Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

Sous - épreuve E41
Dimensionnement et vérification d'ouvrages

SESSION 2016

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

<u>Matériel autorisé</u> : toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écran graphique à condition que le fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tous les documents réponses, même vierges, doivent être rendus avec la copie (pages 22 et 23)

Tout autre matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 23 pages numérotées de 1/23 à 23/23

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Pépinière Musicale
Contenu du dossier

Page 2	**:**	**Présentation de l'ouvrage**
Page 3	**:**	**Caractéristiques des matériaux**
Pages 4 à 6	**:**	**Travail demandé**
Page 7	**:**	**DT 1 Plan Architecte du Rez de Chaussée**
Page 8	**:**	**DT 2 Plan de masse**
Page 9	**:**	**DT 3 Plan Architecte coupes**
Page 10	**:**	**DT 4 Plan charpente métallique (en plan)**
Page 11	**:**	**DT 5 Plan charpente métallique (élévations)**
Page 12	**:**	**DT 6 Plan charpente métallique (coupes et détails structure)**
Page 13	**:**	**DT 7 Plan d'exécution du Rez de chaussée**
Page 14	**:**	**DT 8 Plan d'armatures Po1 et Po2**
Page 15	**:**	**DT 9 Note de calculs de la charpente**
Pages 16	**:**	**DT10 Formulaire Eurocode 3**
Pages 17	**:**	**DT11 Caractéristiques des profilés**
Pages 18	**:**	**DT12 Formulaire Mécanique**
Pages 19	**:**	**DT13 Formulaire Eurocode 1**
Pages 19-20	**:**	**DT14 Formulaire Eurocode 2**
Pages 21	**:**	**DT15 Formulaire Eurocode 2 (suite)**
Pages 22 à 23	**:**	**DR1 Étude mécanique de la charpente** **DR2 Principe d'armatures de poteaux**

Barème

Les quatre études sont indépendantes

Étude 1	**Conception générale du projet**	**6 points**
Étude 2	**Étude mécanique de la charpente**	**5 points**
Étude 3	**Vérification du plan d'armatures d'une poutre continue**	**5 points**
Étude 4	**Dimensionnement d'un poteau B.A. et principe d'armatures**	**4 points**

Présentation de l'ouvrage *Voir l'ensemble du Dossier Technique*

L'étude porte sur la construction d'un équipement dédié aux pratiques des musiques actuelles et contemporaines. Le bâtiment à construire, d'une surface totale de plancher de 760 m² environ, comprend 4 studios (dont un studio scène de 200 m^2 environ, un studio « MAO » Musique Assistée par Ordinateur, un moyen studio et un grand studio), des locaux associés (bureaux, loge, réserves...), un « catering » ainsi que des locaux communs et de logistique. Les espaces sont articulés autour d'un patio central. L'opération porte également sur l'aménagement des espaces extérieurs. Ce projet s'inscrit dans une démarche de développement durable (DT1 à DT3).

La structure principale de ce bâtiment est en béton armé.
Toutes les parties du bâtiment en rez de chaussée sont recouvertes de toitures terrasses végétalisées afin d'intégrer au maximum l'ouvrage dans son environnement.
La salle « Studio Scène » (seule partie visible du chemin) est coiffée par une charpente métallique support d'une couverture double peau en bac acier et du chemin de moufle. Les murs extérieurs de cette salle seront soit recouverts d'une structure bac acier, soit laissés brut de décoffrage (béton matricé avec lasure) (DT4 à DT7).
Les fondations sont constituées de semelles filantes et isolées. Elles reposent sur des barrettes ou des puits en gros béton et sont reliées entre elles par des longrines.



