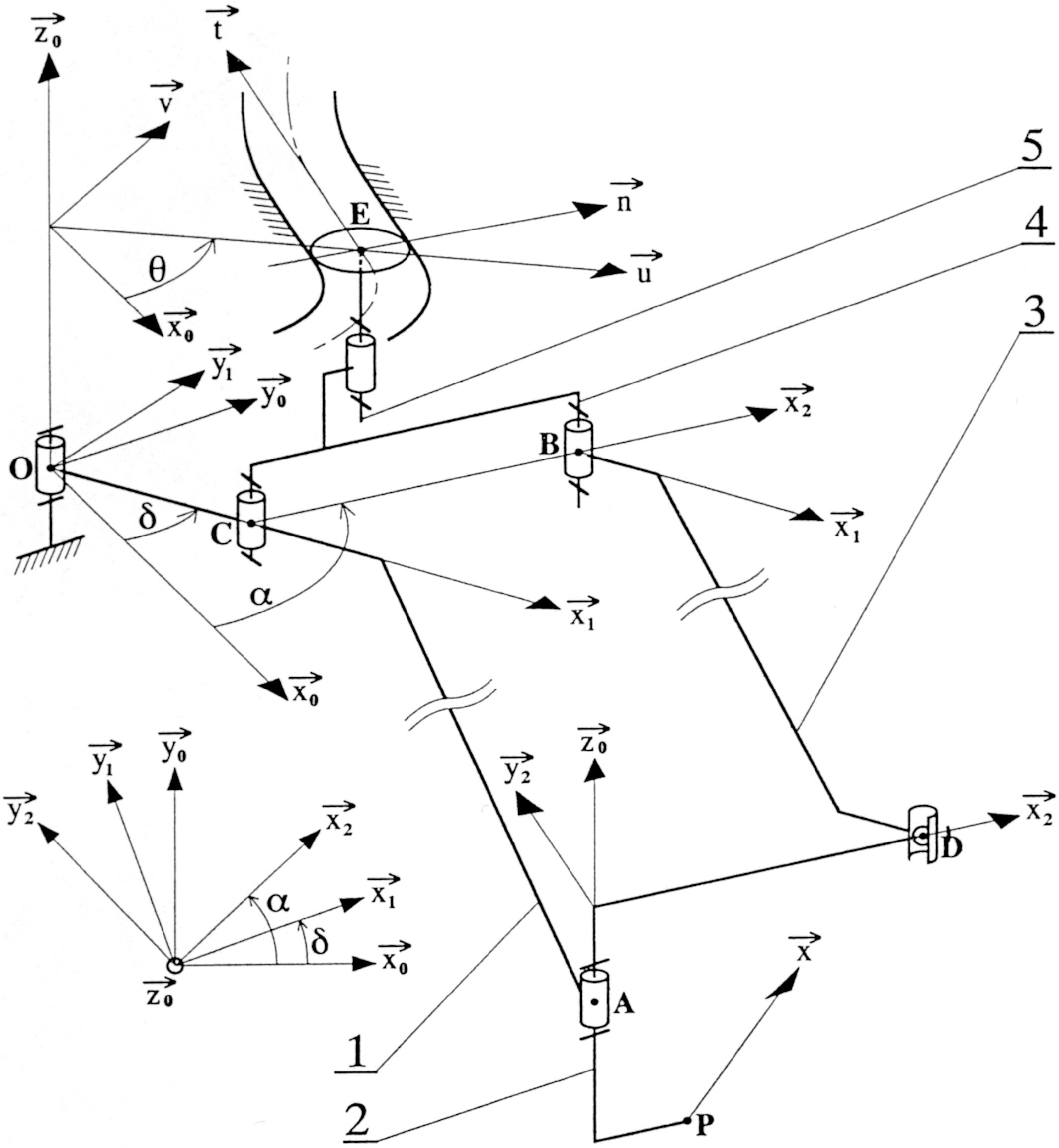
