# Chapitre 2 : Etude expérimental : Essai de push-out sur des connecteurs en cornières soudées

**Introduction :**

Les recherches menées sur les structures mixtes avec des moyens de connexion de type «connecteurs» ont fait l'objet depuis l'année 1933, dans le but de dégager le comportement expérimental des connecteurs, sont nombreux : par exemple Newmark et al. en 1951, Chapman et al. en 1969 - Aribert et al. en 1982, Housain et al. en 1999 et tant d'autres. Toutefois dans ces travaux, l'attention est surtout portée sur le comportement des connecteurs types goujon à têtes qui n'ont commencé qu' en 1954. Les travaux expérimentaux réalisés avec des essais statiques et de fatigue d' éprouvettes sollicitées dans la plupart des cas en compression (cisaillement directes des connecteurs ou « Push-out test »), suivant le dispositif et les recommandations du règlement européen de constructions mixtes EC04 1(ENV 1994-1-1:1992). Quelques chercheurs se sont penchés sur le domaine des connecteurs de type cornière, parmi lesquels nous pouvons citer J. Trinh en 1993 [14] ainsi que M. Rabih et M. Gueury en 1995 [15].

## II. 1 - Caractéristique de l'essai de push-out

### II. 1. 1 - Corps de l'essai push-out

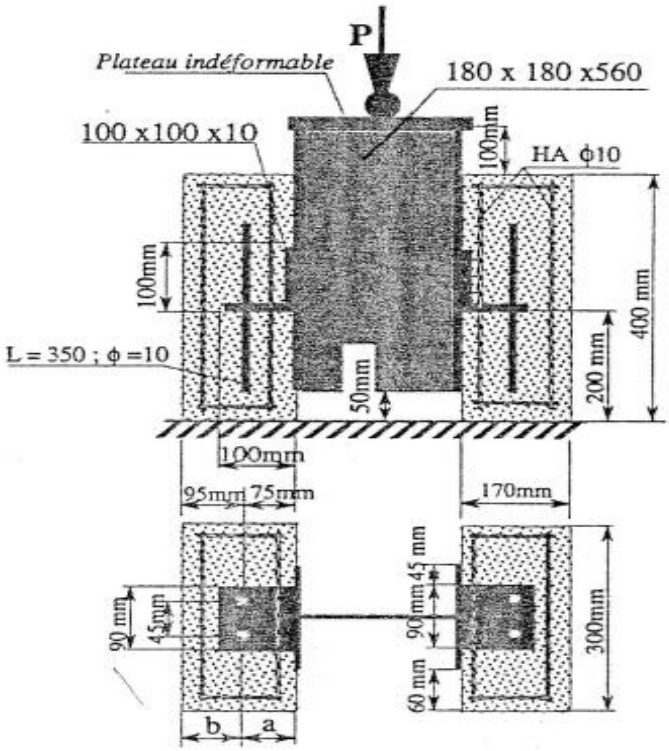



**Fig.2.1- Dimension des pièces utilisées dans l'essai push-out sur un connecteur de type cornière (LRPC).**

| | N° Essai | Dimensions de la cornière (cm) | | | | Dimension du filant (cm) | | | N°f | Dimension de la dalle (cm) | | | Arma-ture | Résistance du béton (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | H | L | E | r | HF | $L_f$ | $d_f$ | | $H_d$ | $E_d$ | $L_d$ | $\varphi_f$(mm) | $f_{cj}$ |
| **1** | 2 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 36,0 |
| **2** | 3 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 37,0 |
| **3** | 4 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 45,5 |
| **4** | 5 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 43,5 |
| **5** | 6 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 44,4 |
| **6** | 7 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 40,4 |
| **7** | 8 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 41,6 |
| **8** | 9a | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 37,9 |
| **9** | 9b | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | - | - | - | 0 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 37,3 |
| **10** | 9c | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 40,2 |
| **11** | 11 | 10,5 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,4 | 1 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 40,1 |
| **12** | 14a | 10,0 | 12,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 2,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 39,4 |
| **13** | 18 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 37,3 |
| **14** | 20 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 42,1 |
| **15** | 20a | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 36,8 |
| **16** | 24 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 41,9 |
| **17** | 221 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 32,3 |
| **18** | 230 | 10,0 | 27,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 42,5 |
| **19** | 231 | 10,0 | 12,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 43,4 |
| **20** | 270 | 20,0 | 9,0 | 2,0 | 1,8 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 43,0 |
