

Ponts en béton

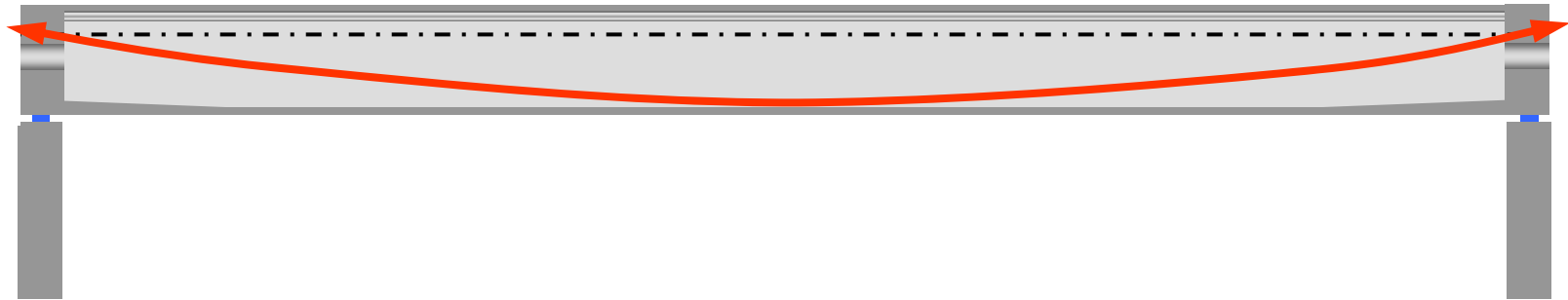
Leçon 2 (27.9.2012)

*Conception
de la
précontrainte
(1)*

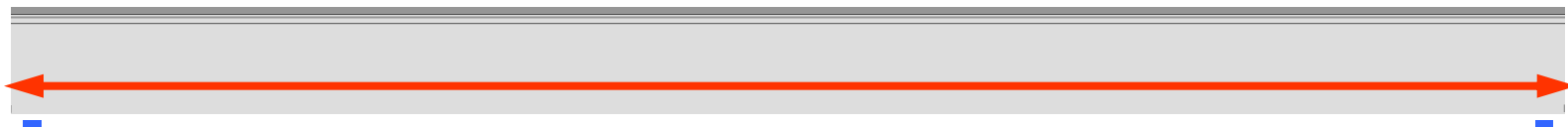


Principe de la précontrainte

Précontrainte par post-tension



Précontrainte par pré-tension



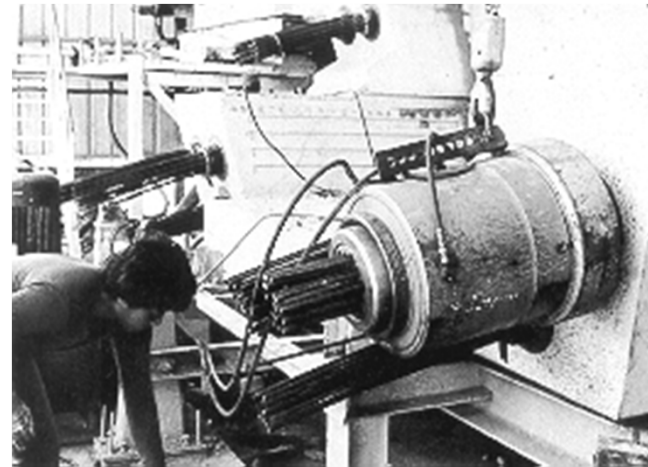
Précontrainte par post-tension



Tête mobile



Tête fixe

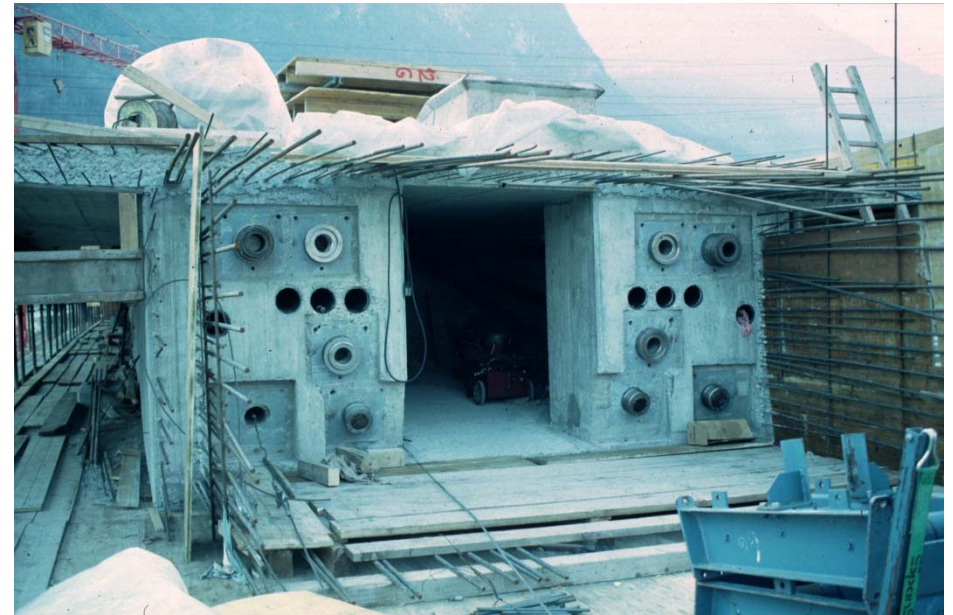


Précontrainte

avec



sans

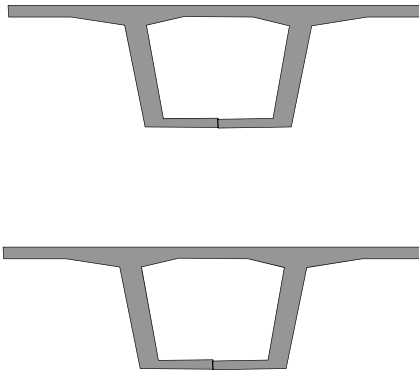
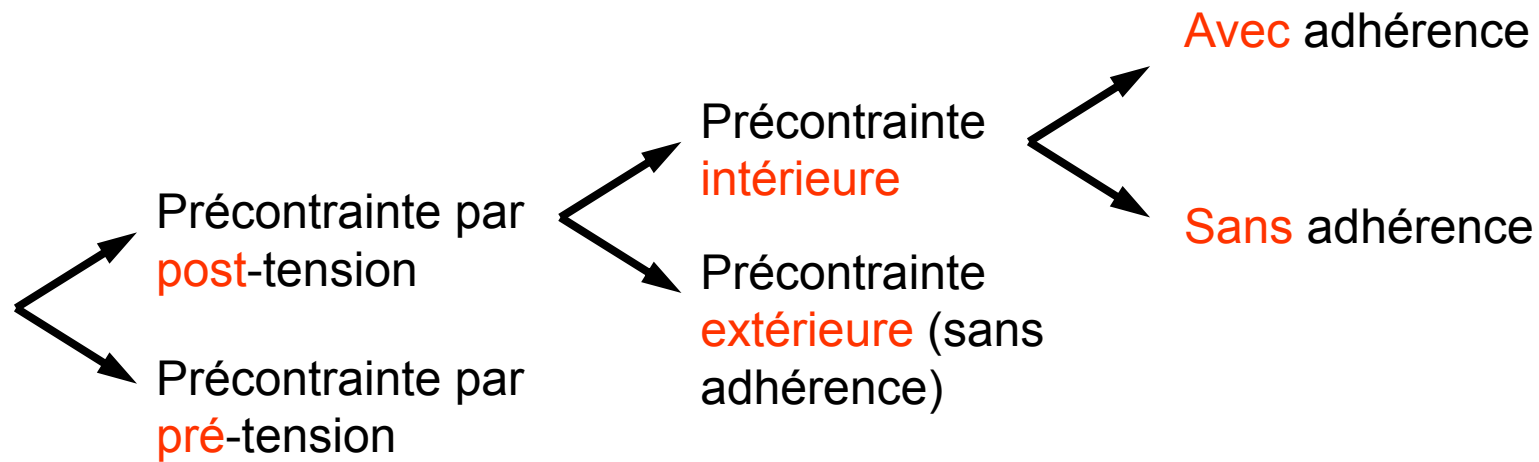


