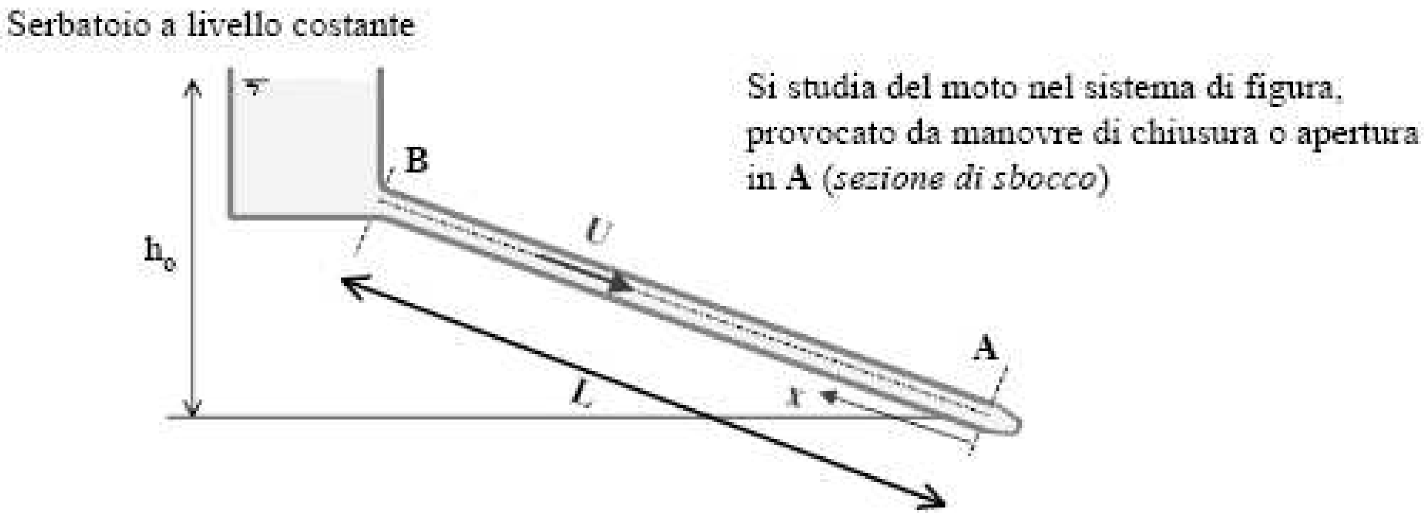
Idraulica

Moto vario

armando carravetta

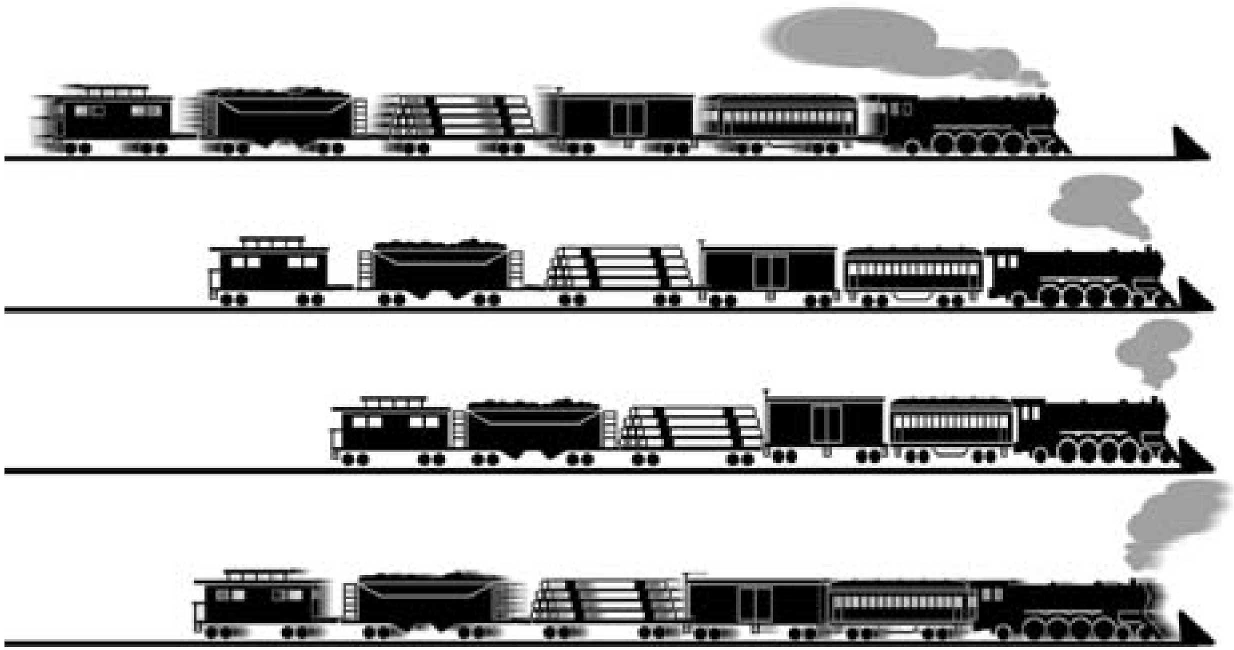
Definizione

- I fenomeni di moto vario sono quelli determinati dalla apertura o chiusura di apparecchiature idrauliche di intercettazione e regolazione
- Il moto vario dura fino al raggiungimento di nuove condizioni di moto permanente