| **21** | 271 | 20,0 | 9,0 | 2,0 | 1,8 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 42,5 |
| **22** | 272 | 15,0 | 9,0 | 1,5 | 1,6 | 11,2 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 42,8 |
| **23** | 273 | 15,0 | 9,0 | 1,5 | 1,6 | 11,2 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 40,4 |
| **24** | 280 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 46,5 |
| **25** | B4 | 10,0 | 6,5 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 1 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 44,9 |
| **26** | B5 | 10,0 | 6,5 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 1 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 45,9 |
| **27** | B6 | 10,0 | 6,5 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 1 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 42,8 |
| **28** | 17 | 20,0 | 9,0 | 2,0 | 1,8 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 37,3 |
| **29** | 19a | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 63,4 |
| **30** | 19b | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 80,5 |
| **31** | 211 | 15,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 11,2 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 38,1 |
| **32** | 212 | 15,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 11,2 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 43,3 |
| **33** | 10 | 10,0 | 27,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 33,6 |
| **34** | 12 | 20,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 46,3 |
| **35** | 13 | 20,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 15,0 | 35,0 | 2,5 | 1 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 43,2 |
| **36** | 15a | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 6,25 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 41,7 |
| **37** | 17a | 20,0 | 9,0 | 2,0 | 1,8 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 37,3 |
| **38** | 210 | 20,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 15,0 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 27,0 | 30,0 | HA 10 | 43,8 |
| **39** | 222 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 1,2 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 65,0 |
| **40** | 260 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 9,0 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 39,6 |
| **41** | 261 | 10,0 | 9,0 | 1,0 | 9,0 | 7,5 | 35,0 | 1,0 | 2 | 40,0 | 17,0 | 30,0 | HA 10 | 42,8 |

**Tableau 1- Essai de push-out sur connecteur « *cornière* » (LRPC).**

### II. 1. 2 - Caractéristiques de la cornière [8]

#### II. 1. 2. a - Caractéristiques géométriques de la cornière

Les dimensions géométriques de la cornière sont indiquées en (Fig.2.2).

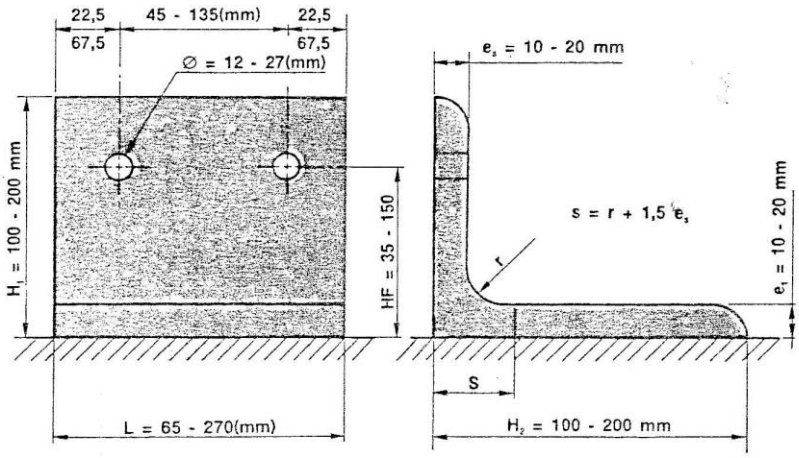



**Fig.2.2- Caractéristiques géométriques de la cornière.**

#### II. 1. 2. b - Caractéristiques mécaniques

Le matériau constitutif de la cornière est un acier E26 (AFNOR) dont le module d'élasticité est $E = 2{,}1.10^5 MPa$ et la limite d'élasticité $\sigma = 280 MPa$

L'acier du connecteur a un comportement élasto-plastique, avec un domaine de plasticité parfaite. En pratique, le diagramme contrainte-déformation $(\sigma, \varepsilon)$ est supposé symétrique en traction et en compression par rapport à l'origine (Fig.2.3). Il est caractérisé par la limite d'élasticité $\sigma_e^a$, le module d'élasticité $E_s$ et la déformation maximale $\mu\varepsilon_e^a$. Dans notre problème, nous limitons l'état de service du connecteur à sa limite d'élasticité.