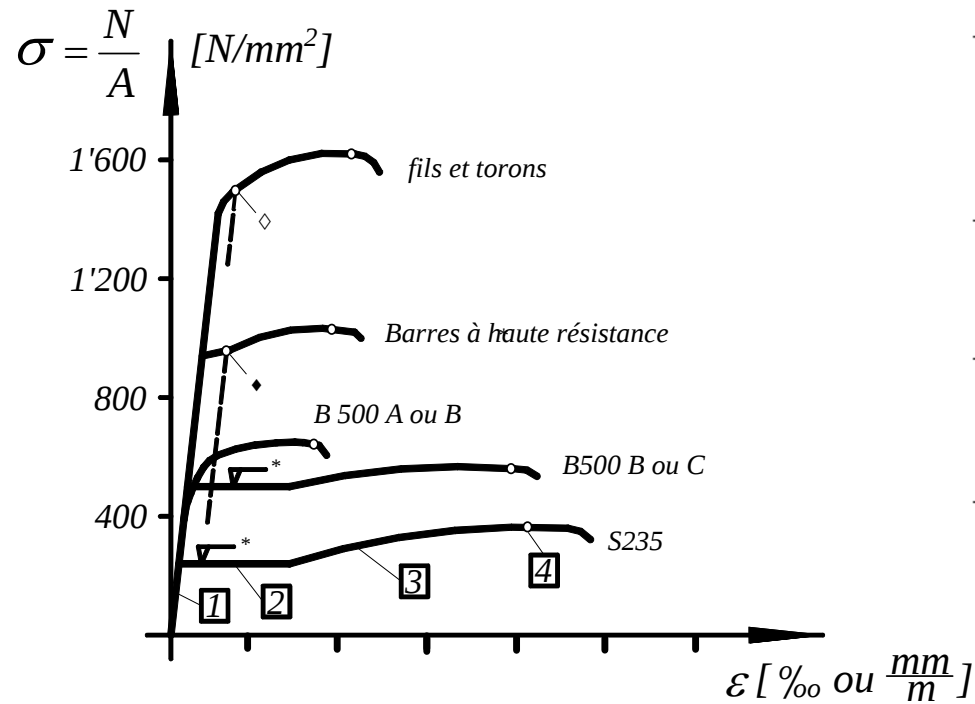
adhérence

(intérieure)

(extérieure)

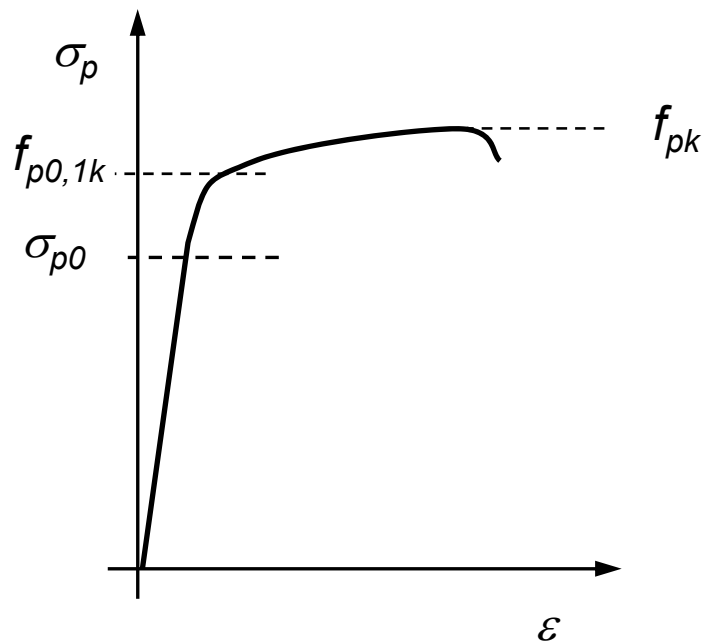
Différents types de précontrainte





Type d'acier de précontrainte		Limite d'écoulement $f_{p0.1,k}$ [N/mm ²]	Résistance à la traction f_{pk} [N/mm ²]
fils	Ø = 3, 4 et 5 mm	1600	1860
	Ø = 6 mm	1520	1770
	Ø = 7 et 8 mm	1440	1670
	Ø = 10 mm	1300	1570
torons	Ø = 12.9 mm, A=100 mm ²	1600	1860
	Ø = 15.3 mm, A=140 mm ²	1520/1600	1770/1860
	Ø = 15.7 mm, A=150 mm ²	1520/1600	1770/1860
Barres érouies	Ø = 20 mm	900	1100
	Ø = 26, 32 et 36 mm	830/1080	1030/1230

La force de précontrainte initiale

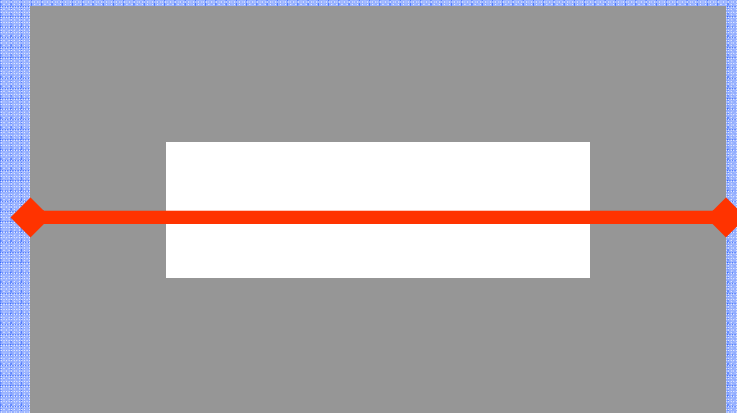


$$\sigma_{p0} \leq 0.70 \cdot f_{pk} \quad \text{après la mise en tension}$$

$$\sigma_{p0} \leq 0.75 \cdot f_{pk} \quad \text{lors de la mise en tension}$$

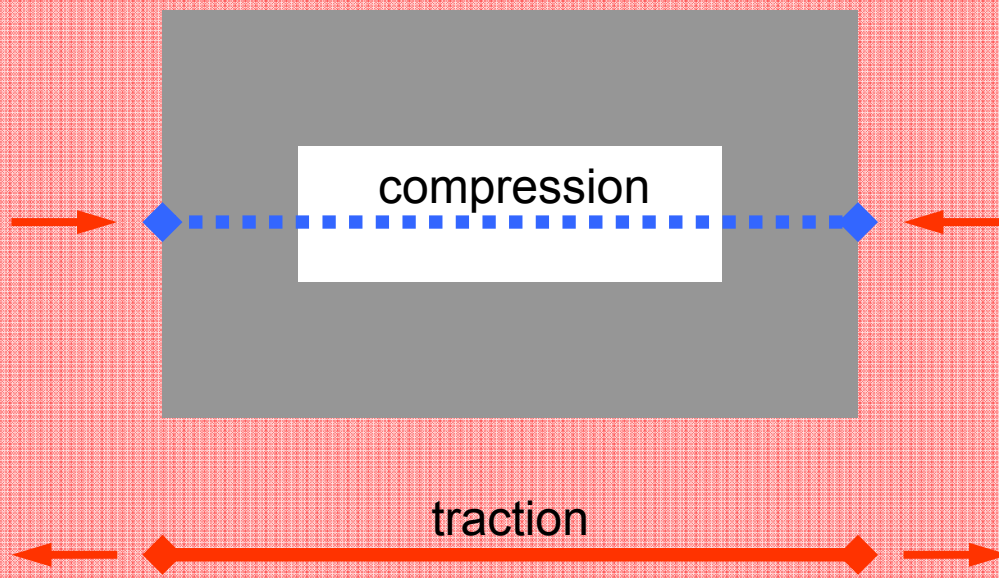
$$\sigma_{p\infty} \geq 0.45 \cdot f_{pk} \quad \text{à } t = \infty$$

Comment considérer la précontrainte?