Entrée



Vue du chemin

Banque Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement supérieur
Réseau Canopé

CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE :

Béton Armé

- Béton armé C25/30 : f_{ck} = 25 MPa
- Poids volumique du béton : $\gamma_{B.A.}$ = 25,00 kN/m^3
- Armature B500B : f_{yk} = 500 MPa
- Béton Armé situé à l'extérieur du Bâtiment : Classe d'exposition XC1
- Enrobage des aciers : 30 mm

Charpente Métallique

- S355 Classe 2 limite d'élasticité : f_y = 355 MPa
- S355 Classe 2 résistance à la traction : fu = 490 MPa
- Module d'élasticité longitudinale : $\boldsymbol{E = 210000\ MPa}$
- Coefficient partiel de sécurité : γ_{M0} = 1.00

CHARGES UNITAIRES :

Charges permanentes

- Terrasses inaccessibles type « Pampa » 3,50 kN/m²
- Terrasses inaccessibles type « Protection gravillons » 1,50 kN/m²

Charges d'exploitation

- Toiture terrasse accessible et inaccessible 1,50 kN/m²

Charge de neige

- Région A2 Altitude 360 m (pression normale) : 0,74 kN/m²

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

TRAVAIL DEMANDÉ

ÉTUDE 1 : Conception générale du projet

En phase d'appel d'offres, un pré-dimensionnement de la structure a été réalisé. Dans le cadre de cette étude, on demande de valider les sections en reprenant la démarche de calculs d'une partie de celle-ci. Soit le profilé IPE 160 support du système de toiture «GLOBALROOF ».
Vous justifierez également l'emploi de certaines parties de cette structure (DT4 à DT6).

1.1 Analyse de la charpente

Q1 : Expliquer le rôle des profilés **L100*10** repérés sur la vue en plan de la toiture (DT4).

Q2 : Donner la fonction des profilés **TC70*3** repérés sur l'élévation File C (DT5).

1.2 Étude des bacs aciers de la couverture

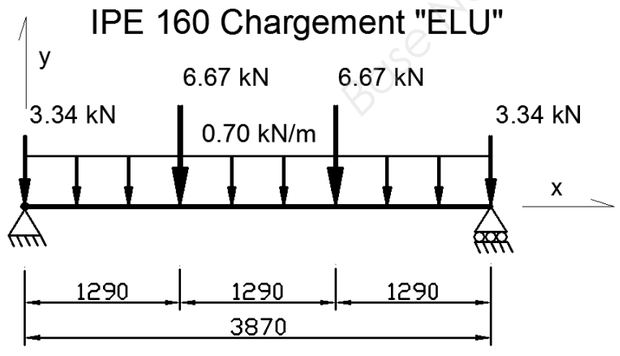
Q3 : Proposer un schéma mécanique pour le dimensionnement du bac Hacierco C38 (référence n°6 sur la documentation constructeur). Faire apparaître les liaisons, le type de chargement et les portées.

Q4 : Vérifier que votre hypothèse de modèle mécanique est compatible avec le bac Hacierco C38 en 0,75 mm d'épaisseur.
Indiquer sur le Document Réponse (DR1) l'entraxe maximal des pannes autorisé dans ce cas de chargement.
La charge permanente induite par l'étanchéité et l'isolation sur le premier bac est de 30 daN/m².

1.3 Validation du profilé IPE 160 de la charpente

Q5 : A partir du modèle défini ci-dessous pour le profilé IPE 160, tracer sur le DR1, les diagrammes d'efforts tranchants et de moments fléchissants et en déduire les sollicitations maximales.

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

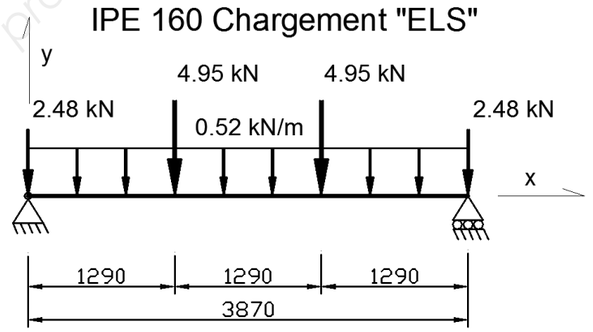


Q6 : Vérifier que la contrainte tangentielle dans la section la plus sollicitée ne soit pas dépassée. Prendre Vmaxi = 8,00 kN.

