

Épreuve E4 – Étude technique

Sous - épreuve E41
Dimensionnement et vérification d'ouvrages

SESSION 2016

CORRIGÉ

ÉTUDE 1 : Conception générale du projet

1.1 Analyse de la charpente

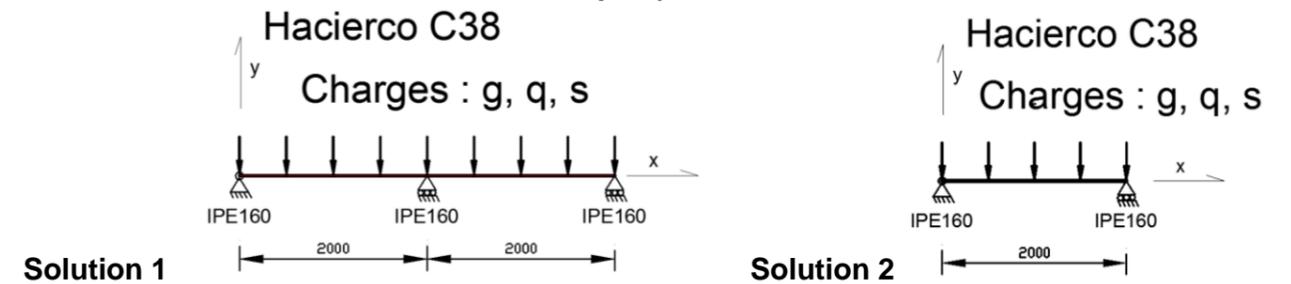
Q1 : Expliquer le rôle des profilés **L100*10** repérés sur la vue en plan de la toiture.
Contreventement dans le plan horizontal de la charpente.

Q2 : Donner la fonction des profilés **TC70*3** repérés sur l'élévation File C.
Participe au contreventement de la charpente et au non déversement des fermes.

1.2 Étude des bacs aciers de la couverture

Q3 : Proposer un schéma mécanique pour le dimensionnement du bac **Hacierco C38** (référence n°6 sur la documentation constructeur). Schéma mécanique sans calcul.

(les deux solutions sont admises sur les copies)



Q4 : Vérifier que votre hypothèse de schéma mécanique est compatible avec le bac **Hacierco C38** en 0.75 mm d'épaisseur.

Les charges permanentes induites par l'étanchéité et l'isolation sur le premier bac est de 30 daN/m²

Charges permanentes 150 daN/m²

Charges exploitations 30 daN/m²

| | | HACIERCO C 38 | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---------------|------|------|------|----------|------|------|------|
| Charges d'exploitation (daN/m²) | Charges permanentes (daN/m²) | 2 APPUIS | | | | 3 APPUIS | | | |
| | | 0,75 | 0,88 | 1,00 | 1,25 | 0,75 | 0,88 | 1,00 | 1,25 |
| 100 | 10 | 2,45 | 2,55 | 2,70 | 2,90 | 3,45 | 3,35 | 3,50 | 3,80 |
| 100 | 15 | 2,5 | 2,55 | 2,70 | 2,85 | 3,5 | 3,35 | 3,50 | 3,75 |
| 100 | 20 | 2,0 | 2,55 | 2,65 | 2,85 | 3,5 | 3,35 | 3,45 | 3,70 |
| 100 | 25 | 2,0 | 2,50 | 2,60 | 2,80 | 3,0 | 3,30 | 3,40 | 3,65 |
| 100 | 30 | 2,5 | 2,50 | 2,60 | 2,75 | 3,0 | 3,25 | 3,40 | 3,60 |
| 110 | 25 | 2,5 | 2,45 | 2,55 | 2,75 | 3,5 | 3,20 | 3,35 | 3,55 |
| 110 | 30 | 2,0 | 2,40 | 2,50 | 2,70 | 3,0 | 3,15 | 3,30 | 3,55 |
| 125 | 25 | 2,5 | 2,35 | 2,45 | 2,65 | 2,5 | 3,10 | 3,25 | 3,45 |
| 125 | 30 | 2,5 | 2,35 | 2,45 | 2,60 | 2,0 | 3,05 | 3,20 | 3,45 |
| 150 | 25 | 2,5 | 2,25 | 2,35 | 2,50 | 2,0 | 2,95 | 3,05 | 3,30 |
| 150 | 30 | 2,15 | 2,25 | 2,35 | 2,50 | 2,80 | 2,95 | 3,05 | 3,25 |

