

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

Durée : 8 heures

Coefficient : 6

Sous-épreuve : MÉCANIQUE*(unité U41)****Durée : 4 heures******Coefficient : 3***

Le dossier technique d'étude est commun aux épreuves E4 et E5.

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

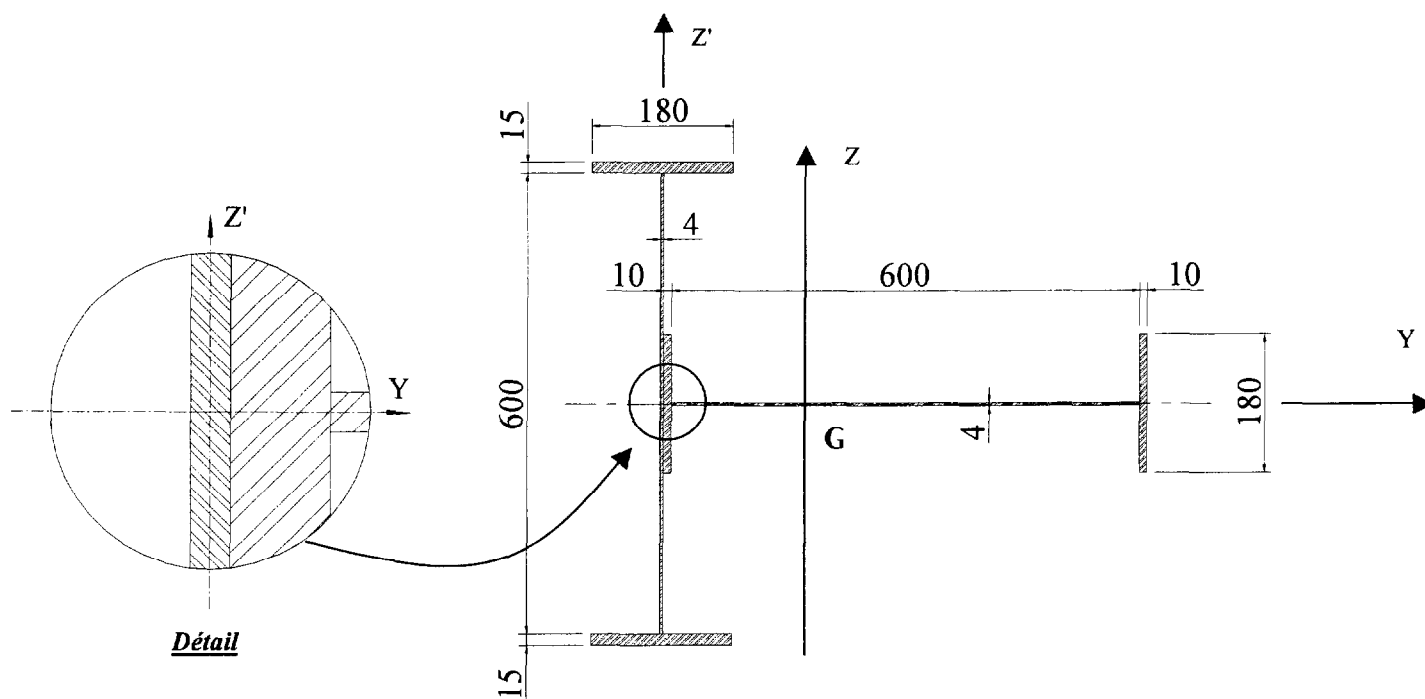
~~~~~

**CALCULATRICE AUTORISÉE****CONTENU DU DOSSIER**

- Sujet : 6 pages
- Annexe : Tableau des intégrales de MOHR 1 page

**TOUTES LES PARTIES PEUVENT ETRE TRAITEES SEPAREMENT**

**Partie n°1 : Etude des caractéristiques géométriques du poteau (file B-4)**



La section du poteau est composée de 2 I (PRS) suivant le schéma ci-dessus.