L'inertie d'une tranche unitaire d'une section courante est $I = lh^3/12$ avec l=h=1cm, ce qui donne en partie courante une rigidité à la flexion $EI = 175000\ \text{daN.cm}^2$.

Au droit des passages destinés aux filants, on a convenu de prendre EI au prorata de la largeur de métal. Le diamètre d'un perçage $d_f$ étant un peu plus grand que le diamètre du filant $d_f = 12$ à 27 cm, la largeur de métal restant au droit des perçages est égale à : $L' = L - N_f.d_f$ où L est la largeur de la cornière et $N_f$ le nombre de filants.

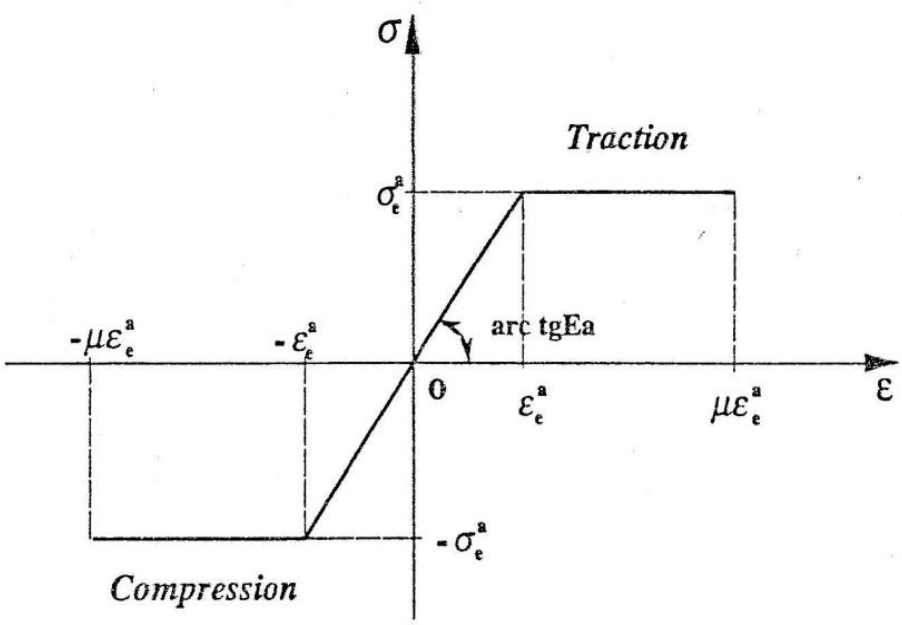



**Fig.2.3- Diagramme contrainte-déformation (σ, ε) de l'acier supposé à comportement élasto-plastique parfait.**

Pour l'aile soudée, l'inertie de section est égale à : $I = \frac{eh_2^3}{12}$ avec $h_2 = 10\ cm$, ce qui donne $EI = 175.10^6 daN.cm^2$, rigidité très élevée par rapport aux autres. Cela se traduit expérimentalement par une déformation quasiment nulle de la grande partie de la soudure de l'aile soudée. En fait, les déformations dans la soudure se produisent seulement dans les trois prémiers centimètres à partir du congé.

### II. 1. 3 - Caractéristiques du béton

La fabrication d'un volume de béton de 120 litres est conduite selon la formule suivante :

G = 151.2 kg de granulats de diamètre (5 à 15 mm),

S = 72 kg de sable dont le diamètre est de 0,5 mm,

E = 21,6 litres d'eau,

C = 48 kg de ciment portland CPA 55.

Cette formule donne une résistance du béton $f_{c28}$ de 35 MPa au minimum.

L'armature en acier de la dalle est de type HA-10 avec une limite d'élasticité $\sigma_e = 380$ MPa.

Le comportement du béton est schématisé en (Fig.2.4). Dans le domaine de compression, la résistance du béton $f_{cj}$ obéit à une loi non-linéaire marquée par la courbe AB limitant la zone élastique et par une partie décroissante BC indiquant le commencement de l'effondrement jusqu'à la rupture en point C.