Sol.1

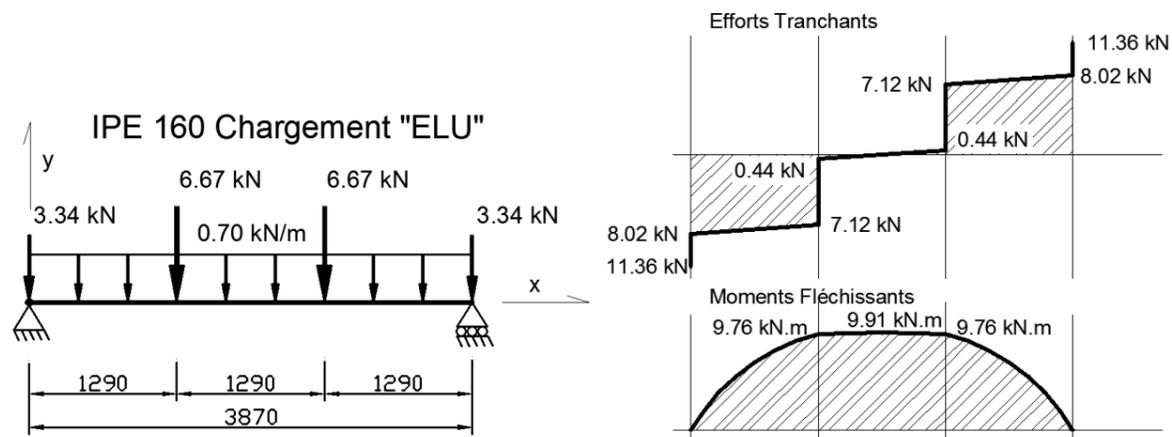
Sol.2

VÉRIFIÉ

1.3 Validation du profilé IPE 160 de la charpente

Q5 : A partir du modèle défini ci-dessous pour le profilé IPE 160, on vous demande de tracer les diagrammes d'efforts tranchants et de moments fléchissants et d'en déduire les sollicitations maximales.

Le modèle mécanique retenu pour le dimensionnement du profilé est le suivant :



Q6 : Vérifier que la contrainte tangentielle dans la section la plus sollicitée ne soit pas dépassée. Vous prendrez un $V_{maxi} = 8$ kN.

$$V_{ed} = 8 \text{ kN}$$

$$V_{cRd} = 0.58 A_v f_y / \gamma_{M0} = 0.58 * 9.7 * 10^{-4} * 355 / 1 = 199.10^{-3} \text{ MN} = 199 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / V_{cRd} = 4.02.10^{-2} < 1 \text{ Vérifié}$$

Q7 : Vérifier que la contrainte normale dans la section la plus sollicitée ne soit pas dépassée. Vous prendrez un $M_{maxi} = 10$ kN.m.

