Lois de similitude :

a) Electromagnétisme

b) but : trouver un ordre de grandeur → évaluer une solution

Méthodologie : a) Avoir un système de référence

b) On désigne toutes les grandeurs par des lettres simples

$l, m, V, J, B, H \ldots$

c) On désigne l'objet réduit ou augmenté par des lettres avec '

l', m', V', J', B', H'

d) Calcule le rapport de similitude ou homothétique :

$$l^* = \frac{l'}{l}, \quad m^* = \frac{m'}{m}, \quad V^* = \frac{V'}{V} \ldots$$

Ex :
$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot l$$

$$m' = \rho' S' l'$$

$$m^* = \rho^* \cdot S^* \cdot l^* = \rho^* \cdot l^{*3}$$

$\hookrightarrow$ si homothétique

Si $\rho^* = 1$ Même Matériau

$\longrightarrow \quad m^* = l^{*3}$

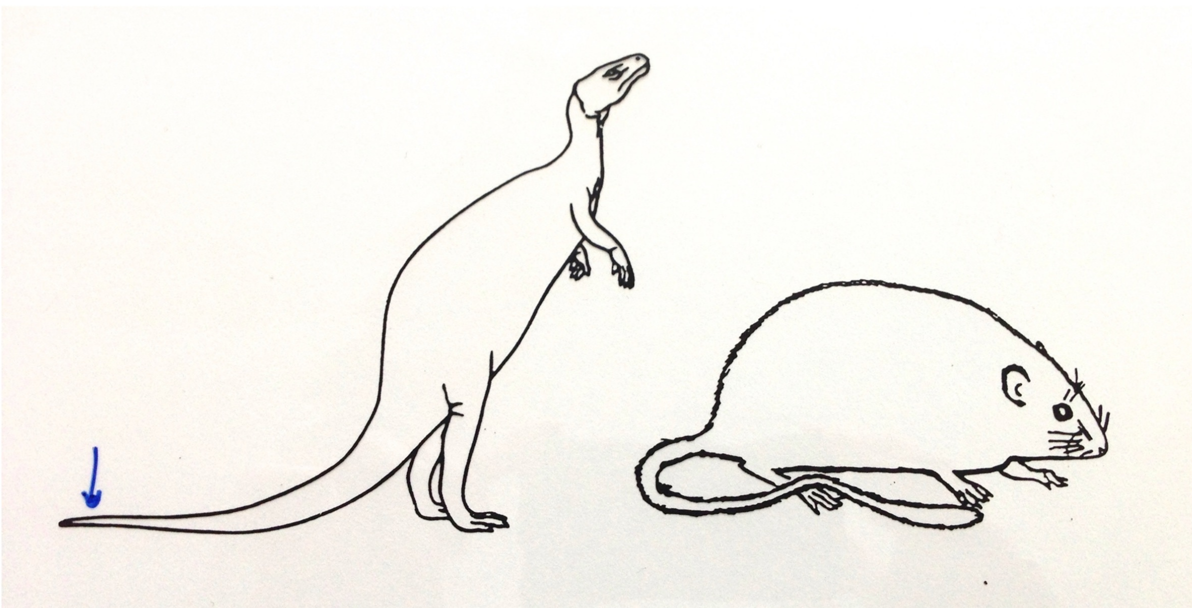
Marche :

$$F = A^{\alpha} . B^{\beta} . C^{\gamma}$$
$$F' = A'^{\alpha} . B'^{\beta} . C'^{\gamma}$$
$$F^* = A^{*\alpha} . B^{*\beta}\, C^{*\gamma}$$

Limite :

$$F = A + B$$

sin, cos, tg etc...



Souris	Dinosaure
$l' = 0{,}1\ m$	$l = 10\ m$
	$l^* = 10^{-2}$

$m' = 10\ g$ | $m^* = l^{*3}$

$\rightarrow m = 10\ t$

contraintes sur les os :

$$\sigma^* = \frac{m^* \cdot g^*}{S^*} = \frac{l^{*3} \cdot 1}{l^{*2}} = l^*$$

σ' $\qquad$ $\sigma = 100\,\sigma'$

t' $\qquad$ $t = 100\, t'$

Echauffement :

Hyp : On ne considère que les pertes Joule

$$P_j = R \cdot i^2$$

$$P_j = \int \rho \cdot J^2\ dV$$

ρ : résistivité $[\Omega\, m]$

J : Densité de courant $[A/m^2]$

V : Volume de calcul $[m^3]$

Si on a un même matériau : $j^* = 1$

$$\rightarrow \quad P_j^* = j^{*2} \cdot \ell^{*3}$$

On veut calculer l'échauffement : ΔT

Hyp : on ne considère que la convection

$$P_j = \Delta T \cdot S_{convection} \cdot \alpha$$

coef. de convection

α = dans l'air non ventilé $= 12\ W/_{Km^2}$

But $\rightarrow \Delta T^* = 1$

$$P_j^* = \underset{\downarrow}{\overset{}{\Delta T^*}} \cdot \ell^{*2} \cdot \underset{\downarrow}{\alpha^*} = \ell^{*2}$$

$\qquad\qquad 1 \qquad\qquad\qquad\quad 1$

$$P_j^* = j^{*2} \cdot \ell^{*3} = \ell^{*2}$$

$$j^* = \sqrt{\frac{1}{\ell^*}}$$

Ex : $l^* = 10^{-2}$

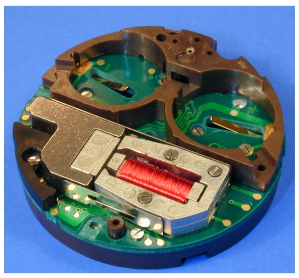
$$1/l^* = 100$$

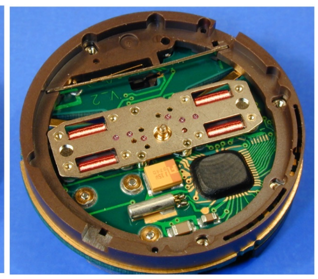
$$\sqrt{\frac{1}{l^*}} = 10 \quad !!!$$

Densité de courant dans les moteurs ?