**Travail demandé :**

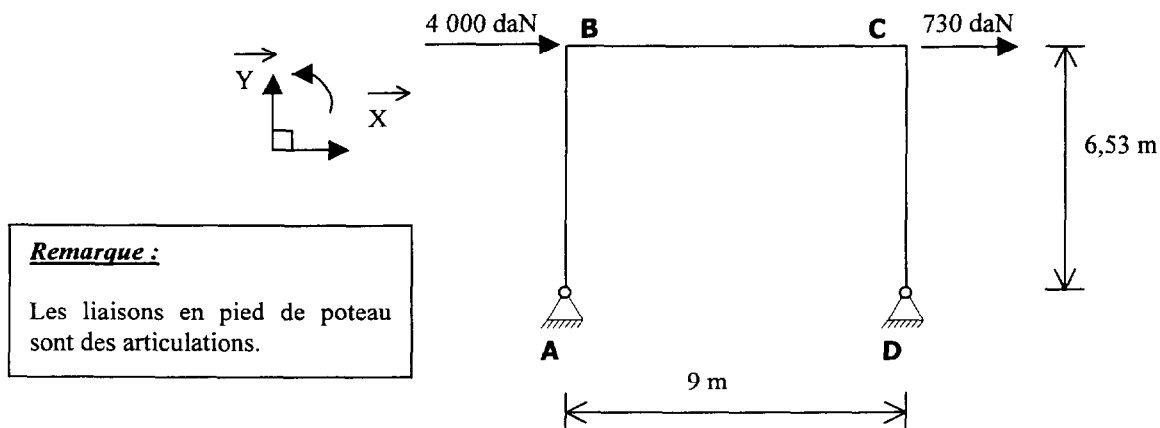
1-1 / Déterminer la position du centre de gravité de cet ensemble de profilés.

1-2 / Calculer le moment quadratique  $I_{Gz}$  de ces deux profilés associés.

**Partie n°2 : Etude des déplacements en tête des stabilités transversales**

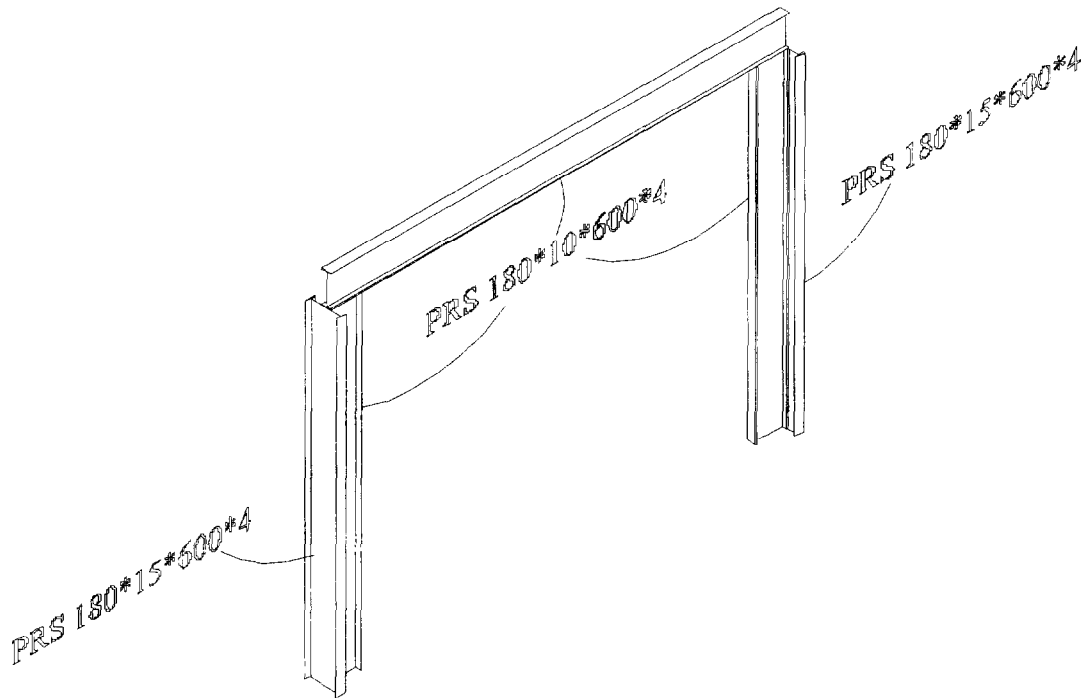
Pour cette partie, nous considérons le module d'Young de l'acier  $E=210\,000\text{ MPa}$ .