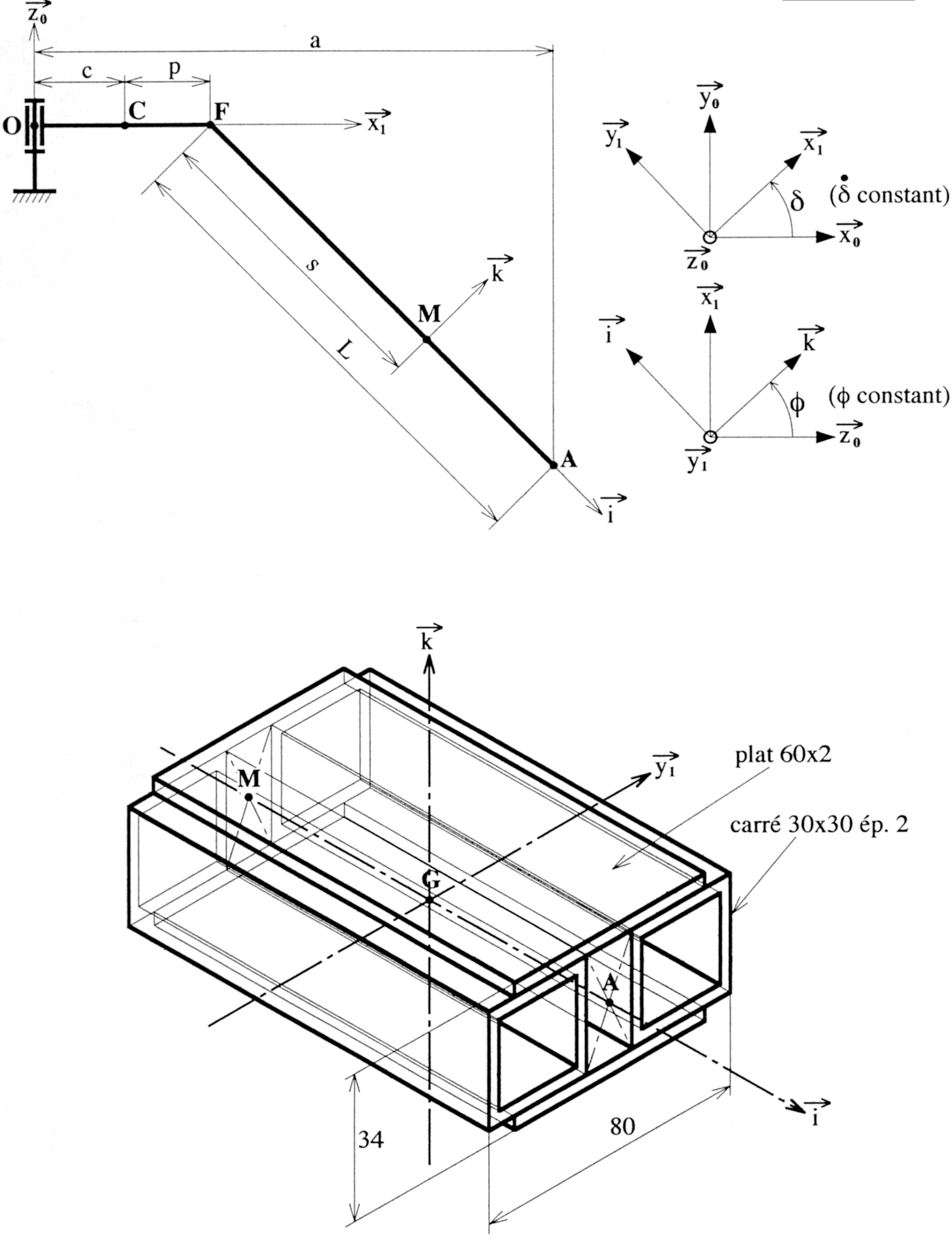
Figure 4



