

Calcul du souffle des joints de chaussée aux Eurocodes : note d'information n°36 du Sétra

Benoît Poulin





Joint de chaussée des ponts-routes

Détermination du souffle aux Eurocodes

Ouvrages
d'Art
36

Sommaire

Introduction.....

Le souffle.....

Détermination du souffle

Cas du remplacement d'un joint de chaussée ..

Conclusion.....

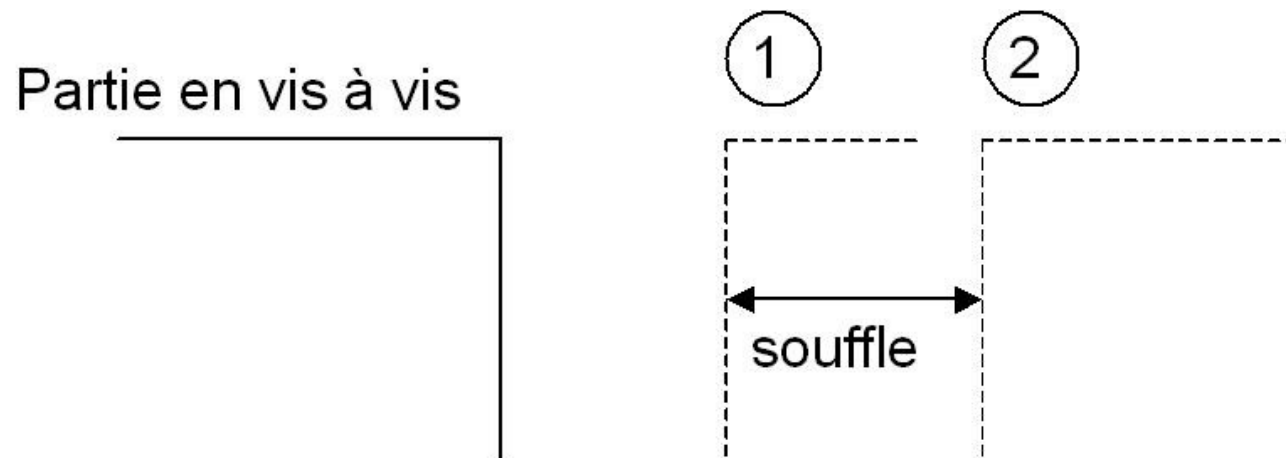
Bibliographie.....

Textes de référence

Référence de la norme	Titre de la norme	Paragraphe importants pour la détermination du souffle
NF EN 1990	Eurocode 0 : Bases de calcul des structures	
NF EN 1990/A1 (annexe A2 de la norme NF EN 1990) et son annexe nationale NF EN 1990/A1/NA	Eurocode 0 : Bases de calcul des structures Annexe A2 : application aux ponts	
NF EN 1991-1-5 et son annexe nationale NF EN 1991-1-5/NA	Eurocode 1 : Actions sur les structures Partie 1-5 : Actions générales – Actions thermiques	- Section 6 : Variations de température dans les ponts - Annexe C : coefficient de dilatation thermique - Section 6 de l'annexe nationale : variations de température dans les ponts, en particulier la clause 6.1.3.2(1) définissant les températures de l'air sous abri dans les départements métropolitains
NF EN 1991-2 et son annexe nationale NF EN 1991-2/NA	Eurocode 1 : Actions sur les structures Partie 2 : Actions sur les ponts, dues au trafic	
NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA	Eurocode 2 : Calcul des structures en béton Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments	Clause 3.1.4 et annexe B : retrait et fluage
NF EN 1992-2 et son annexe nationale NF EN 1992-2/NA	Eurocode 2 : Calcul des structures en béton Partie 2 : Ponts en béton – Calcul et dispositions constructives	Annexe B : retrait et fluage
NF EN 1994-2	Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier-béton Partie 2 : Règles générales et règles pour les ponts	-Clause 5.4.2.5 (3) pour le coefficient de dilatation thermique des structures mixtes
NF EN 1337-10	Appareils d'appui structuraux Partie 10 : Surveillance et entretien	Annexe B (B.2) : détermination de la température de la structure