Q7 : Vérifier que la contrainte normale dans la section la plus sollicitée ne soit pas dépassée. Prendre Mmaxi = 10,00 kN.m.

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 :



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

Q10 : En s'appuyant sur les résultats des questions 6, 7 et 9, peut-on dire que le profilé IPE160 S355 Classe 2 est bien adapté ?

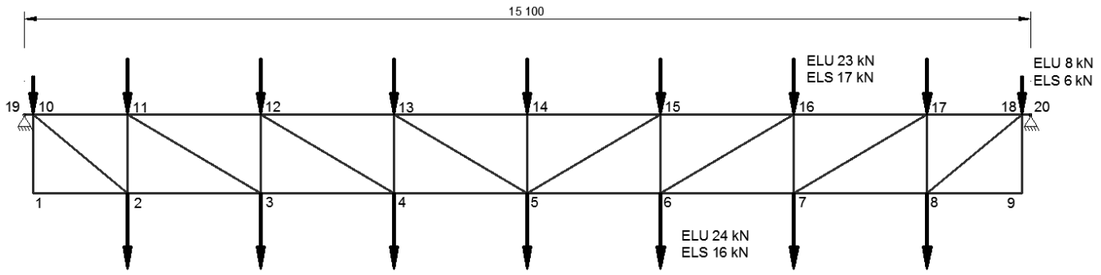
Base nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

ÉTUDE 2 : Étude mécanique de la charpente

Pour cette étude, on vous demande de valider un modèle mécanique et de contrôler les éléments de structure choisis par le projeteur.
Les trois fermes qui supportent la totalité de la couverture, sont ancrées dans les murs.
Elles assurent également le maintien en têtes des murs (DT1 à DT5).

Le modèle mécanique retenu pour le dimensionnement de la ferme n°2 est le suivant :

(Tous les éléments constituants la ferme sont encastrés entre eux)



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).

2.2 Contrôle de la structure dans sa version définitive

Q12 : A partir de la note de calculs fournie (DT9), on vous demande de repérer sur la structure (DR1), la ou les sections les plus sollicitées :

- dans la traverse supérieure (HEA120),
- dans la traverse inférieure (HEA120).

Justifier votre réponse en expliquant le type de sollicitations agissant sur ces barres

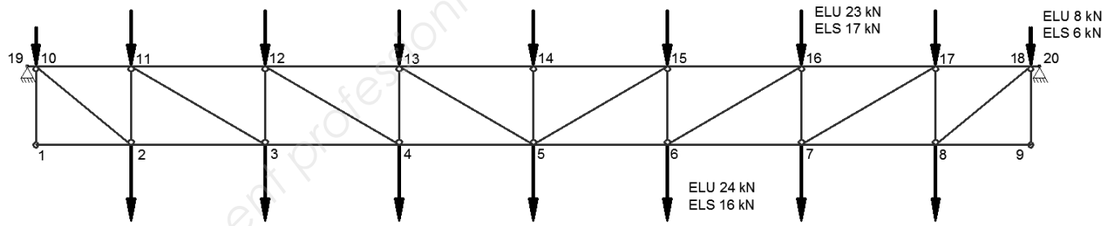
Q13 : Pour un contrôle rapide de la structure, on ne retiendra que les efforts normaux dans la barre (4-5) qui est la plus sollicitée.
L'effort normal agissant dans cette barre est de +535,00 kN.
Vérifier que la contrainte normale dans la section ne soit pas dépassée.

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 172,50 kN.
Vérifier que la contrainte tangentielle dans le profilé HEA120 ne soit pas dépassée.

2.3 Étude de la variante de réalisation de la ferme

Dans cette partie, on vous propose de comparer deux solutions pour la réalisation de la ferme. Ici tous **les éléments constituants l'âme de la ferme sont articulés entre eux**. Les membrures supérieures et inférieures sont constituées d'un même profilé.