En traction, la résistance du béton, $f_{tj}$est égale à : $0{,}6 + 0{,}06 f_{cj}$

Le filant est une tige creuse en métal lisse ductile permettant une déformation aisée de son corps.

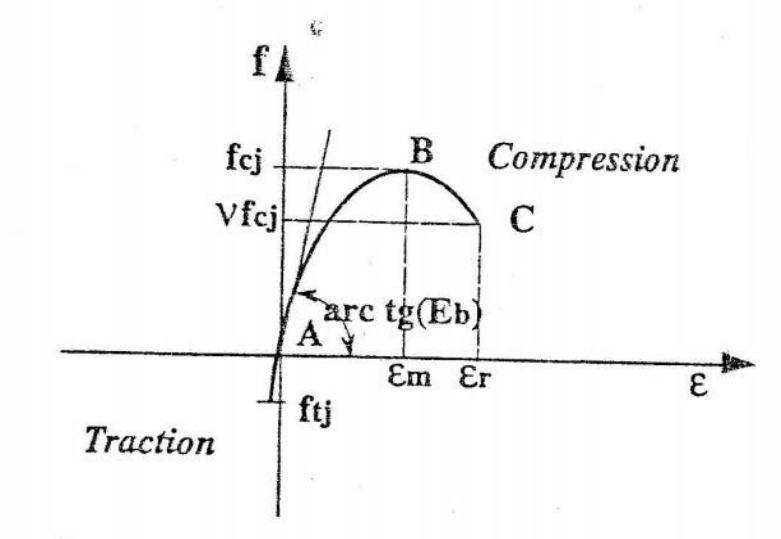



**Fig.2.4- Diagramme contrainte-déformation (f, ε) du béton**

## II. 2 - COMPORTEMENT GLOBAL de la CORNIERE

On propose d'analyser le comportement de la cornière en déformation, déplacement et glissement, en fonction du chargement. D'après l'expérimentation, on peut confirmer que le comportement général de la cornière est une fonction de plusieurs paramètres (caractéristiques géométriques et mécaniques des matériaux utilisés, mode et vitesse de chargement).

### II. 2. 1 - Observations générales après rupture

**1- Forme des cornières après rupture**

Les déformations des cornières sont semblables pour tous les essais, sauf pour les essais 260 et 261 pour lesquels on a soudé une tige métallique reliant les deux têtes de deux ailes (soudé et libre) de la cornière en la transformant en cornière indéformable.

Pour certains essais, on a prolongé l'essai au-delà de la charge de ruine, ce qui est à relier au fait que les déformations sont maximales en long et en travers.

En première approche, on peut estimer que les déformations selon l'axe de la cornière sont assez bien représentatives du comportement d'ensemble.

D'après la forme des cornières après rupture (Fig.2.5), on peut déduire les déplacements (horizontal et vertical) en chaque point de celle-ci.

Très globalement, le rapport glissement/soulèvement est compris entre 3 et 4.

Le rôle de la soudure et le filant dans le soulèvement est prépondérant.

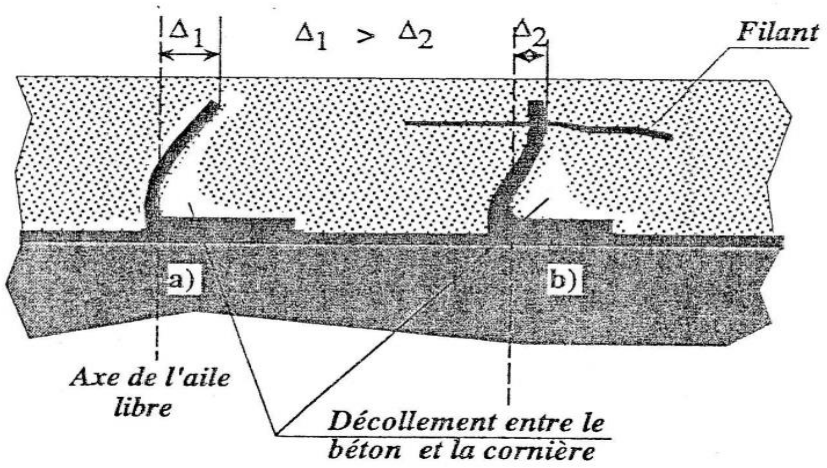



**Fig.2.5- Déplacements et déformations réels des cornières.**

a) Cornière sans filant ; b) cornière disposant d'un filant.