- Grandes machines MW: … à 1 A/mm^2
- Petites machines W: 1 à 10 A/mm^2
- Micro machines mW : 10 à … A/mm^2

Pour la montre environ 60 à 80 A/mm^2





Couple des Moteurs réluctants / Asynchrone
Sans aimant

hyp : 1 phase , 1 bob :

$$\Gamma = \frac{1}{2}\frac{dL}{d\alpha}\cdot i^2 = \frac{1}{2}\frac{d\Lambda}{d\alpha}\cdot \Theta_b^2$$

$$\Gamma^* = N^{*2}\cdot i^{*2}\cdot \Lambda^* = \Lambda^*\cdot \Theta_b^{*2}$$

$$\Theta_b = N\cdot i = J\cdot S_{cu} \rightarrow \Theta_b^* = J^*\cdot l^{*2}$$

$$\Lambda = \frac{\mu \cdot S}{l} \rightarrow \Lambda^* = \frac{\mu^* \cdot l^{*2}}{l^*} = l^*$$

$$\Pi^* = j^{*2} \cdot l^{*5}$$

Si on impose $\Delta T^* = 1$

$$j^* = \sqrt{\frac{1}{l^*}}$$

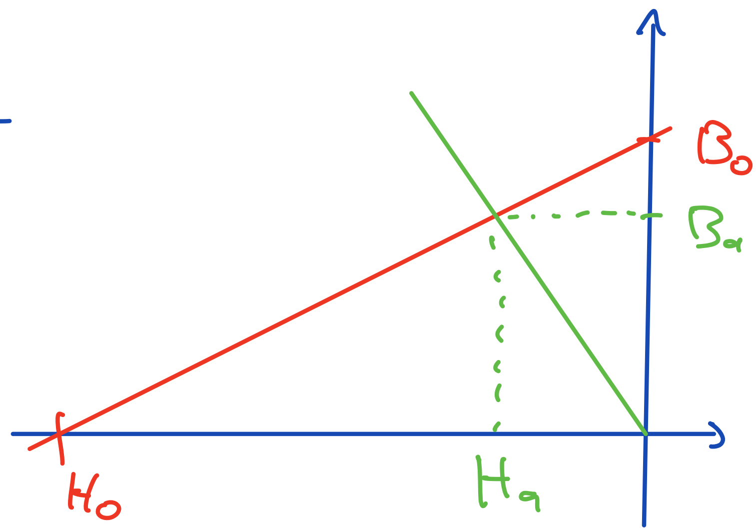
$$\Pi^* = l^{*4}$$

Couple des moteurs avec aimants :

$$\Pi = \frac{d\Lambda_{ab}}{d\alpha} \cdot \Theta_a \cdot \Theta_b$$

$$\Theta_b^* = j^* \cdot l^{*2}$$

$$\Lambda_{ab}^* = l^*$$



$$\Theta_a = H_o \cdot l_a$$

Si on a le même matériau

$$\theta_a^* = l^*$$

$$\Pi^* = j^{*} \cdot l^{*4}$$

Si $\Delta T^* = 1 \rightarrow j^* = \frac{1}{\sqrt{l^*}}$

$$\Pi^* = l^{*3.5}$$

Exemple : Moteur de Montre :

Montre	Référence
l'	l
$P'_{mec} = 1\ \mu W$	$P_{mec} = 1\ kW$
$\Omega' = 30\ t/min$	$\Omega = 3000\ t/min$
?	$l_{active} = 100\ mm$
	$\frac{P_j}{P_{mec}} = 0{,}05$
	$\eta_j = 0{,}95$

$\Gamma' = 0{,}32\ \mu Nm \qquad \Gamma = 3.18\ Nm$

$$\Gamma^* \cong 10^{-7}$$

↳ Moteur Asynchrone (sans aimant) : $l_{active} = 1{,}77\ mm$

↳ Moteur synchrone avec aimant : $l_{active} = 1\ mm$

Calcul du rendement joule du moteur :

↳ Moteur Asynchrone : $\eta_J' = 6.3 \cdot 10^{-5}$

→ batterie dure 2 j

↳ Moteur synchrone avec aimant : $\eta_J' = 0{,}33$

→ batterie dure 2 ans

Calcul du rendement :

$$\eta_j = \frac{P_{mec}}{P_{mec} + P_j}$$

$$\hookrightarrow \quad \eta_j = \frac{1}{1 + \frac{P_j}{P_{mec}}}$$

à analyser

$$1 + \frac{P_j}{P_{mec}} = \frac{1}{\eta_j}$$

$$\frac{P_j}{P_{mec}} = \frac{1}{\eta_j} - \underline{1}$$

$$\eta_j' = \frac{1}{1 + \left(\frac{P_j}{P_{mec}}\right)'} = \frac{1}{1 + \left(\frac{P_j}{P_{mec}}\right)^{*} \left(\frac{1}{\eta_j} - 1\right)}$$