$\vec{z_0}$
$\vec{t}$
$\vec{v}$
$\vec{n}$
$\vec{u}$
E
θ
$\vec{x_0}$
5
4
3
$\vec{y_1}$
$\vec{y_0}$
$\vec{x_2}$
O
B
C
δ
α
$\vec{x_1}$
$\vec{x_1}$
$\vec{x_0}$
$\vec{y_1}$
$\vec{y_0}$
$\vec{z_0}$
$\vec{y_2}$
$\vec{y_2}$
$\vec{x_2}$
$\vec{x_2}$
D
α
$\vec{x_1}$
δ
$\vec{x_0}$
$\vec{z_0}$
$\vec{x}$
A
1
2
P

Figure 5



$\vec{z_0}$
a
c
p
O
C
F
$\vec{x_1}$
s
L
M
$\vec{k}$
A
$\vec{i}$
$\vec{y_0}$
$\vec{y_1}$
$\vec{x_1}$
δ
($\dot{\delta}$ constant)
$\vec{x_0}$
$\vec{z_0}$
$\vec{x_1}$
$\vec{i}$
$\vec{k}$
ϕ
(ϕ constant)
$\vec{z_0}$
$\vec{y_1}$
$\vec{k}$
M
G
$\vec{y_1}$
plat 60x2
carré 30x30 ép. 2
A
$\vec{i}$
34
80

Figure 6

Schématisation de l'écoulement

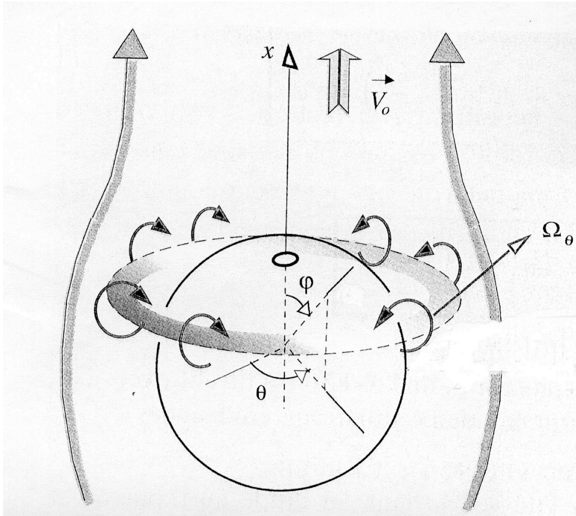
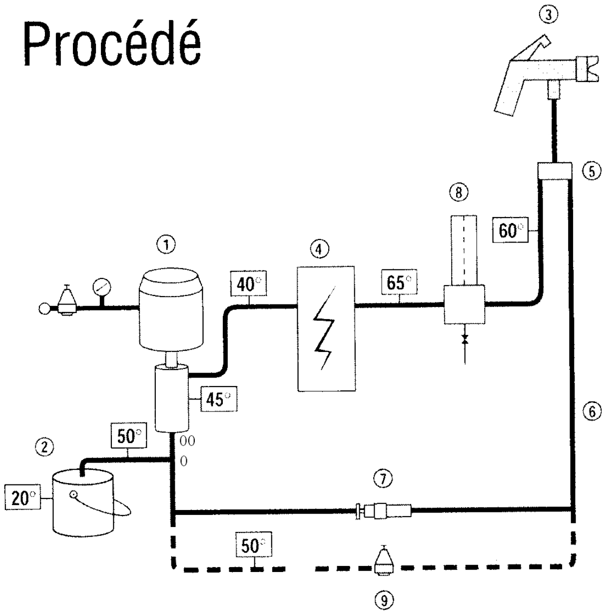
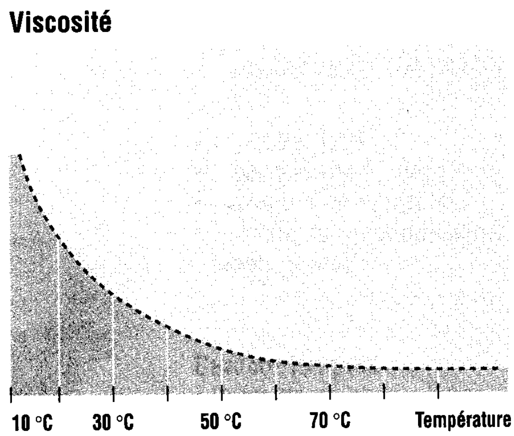


Figure 7



La peinture froide est introduite sous pression dans le réchauffeur (4). Elle est instantanément portée à la température de réglage et atteint le pistolet (3) au travers du filtre (8) à une température voisine.