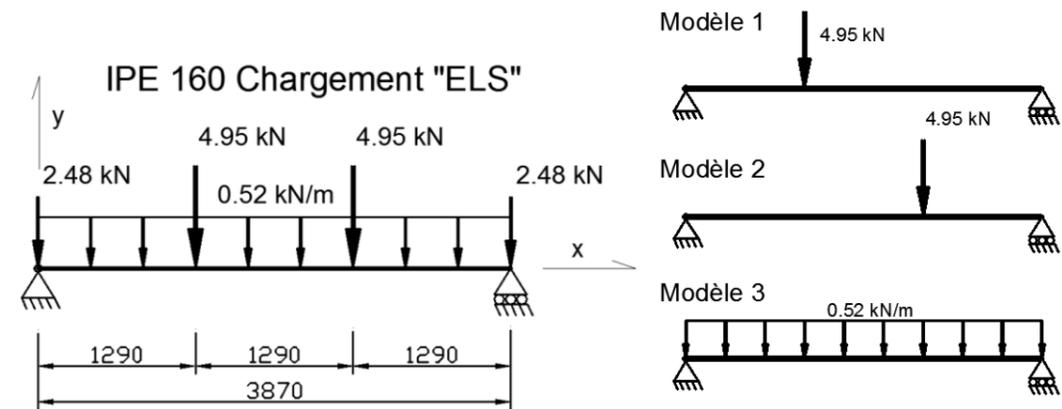
$$M_{ed} = 10 \text{ kN.m}$$

$$M_{cRd} = wpl f_y / \gamma_{M0} = 123.9.10^{-6} * 355 / 1 = 43.98.10^{-3} \text{ MN.m} = 43.98 \text{ kN.m}$$

$$M_{ed} / M_{cRd} = 0.227 < 1 \text{ Vérifié}$$

Q8 : Déterminer à partir du modèle ci-dessous, la flèche à mi-portée du profilé IPE160.

Le modèle mécanique retenu pour la vérification de la flèche est le suivant :



Modèle 1 et 2 par symétrie :

$$f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI} (3L^2 - 4a^2)$$

$$f1_{(L/2)} \text{ et } f2_{(L/2)} = 4.95.10^{-3} * 1.290 * (3 * 3.870^2 - 4 * 1.290^2) / (48 * 210000 * 869.10^{-8})$$

$$f1_{(L/2)} \text{ et } f2_{(L/2)} = 2.79.10^{-3} \text{ m} = 2.79 \text{ mm}$$

$$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$$

$$f3_{(L/2)} = 5 * 0.52.10^{-3} * 3.870^4 / (384 * 210000 * 869.3.10^{-8})$$

$$f3_{(L/2)} = 0.83.10^{-3} \text{ m} = 0.83 \text{ mm}$$

$$f_{(L/2)} = f1 + f2 + f3 = 2.79 + 2.79 + 0.83 = 6.41 \text{ mm}$$

Q9 : Pour ce type de structure, le prescripteur impose une flèche maximale de $L/250$. Calculer cette flèche maximale et conclure sur les résultats obtenus.

$$L/250 = 3870 / 250 = 15.48 \text{ mm} > 6.41 \text{ mm} \text{ on respecte bien la flèche maximale.}$$

Q10 : En vous appuyant sur les résultats des questions 6, 7 et 9, pouvez vous dire que le profilé IPE160 S355 Classe 2 est bien adapté.

Profilé large en prédimensionnement.

On peut redimensionner le profilé à partir de la flèche (le plus sensible) voir un IPE 140.

On peut changer la classe du profilé S235 en place du S355.

| | | |
|---|---------|--------------|
| BTS BÂTIMENT | | SESSION 2016 |
| Dimensionnement et vérification d'ouvrages – E 41 | CORRIGÉ | Page 2/5 |