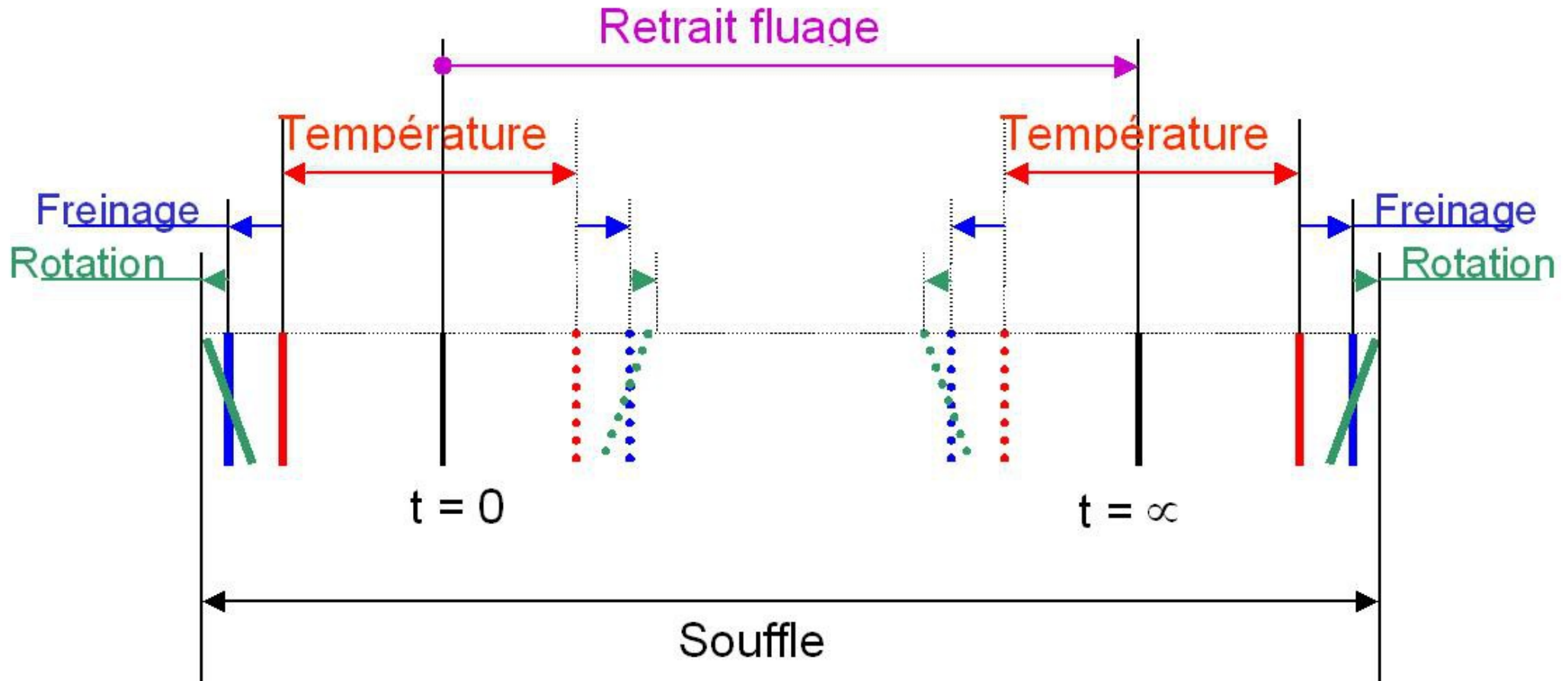
Définition du souffle

Déplacement relatif maximal prévisible des deux éléments en regard, mesuré entre leurs deux positions extrêmes



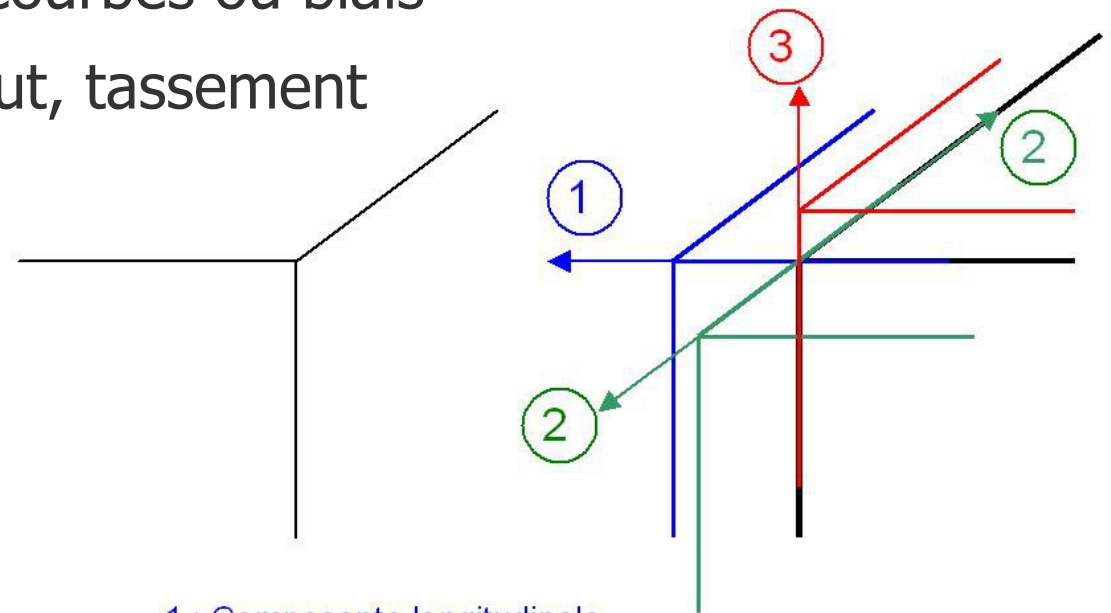
- ① Position la plus fermée possible
- ② Position la plus ouverte possible

