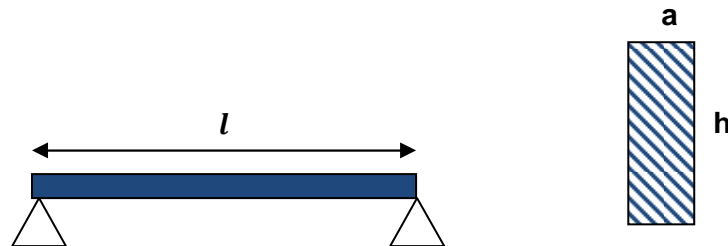


Poutre isostatique ne supportant que son propre poids (ou pour laquelle, son propre poids est le déterminant)

1 / la contrainte maximale d'une poutre est proportionnelle à l'inverse de son volume



Nous considérons une poutre béton de largeur a , de hauteur h et de longueur l , sur 2 appuis. Ne supportant que son propre poids.

Le fait d'utiliser un béton plus ou moins performant, ne fait varier que la hauteur h (globalement), les autres éléments dimensionnels sont constants. (a et l sont des constantes, notées C)

$$M_{maxi} = \frac{\rho a h l^2}{4} \propto C * h$$

Avec ρ : la masse volumique de la poutre (béton 2.4t/m³), C étant une constante (ici : $\frac{\rho a l^2}{4}$)

Le moment maximum est proportionnel à h

La contrainte maximale (permettant de dimensionner la poutre)

$$\sigma_{maxi} = \frac{M_{maxi}}{\frac{I}{v}} = \frac{12 a b^2 h^2}{8 a h^3} \propto C * \frac{1}{h}$$

La contrainte maximale est donc proportionnelle à $\frac{1}{h}$

Le volume peut être défini de la manière suivante :

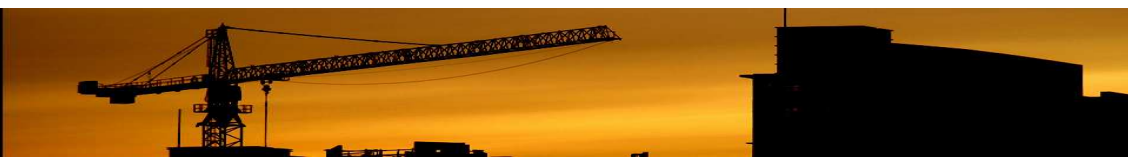
$$\begin{aligned} (CO2)^{m3} &= \text{émissions de CO2e par m3 de béton (kg éq. C / m3)} \\ (CO2)^{total} &= \text{émissions de CO2e totales de l'ouvrage (kg éq. C)} \\ V &= \text{volume total de l'ouvrage (m3)} \end{aligned}$$

$$(CO2)^{m3} * V = (CO2)^{total}$$

$$V = a * h * l = \frac{(CO2)^{total}}{(CO2)^{m3}} \propto C * h$$

Donc

$$\frac{1}{V} \propto \frac{1}{h} \propto \frac{(CO2)^{m3}}{(CO2)^{total}} \propto \sigma_{maxi}$$



2 / la résistance mécanique du béton est fonction des émissions de CO₂ par m³

La résistance à la compression du béton est fonction de sa teneur en liant (clinker ou substituts) et plus modestement des granulats utilisés. Globalement la résistance mécanique du béton est donc proportionnelle aux émissions de CO₂ par m³.