Le modèle mécanique retenu pour faciliter le montage de la ferme n°2 est le suivant :

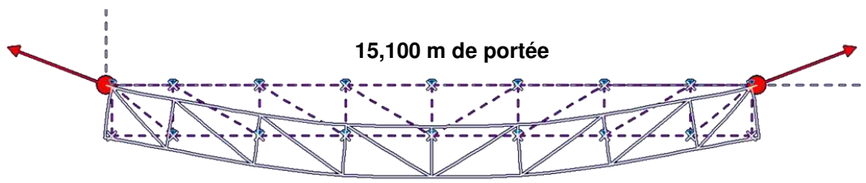


Q15 : Repérer sur le document réponse (DR1) les barres tendues et les barres comprimées de l'âme de cette ferme (utiliser deux couleurs distinctes et légender votre réponse).

Q16 : Repérer dans la note de calculs (DT9), les sollicitations maximales dans les barres (4-5) et (10-11), puis comparer pour les deux solutions (base et variante), ces sollicitations maximales.

Les sollicitations pour la solution de base « âme encastrée » sont les suivantes :
Barre 4-5 : Nmax = 535,00 kN, Vmax = 1,09 kN et Mmax = 2,46 kN.m
Barre 10-11 : Nmax = 226,20 kN, Vmax = 5,49 kN et Mmax = 6,76 kN.m

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



Q18 : Comparer pour la solution de base et la variante, les flèches maximales et conclure sur les résultats obtenus.
Flèche maximale pour la solution entièrement encastrée : $1{,}84.10^{-2}$ m.
Flèche maximale pour la solution avec membrure articulée : $1{,}88.10^{-2}$ m.

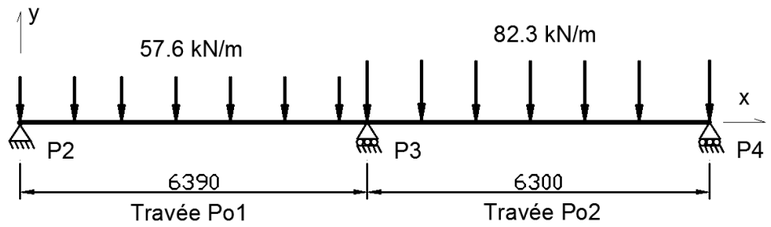
Q19 : Y a-t'il un intérêt particulier à utiliser une structure complètement encastrée ou partiellement articulée?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

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

Cette étude est à appréhender en tant que contrôleur d'une étude béton armé.
Pour cela, il faut vérifier, dans un premier temps, des éléments de calculs pris en compte pour le dimensionnement d'une poutre continue en béton armé, puis analyser le plan de ferraillage donné par le logiciel de béton armé (DT7, DT8).

Le modèle mécanique retenu pour l'étude de la poutre continue en béton armé est le suivant :



3.1 Validation du modèle de calcul

Q20 : Justifier la longueur efficace de la travée Po1 (DT14).

Q21 : Vérifier à l'aide d'un schéma coté 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) (DT13).

3.2 Vérification du moment de calcul

Le projeteur a pris une valeur de moment (Med = -350,00 kN.m) pour dimensionner les armatures sur l'appui P3.
Q22 : Vérifier que cette valeur de moment est conforme au schéma mécanique retenu ci-dessus et en utilisant le (DT12).

3.3 Contrôle du plan d'armatures

Q23 : En considérant que les sections d'aciers (DT8) dans les travées soient justes, vérifier la section prolongée en partie base sur l'appui intermédiaire pour la travée Po2.
Si la section n'est pas vérifiée, proposer une modification.
On donne : Ved = 314,90 kN.

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.
On donne : Ved = 314,90 kN, Med = -350,00 kN.m)

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

ÉTUDE 4 : Dimensionnement d'un poteau en béton armé et principe d'armatures

En tant que projeteur en bureau d'études béton armé, on demande dans cette partie de dimensionner un poteau du rez de chaussée de la partie enterrée, de proposer un plan d'armatures, et élaborer un principe de ferraillage en tête de poteau (DT7).