Avantages

. *Qualité constante*
. *Economies de diluant*
. *Moins de risques de coulures. Meilleure finition*
. *Moins de pollution*
. *Préparation plus rapide*

Principe

En augmentant la température d'un liquide, on réduit sa viscosité. C'est ainsi, par exemple, qu'en chauffant une peinture à 60° ou 80° C, on obtient le même résultat qu'en la diluant.
La peinture à chaud est également très utile pour maintenir à température égale les peintures et s'affranchir des variations de température de l'atelier au cours de la journée et de l'année.
Sous la pression, la peinture chaude revient au clapet d'aspiration par le raccord de circulation (5) et le tuyau de retour (6). Il se crée ainsi une circulation permanente de peinture. La circulation s'effectue par le contrôle de la vanne de circulation (7) ou du détendeur de retour (9). Il ne faut pas que la circulation soit trop importante. D'une part, c'est inutile, d'autre part, cela use prématurément les garnitures d'étanchéité de la pompe car la durée de vie de ces garnitures se mesure en volume de peinture total véhiculé par la pompe. C'est toujours le même volume emprisonné dans les tuyaux qui est maintenu en température. La peinture dans le pot (2) reste froide.
Dès que le peintre appuie sur la gâchette du pistolet, la peinture chaude sort par la buse et comme cela provoque un accroissement de débit, la pompe (1) aspire automatiquement un volume de peinture froide supplémentaire. Mais la température au pistolet reste constante car ce volume supplémentaire est réchauffé instantanément lors de son passage au travers du réchauffeur (4).
Ainsi, que le peintre travaille ou pas, le système assure la présence de peinture chaude au pistolet.

Les composantes du vecteur vitesse dans ce repère sont désignées par V_r, V_φ et V_θ.

Continuité :
$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial\left(\rho r^2 V_r\right)}{\partial r}+\frac{1}{r\sin\varphi}\frac{\partial(\rho\sin\varphi V_\varphi)}{\partial\varphi}+\frac{1}{r\sin\varphi}\frac{\partial(\rho V_\theta)}{\partial\theta}=0$$

Equations de Navier-Stokes pour un fluide incompressible :

$$\frac{\partial V_r}{\partial t}+V_r\frac{\partial V_r}{\partial r}+\frac{V_\varphi}{r}\frac{\partial V_r}{\partial\varphi}+\frac{V_\theta}{r\sin\varphi}\frac{\partial V_r}{\partial\theta}-\frac{V_\varphi^2}{r}-\frac{V_\theta^2}{r}=F_r-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r}+$$
$$\nu\left(\Delta V_r-2\frac{V_r}{r^2}-2\frac{\operatorname{cotg}\varphi}{r^2}V_\varphi-\frac{2}{r^2}\frac{\partial V_\varphi}{\partial\varphi}-\frac{2}{r^2\sin\varphi}\frac{\partial V_\theta}{\partial\theta}\right)$$
$$\frac{\partial V_\phi}{\partial t}+V_r\frac{\partial V_\varphi}{\partial r}+\frac{V_\varphi\partial V_\varphi}{r\;\partial\varphi}+\frac{V_\theta}{r\sin\varphi}\frac{\partial V_\varphi}{\partial\theta}+\frac{V_rV_\varphi}{r}-\frac{V_\theta^2\operatorname{cotg}\varphi}{r}=F_\varphi-\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial\varphi}+$$
$$\nu\left(\Delta V_\varphi-\frac{V_\varphi}{r^2\sin^2\varphi}+\frac{2}{r^2}\frac{\partial V_r}{\partial\varphi}-2\frac{\cos\varphi}{r^2\sin^2\varphi}\frac{\partial V_\theta}{\partial\theta}\right)$$
$$\frac{\partial V_\theta}{\partial t}+V_r\frac{\partial V_\theta}{\partial r}+\frac{V_\varphi\partial V_\theta}{r\;\partial\varphi}+\frac{V_\theta}{r\sin\varphi}\frac{\partial V_\theta}{\partial\theta}+\frac{V_rV_\theta}{r}+\frac{V_\theta V_\varphi\operatorname{cotg}\varphi}{r}=F_\theta-\frac{1}{\rho r\sin\varphi}\frac{\partial P}{\partial\theta}+$$
$$\nu\left(\Delta V_\theta-\frac{V_\theta}{r^2\sin^2\varphi}+\frac{2}{r^2\sin\varphi}\frac{\partial V_r}{\partial\theta}+2\frac{\cos\varphi}{r^2\sin^2\varphi}\frac{\partial V_\varphi}{\partial\theta}\right)$$

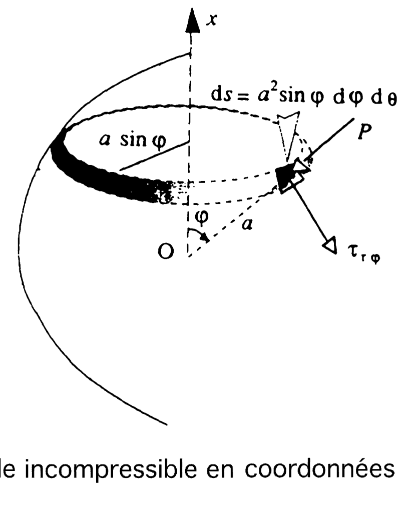
où l'opérateur Δ symbolise le Laplacien scalaire dont l'expression a été définie antérieurement.