Etude n°1 : Déplacement en tête du portique



Ce portique possède des poteaux et une traverse ayant les caractéristiques suivantes :

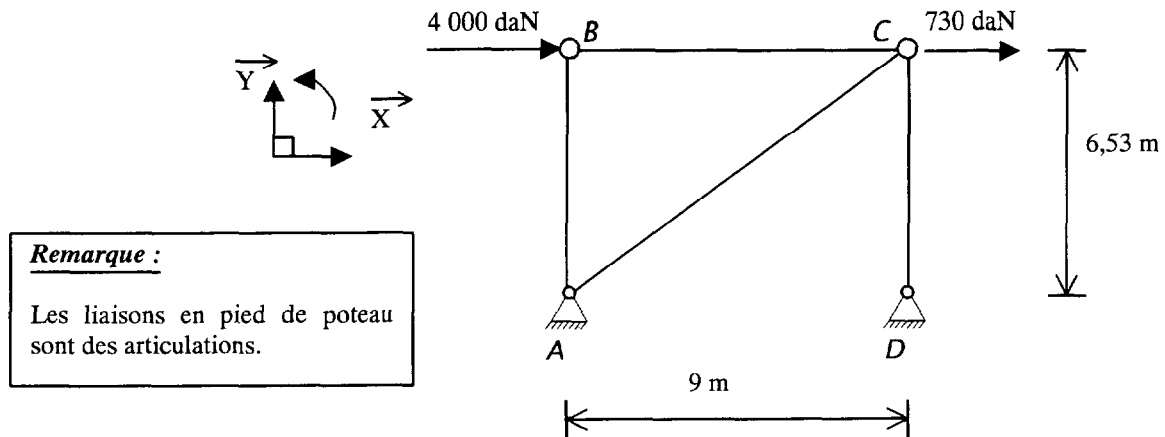
|                              |                                |                       |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Poteaux : 2 PRS (partie n°1) | $I_{Gz} = 75\,163\text{ cm}^4$ | $A = 138\text{ cm}^2$ |
| Traverse : PRS 180*10*600*4  | $I_{Gz} = 40\,692\text{ cm}^4$ | $A = 60\text{ cm}^2$  |



**Travail demandé :**

- 2-1-1 / En utilisant les propriétés de la symétrie et de l'anti-symétrie, calculer les réactions d'appuis en A et D.
- 2-1-2 / Représenter le diagramme du moment fléchissant le long du portique.
- 2-1-3 / Calculer le déplacement maximum horizontal en B de ce portique ( $\delta_{B1}$ )

Etude n°2 : Déplacement en tête de la palée de stabilité



Ce portique possède des poteaux et une traverse ayant les caractéristiques suivantes :

|                                                |                               |                        |
|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Poteaux : PRS 180*15*600*4                     | $I_{Gz} = 1\,458\text{ cm}^4$ | $A = 78\text{ cm}^2$   |
| Traverse : IPE 200                             | $I_{Gz} = 1\,943\text{ cm}^4$ | $A = 28,5\text{ cm}^2$ |
| Diagonale (contreventement) : Cornière 60*60*4 | $I_{Gz} = 36,1\text{ cm}^4$   | $A = 6,91\text{ cm}^2$ |

Remarque : les poteaux sont utilisés selon leur petite inertie (puisque l'on utilise leur grande inertie de l'autre direction du bâtiment).

