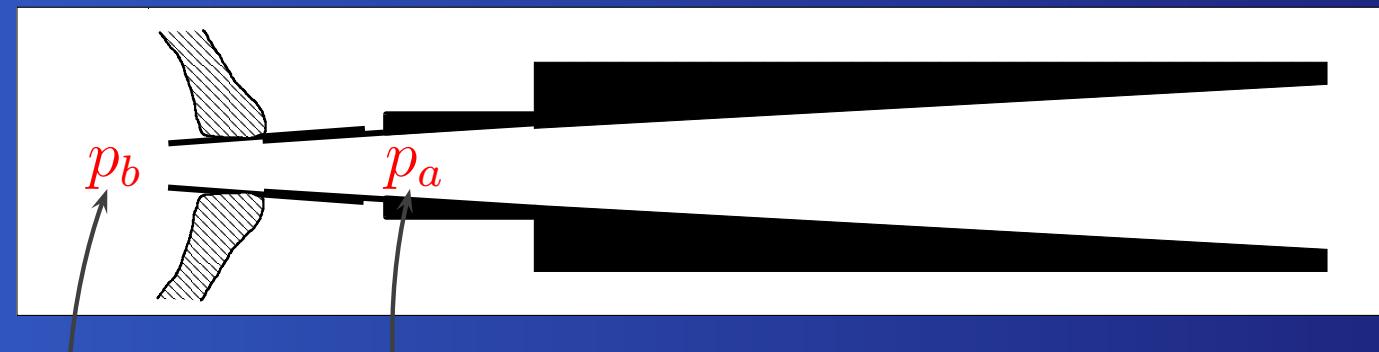
## Mécanique de l'anche



Bouche

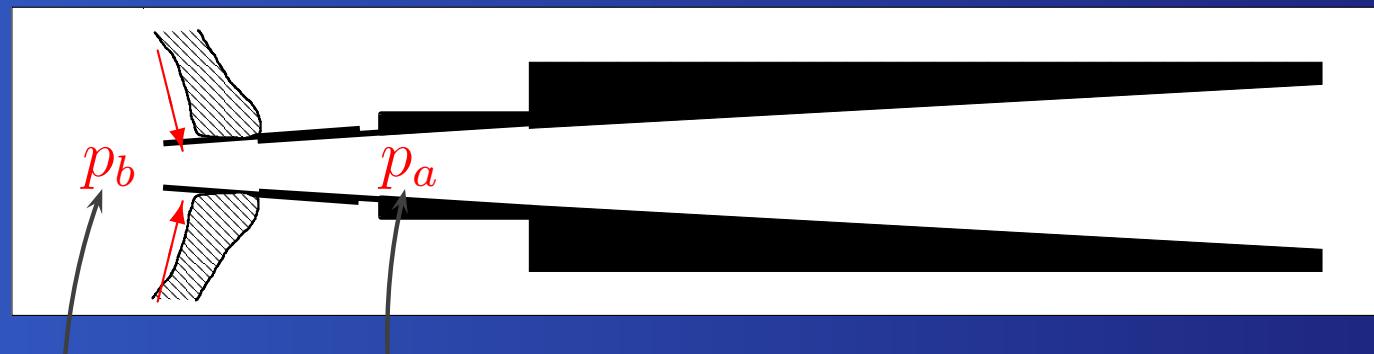
# Instrument à Anche

## Mécanique de l'anche



# Instrument à Anche

## Mécanique de l'anche

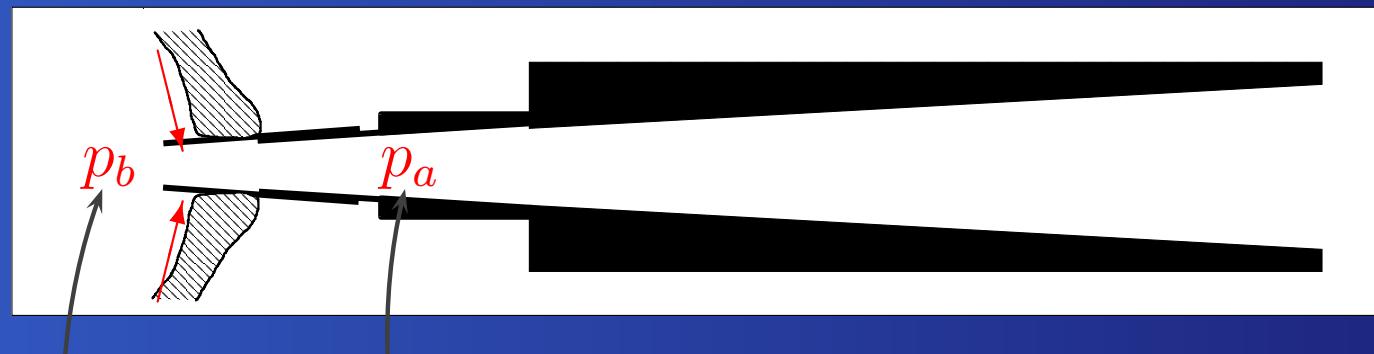


Bouche      Anche

Force sur l'anche →

# Instrument à Anche

## Mécanique de l'anche

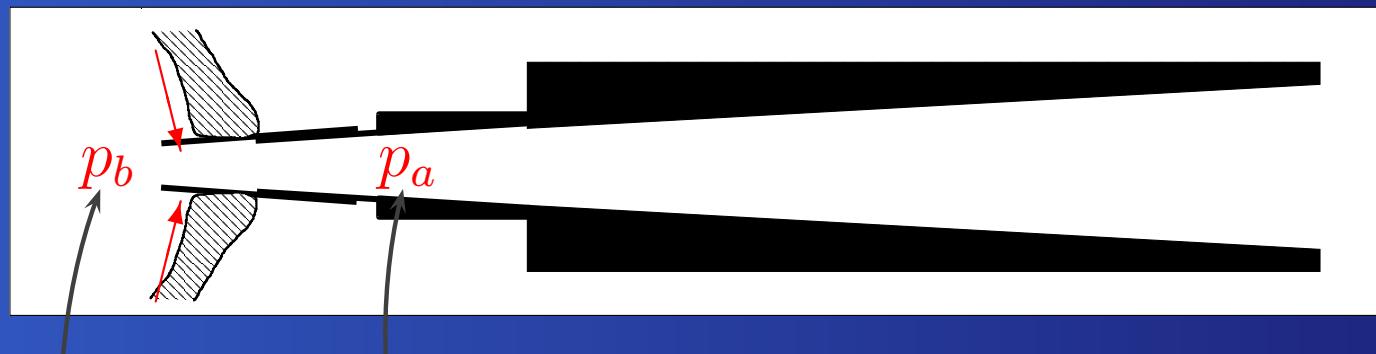


Bouche      Anche

Force sur l'anche → déplacement  $z$  de l'anche

# Instrument à Anche

## Mécanique de l'anche



Bouche      Anche

Force sur l'anche  $\rightarrow$  déplacement  $z$  de l'anche

$$m \frac{\partial^2 z(t)}{\partial t^2} + r \frac{\partial z(t)}{\partial t} + kf(z(t) - H) = p_a(t) - p_b$$

# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques



# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques



Bouche Anche

# Instrument à Anche

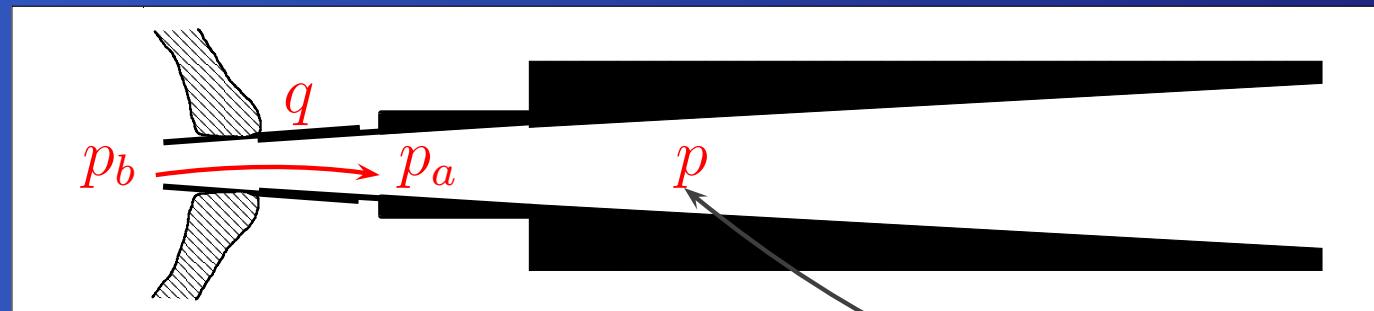
## Effets hydrodynamiques



Bouche Anche

# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques

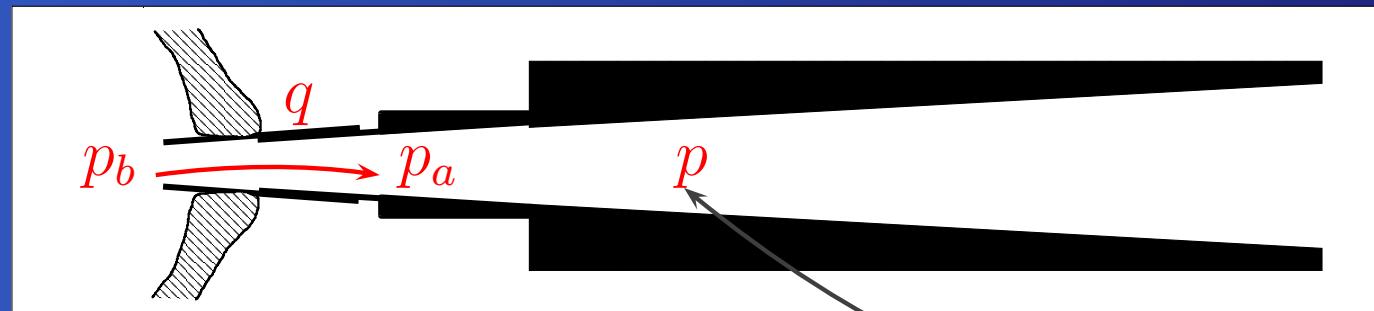


Bouche      Anche

Résonateur

# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques

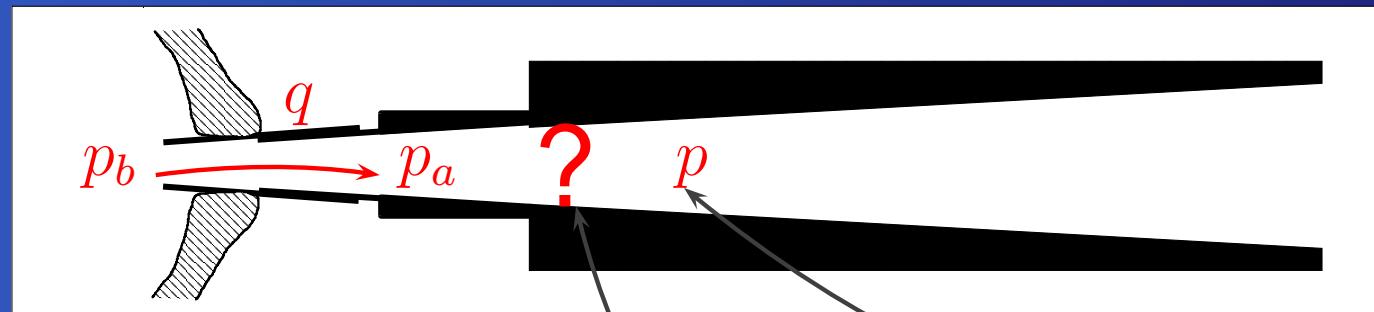


Bouche      Anche

Résonateur

# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques



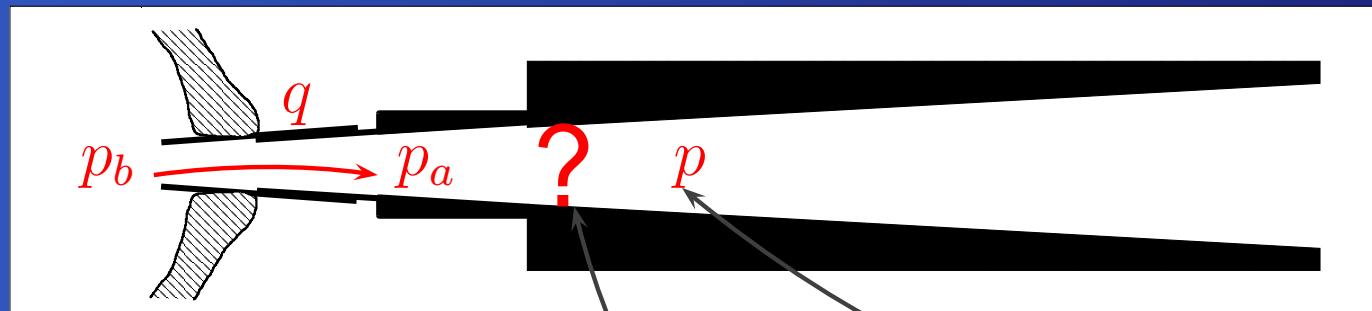
Bouche

Anche

Résonateur  
Pertes?

# Instrument à Anche

## Effets hydrodynamiques



Bouche      Anche      Résonateur

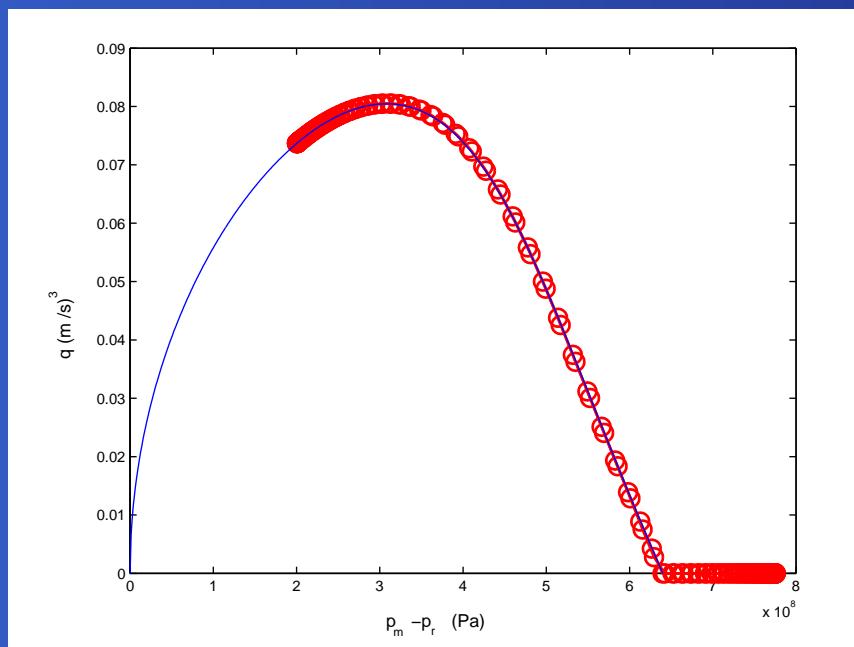
Pertes?