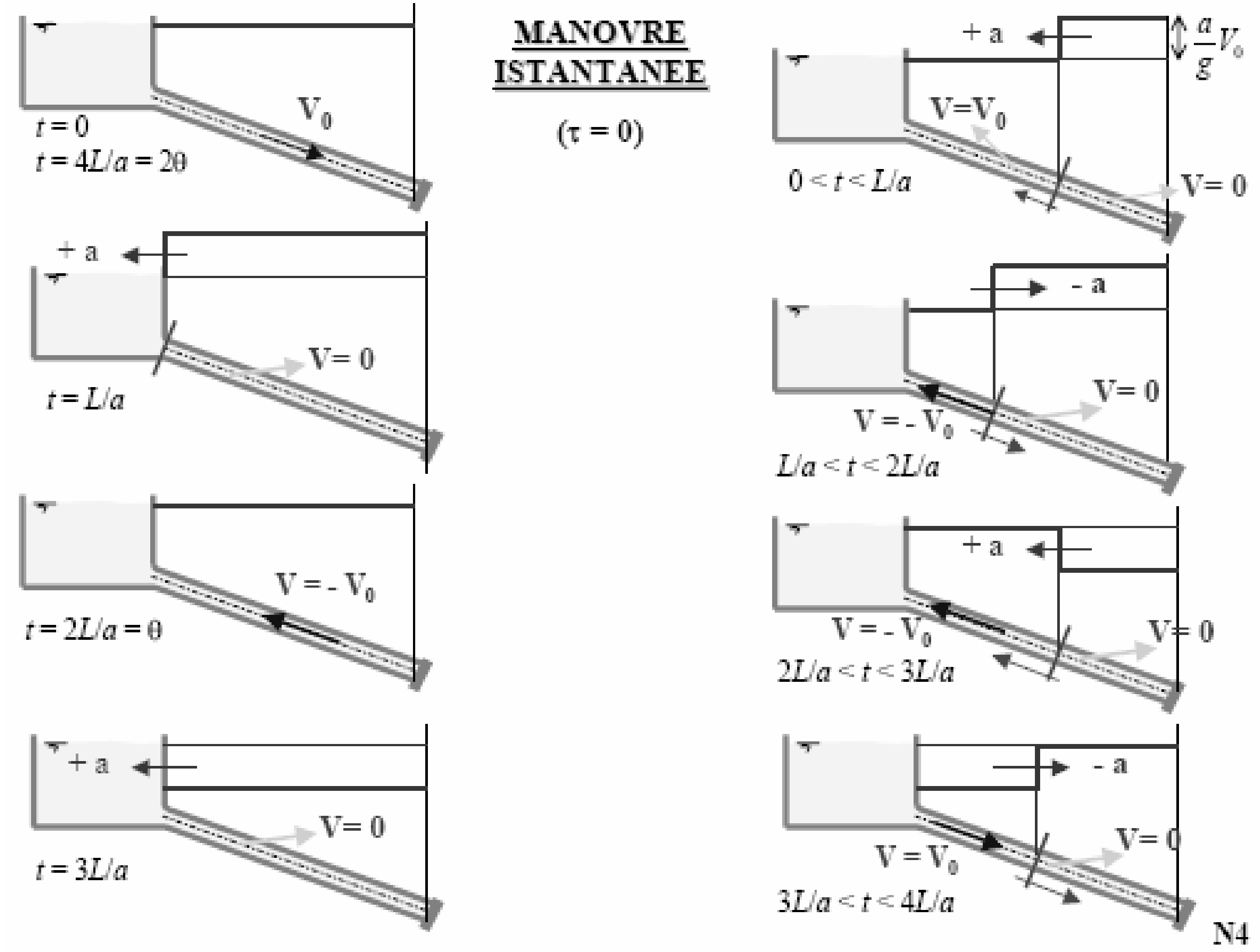


Colpo d’ariete

- Per effetto di una manovra di chiusura il fluido contenuto nella condotta non si ferma istantaneamente
- Il moto si arresta prima nelle sezioni prossime alla valvola



Effetto di una chiusura istantanea



Celerità di propagazione

- Le onde di pressione si propagano in condotta con una velocità caratteristiche detta celerità

$$a = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon D}{E S}}}$$