Composantes du souffle



Décomposition du souffle

- 3 directions de déplacement
 - longitudinale : retrait, fluage, température, freinage, rotation
 - transversale : ouvrages courbes ou biais
 - verticale : rotation d'about, tassement



1 : Composante longitudinale

2 : Composante transversale

3 : Composante verticale

Combinaisons d'actions

- Actions permanentes
 - Retrait, fluage, déplacement d'appuis : G
- Actions variables
 - Effets de la température : T_k
 - Charges d'exploitation : Q_k
 - Rotation due aux charges
 - Freinage
 - Force centrifuge

Combinaisons d'actions

- Actions variables

- T_k : effet de la température avec sa valeur caractéristique
- $Q_{k-fq-trot}$: effet des charges de trafic (rotation), avec leur valeur fréquente, y compris les charges de trottoir cumulables
- Q_{k-fq} : effet des charges de trafic (rotation) avec leur valeur fréquente, sans charges de trottoir
- Q_{k-c} : effet des charges de trafic (rotation) avec leur valeur caractéristique, y compris les charges de trottoir cumulables
- Q_{lk} : effet des forces de freinage, avec leur valeur caractéristique
- Q_{tk} : effet des forces centrifuges ou transversales, avec leur valeur caractéristique
- E_d : effet de l'action sismique de calcul

Combinaisons d'actions

- ELS caractéristique (capacité de mouvement du joint de chaussée)

- $G + Q_{k-c} + 0,6 T_k$

- $G + Q_{k-fq} + Q_{lk} + Q_{tk} + 0,6 T_k$

- $G + T_k + Q_{k-fq-trot}$

Combinaisons d'actions

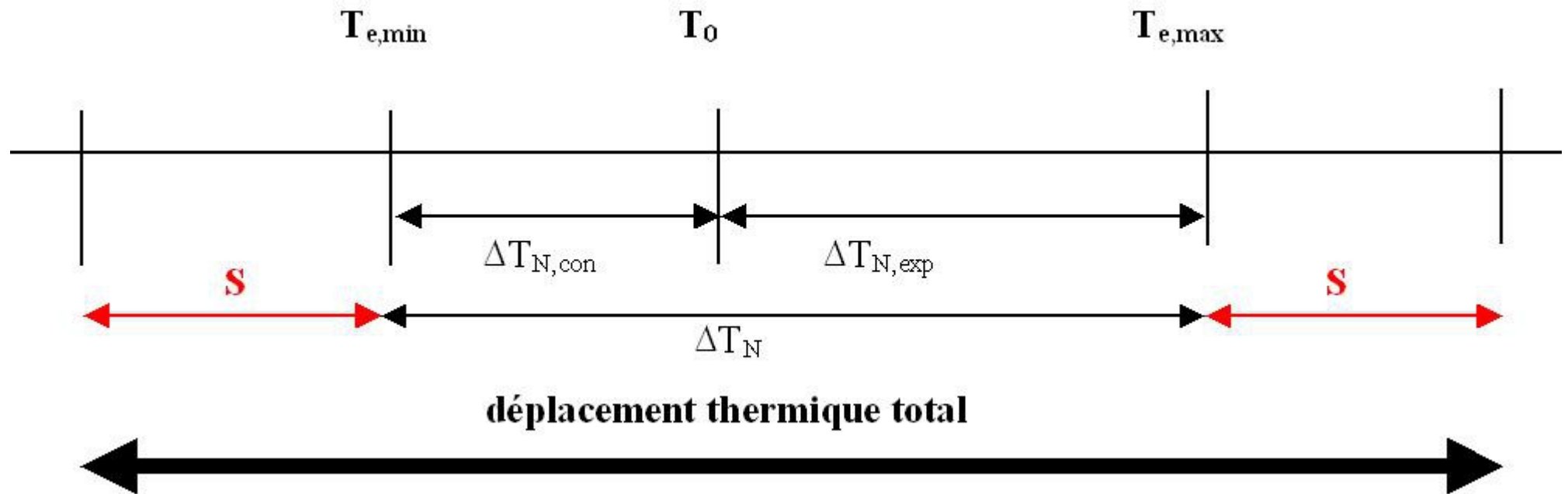
- ELU (mouvement du vide entre maçonneries)
 - $1,35 G + 1,35 Q_{k-c} + 1,5 \times 0,6 T_k$
 - $1,35 G + 1,35 (Q_{k-fq} + Q_{lk} + Q_{tk}) + 1,5 \times 0,6 T_k$
 - $1,35 G + 1,5 T_k + 1,35 Q_{k-fq-trot}$
 - Séisme : $G + 0,5 T_k + 0,4 E_d$

Pour le retrait et le fluage, le coefficient ELU est 1,0.