$$q(t) = \sqrt{2 \frac{|p_b - p_a(t)|}{\rho}} S_{in}(z(t))$$

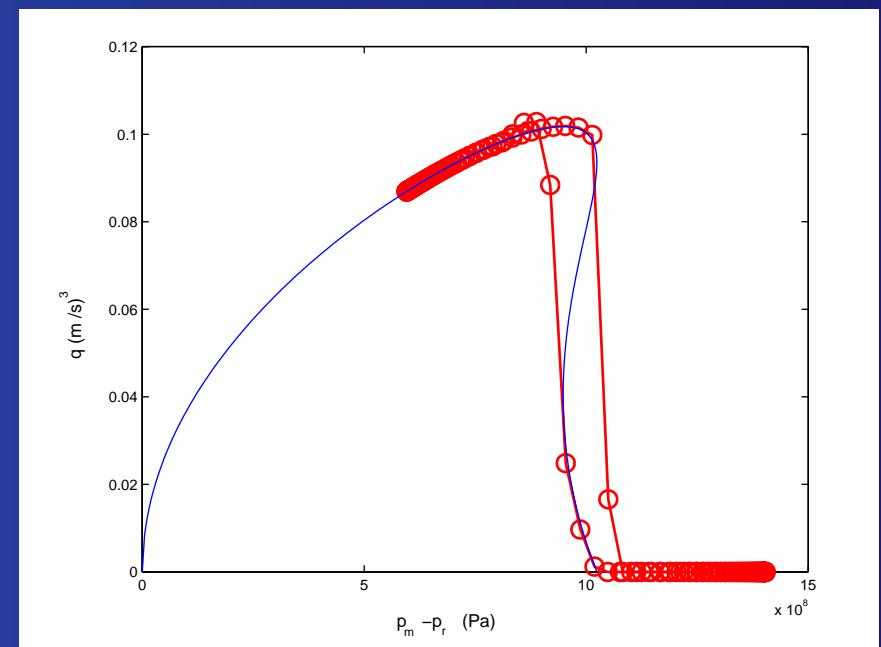
$$p_a(t) = p(t) + \frac{\rho}{2} \Psi \left( \frac{q(t)}{S_{ra}} \right)^2$$

# Courbes caractéristiques

Courbes de débit  $q$  en fonction de la différence de pression  $p_b - p_a$  en régime statique



Sans pertes



Avec pertes

# Paramètres du modèle

$$\begin{aligned} p_a(t) - p_b &= m \frac{\partial^2 z(t)}{\partial t^2} + r \frac{\partial z(t)}{\partial t} + k f(z(t) - H) \\ q(t) &= \sqrt{2 \frac{|p_b - p_a(t)|}{\rho}} S_{in}(z(t)) \\ p_r(t) &= p(t) + \frac{\rho}{2} \Psi \left( \frac{q(t)}{S_{ra}} \right)^2 \end{aligned}$$

# Paramètres du modèle

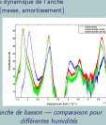
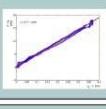
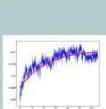
$$\begin{aligned} p_a(t) - p_b &= m \frac{\partial^2 z(t)}{\partial t^2} + r \frac{\partial z(t)}{\partial t} + k f(z(t) - H) \\ q(t) &= \sqrt{2 \frac{|p_b - p_a(t)|}{\rho}} S_{in}(z(t)) \\ p_r(t) &= p(t) + \frac{\rho}{2} \Psi \left( \frac{q(t)}{S_{ra}} \right)^2 \end{aligned}$$

# Mesures

# Mesures

Venez voir le magnifique poster!!!