**2- Charge et fissurations**

*On observe à l'avant de la cornière :*

-une pyramide de diffusion des efforts avec :

Base inférieure = section de la dalle,

Base supérieure = aile libre du connecteur,

-quelques fissurations horizontales.

*A l'arrière de la cornière, on note :*

- un décollement du béton au droit du congé (cavité vide),
- une fissuration délimitant une bielle interne légèrement inclinée,
- une fissuration horizontale.

En général, les types de fissuration sont très voisins dans nos essais.

**II. 2. 2 - Evolution de ruine de la connexion béton/cornière**

La plastification du corps d'épreuve pose les questions suivantes.

Quel est l'élément plastifié en premier ? Le béton, la cornière ou bien une plastification successive de l'un après l'autre jusqu'à la ruine ?

- si c'est le béton, quel est le mécanisme ?
- si c'est le connecteur, quelle partie se plastifie en premier ? la soudure ou l'aile libre ?
- si c'est l'ensemble, quel est le mécanisme de fonctionnement ?

Sous une charge largement inférieure à la charge de plastification, le béton s'écrase sous une forte concentration de contrainte au niveau du congé. Cette observation conduit à penser que le mécanisme de ruine commence, dans le béton, à l'endroit le plus proche de l'encastrement. Pour des efforts de cisaillement peu élevés, on observe que les déformations dans le connecteur sont proportionnelles aux sollicitations et cela jusqu'à la première plastification.

Pour un connecteur soudé en périphérie, sous une charge d'environ 300 KN, on constate l'apparition de déformation plastique à l'endroit de jauge ≪ 5 ≫ (au niveau du point A, Fig.2.6), limite du congé considéré comme la partie rigide de l'aile libre de la cornière. Or la

valeur de la charge plastique de toutes les jauges est comprise entre 200 et 250 KN, valeur inférieure à 300 KN. Il y a donc incidence de certains facteurs sur la résistance de la cornière.

Pour un connecteur soudé en latéral, cette plastification apparait dans la soudure pour la même charge de 300 KN. Après cette première plastification, le fonctionnement sur un système hyperstatique est appliqué sur un système isostatique. L'ensemble est toujours en état de service. Donc, on peut conclure qu'une seule plastification dans le connecteur n'entraine pas la plastification de l'ensemble puis la ruine, avant que le béton se fende en deuxième endroit ou bien une rupture de connexion par cisaillement complet du connecteur.

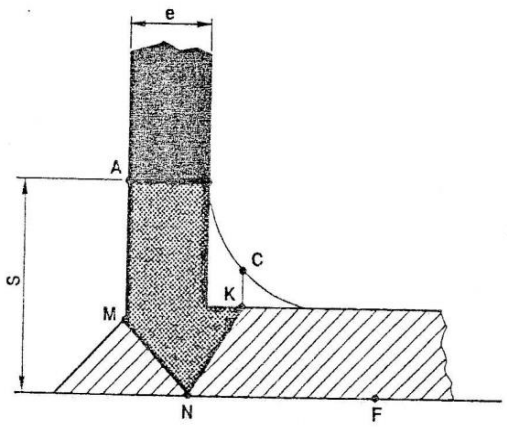



**Fig.2.6-Plan de rupture dans une cornière.**

A partir de la première plastification, l'aile libre tourne autour d'une articulation plastique jusqu'à une deuxième plastification (Fig.2.7) [20]. Le déplacement devient très important, il en est de même des déformations du béton jusqu'à l'écrasement de celui-ci ou le cisaillement de l'aile libre.

La ruine de l'ensemble n'a lieu qu'après l'apparition des fissures dans le béton pour une charge élevée. Une question se pose alors : ces fissures sont-elles apparues avant, après ou bien accompagnées d'une deuxième plastification dans le connecteur à l'endroit des jauges 2 et 3 ? (presque au milieu de l'aile libre).