Travail demandé :

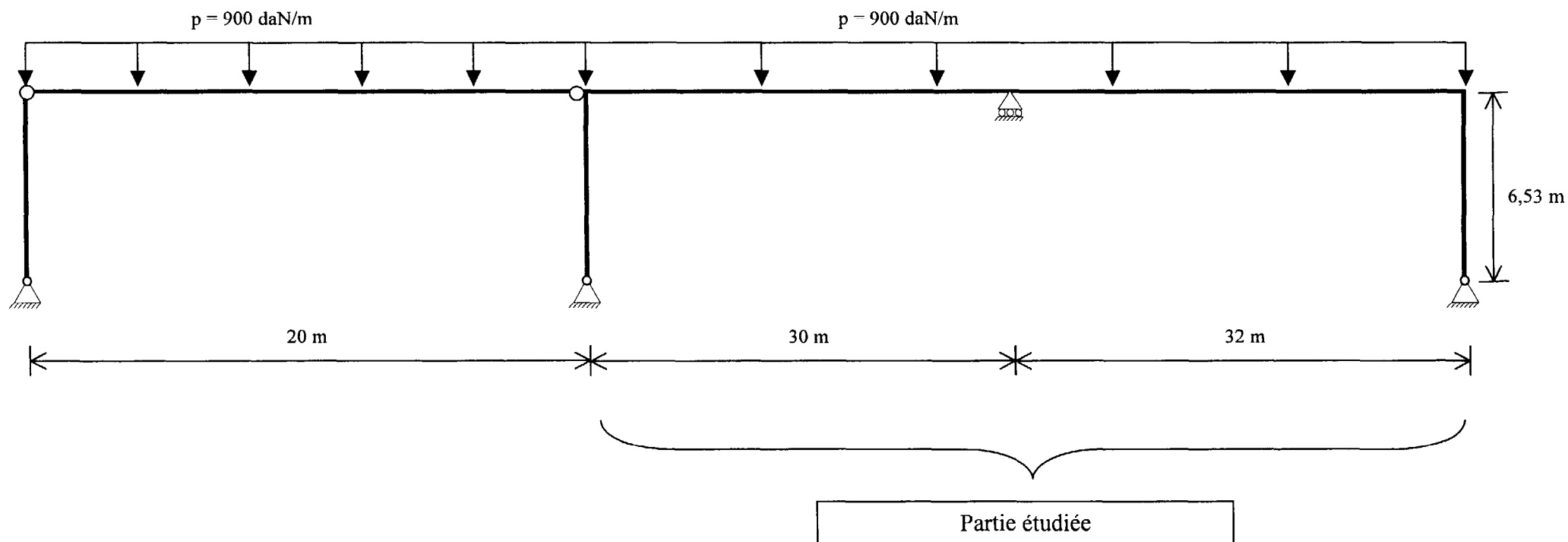
- 2-2-1 / Calculer les réactions d'appuis en A et D.
- 2-2-2 / Déterminer les efforts normaux dans toutes les barres du portique.
- 2-2-3 / Calculer le déplacement maximum horizontal en B de ce portique ( $\delta_{B2}$ )

*Préambule de la partie n°3*

Le schéma ci-dessous représente une modélisation simplifiée du portique de la file n°2.

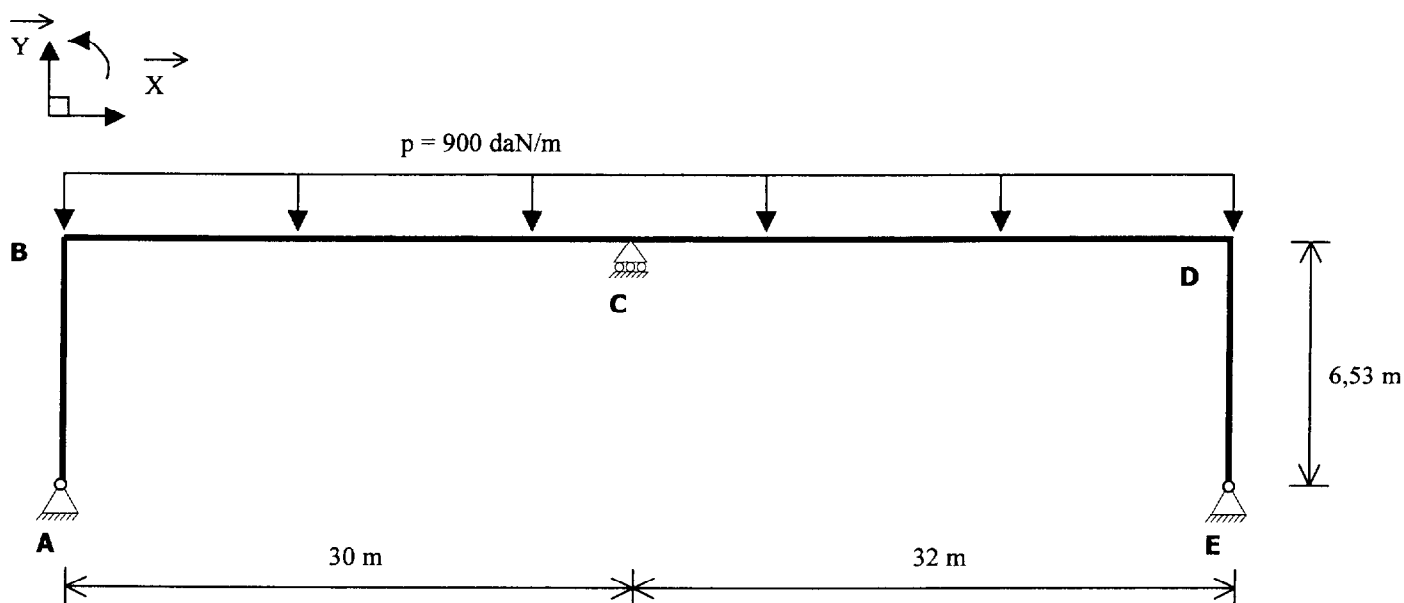
- la section est constante sur tout le portique
- la traverse est horizontale
- le demi-portique de gauche est isostatique
- le poteau central du portique de droite est remplacé par un appui simple

Nota : Le chargement représenté ci-dessous, correspond à un chargement de type ELU (charges permanentes + neige).

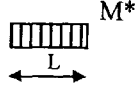
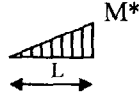
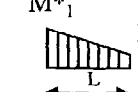
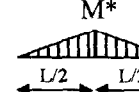



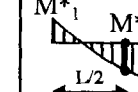
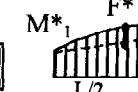
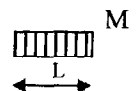
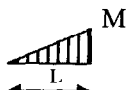
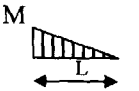
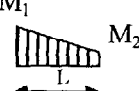
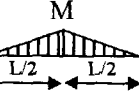
