

## Le vide et les traitements sous vide

### 1. Caractérisation du vide

Dès que la pression est inférieure à la pression atmosphérique, on est dans le vide. On rappelle que  $1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ . Le vide le plus poussé est le vide produit par la nature dans l'Univers, soit  $7,5 \cdot 10^{-11} \text{ Pa}$ .

Les traitements sous vide se réalisent en général entre  $10^2$  et  $10^{-1} \text{ Pa}$ . Le Microscope électronique fonctionne sous une pression inférieure à  $10^{-2} \text{ Pa}$ .

Plus une atmosphère est sous vide, plus elle suit la loi des gaz parfaits,  $pV = nRT$  et plus le libre parcours moyen des molécules qui la constitue est grand :

$l = \frac{1}{4\pi r^2 n_v} = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{RT}{Np}$  où  $n_v$  est le nombre de particules par unité de volume et  $N$  est le nombre d'Avogadro.

On a ainsi les valeurs suivantes avec des particules de rayon  $r = 0,2 \text{ nm}$  et en se plaçant à une température de  $0 \text{ °C}$ .

p en Pa	l en m	$n_v = N / V$ en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$
$1,0 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{25}$
1,0	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{20}$
$1,0 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^{15}$
$7,5 \cdot 10^{-11}$	$1,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^{10}$

### 2. Caractéristiques des pompes à vide

On définit :

- Le débit volumétrique de gaz aspiré et refoulé par la pompe :  $q = \frac{dV}{dt}$ .
- La puissance utile de pompage : le volume de l'enceinte passe de la pression  $p$  à la pression  $p - dp$ . Cela demande un travail  $dW = P dt = d(pV) = (p-dp)V - pV = -Vdp$  et donc une puissance utile  $P = -V \frac{dp}{dt}$
- En considérant que la pompe fait le vide à température constante, on a  $pV = RT$  et  $p dV + V dp = 0$  soit  $P = -V \frac{dp}{dt} = p \frac{dV}{dt} = pq$ .

On peut écrire cette relation :  $dt = -\frac{V dp}{q p}$  et en déduire le temps minimal de

pompage, en supposant un débit constant :  $t = \frac{V}{q} \ln \frac{p_i}{p_f}$

Exemple :  $V = 5 \text{ L}$ ,  $q = 0,5 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $p_i = p_{\text{atm}}$ ,  $p_f = 10^{-5} \text{ atm}$  d'où  $t = 115 \text{ s} \approx 2 \text{ mn}$ . On doit être proche des conditions du MEB.

- La pression limite de pompage est due aux fuites inévitables de la pompe. A partir d'une certaine pression, la puissance de la pompe ne permet que de compenser ces fuites.

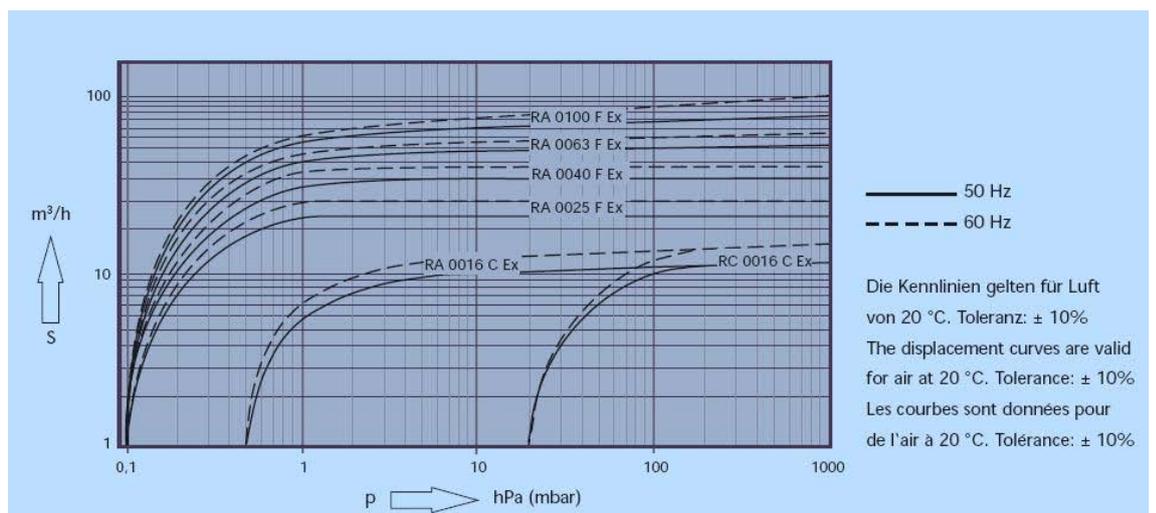
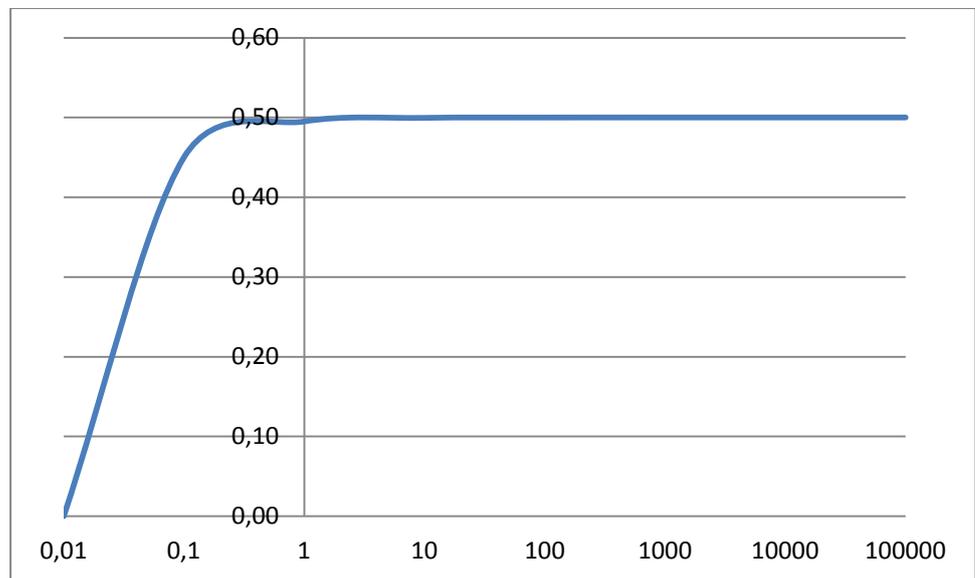
On a :  $P_{\text{pompe}} = P_{\text{utile}} + P_{\text{fuites}}$  soit  $p q_0 = pq + p_{\text{atm}} q_{\text{fuites}}$ . Pour  $p_{\text{lim}}$ , on a  $q = 0$  et donc