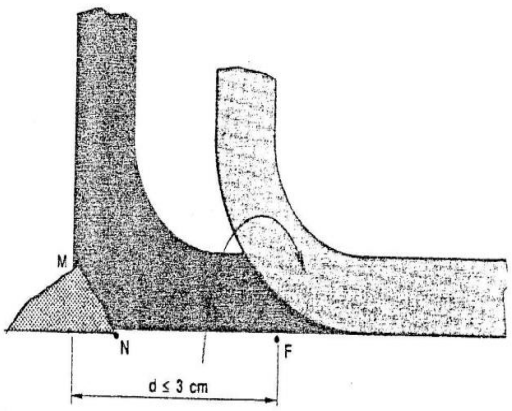



**Fig.2.7-Enroulement de la cornière autour d'une charnière plastique.**

### II. 2. 3 - Mécanisme de fonctionnement

Le mécanisme de fonctionnement de la rupture dépend des conditions géométriques et mécaniques de l'ensemble de la structure et plus particulièrement de la raideur relative connecteur/béton.

Dans le cas d'une cornière à soudure latérale, la rupture est mixte après une forte déformation dans la soudure.

Dans le cas d'une soudure périphérique, la rupture sera fonction de la résistance du béton :

- béton normal : rupture par écrasement de celui-ci en pied de la cornière accompagnée par une fissuration importante de la dalle entière,
- béton à hautes performances : rupture par cisaillement de l'aile libre ou bien écrasement du béton sous la cornière dû à une déformation accrue de celle-ci accompagnée d'une rotation importante.

***Le scénario du processus de ruine est le suivant :***

1. plastification de l'assemblage cornière/membrure, i.e. décollement du corps de la cornière et du béton pour une charge assez réduite $\mathrm{Q} = \mathrm{Q}_{p1}$,
2. plastification de l'aile libre pour une charge $\mathrm{Q} = \mathrm{Q}_{p2}$ un peu plus élevée que la charge de plastification de la cornière séparée,
3. fissuration importante dans la dalle du béton et parfois dans la soudure. La fissuration se produit toujours pour une charge très légèrement inférieure à la charge de ruine.
4. ruine pour la charge $\mathrm{Q}_u$ plus grande que la somme des charges de ruine de chaque matériau constituant la structure.

### II. 3 - Mécanisme de ruine déduit

Le processus de ruine observé nous conduit à poser les hypothèses de ruine citées par TROUILLET [20] en supposant que la première plastification se produit toujours dans le béton au pied du connecteur.

### II. 3. 1 - Rupture dans le connecteur

a) **la rupture dans l'aile libre** se produit par cisaillement complet à l'endroit $\ll A \gg$ dans un plan horizontal parallèle à la partie soudée et distance de 20 à 25 cm d'elle, c'est-à-dire à la frontière de la partie flexible (Fig.2.6). Cette distance est fonction de l'épaisseur $\ll e \gg$ de l'aile libre et du rayon $\ll r \gg$ du congé.

b) **La rupture dans la soudure** se produit par fissuration suivant le trajet MN. Dans le cas d'une soudure périphérique (rigide), il y a possibilité que la fissuration suive le chemin NK produisant une rupture brutale. Dans le cas d'une soudure latérale (moins rigide), la fissuration suit le trajet NF dans les cordons latéraux de la soudure (F situé à une distance de 3 cm maximum de l'angle de la cornière). Le point M se soulève et la

cornière tend à tourner autour du point F entraînant une rupture progressive de la connexion (Fig.2.7).

L'apparition de deux articulation plastiques dans l'acier du connecteur ne provoque pas nécessairement une ruine de l'ensemble avant que le béton se plastifie en un point, au moins ou avant un cisaillement complet de l'aile de la cornière.

### II. 3. 2 - Rupture dans le béton

Après l'écrasement local dans le béton sous le congé de la cornière, l'aile libre fléchit sans fissuration en créant une forte contrainte de compression produisant des fissures importantes dans le béton qui finit par s'effondrer. Il faut noter que deux plastifications successives du béton en deux endroits différents entraînent la ruine de la structure par la séparation béton/cornière.

### II. 3. 3 - Rupture mixte

Ce mode de ruine se produit par plastification successive des matériaux jusqu'à rupture avec l'apparition de la troisième plastification.