**Mesures de Caractéristiques Mécaniques et Fluides de l'Anche Double**  
Auteurs: BLMF, Institut Supérieur Polytechnique de Paris, Institut National Polytechnique de Lorraine  
Directeur de thèse : Yves Holtz, Christophe Wright (LMF) et Régis Cazier

Objectifs	Applications
<ul style="list-style-type: none"><li>Avoir un ensemble de données qui permet de caractériser le comportement de l'ancre et de son couplage à l'écoulement (d'air) mais en jeu lors du jeu de l'instrument, couplé à un dispositif de mesure.</li><li>Ces données serviront pour d'autres familles d'anches ou type anche (anche simple de clémence et sans poche, anche typique des caisses). Il sera possible de les comparer à la anche double.</li><li>Utilisation de ces données dans des modèles de synthèse sonore</li><li>Étude et comparaison dans un même type d'anche</li><ul style="list-style-type: none"><li>- Influence de la géométrie de l'ancre</li><li>- Influence de facteurs externes (humidité, température...)</li><li>- Rôle de charges précoce de la fabrication de l'ancre double</li></ul></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>4 Réponse mécanique de l'ancre:<ul style="list-style-type: none"><li>Mesurer la variation fréquentielle de la réponse dynamique de l'ancre</li><li>Calculer la puissance moyenne dissipée par l'ancre</li></ul></li><li>Excitation acoustique par une source extérieure (vent)</li><li>Mesure par acceleromètre fixe (positionnement)</li><li>4.2 Réactivité</li><li>Résonance (<math>f_r</math>) à 1.5-2 kHz et à tension 3 kV</li><li>4.3 Modélisation en corrélant la réactivité <math>m = \frac{f_r}{f}</math></li><li>Amortissement calculé à partir des longueurs de jeu</li></ul> 
<b>Méthodes Expérimentales</b>	
<b>1. Bouchon Artificielle</b> Permet de faire des observations synchrones et prolongées pendant le jeu de l'instrument. <ul style="list-style-type: none"><li>• Fixation de l'ancre dans un bouchon</li><li>• Caméra et caméras permettant visualisation et prise d'images</li><li>• Capteurs de pression peuvent mesurer les valeurs instantanées de pression à des hauteurs différentes (sondeur dynamique)</li></ul> 	<b>5. Raideur de l'ancre</b> Mesure l'aire de l'oscillation de l'ancre en fonction de la différence de pression appliquée. <ul style="list-style-type: none"><li>• Mesure de l'oscillation dans l'ancre — rebondissements rencontrés l'entrée de l'ancre</li><li>• Mesure de l'aire d'oscillation par analyse de l'image</li></ul> 
<b>2. Diaphragme</b> Permet de déduire le débit à partir de la chute de pression. <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 pression dans la bouteille</li><li>• 2 pression dans l'ancre</li></ul> $p_1 - p_2 = \frac{C}{2} \left( \frac{Q}{A_{bouteille}} \right)^2$	<b>6. Visco-élasticité de l'ancre</b> Les oscillations orbitales dans l'ancre présentent une certaine mémoire des efforts subis par l'ancre au cours du temps. <ul style="list-style-type: none"><li>• Mesure de temps de relaxation de l'ancre lors du rebondissement complet d'une certaine pression et de celle appliquée</li></ul> 
<b>3. Analyse d'Images</b> Effectuer des mesures géométriques dans l'ancre à partir des images de son entraînement. <ul style="list-style-type: none"><li>• Image originelle</li><li>• Binarisation</li><li>• Détection de régions</li><li>• Choix de région</li><li>• Dimension d'axe et mesures</li></ul>	<b>7. Caractéristiques sous-littorales de l'ancre</b> Caractériser le comportement non-littoral de l'ancre en découvrant les relations entre les variables acoustiques (pression et débit) en arrière de l'ancre. <ul style="list-style-type: none"><li>• 7.1 Méthode</li><li>• Télemetry de diaphragme — transmettre un débit et une différence de pression</li><li>• Mesure de pression dans le bouchon (<math>P_b</math>)</li><li>• Mesure de pression avec le diaphragme (<math>P_d</math>)</li></ul> 