$$p_{\text{lim}} q_0 = p_{\text{atm}} q_{\text{fuites}} \text{ soit } q = q_0 - \frac{p_{\text{atm}}}{p} q_{\text{fuites}} = q_0 \left( 1 - \frac{p_{\text{lim}}}{p} \right)$$

Exemple :  $p_{lim} = 10^{-2} \text{ Pa}$   $q_0 = 0,5 \text{ L.s}^{-1}$

p en Pa	q en L.s <sup>-1</sup>
10 <sup>5</sup>	0,50
10 <sup>4</sup>	0,50
10 <sup>3</sup>	0,50
10 <sup>2</sup>	0,50
10 <sup>1</sup>	0,50
1	0,50
10 <sup>-1</sup>	0,45
10 <sup>-2</sup>	0,00

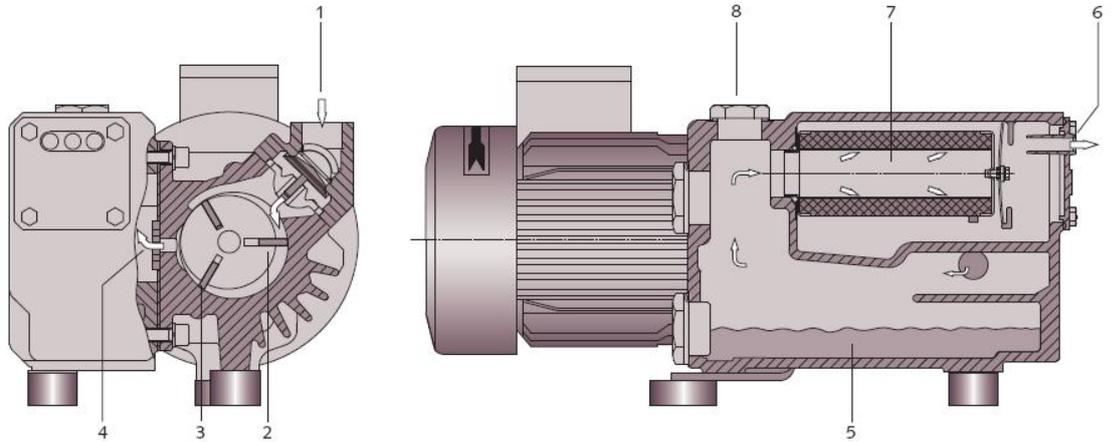
On obtient ainsi une courbe caractéristique  $q = f(\log p)$  que l'on retrouve dans les catalogues des pompes :



### 3. Les différents types de pompes

#### - Les pompes à palettes

Elles sont constituées de 2 palettes où plus qui tournent suivant un axe excentré. Un ressort permet à chaque palette de réaliser une fermeture de l'espace enfermant le gaz éjecté :



- 1 Saugflansch
- 2 Rotor
- 3 Schieber
- 4 Auslassventil
- 5 Ölsumpf
- 6 Abluftdeckel
- 7 Luftentölelement
- 8 Öleinfüllschraube