Effets thermiques

- $\Delta L = L \times \alpha_T \times \Delta T$
 - ΔL : variation de la longueur
 - L : longueur dilatable
 - α_T : coefficient de dilatation thermique
 - Structure en béton : $10.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
 - Structure métallique ou mixte : $12.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
 - ΔT : différence de température

Effets thermiques



- T_0 : température de référence
- $T_{e,min} / T_{e,max}$: composantes de température uniforme minimale et maximale du pont
- S : incertitude sur les variations positives et négatives de température uniforme du pont

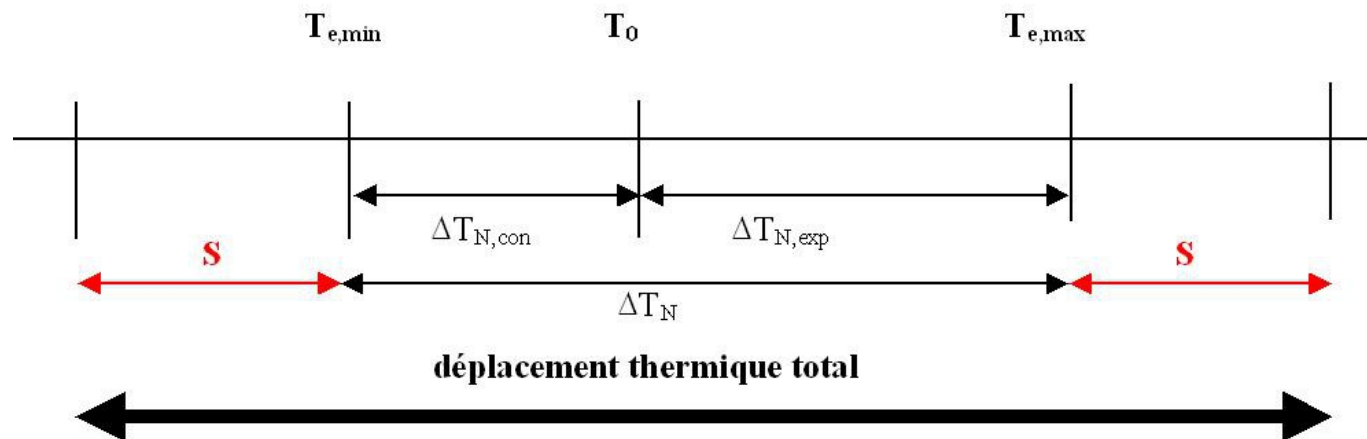
Effets thermiques

- T_{\min} / T_{\max} : valeurs minimales et maximales de température de l'air sous abri
- $T_{e,\min} = T_{\min} + \Delta T_{e,\min}$ $T_{e,\max} = T_{\max} + \Delta T_{e,\max}$

Type de tablier	France métropolitaine		Départements et Régions d'Outre-Mer	
	$\Delta T_{e,\min}$ (°C)	$\Delta T_{e,\max}$ (°C)	$\Delta T_{e,\min}$ (°C)	$\Delta T_{e,\max}$ (°C)
Type 1 : métallique	-3,0	+16,0	0	+16,0
Type 2 : mixte	+5,0	+4,0	0	+4,0
Type 3 : en béton	+8,0	+2,0	0	+2,0

Effets thermiques

- Incertitude sur la plage de variation de température : S
 - Joint réglable à la pose ou température de pose T_0 spécifiée :
 $S = 5^\circ\text{C}$
 - Sinon : $S = 15^\circ\text{C}$
 - T_0 peut être considérée à 10°C pour une température extérieure entre 0 et 20°C



Effets thermiques

- Exemple

- Ouvrage dans le Val de Marne

- $T_{\max} = 40^{\circ}\text{C}$ et $T_{\min} = -20^{\circ}\text{C}$

- Tablier en béton précontraint → type 3

- $\Delta T_{e,\min} = +8^{\circ}\text{C}$ et $\Delta T_{e,\max} = +2^{\circ}\text{C}$

- $T_{e,\min} = -20 + 8 = -12^{\circ}\text{C}$ $T_{e,\max} = 40 + 2 = 42^{\circ}\text{C}$