Approche « auto-constraint » (déformation imposée)

Le système est composé par le béton armé **avec** le câble de précontrainte, la précontrainte provoque des efforts (intérieurs), et donc des déformations



Approche « forces »

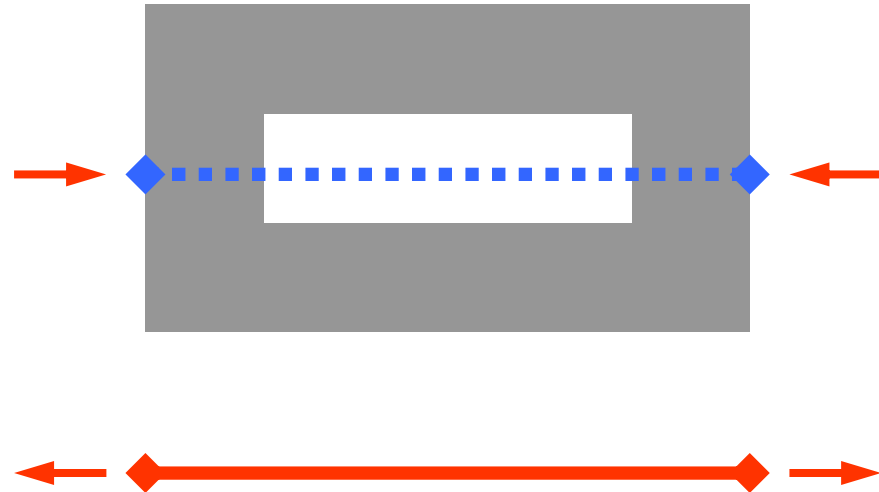
- Exercées par le câble sur le béton armé
- Exercées par le béton armé sur le câble

3 types d'effort entre câble et béton armé:

1) Forces d'ancrage

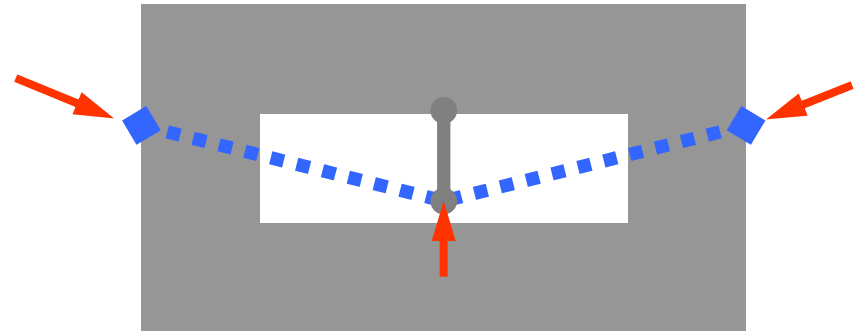
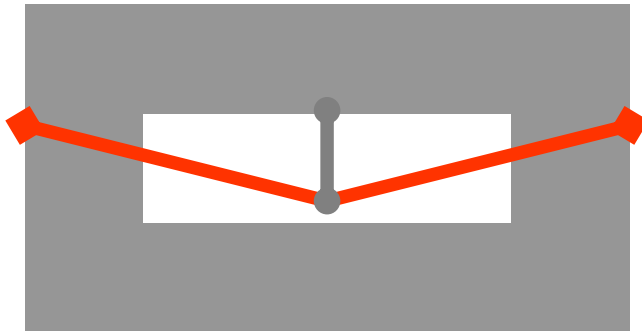


Approche « auto-contrainte »



Approche « forces »