ÉTUDE 2 : Étude mécanique de la charpente

2.1 Validation du chargement de la ferme n°2

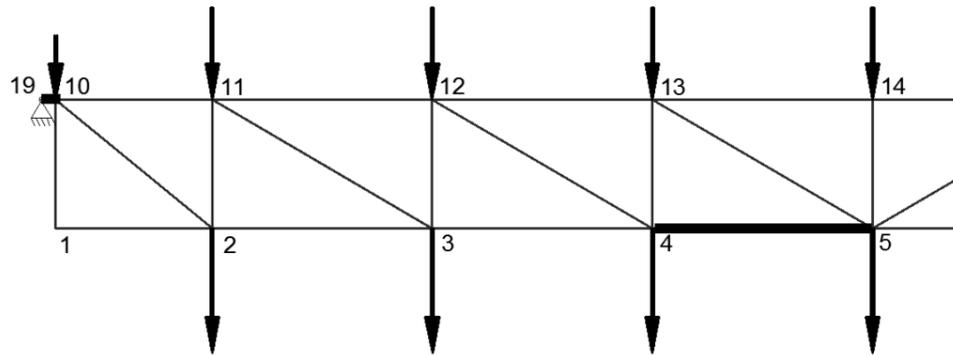
Q11 : Expliquer l'origine des charges apparaissant sur la structure en partie haute et en partie basse de la ferme n°2 (aucun calcul n'est demandé).

Noeuds 10 à 18 : Appuis des IPE 160 support de la couverture, charges d'exploitation, neige ...

Noeuds 1 à 9 : Points d'ancrages de la structure support des machineries (chemins de moufles, pont).

2.2 Contrôle de la structure dans sa version définitive

Q12 : A partir de la note de calculs fournie, on vous demande de repérer sur la structure (DR1), la ou les sections les plus sollicitées dans la traverse supérieure (HEA120). Justifier votre réponse en expliquant le type de sollicitations agissant sur ces barres.



Barre 19-10 : $N = 447 \text{ kN}$, $V = 173 \text{ kN}$ et $M = 22.5 \text{ kN.m}$ Flexion composée, c'est la barre la plus sollicitée.

Barre 4-5 : $N = 535 \text{ kN}$, $V = 1.1 \text{ kN}$ et $M = 2.5 \text{ kN.m}$ V et M quasi négligeable, cette barre est soumise à un effort de traction maximal.

Q13 : Pour un contrôle rapide de la structure, on ne retiendra que les efforts normaux dans la barre (4-5) qui est la plus sollicitée. L'effort normal dans cette barre est de $+535 \text{ kN}$.

Vérifier que la contrainte normale dans la section ne soit pas dépassée.

$$N_{ed} = 535 \text{ kN}$$

$$N_{plRd} = A f_y / \gamma_{M0} = 25.3 \cdot 10^{-4} \cdot 355 / 1 = 898 \cdot 10^{-3} \text{ MN} = 898 \text{ kN}$$

$$N_{ed} / N_{plRd} = 0.595 < 1 \text{ Vérifié}$$

Q14 : Le schéma mécanique retenu, engendre de très fortes sollicitations dues à l'effort tranchant dans les deux barres d'extrémités (barres : 19-10 et 18-20).

L'effort tranchant maximal est de 172.5 kN .

Vérifier que la contrainte tangentielle dans le profilé HEA120 ne soit pas dépassée.

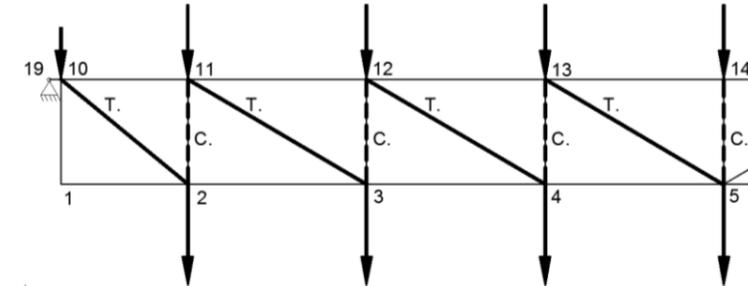
$$V_{ed} = 172.5 \text{ kN}$$

$$V_{cRd} = 0.58 A_v f_y / \gamma_{M0} = 0.58 \cdot 8.5 \cdot 10^{-4} \cdot 355 / 1 = 175 \cdot 10^{-3} \text{ MN} = 175 \text{ kN}$$

$$V_{ed} / V_{cRd} = 0.986 < 1 \text{ Vérifié}$$

2.3 Etude de la variante de réalisation de la ferme

Q15 : Repérer sur le document réponse « DR1 » les barres tendues et les barres comprimées de l'âme de cette ferme (utiliser deux couleurs distinctes et légender votre réponse).