En conséquence, ce mécanisme de fonctionnement peut être schématisé par la (Fig.2.8). De nombreux essais effectués sur des ouvrages d'art ont montré que ce mécanisme peut être généralisé à d'autres connecteurs de formes différentes.

Ce mécanisme de plastification successive des matériaux est la base principale de notre démarche de modélisation validée par les résultats expérimentaux.

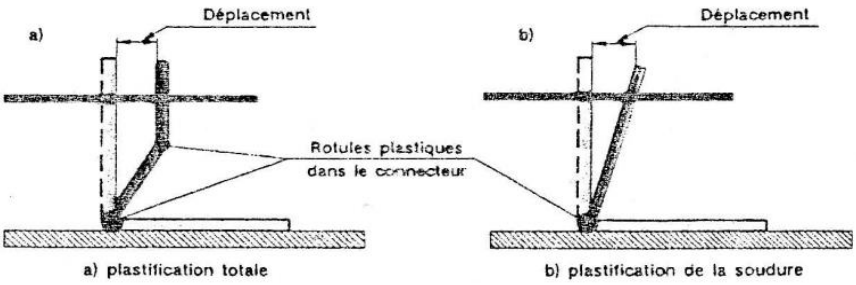



**Fig.2.8-Mécanisme de plastification du connecteur « *cornière* ».**

| | N° essai | Résistance du béton *f*cj (MPa) | Charge de ruine mesurée $Q_m$ (daN) | Mode de ruine par $Q_c$ |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 36,0 | 34500 | b - b |
| **2** | 3 | 37,0 | 34500 | b - b |
| **3** | 4 | 45,5 | 44500 | b - a - b |
| **4** | 5 | 43,5 | 42500 | b - a - b |
| **5** | 6 | 44,4 | 43000 | b - a - b |
| **6** | 7 | 40,4 | 35000 | b - b |
| **7** | 8 | 41,6 | 37000 | b - a - b |
| **8** | 9a | 37,9 | 37000 | b - b |
| **9** | 9b | 37,3 | 49000 | b - b |
| **10** | 9c | 40,2 | 38500 | b - a - b |
| **11** | 11 | 40,1 | 42000 | b - a - b |
| **12** | 14a | 39,4 | 48000 | b - b |
| **13** | 18 | 37,3 | 47500 | b - b |
| **14** | 20 | 42,1 | 54000 | b - a - b |
| **15** | 20a | 36,8 | 49400 | b - b |
| **16** | 24 | 41,9 | 48700 | b - a - b |
| **17** | 221 | 32,3 | 40400 | b - b |
| **18** | 230 | 42,5 | 122400 | b - a - b |
| **19** | 231 | 43,4 | 66000 | b - a - b |
| **20** | 270 | 43,0 | 81000 | b - a - b |
| **21** | 271 | 42,5 | 80500 | b - a - b |
| **22** | 272 | 42,8 | 72800 | b - a - b |
| **23** | 273 | 40,4 | 74100 | b - a - b |
| **24** | 280 | 46,5 | 55900 | b - b |
| **25** | B4 | 44,9 | 25500 | b - a - b |
| **26** | B5 | 45,9 | 25500 | b - a - b |
| **27** | B6 | 42,8 | 25500 | b - a - b |
| **28** | 17 | 37,3 | 71000 | b - a - b |
| **29** | 19a | 63,4 | 67800 | b - a - b |
| **30** | 19b | 80,5 | 73300 | b - a - a |
| **31** | 211 | 38,1 | 58900 | b - a - a |
| **32** | 212 | 43,3 | 61100 | b - a - a |
| **33** | 10 | 33,6 | 116000 | b - b |
| **34** | 12 | 46,3 | 67000 | b - a - a |
| **35** | 13 | 43,2 | 62000 | b - a - a |
| **36** | 15a | 41,7 | 34000 | b - b |
| **37** | 17a | 37,3 | 82700 | b - a - b |
| **38** | 210 | 43,8 | 69800 | b - a - a |
| **39** | 222 | 65,0 | 55100 | b - a - a |
| **40** | 260 | 39,6 | 84700 | b - b |
| **41** | 261 | 42,8 | 91500 | b - b |

**Tableau 2- Résultats obtenus pour la charge de ruine Q par des essais push-out sur connecteur « cornière » : $Q_m$ - charge expérimental**