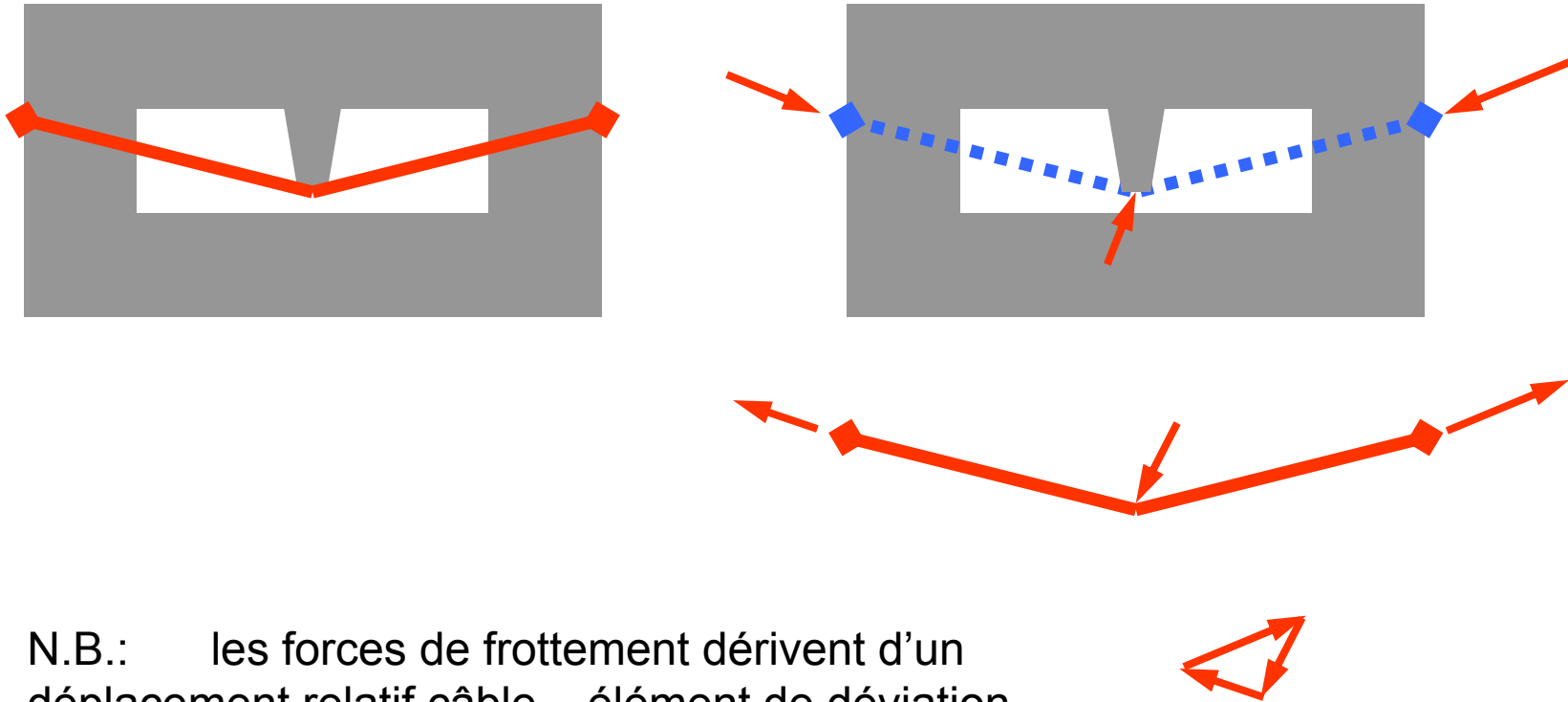
2) Forces de déviation



N.B.: les forces de déviation sont en équilibre avec les forces d'ancrage

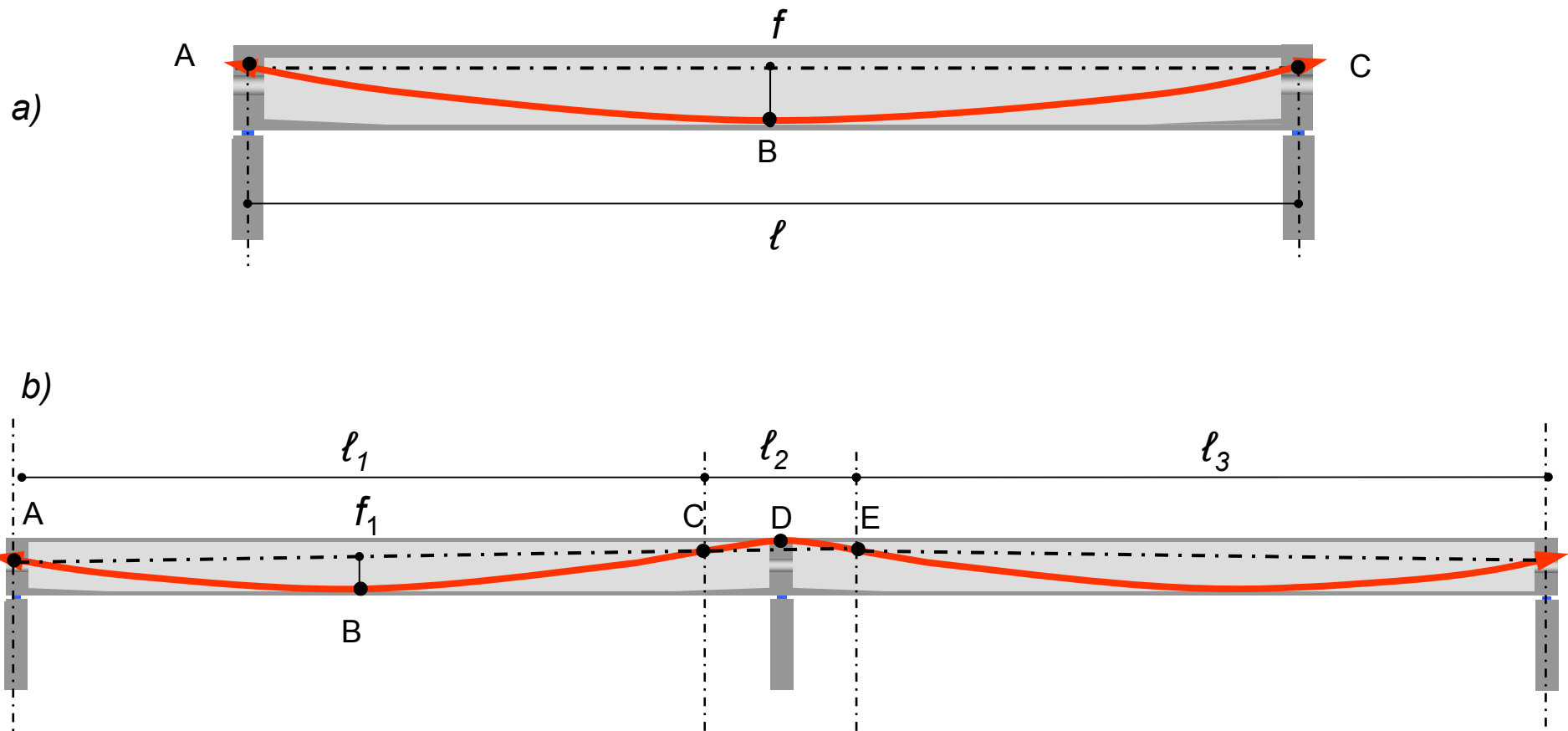


3) Forces de frottement



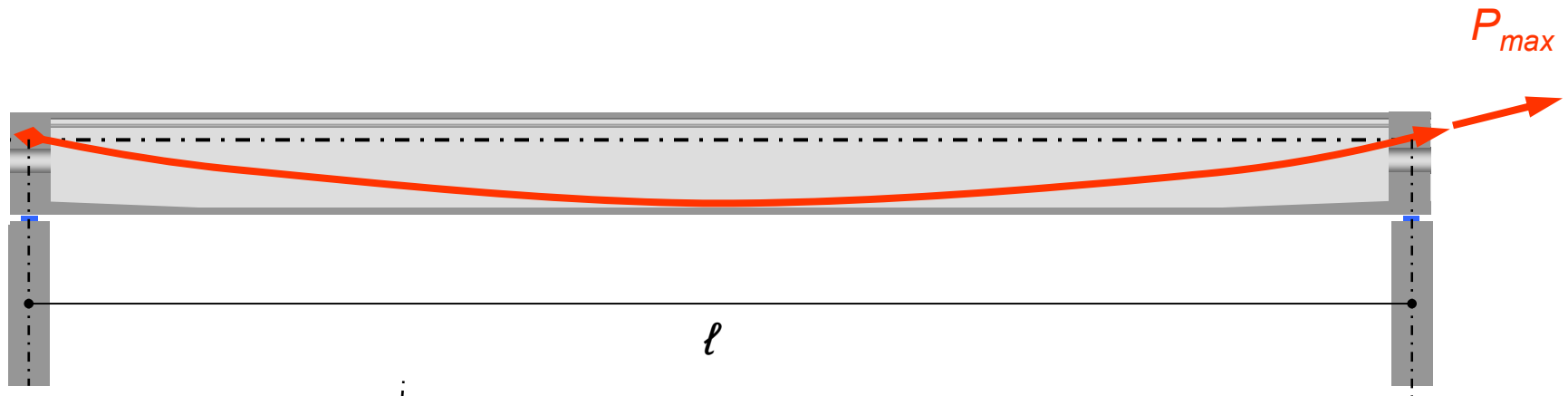
N.B.: les forces de frottement dérivent d'un déplacement relatif câble – élément de déviation (lorsque le câble est tendu par exemple)

Géométrie des câbles de précontrainte

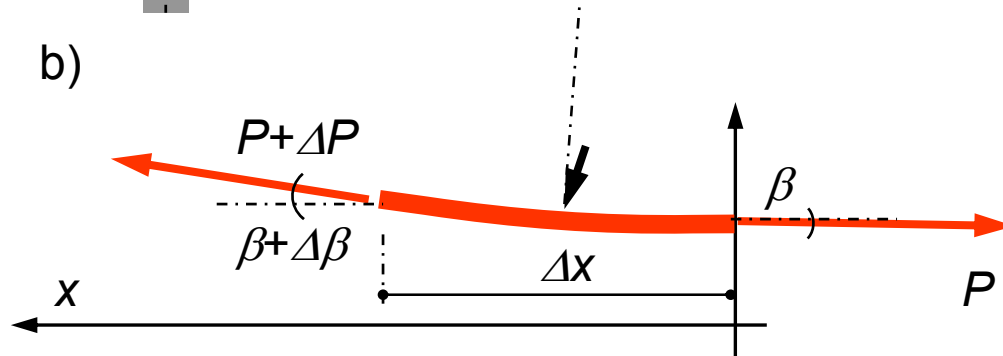


Les pertes de la précontrainte dues au frottement

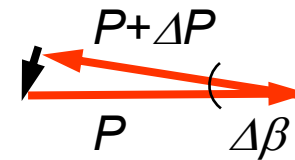
a)



b)