Q16 : Comparer pour les deux barres ci-dessous, les sollicitations pour les deux solutions.

Les sollicitations pour la variante « âme articulée » sont les suivantes :

Barre 4-5 (Articulée) : $N_{max} = 537 \text{ kN}$, $V_{max} = 0.75 \text{ kN}$ et $M_{max} = 2 \text{ kN.m}$

Barre 4-5 (Encastrée) : $N = 535 \text{ kN}$, $V = 1.1 \text{ kN}$ et $M = 2.5 \text{ kN.m}$

Aucune différence sur la membrure inférieure

Barre 10-11 (Articulée) : $N_{max} = 225 \text{ kN}$, $V_{max} = 19 \text{ kN}$ et $M_{max} = 22 \text{ kN.m}$

Barre 10-11 (Encastrée) : $N = 226 \text{ kN}$, $V = 5.5 \text{ kN}$ et $M = 6.8 \text{ kN.m}$

La structure encastrée diminue sensiblement les moments sur la membrure supérieure.

Q17 : Calculer la flèche maximale autorisée pour cette structure. Pour ce type de structure, on nous impose une flèche maximale de $L/250$.

$$f_{max} = 15100/250 = 60.4 \text{ mm}$$

Q18 : Comparer pour les deux solutions, les flèches maximales et conclure sur les résultats obtenus.

Flèche maximale pour la solution entièrement encastrée : $1,84 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

Flèche maximale pour la solution avec membrure articulée : $1,88 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

Selon le type de liaison sur la membrure, les flèches maximales sont similaires. Dans notre cas, en dessous de la flèche maximale autorisée.

Q19 : Y a-t'il un intérêt particulier à utiliser une structure complètement encastrée ou partiellement articulée?

Pour faciliter les montages sur chantier.

Pour faciliter le « calcul à la main ».

Les deux réponses sont admises.

| | | |
|---|---------|--------------|
| BTS BÂTIMENT | | SESSION 2016 |
| Dimensionnement et vérification d'ouvrages – E 41 | CORRIGÉ | Page 3/5 |

ÉTUDE 3 : Vérification du plan d'armatures d'une poutre

continue

3.1 Validation du modèle de calcul

Q20 : Justifier la longueur efficace de la travée Po1.

| | | |
|----------------------|---------------|----------------|
| Appui de Gauche | tg = | 200 mm |
| | hg = | 630 mm |
| | ag = | 100 mm |
| Idem appui de droite | ad = | 100 mm |
| | Ln = | 6190 mm |
| | Leff = | 6390 mm |

Q21 : Vérifier que la charge unitaire prise en compte par le projeteur pour la travée Po2 à l'ELU est cohérente (vous devez prendre en compte les charges permanentes, d'exploitation et la neige).

Calcul des Charges pour 1 m de poutre Po2

| Charges Permanentes : | m | m | m | kN/m3 | kN/m | kN/m | Pondérations | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-----|--|-----------------|
| Poids propre de la poutre | 0,350 | 0,630 | 1,000 | 25 | 5,51 | | | | | |
| Poids propre de la dalle (26cm) | 2,940 | 0,260 | 1,000 | 25 | 19,11 | | | | | |
| Poids propre de la dalle (18cm) | 2,365 | 0,180 | 1,000 | 25 | 10,64 | | | | | |
| Poids propre "Pampa" | 2,940 | 1 | 1,000 | 3,5 | 10,29 | | | | | |
| Poids propre "Protection gravillons" | 2,365 | 1 | 1,000 | 1,5 | 3,55 | | | | | |
| | | | | | | 49,10 | 1,35 | 1 | | 66,3 |
| Charges Exploitations : | | | | | | | | | | |
| Sur Plancher côté "Pampa" | 2,940 | 1 | 1,000 | 1,5 | 4,41 | | | | | |
| (Sur Poutre | 0,350 | 1 | 1,000 | 1,5 | 0,53) | | | | | |
| Sur Plancher côté "Gravillons" | 2,365 | 1 | 1,000 | 1,5 | 3,55 | | | | | |
| | | | | | | 8,48 | 1,5 | 1 | | 12,7 |
| Neige : | 5,655 | 1 | 1,000 | 0,74 | 4,18 | | | | | |
| | | | | | | 4,18 | 1,5 | 0,5 | | 3,1 |
| | | | | | | | | | | ELU 82,2 |