a = Celerità = velocità di propagazione onde di pressione

ε = coefficiente di comprimibilità fluido

ρ = densità fluido

D = diametro condotta

S = spessore condotta

E = modulo di elasticità materiale condotta

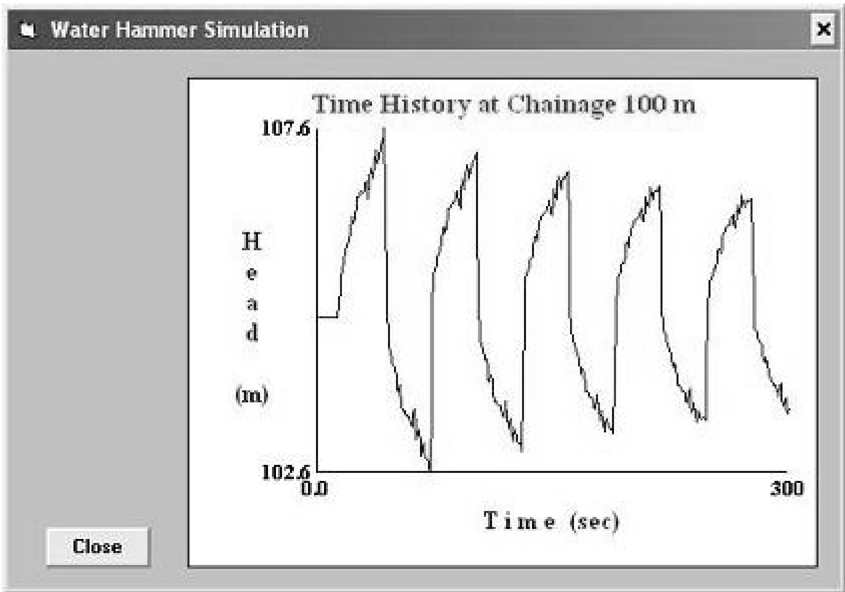
Per $E \rightarrow \infty$ (condotta infinitamente rigida) $a \rightarrow \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} = C_0$

Celerità onde piane di pressione (vel. suono)