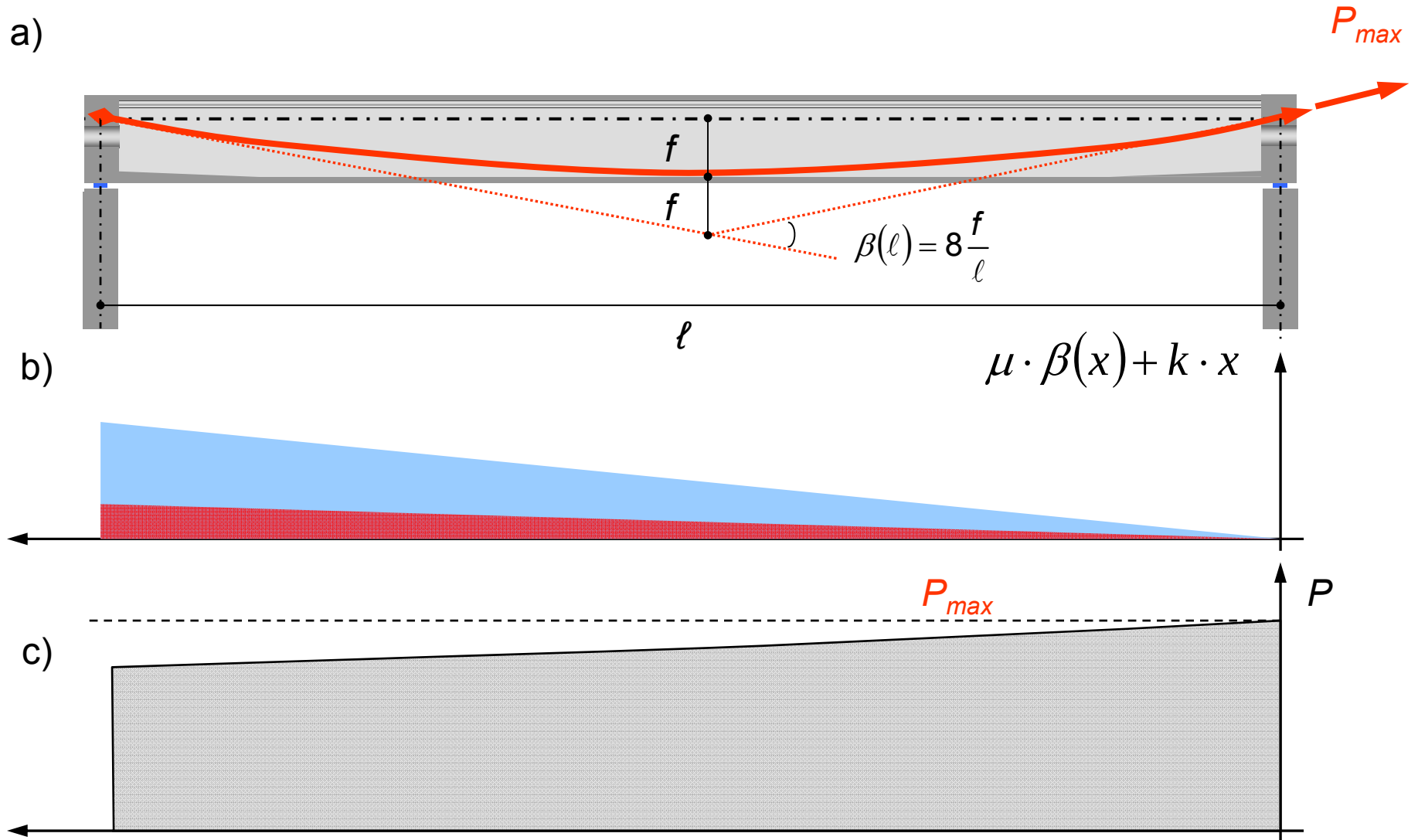


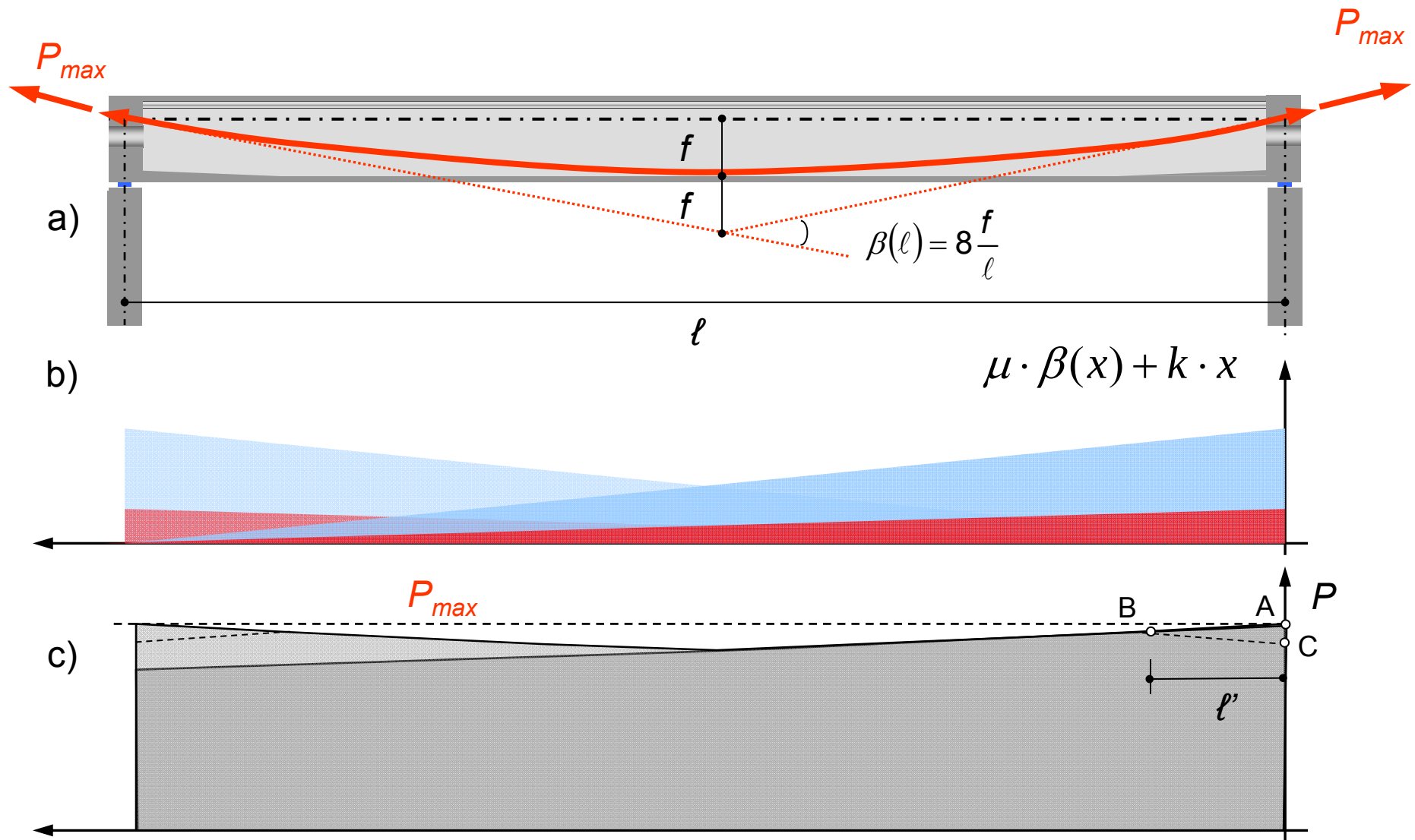
c)