3.2 Vérification du moment de calcul

Q22 : Le projeteur a pris une valeur de moment de -350 kN.m pour dimensionner les armatures sur l'appui P3. Vérifier que cette valeur est conforme au schéma mécanique retenu.

$$\omega_{3g} = \frac{57,6 * 6,39^3}{24 EI} \quad \omega_{3d} = - \frac{82,3 * 6,3^3}{24 EI}$$

$$w_{3g} = 626,201 \text{ sur EI} \quad w_{3d} = - 857,453 \text{ sur EI}$$

$$2 * (6,39 + 6,3) MP3 = 6 EI (-857,453 EI - 626,201 EI)$$

$$MP3 = - 350,746 \text{ kN.m}$$

3.3 Contrôle du plan d'armatures

Q23 : On considérant que les sections d'aciers dans les travées soient justes, vérifier la section prolongée sur l'appui intermédiaire pour la travée Po2. Conclure sur les résultats obtenus.

| | | |
|--------------------|--|-----------------------------------|
| Fed = | 314,9 kN | |
| Fyd = | 434,78 MPa | |
| As appui = | 0,00072427 m ² | |
| As appui = | 7,2427 cm² | |
| 3HA16 | 6,03 cm ² | Lecture sur le plan d'armatures : |
| Non vérifié | Solution, on remplace (3HA16 + 3HA16) par (3HA20 + 3HA14) | |

Q24 : Justifier la présence ou non de crochets d'ancrage sur l'appui intermédiaire de la travée Po2. A défaut d'un dimensionnement plus précis, on prendra d = 0.9 h.

| | |
|--|-------------------|
| Ved = | 314,9 kN |
| Med = | 350,7 kN.m |
| h = | 0,63 m |
| d = | 0,567 m |
| Fed = | -372,34 kN |
| Fed < 0 donc pas d'obligation de crochet sur appui | |

Q25 : Quelles sont les rôles des armatures N°13 et N°15.

- N° 13 Reprise des moments sur appuis (forfaitaire, 0,15 Mo),
- N° 15 Reprise des efforts tranchants

ÉTUDE 4 : Dimensionnement d'un poteau B.A. et principe d'armatures

4.1 Dimensionnement des armatures du poteau P3

Q26 : Calculer la section nécessaire d'armatures longitudinales dans le poteau P3.

On donne :

- $N_{Ed} = 553.8$ kN
- $L_0 = 3.630$ m.

| | | | | | |
|-------------|--------|-----------------|------------|--------|-----|
| b = | 0,200 | m | Béton | 25 | MPa |
| h = | 0,350 | m | Acier | 500 | MPa |
| $N_{Ed} =$ | 553,8 | kN | $f_{cd} =$ | 16,67 | MPa |
| $l_0 =$ | 3,630 | m | $f_{yd} =$ | 434,78 | MPa |
| $I_{min} =$ | 23333 | cm ⁴ | | | |
| Ac = | 0,07 | m ² | | | |
| i = | 0,0577 | m | | | |
| $\lambda =$ | 62,87 | OK | | | |
| $\alpha =$ | 0,4156 | | | | |

| | | | |
|----------|---------|-----------------|---|
| $As_1 =$ | 9,841 | cm ² | Voir 6.10 cm ² avec la formule de valeur approchée les deux réponses seront admises |
| $As_2 =$ | 546,659 | cm ² | |