4.1 Dimensionnement des armatures du poteau P3

Q26 : Calculer la section nécessaire d'armatures longitudinales dans le poteau P3.
On donne :
- Ned = 553,80 kN
- L_0 = 3,630 m.

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

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

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

4.2 Analyse d'armatures

Q30 : On donne sur le document réponse (DR2) les armatures des poutres Po1 et Po2.
On 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.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

B

C

A

STUDIO MAO
2 personnes
S: 20.22 m²
HSFP: 2.50m

GRAND STUDIO
25 personnes
HSFP: 3.50m
S: 51.00 m²

MICRO. CTA 2
0.5 m²

SAS
S: 5.78 m²

GAIE INFO SONO
3.05 m²

RGT
S: 2.32 m²
HSFP: 2.40m

HSFP: 2.50m

Sortie IS
1 UP

SAS
S: 4.25 m²

STUDIO SCENE
65 personnes
S: 205.39 m²

SAS
HSFP: 2.40m
S: 9.68 m²

BUREAU 4
S: 13.59 m²
HSFP: 2.50m

CATERING
48 personnes
S: 57.12 m²
S. LIBRE: 48.00 m²
HSFP: 2.50m

Sortie IS
1 UP

MICRO. CTA 1
L: 1.95 m²

ABRI CYCLES
7.50 m²

PATIO
50.58 m²

ESPACE COUVERT

HALL
HSFP: 2.50m
S: 37.17 m²

Sortie IS
1 UP

Sortie IS
1 UP

CIRC.
S: 51.96m²

+0.00
355.20
NGF

Sortie IS
3 UP

ENTREE PUBLIQUE

-0.02
355.18

Zone de Rangement 1

RESERVE
S: 49.97 m²
HS Dalle: 3.01m

SAS
S: 8.87 m²

ENTRETIEN
S: 4.60 m²
HSFP: 2.50m

MICRO. CTA 3
S: 1.3 m²

DGT
S: 4.04 m²
HSFP: 2.50m

WC F.
S: 5.57 m²

LOGE
S: 20.15 m²
HSFP: 2.50m

LT. Courants faibles
S:1.14 m²

local Tech Elect.
S: 4.16 m²

MOYEN STUDIO
11 personnes
HSFP: 3.00m
S: 30.18 m²

SAS
S: 5.45 m²

Douche
S: 4.38m²

BUREAU 1
3 personnes
S: 21.12 m²
HSFP: 2.50m

CTA
S: 27.76 m²
HS plafond: 2.93m

IS
S: 14.61 m²

Zone de Rangement 2

BUREAU 3
S: 9.56 m²
HSFP: 2.50m

Sortie IS
2 UP

Local Poub.
S: 3.34 m²

BUREAU 2
HSFP: 2.50m
S: 10.75 m²

WC H.
S: 9.59 m²
HSFP: 2.50m

Zone de Rangement Atelier

LT. CHAUDIERE
S: 7.00 m²
HS Plafond: 2.93m

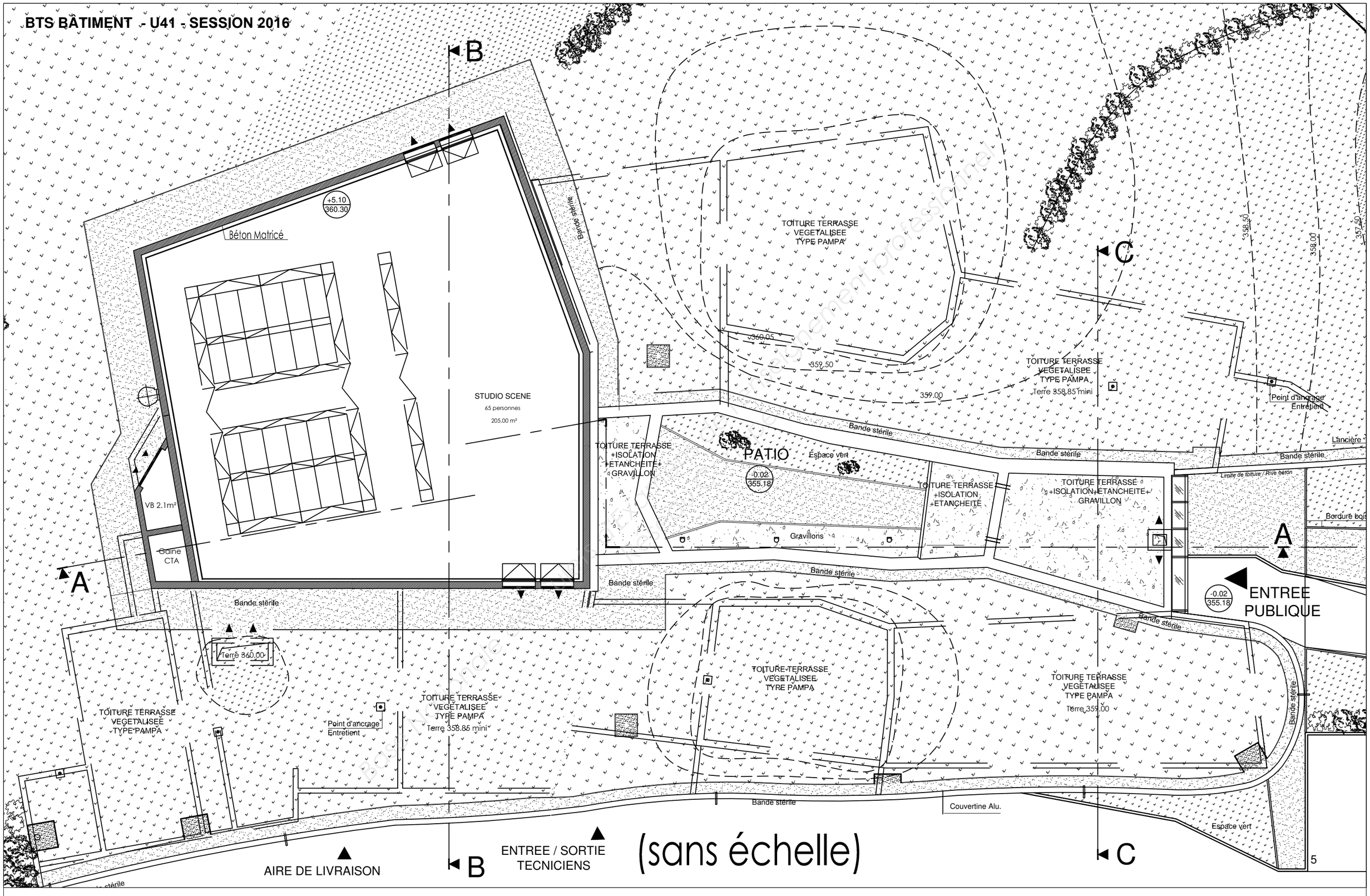
Sortie IS
1 UP

-0.02
355.18

-0.02
355.18

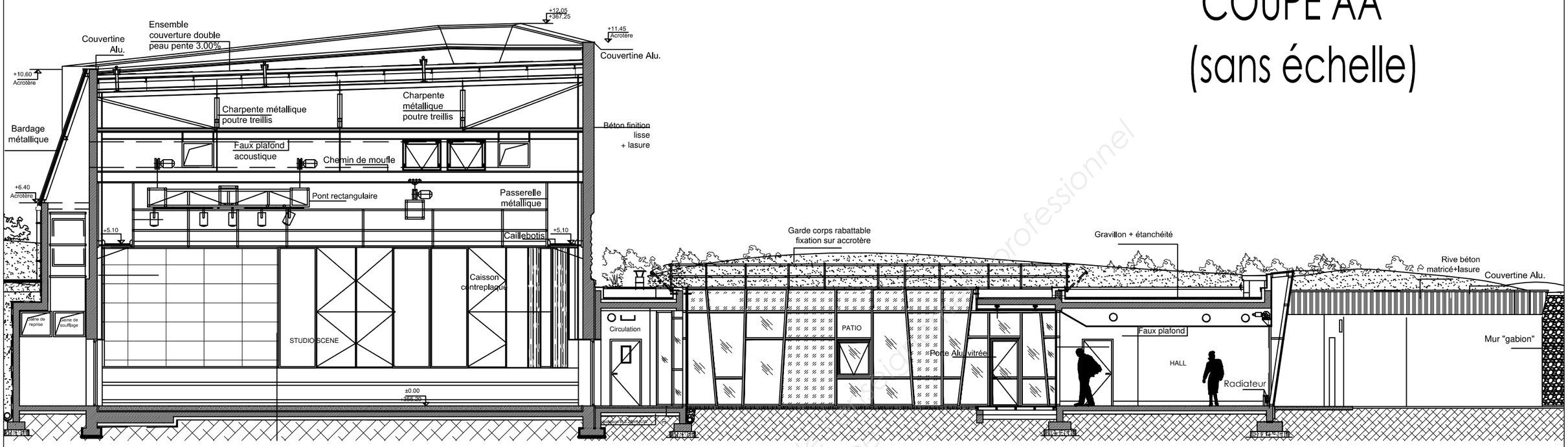
(sans échelle)