L'équation de la dynamique peut donc se mettre sous la forme équivalente suivante, où l'on rapelle la signification physique des différents termes :

$$\underbrace{\underbrace{\frac{\partial\vec{V}}{\partial t}}_{instationnaire}+\underbrace{\vec{grad}\left(\frac{V^2}{2}\right)+\vec{rot}\vec{V}\wedge\vec{V}}_{advection}}_{Force\ d'inertie}=\underbrace{\underbrace{\vec{F}}_{volume}\underbrace{-\underbrace{\frac{1}{\rho}\vec{grad}P}_{pression}-\underbrace{\nu\vec{rot}\left(\vec{rot}\vec{V}\right)}_{viscosit\acute{e}}}_{surface}}_{Forces\ ext\acute{e}rieures}$$

Contrainte de cisaillement

$$\tau_{\varphi r}(r,\varphi)=\mu\left(\frac{\partial V_\varphi}{\partial r}-\frac{V_\varphi}{r}+\frac{1}{r}\frac{\partial V_r}{\partial\varphi}\right)$$



Annexe 2 : Equation de Navier-Stokes du fluide incompressible en coordonnées sphériques

Dans les relations suivantes, f, p et q sont des fonctions *scalaires* du point courant M, $\vec{A}$ et $\vec{B}$ des fonctions vectorielles de ce même élément.

$$\vec{grad}\,(p+q) = \vec{grad}\,(p) + \vec{grad}\,(q)$$

$$\vec{grad}\,(p.q) = p.\vec{grad}\,(q) + q.\vec{grad}\,(p)$$

$$\vec{grad}\,[f(p)] = f'(p).\vec{grad}\,(p)$$

$$div\left(\vec{A}+\vec{B}\right) = div\,\vec{A} + div\,\vec{B}$$

$$div\left(p\vec{A}\right) = p\,div\,\vec{A} + \vec{A}.\vec{grad}\,(p)$$

$$div\left(\vec{A}\wedge\vec{B}\right) = \vec{B}.\vec{rot}\,\vec{A} - \vec{A}.\vec{rot}\,\vec{B}$$

$$div\left(\vec{grad}\,p\right) = \Delta p \qquad (Laplacien)$$

$$div\left(\vec{rot}\,\vec{A}\right) = 0$$

$$div\left(\Delta\vec{A}\right) = \Delta\left(div\vec{A}\right)$$

$$\vec{rot}\left(\vec{A}+\vec{B}\right) = \vec{rot}\left(\vec{A}\right) + \vec{rot}\left(\vec{B}\right)$$

$$\vec{rot}\left(p\vec{A}\right) = p\;\vec{rot}\,\vec{A} + \vec{grad}\,p\wedge\vec{A}$$

$$\vec{rot}\left(\vec{rot}\vec{A}\right) = \vec{grad}\left(div\vec{A}\right) - \vec{\Delta}\vec{A}$$

$$\vec{rot}\left(\vec{grad}\,p\right) = \vec{0}$$

$$\vec{rot}\left(\vec{A}\wedge\vec{B}\right) = g\overline{\overline{ra}}d\vec{A}.\vec{B} + \vec{A}\wedge\vec{rot}\vec{B} + g\overline{\overline{ra}}d\vec{B}.\vec{A} + \vec{B}\wedge\vec{rot}\vec{A}$$

Annexe 3 : Formulaire d'identités vectorielles usuelles

Nusselt : $Nu_D = \dfrac{h.D}{\square_{fluide}}$ Reynolds : $Re_D = \dfrac{V.D}{\square_{fluide}}$ Biot : $Bi_D = \dfrac{h.D}{\square_{solide}}$

$$Nu_D = kRe_D^n$$

Re_D	k	n
0,4-4	0,891	0,33
4-40	0,821	0,385
40-4000	0,615	0,466

Annexe 4 : Nombres adimensionnels et corrélations