C_0 Acqua~1450 m/s

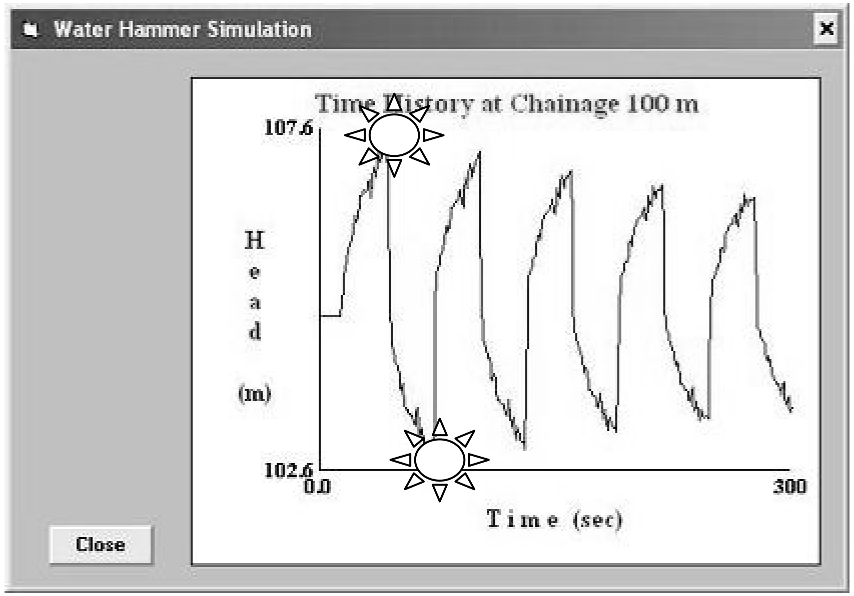
Variazione di pressione in condotta

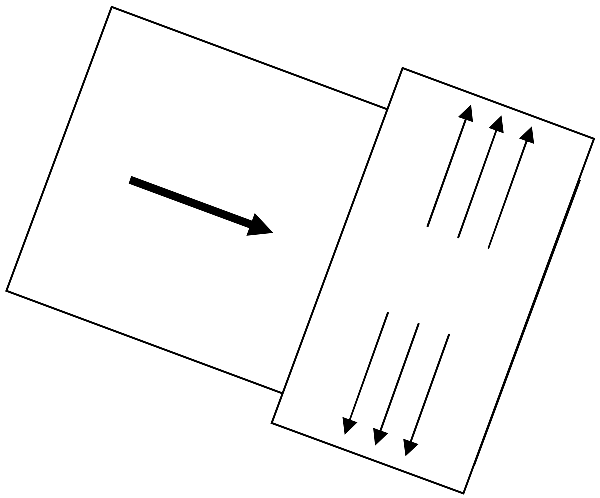
- Nelle diverse sezioni della condotta si osserva il susseguirsi periodico di oscillazioni di pressione
- Il periodo delle oscillazioni è detto ritmo $$\tau = \frac{2L}{a}$$
- Le oscillazioni tendono a smorzarsi per effetto delle resistenze al moto



Calcolo delle pressioni in condotta

- Dal punto di vista ingegneristico occorre determinare la massima sovrappressione e la massima depressione
- Occorre considerare la comprimibilità del fluido e la deformabilità della condotta





Equazioni del moto vario

Equazioni moto vario di una corrente monodimensionale:

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial s}+\frac{\partial(\rho A)}{\partial t}=0$$ Eq. di continuità

$$\frac{\partial}{\partial s}\left(z+\int\frac{dp}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}\right)=-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t}-j$$ Eq. del moto $$\left[j=\frac{\tau_0}{\gamma R}\right]$$

Ricordando che $Q=VA$; $\rho=\rho\{p(s,t)\}$; $A=A\{p(s,t)\}$

- La soluzione del sistema di equazioni differenziali è molto complessa:

$$\boxed{h-h_0=F(t-\frac{s}{c})-f(t+\frac{s}{c})}$$

$$\boxed{\frac{c}{g}(V_0-V)=F(t-\frac{s}{c})+f(t+\frac{s}{c})}$$

Sovrappressione a valle

- Le due funzioni F e f rappresentano le onde di pressione che si propagano dalla valvola e dal serbatoio

$$\boxed{h - h_0 = F(t - \frac{s}{c}) - f(t + \frac{s}{c})}$$

$$\boxed{\frac{c}{g}(V_0 - V) = F(t - \frac{s}{c}) + f(t + \frac{s}{c})}$$

- Per t<t al termine della condotta esiste la sola F per cui il sistema si semplifica:

$$h - h_0 = F(t - \frac{s}{c})$$

$$\frac{c}{g}(V_0 - V) = F(t - \frac{s}{c})$$

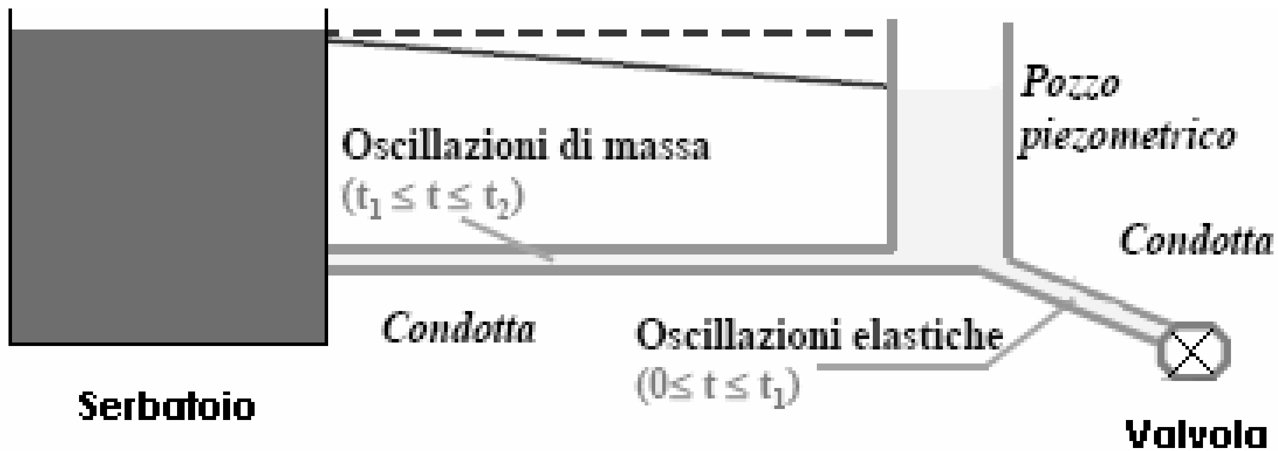
$$h - h_0 = \frac{c}{g}(V_0 - V)$$

- Sovrappressione per chiusura che si completa in meno di un ritmo

$$h - h_0 = \frac{c}{g} V_0$$

Oscillazione di massa

- Spesso nei sistemi acquedottistici sono inseriti dei pozzi piezometrici che consentono di limitare il tronco di condotta in cui viaggiano le oscillazioni elastiche
- Le variazione di regime nella condotta di valle si esaurisce nel tempo t_1 e determina nella condotta di monte un moto vario per $t > t1$ che può essere trattato trascurando la deformabilità della condotta e la comprimibilità del fluido



Equazioni dell'oscillazione di massa

<u>Equazioni moto vario di una corrente monodimensionale:</u>

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial s}+\frac{\partial(\rho A)}{\partial t}=0$$ Eq. di continuità

$$\frac{\partial}{\partial s}\left(z+\int\frac{dp}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}\right)=-\frac{1}{g}\frac{\partial V}{\partial t}-j$$ Eq. del moto $\left[j=\frac{\tau_0}{\gamma R}\right]$

- Si assume che la velocita in condotta non vari con s

Si integra in s tra (1) e (2) trascurando le perdite concentrate

$$H_1-H_2=\frac{1}{g}\frac{dV}{dt}L_G+\frac{\lambda}{D_G}\frac{V|V|}{2g}L_G \qquad (1)$$

E si pone $z=H_2-H_1$ (2)

Compaiono le variabili z e V: esse sono legate dalla equazione di continuità all'imbocco del pozzo:

Volume che attraversa la galleria in dt $\leftarrow$ $\mathbf{VA_G dt = A_P dz}$ $\rightarrow$ *Volume immagazzinato nel pozzo in dt*

Variazione del livello nel pozzo

- La risoluzione numerica del sistema di equazioni differenziali consente il calcolo del livello z nel pozzo