Base nationale des sujets d'examen Réseau Canopé

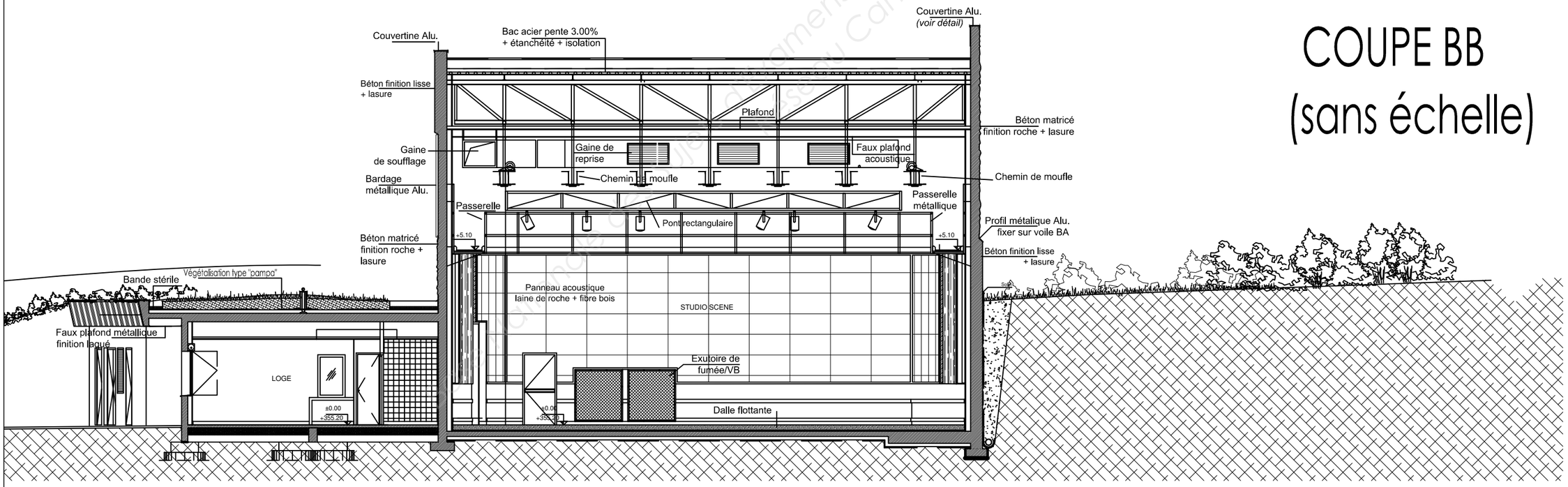