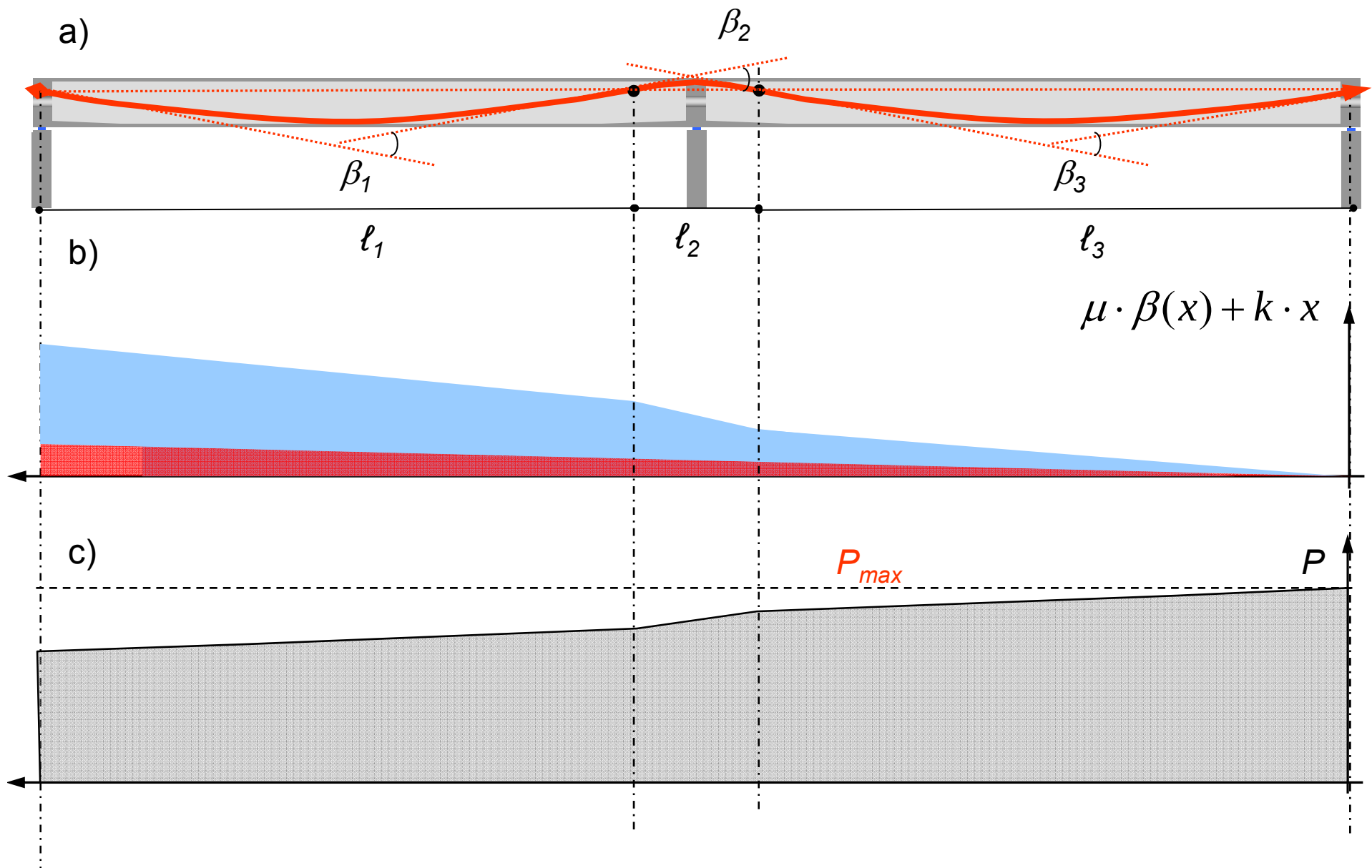


$$\Delta P = -P \cdot (\mu \cdot \Delta\beta + k \cdot \Delta x) \quad \longrightarrow \quad P(x) = P_{\max} \cdot e^{-(\mu\beta + kx)}$$

Type de gaine		
métallique	$\mu \approx 0.20$	$k \approx 0.0008 \text{ m}^{-1}$
en PE ou PP	$\mu \approx 0.14$	$k \approx 0.0010 \text{ m}^{-1}$

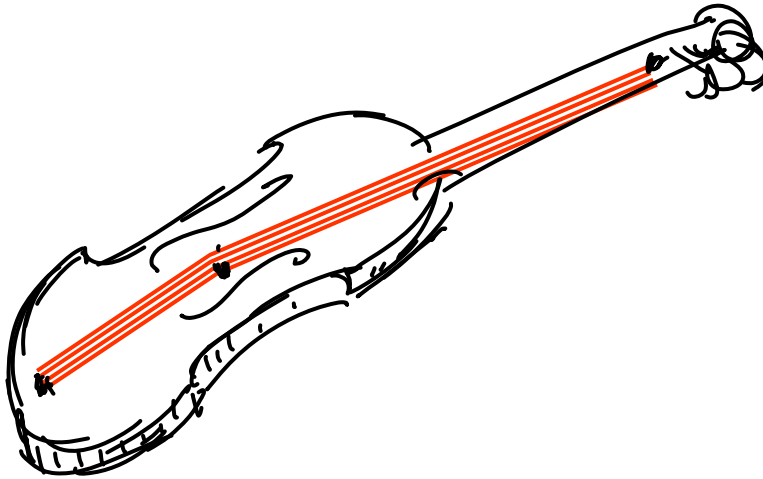




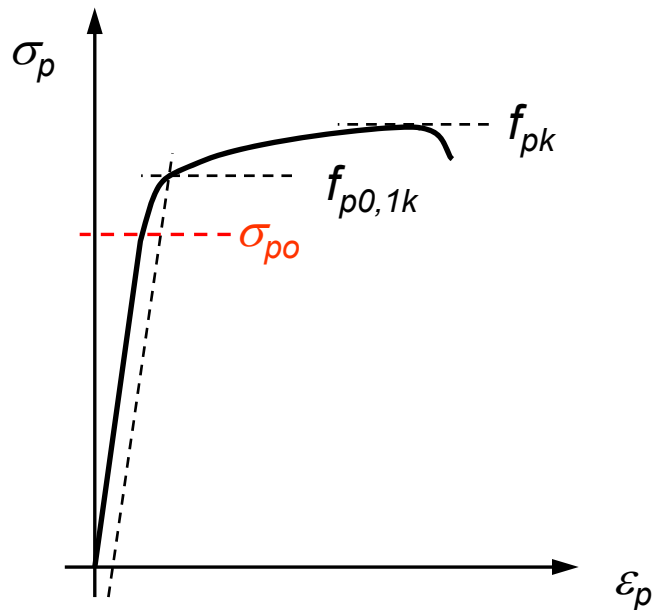
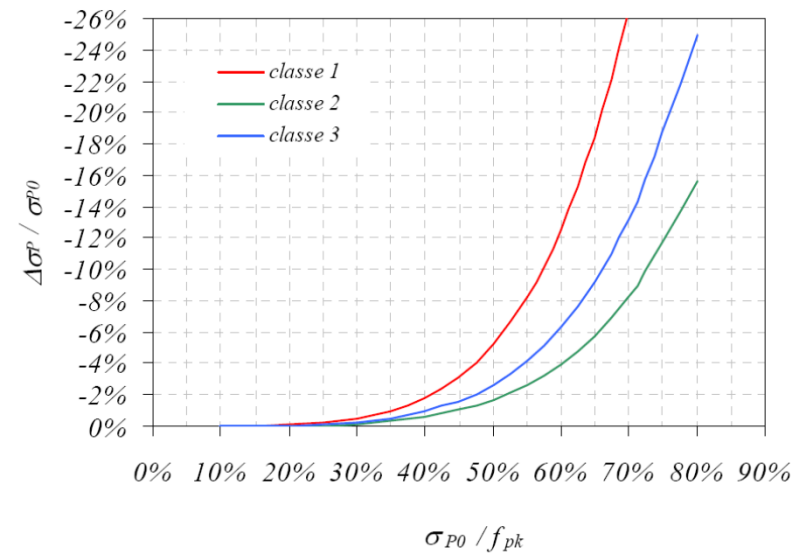
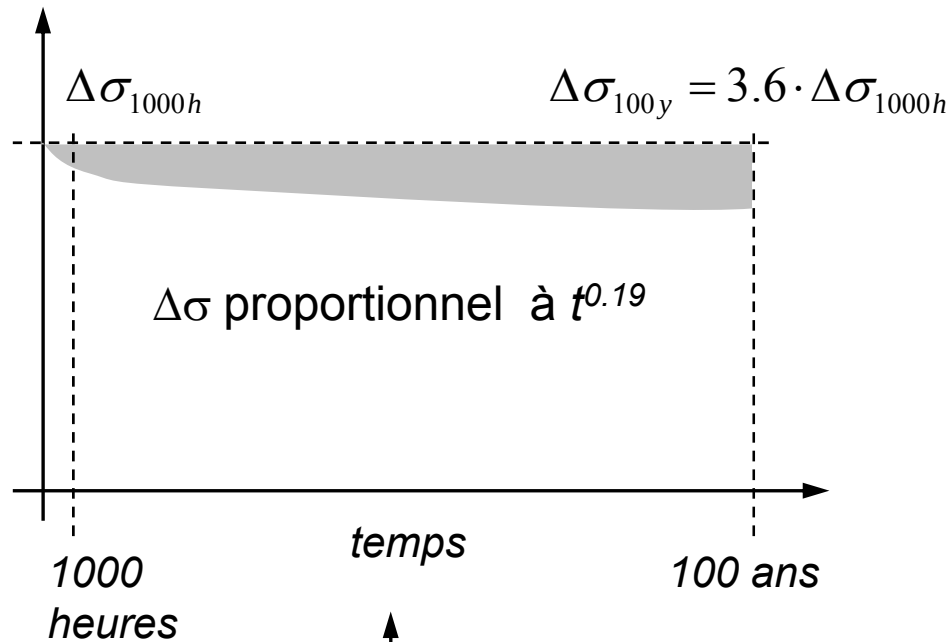