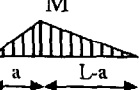
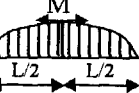

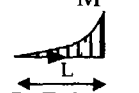




**Partie n°3 : Etude des sollicitations d'une structure hyperstatique**
**Rappel**

Pour simplifier le portique à étudier, nous considérerons la toiture et les traverses horizontales. De plus, le poteau pendulaire de la file C sera directement modélisé par un appui simple. En outre, nous prendrons comme module d'Young de l'acier  $E=210\,000\text{ MPa}$ . L'inertie sera constante sur toutes les parties de la structure étudiée et l'on considérera un PRS  $200*20*800*5$  ( $I_{Gz} = 155\,840\text{ cm}^4$ ).


**Travail demandé :**

- 3-1 / Déterminer le degré d'hyperstaticité globale de cette structure et vérifier qu'elle est stable.
- 3-2 / Appliquer le Principe Fondamental de la Statique afin de déterminer les réactions d'appuis (vous utiliserez la méthode des forces : on choisira comme inconnues hyperstatiques les composantes de l'action de liaison en A).
- 3-3 / Représenter la sollicitation du moment fléchissant ( $M_f$ ) sous forme d'un diagramme.
- 3-4 / Vérifier que la contrainte maximum de flexion ne dépasse pas la contrainte élastique admissible de l'acier ( $\overline{\sigma_e} = 235\text{ MPa}$ ).