- $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$

- $\Delta T_{N,\text{con}} = 10 - (-12) = 22^{\circ}\text{C}$ $\Delta T_{N,\text{exp}} = 42 - 10 = 32^{\circ}\text{C}$

- Température de pose du joint non connue et joint non réglable :
 $S = 15^{\circ}\text{C}$

- $\Delta T_{N,\text{con}} = 22 + 15 = \mathbf{37^{\circ}\text{C}}$ $\Delta T_{N,\text{exp}} = 32 + 15 = \mathbf{47^{\circ}\text{C}}$

Charges d'exploitation

- Freinage

- $Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L$

- Pour $L = 30 \text{ m}$, $Q_{lk} = 381 \text{ kN}$

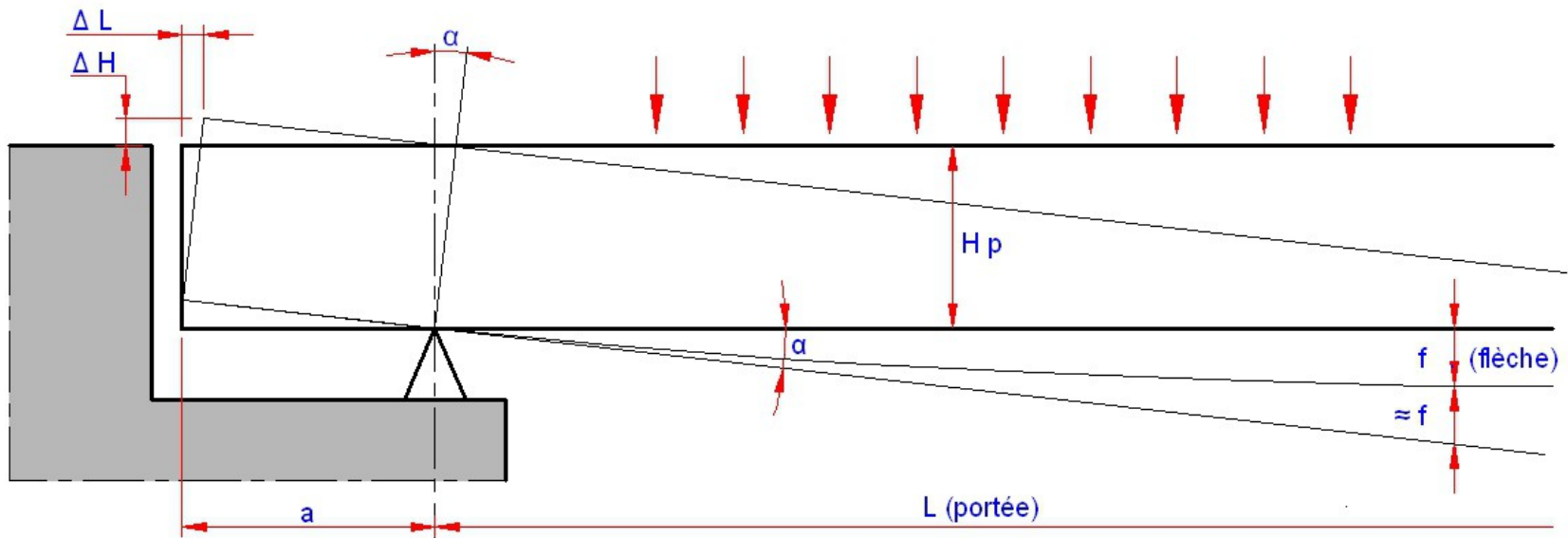
- Déplacement longitudinal : $v_x = F_x T_q / (G a b)$