Les pertes de la précontrainte dues

1. à la relaxation,
2. au retrait et
3. au fluage



Relaxation

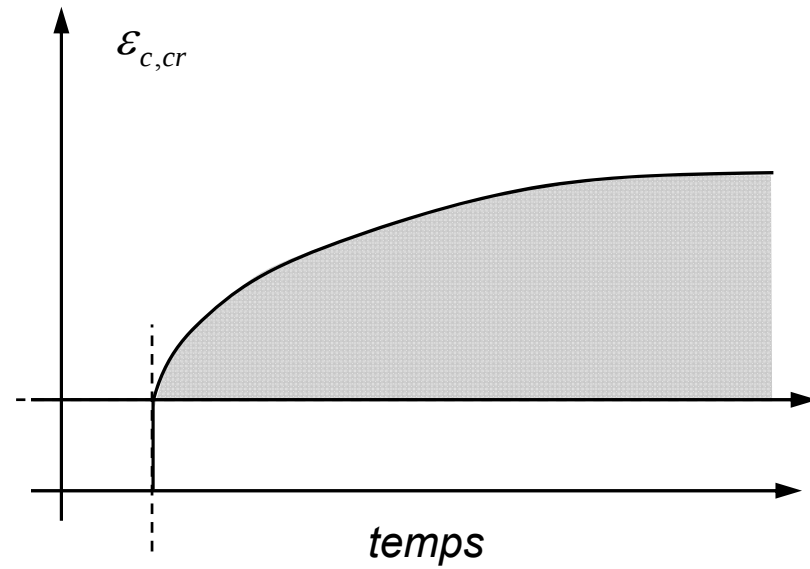
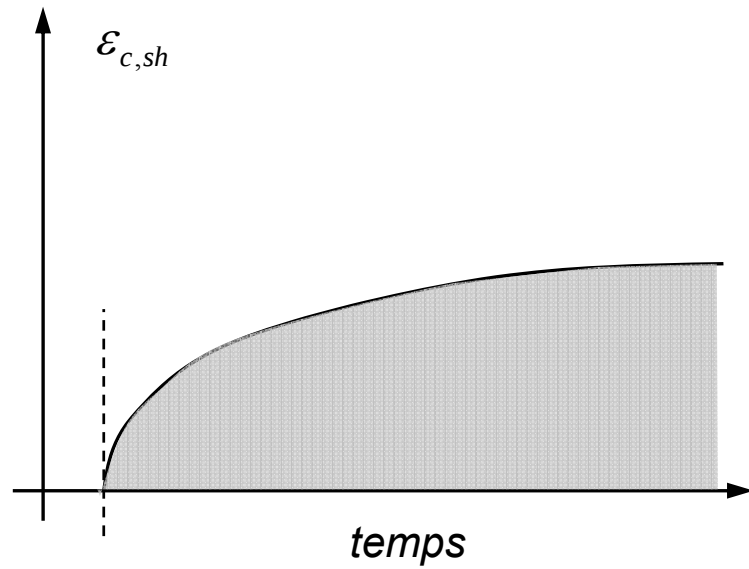


$$\sigma_{p0} \leq 0.70 \cdot f_{pk} \quad \text{après la mise en tension}$$

$$\sigma_{p0} \leq 0.75 \cdot f_{pk} \quad \text{lors de la mise en tension}$$

$$\sigma_{p\infty} \geq 0.45 \cdot f_{pk} \quad \text{à } t = \infty$$

Retrait et fluage



$$\Delta P = -A_p \cdot E_p \cdot (\varepsilon_{c,sh} + \varepsilon_{c,cr})$$

Effets combinés: relaxation, retrait et fluage

Sans considérer l'interaction entre ces trois effets, la perte de précontrainte peut être calculée directement en admettant que l'acier de précontrainte en adhérence avec le béton aura les mêmes variations de déformation :

$$\begin{aligned}\Delta P &= -\rho(t, \sigma_{P0}) \cdot P_0 + A_p \cdot E_p \cdot (\varepsilon_{cs}(t) + \varepsilon_{cc}(t, t_0, \sigma_c)) \\ &= -\rho(t, \sigma_{P0}) \cdot P_0 + A_p \cdot E_p \cdot \left(\varepsilon_{cs}(t) + \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \varphi(t, t_0) \right)\end{aligned}\quad (\text{éq. 1.10})$$

où $\varphi(t, t_0)$ est le coefficient de fluage à l'instant t et pour une contrainte σ_c (compression négative) appliquée au temps t_0 .

L'interaction entre les trois effets peut être considérée par la formule proposée par la norme EC2²⁰⁰⁴ dérivée de la méthode de Trost :

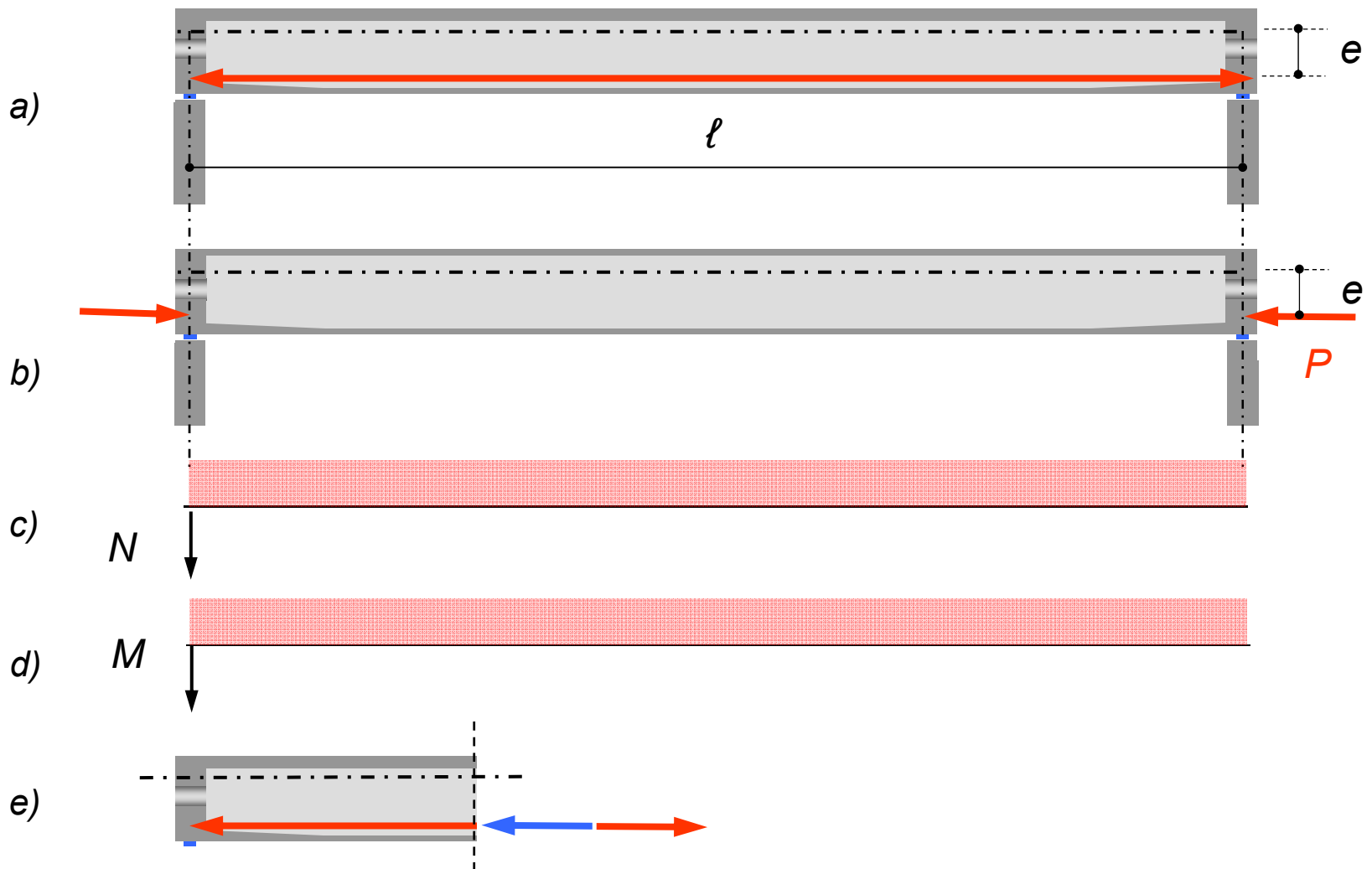
$$\Delta P = \frac{-0.8 \cdot \rho(t, \sigma_{P0}) \cdot P_0 + A_p \cdot E_p \cdot \left(\varepsilon_{cs}(t) + \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \varphi(t, t_0) \right)}{1 + \frac{E_p}{E_c} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \left(\frac{e}{i_c} \right)^2 \right) \cdot (1 + 0.8 \cdot \varphi(t, t_0))}\quad (\text{éq. 1.11})$$

où :