- 1 Inlet flange
- 2 Rotor
- 3 Vane
- 4 Exhaust valve
- 5 Oil sump
- 6 Exhaust cover
- 7 Exhaust filter
- 8 Oil fill plug

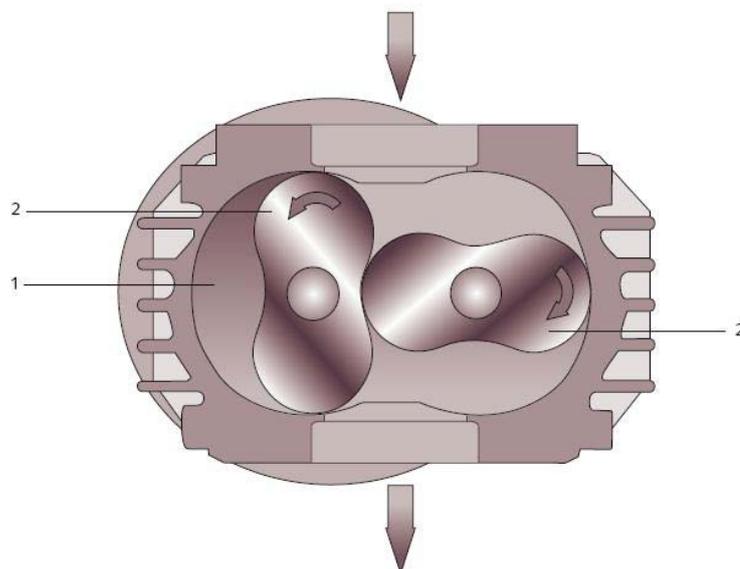
- 1 Bride d'aspiration
- 2 Rotor
- 3 Palette
- 4 Clapet d'échappement
- 5 Carter d'huile
- 6 Couvercle d'échappement
- 7 Filtre d'échappement
- 8 Bouchon de remplissage

Documents Busch

#### - Les pompes Roots

Ce sont des pompes robustes constituées par 2 moignons qui tournent :

Principle of operation  
Principe de fonctionnement

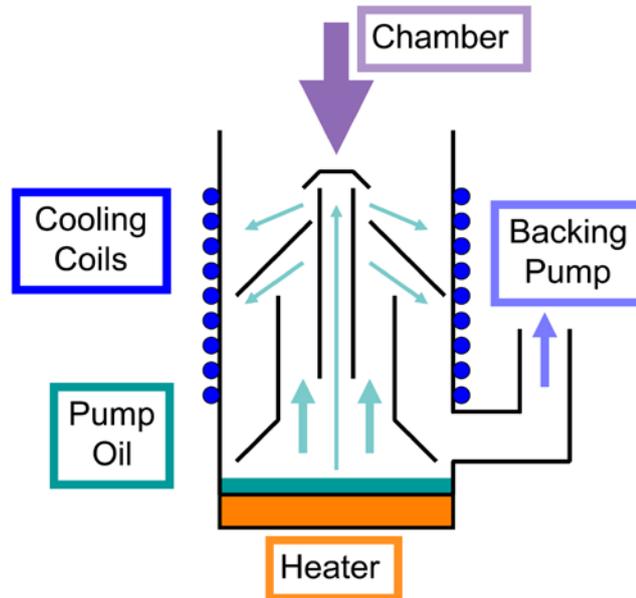


- 1 Kammervolumen
- 2 Wälzkolben
- 1 Conveyed volume
- 2 Roots lobe
- 1 Volume déplacé
- 2 Lobes rotatifs

Documents Busch

- **Les pompes à diffusion**

L'huile chauffée à l'état de vapeur est entraînée dans des tuyères à grande vitesse par effet Venturi. Elle entraîne les molécules de l'atmosphère. L'ensemble refroidit se sépare. L'huile repasse à l'état liquide et l'atmosphère est emportée par une pompe primaire.



Ce sont des pompes secondaires et ne comportant pas d'élément mobile, elles sont robustes. Elles permettent d'atteindre des vides poussés jusqu'à  $10^{-7}$  Pa.

**4. Les traitements thermiques sous vide**

On réalisera des austénitisations sous vide ( $10$  Pa à  $10^{-3}$  Pa) suivies de trempes et de revenus sous atmosphères neutres, par exemple  $N_2$  ou Ar sous pression de 20 bars, ou d'immersion dans l'huile. Le chauffage se réalise par rayonnement. Il est particulièrement propre, absence d'oxydation, de carburation ou de décarburation, les déformations sont faibles, la reproductibilité des traitements excellente ...

On peut aussi réaliser des cémentations à basse pression de façon analogue en injectant durant l'austénitisation une atmosphère de cémentation sous pression et sous un flux contrôlé. Des décharges successives ionisent l'atmosphère et activent la réaction.