- Force centrifuge

- Déplacement transversal

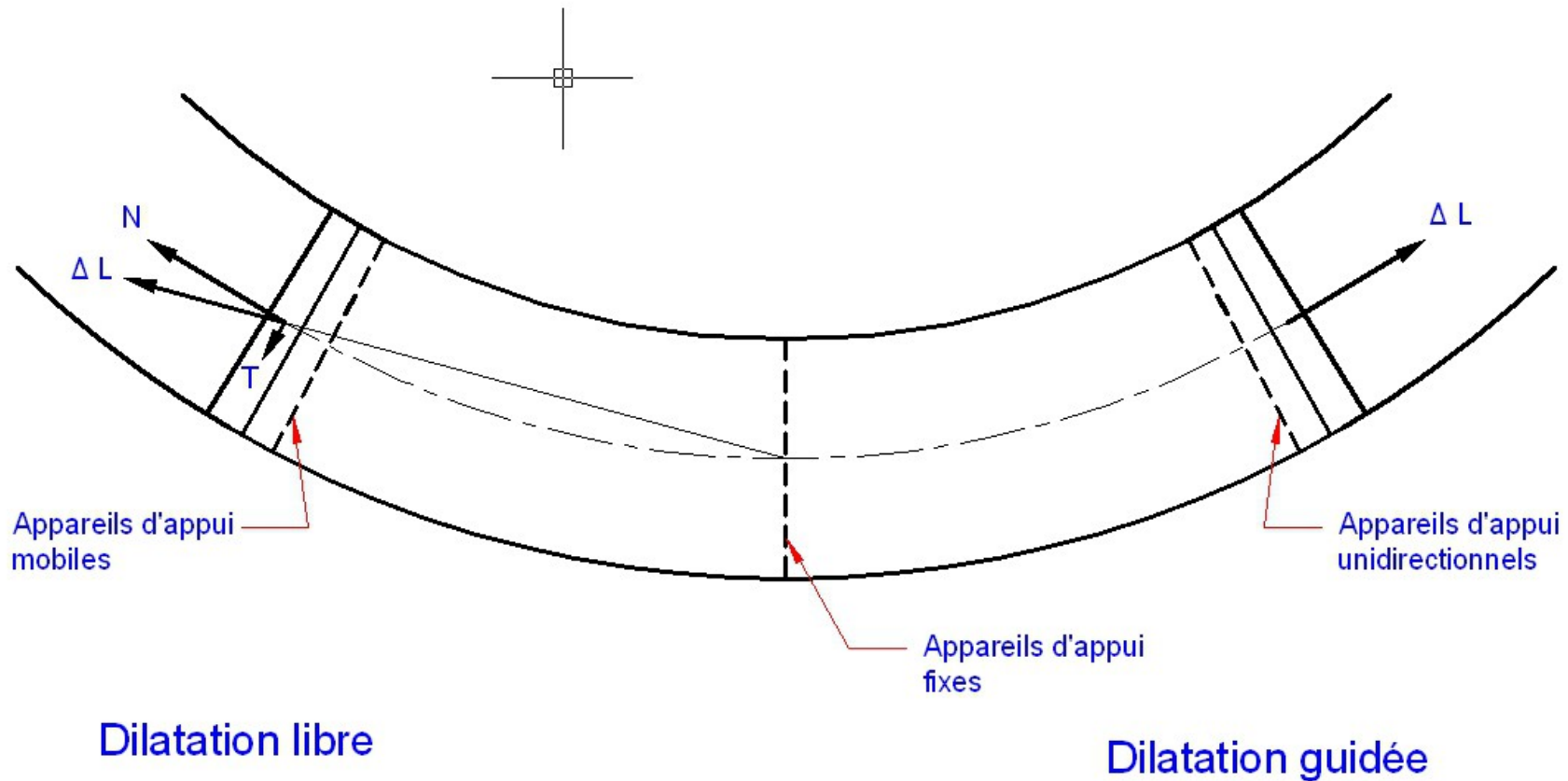
Rotations d'about

- Valeurs généralement faibles
 - $\Delta H = \alpha \times a = (4 f / L) \times a$
 - $\Delta L \approx (4 f / L) \times H_p$