Q27 : Après vérification des sections minimales et maximales d'aciers, choisir les références des armatures longitudinales (vous prendrez comme hypothèse pour traiter cette question, que la section nécessaire calculée est de 10 cm²).

| | | | |
|----------------|-------|-----------------|----|
| $As_{min} =$ | 1,40 | cm ² | |
| $As_{max} =$ | 28,00 | cm ² | |
| As retenue = | 9,841 | cm ² | |
| On prend | 6 | HA | 16 |
| $As =$ | 12,06 | cm ² | |

Q28 : Déterminer l'espacement des armatures transversales puis des cours du poteau P3.

$$\begin{aligned} \varnothing t &\geq 6 \text{ mm} \\ s_{cl,t} &\leq 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Zone recouvrement

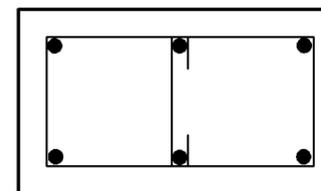
$$s_{cl,t} \leq 120 \text{ mm} \quad \text{3 cadres dans zone recouvert}$$

$$\text{Long recouv} = 60 \times \varnothing L = 960 \text{ mm}$$

Si poteau tjrs comprimé

$$\begin{aligned} \text{Acier nécessaire pour équilibrer } N_{Ed} &= 0 \text{ cm}^2 \\ \text{Long recouv} &= 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Q29 : Compléter la section transversale du poteau en faisant apparaître toutes les armatures. Sur le document réponse (DR2).

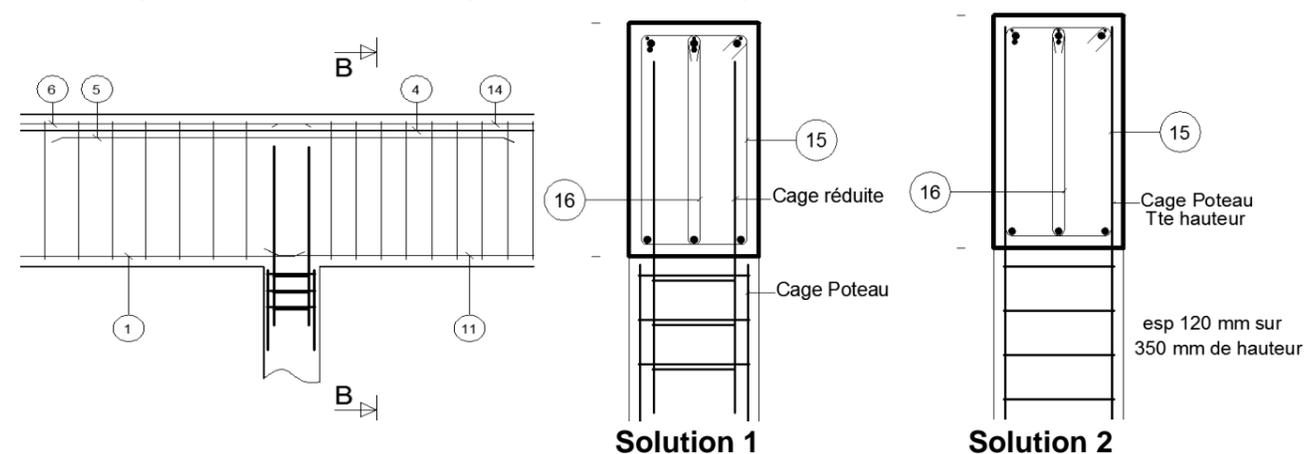


6HA16 cadre HA6

4.2 Analyse d'armatures

Q30 : On vous donne sur le document réponse (DR2) les armatures des poutres Po1 et Po2. On vous demande de compléter sur la coupe longitudinale et la coupe B-B ce principe d'armatures en faisant apparaître les armatures du poteau ainsi que toutes les armatures qui vous sembleront utiles.

Utiliser de préférence des couleurs pour une bonne compréhension de vos détails.



Les deux solutions sont admises.