| $\int_0^L M.M^*.dx$                                                                 |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $M.M^*.L$                                                                         | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                               | $(M^*_1 + M^*_2).M.\frac{L}{2}$                                                   | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                                                                                      | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                                 | $M.M^*.\frac{2L}{3}$                                                                | $M.M^*.\frac{2L}{3}$                                                                | $M.(M^*_1 + 4M^* + M^*_2).\frac{L}{6}$                                              |                                                                                     |
|    | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                               | $(M^*_1 + 2M^*_2).M.\frac{L}{6}$                                                  | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                                                                                      | $M.M^*.\frac{L}{12}$                                                                | $M.M^*.\frac{5L}{12}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                                 | $(2M^* + M^*_2).M.\frac{L}{6}$                                                      |                                                                                     |
|    | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{6}$                                                               | $(2M^*_1 + M^*_2).M.\frac{L}{6}$                                                  | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                                                                                      | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                                 | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                                 | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                                 | $(2M^* + M^*_1).M.\frac{L}{6}$                                                      |                                                                                     |
|    | $(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{2}$                                                     | $(M_1 + 2M_2).M^*.\frac{L}{6}$                                                    | $[(2M_1 + M_2).M^*_1 + (M_1 + 2M_2).M^*_2].\frac{L}{6}$                           | $(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{4}$                                                                                                            | $(3M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{12}$                                                     | $(5M_1 + 3M_2).M^*.\frac{L}{12}$                                                    | $(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{3}$                                                       | $(M_1.M^*_1 + 4M.M^* + M_2.M^*_2).\frac{L}{6}$                                      |                                                                                     |
|    | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                               | $(M^*_1 + M^*_2).M.\frac{L}{4}$                                                   | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                                                                                      | $M.M^*.\frac{7L}{48}$                                                               | $M.M^*.\frac{17L}{48}$                                                              | $M.M^*.\frac{5L}{12}$                                                               | $M.(M^*_1 + 10M^* + M^*_2).\frac{L}{24}$                                            |                                                                                     |
|    | $M.M^*.\frac{L}{2}$                                                               | $M.M^*.\frac{L+a}{6}$                                                             | $[(2L+a).M^*_1 + (L+a).M^*_2].\frac{L}{6}$                                        | $a \leq \frac{L}{2} \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4a^2}{12(L-a)}$<br>$a \geq \frac{L}{2} \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4(L-a)^2}{12a}$ |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|   | $M.M^*.\frac{2L}{3}$                                                              | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                               | $(M^*_1 + M^*_2).M.\frac{L}{3}$                                                   | $M.M^*.\frac{5L}{12}$                                                                                                                    | $M.M^*.\frac{L}{5}$                                                                 | $M.M^*.\frac{7L}{15}$                                                               | $M.M^*.\frac{8L}{15}$                                                               | $M.[5.(M^*_1 + M^*_2) + 8F^*].\frac{L}{15}$                                         |                                                                                     |
|  | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{12}$                                                              | $(3M^*_1 + M^*_2).M.\frac{L}{12}$                                                 | $M.M^*.\frac{7L}{48}$                                                                                                                    | $M.M^*.\frac{L}{5}$                                                                 | $M.M^*.\frac{3L}{10}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{5}$                                                                 | $M.[5.(3M^*_1 + M^*_2) + 12F^*].\frac{L}{60}$                                       |                                                                                     |
|  | $M.M^*.\frac{L}{3}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                               | $(M^*_1 + 3M^*_2).M.\frac{L}{12}$                                                 | $M.M^*.\frac{7L}{48}$                                                                                                                    | $M.M^*.\frac{L}{30}$                                                                | $M.M^*.\frac{2L}{15}$                                                               | $M.M^*.\frac{L}{5}$                                                                 | $M.[5.(M^*_1 + 3M^*_2) + 12F^*].\frac{L}{60}$                                       |                                                                                     |
|  | $M.M^*.\frac{2L}{3}$                                                              | $M.M^*.\frac{L}{4}$                                                               | $(5M^*_1 + 3M^*_2).M.\frac{L}{12}$                                                | $M.M^*.\frac{17L}{48}$                                                                                                                   | $M.M^*.\frac{3L}{10}$                                                               | $M.M^*.\frac{8L}{15}$                                                               | $M.M^*.\frac{7L}{15}$                                                               | $M.(11M^*_1 + 28M^* + M^*_2).\frac{L}{60}$                                          |                                                                                     |
|  | $M.M^*.\frac{2L}{3}$                                                              | $M.M^*.\frac{5L}{12}$                                                             | $(3M^*_1 + 5M^*_2).M.\frac{L}{12}$                                                | $M.M^*.\frac{17L}{48}$                                                                                                                   | $M.M^*.\frac{2L}{15}$                                                               | $M.M^*.\frac{11L}{30}$                                                              | $M.M^*.\frac{7L}{15}$                                                               |                                                                                     |                                                                                     |