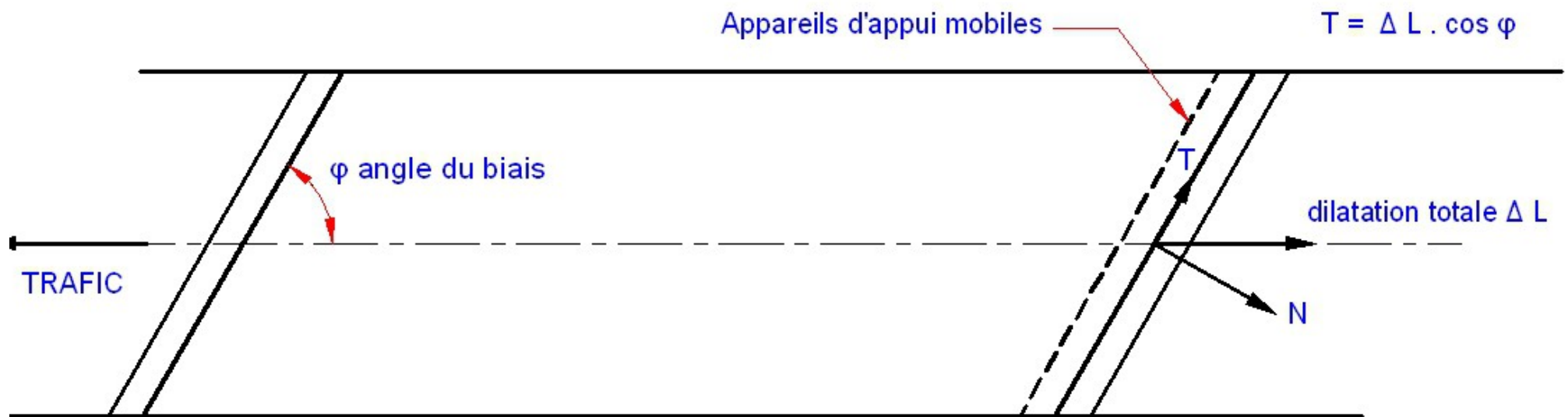
Actions liées à la géométrie

- Courbure



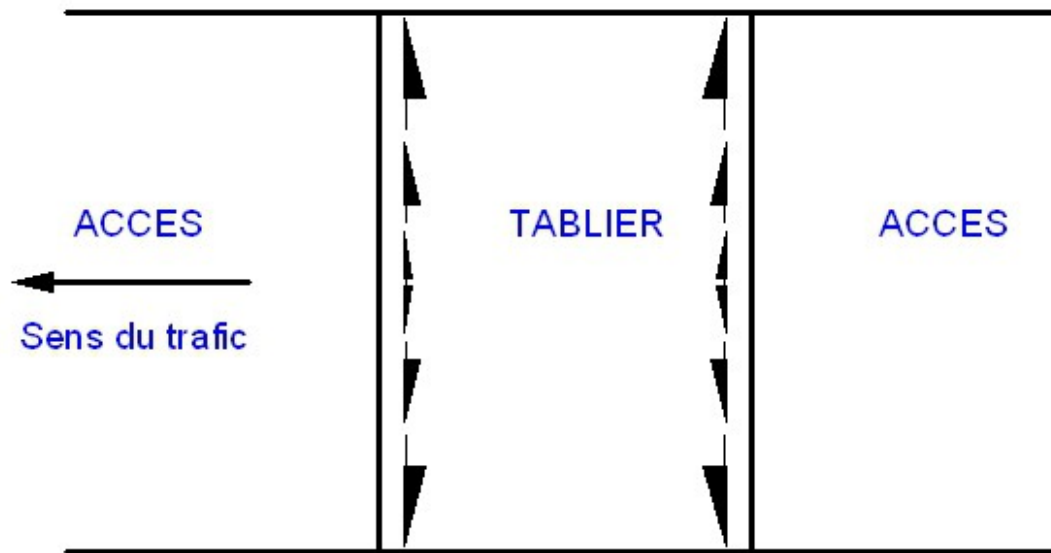
Actions liées à la géométrie

- Biais



Actions liées à la géométrie

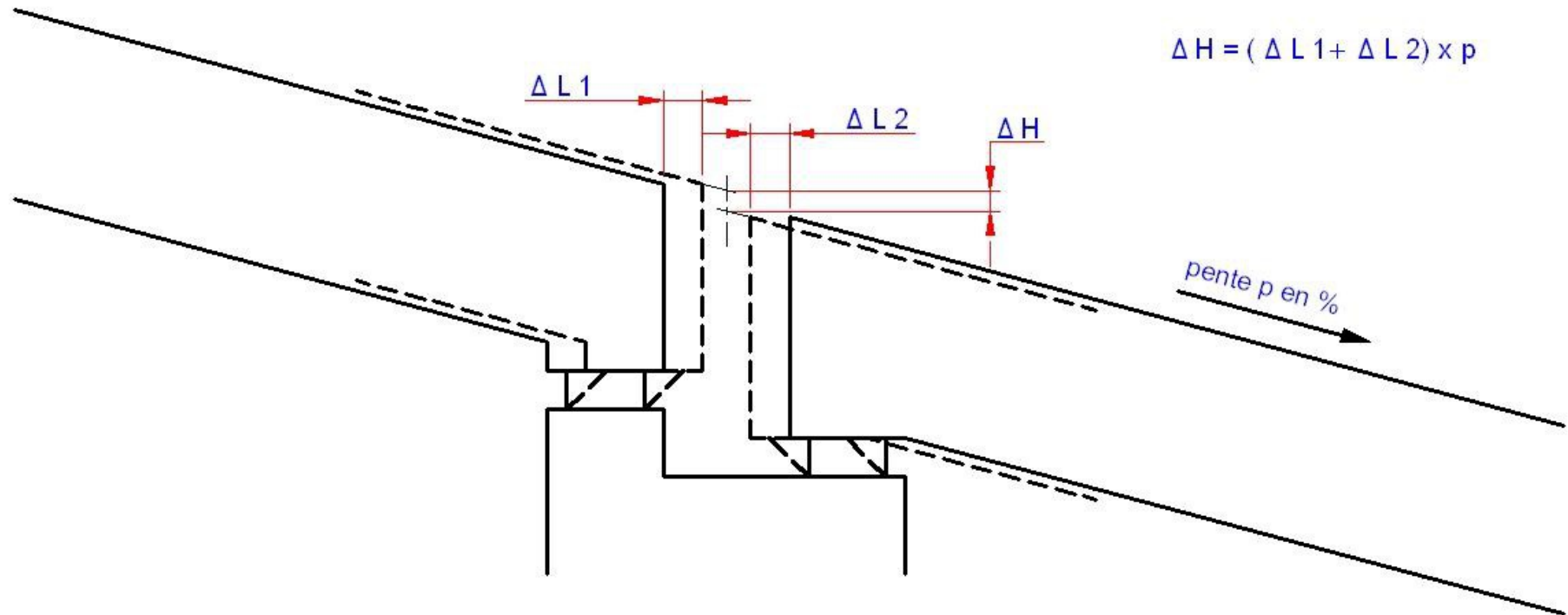
- Largeur



La longueur des flèches est proportionnelle à la grandeur du mouvement

Actions liées à la géométrie

- Pente



Calcul du souffle - Exemple

- ELS caractéristique

- $G + Q_{k-c} + 0,6 T_k$

- Racc. : $12,9 + 3,7 + 0,6 \times 5,6 = 20 \text{ mm}$

- All. : $0 + 0 + 0,6 \times 7,1 = 4,3 \text{ mm}$

- $G + Q_{k-fq} + Q_{lk} + Q_{tk} + 0,6 T_k$ **Souffle ELS : 50 mm**

- Racc. : $12,9 + 2,0 + 13,2 + 0 + 0,6 \times 5,6 = 32 \text{ mm}$

- All. : $0 + 0 + 13,2 + 0 + 0,6 \times 7,1 = 18 \text{ mm}$

- $G + T_k + Q_{k-fq-trot}$

- Racc. : $12,9 + 5,6 + 2,2 = 20,7 \text{ mm}$

- All. : $0 + 7,1 + 0 = 7,1 \text{ mm}$

Calcul du souffle - Exemple

- ELU (mouvement du vide entre maçonneries)
 - **$1,35 G + 1,35 Q_{k-c} + 1,5 \times 0,6 T_k$**
 - Racc. : $1,0 \times 12,9 + 1,35 \times 3,7 + 1,5 \times 0,6 \times 5,6 = 22,9$ mm
 - All. : $1,0 \times 0 + 1,35 \times 0 + 1,5 \times 0,6 \times 7,1 = 6,4$ mm
 - **$1,35 G + 1,35 (Q_{k-fq} + Q_{lk} + Q_{tk}) + 1,5 \times 0,6 T_k$**
 - Racc. : $1,0 \times 12,9 + 1,35 \times (2,0 + 13,2 + 0,0) + 1,5 \times 0,6 \times 5,6 = 39$ mm