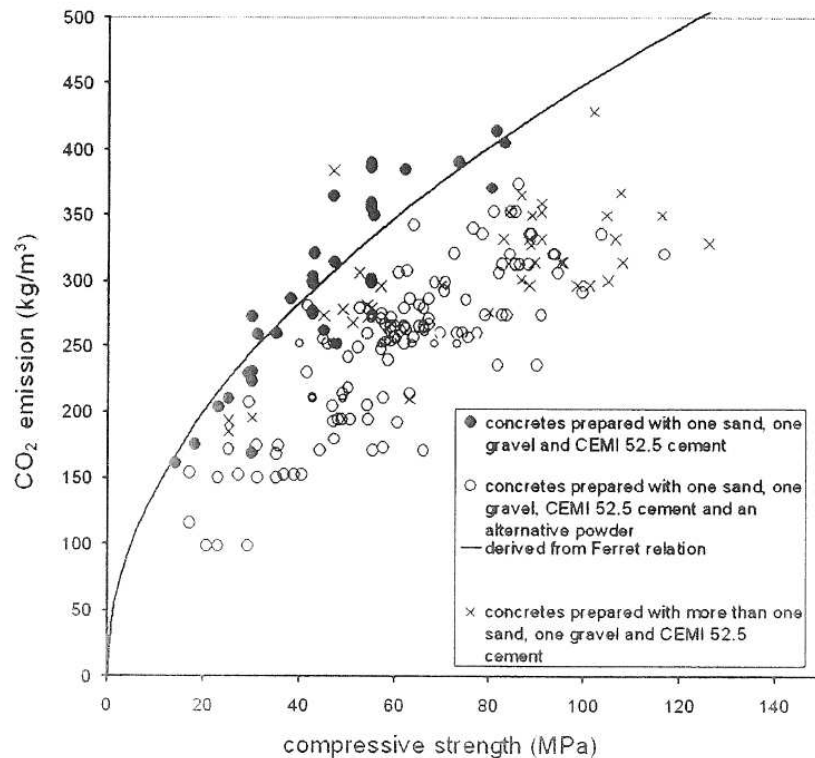
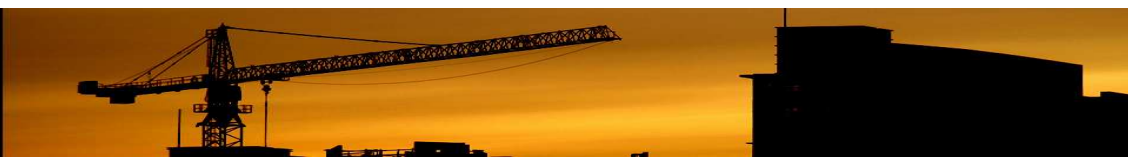


Fig. 2. CO₂ Emissions per cubic meter of concrete as a function of compressive strength resistance after 28 days of curing. Mix and strength data comes from [32-47].

Mesures empiriques

Si l'on ne tient compte que de la contribution du ciment (CEM I nécessitant 0.7tonne de CO₂e), et en conservant les autres paramètres constants, la résistance mécanique peut s'écrire :

$$f_c \approx (CO_2^{m^3})^2$$



3 / conclusion

Suivant les conclusions de 1/ et 2/, la résistance mécanique de notre poutre béton peut s'écrire :

$$\sigma_{maxi} \propto \frac{1}{V} \propto \frac{(CO_2)^{m_3}}{(CO_2)^{total}} \propto (CO_2^{m_3})^2$$

Finalement

$$(CO_2)^{total} \propto 1/(CO_2)^{m_3}$$

Pour ce cas précis, les émissions globales de CO₂ sont inversement proportionnelles aux émissions par m³. Plus le ciment utilisé sera performant mécaniquement (fortement émissif), plus le volume de béton nécessaire pour dimensionner la poutre sera réduit, et finalement les émissions de CO₂ seront globalement réduites.

Cette démonstration ne permet pas d'obtenir les mêmes conclusions avec des cas de charges différents ou pour le flambement d'un poteau par exemple. Il n'en demeure pas moins que ce type d'analyse peut avoir du sens pour lutter contre la contrainte carbone et mériterait d'être développée à toute étude de structure.



Cette analyse est tirée du document du LCPC « Study of two concrete mix-design strategies to reach carbon mitigation objectives » G.HABERT et N.ROUSSEL (2009) – ISSN : 0958-9465