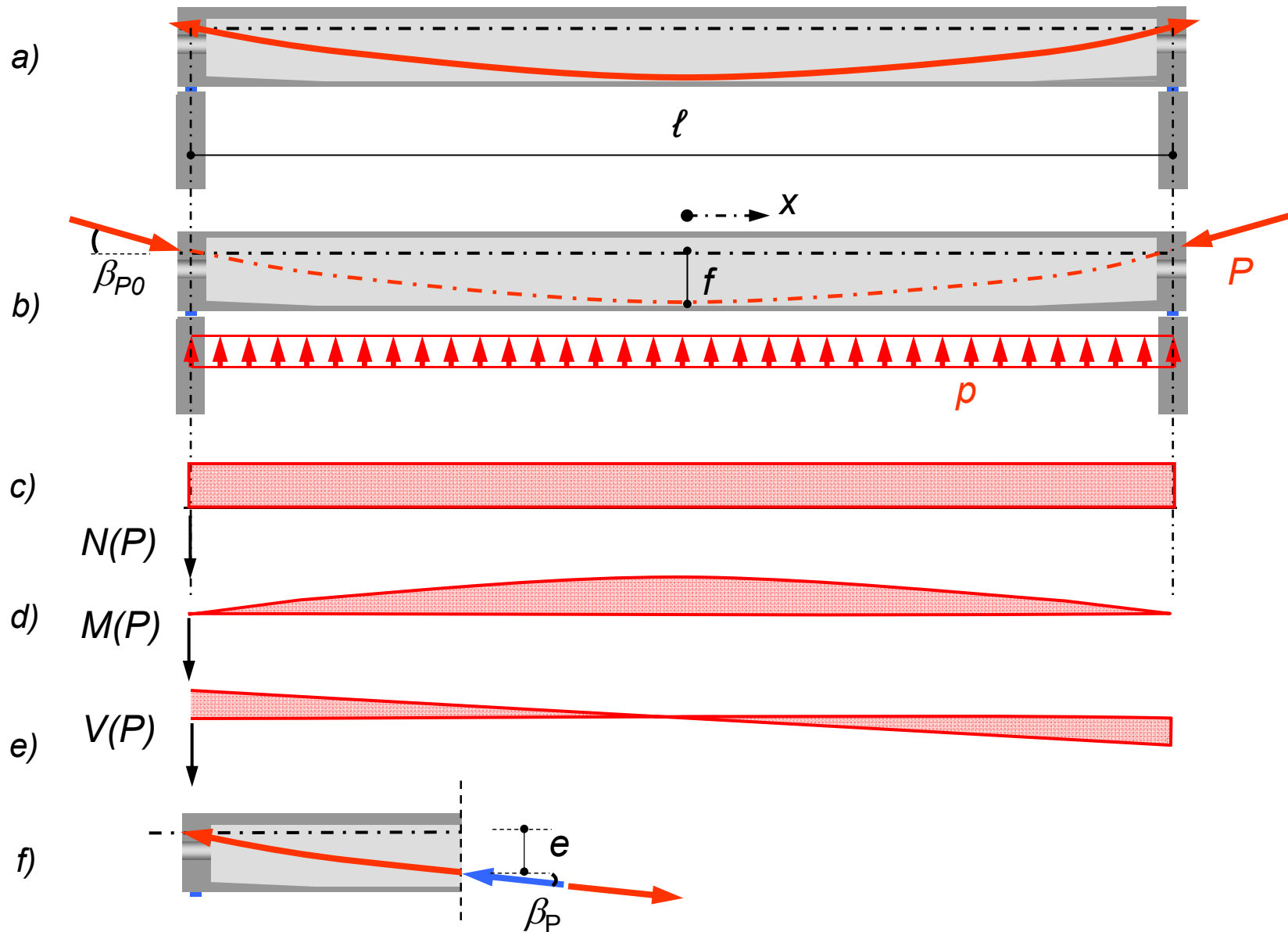
e est la distance entre le câble de précontrainte et le barycentre de la section de béton

i_c est le rayon de giration de la section en béton ($i_c = \sqrt{I_c / A_c}$)

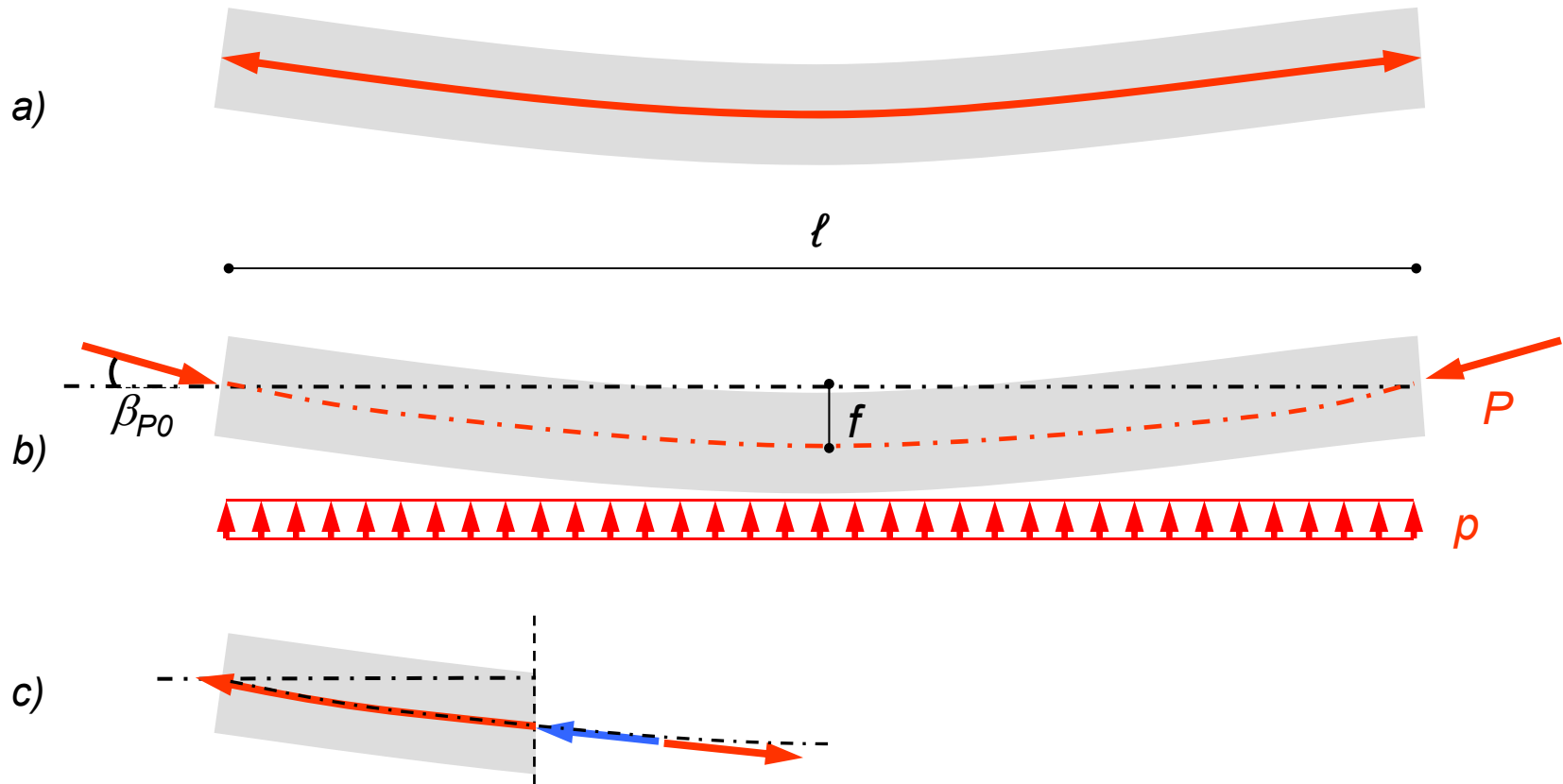
Exemple 1: Poutres simple avec câble excentré



Exemple 2: Poutres simple avec câble parabolique



Exemple 3: Poutre courbe avec câble centré





a)