 - All. : $1,0 \times 0 + 1,35 \times (0,0 + 13,2 + 0,0) + 1,5 \times 0,6 \times 7,1 = 24$ mm
 - **$1,35 G + 1,5 T_k + 1,35 Q_{k-fq-trot}$ Souffle ELU : 63 mm**
 - Racc. : $1,0 \times 12,9 + 1,5 \times 5,6 + 1,35 \times 2,2 = 24,3$ mm
 - All. : $1,0 \times 0 + 1,5 \times 7,1 + 1,35 \times 0,0 = 10,7$ mm

Pour le retrait et le fluage, le coefficient ELU est 1,0.

Cas du remplacement d'un joint de chaussée

- Calcul du souffle en ôtant toutes les déformations irréversibles déjà effectuées
 - Une part du retrait
 - Une part du fluage

Cas du remplacement d'un joint de chaussée

- OA en béton armé : part du retrait dans le souffle total pas suffisante pour réduire de façon significative le souffle total
- OA en béton précontraint : recalcul intéressant pour un OA de plus de 10 ans

Cas du remplacement d'un joint de chaussée

- Exemple d'un pont en béton précontraint à deux travées symétriques de 30 m
 - Souffle **OA neuf** : **58 mm** (dont 19 mm pour le fluage et 7 mm pour le retrait) → **joint cantilever**
 - Remplacement du joint de chaussée à 10 ans
 - Part de retrait déjà effectué : 60 % retrait dessiccation et 100 % retrait endogène
 - Part de fluage déjà effectué : 90 %
 - Déformation irréversible déjà réalisée : 22 mm
 - Souffle **OA à 10 ans** : **36 mm** → un **joint à lèvres** convient

Merci

- Pour en savoir plus :

<http://dtrf.setra.fr/pdf/pj/Dtrf/0006/Dtrf-0006647/DT6647.pdf>