Pépinière Musicale : Plan de Masse

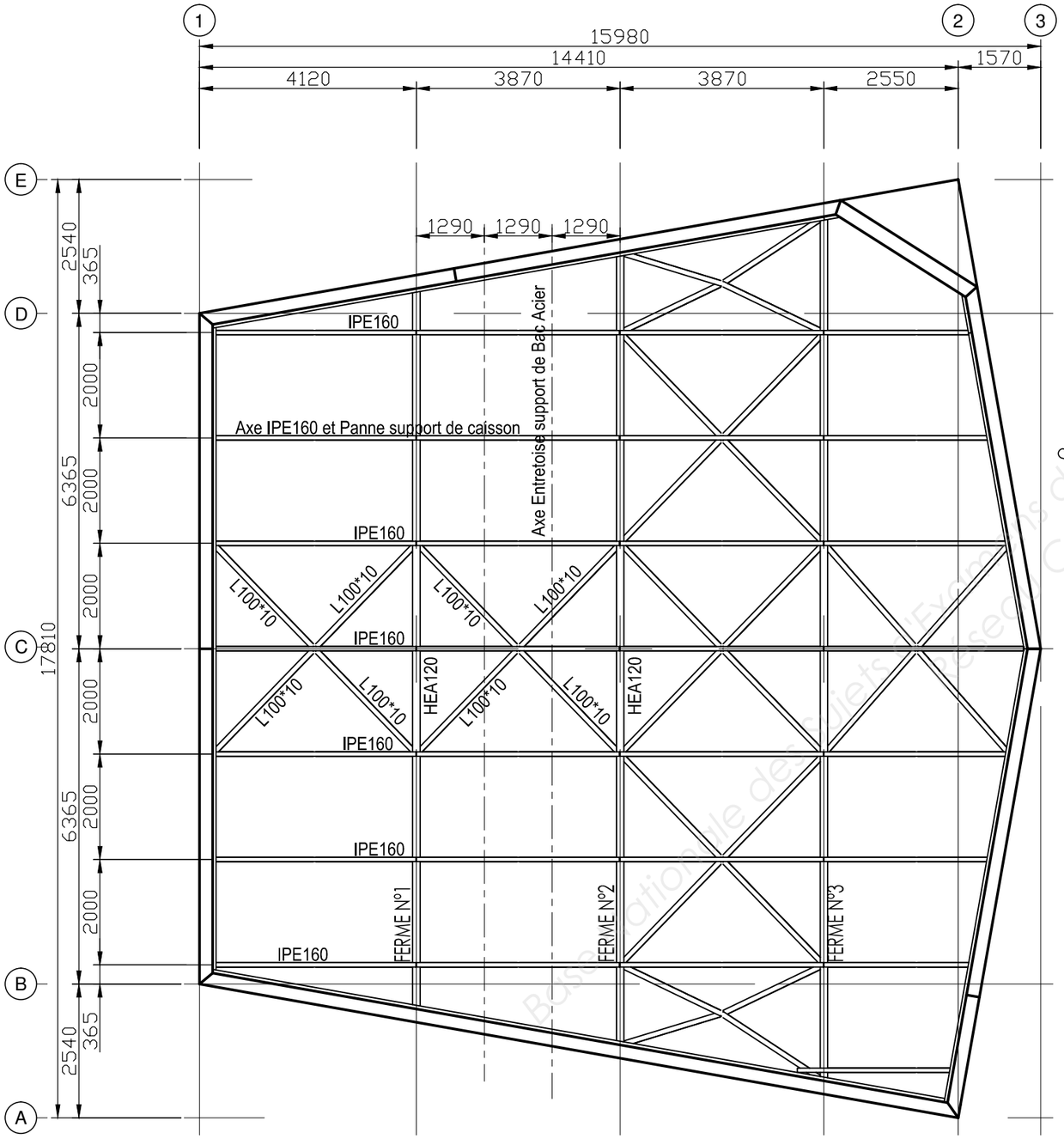
COUPE AA
(sans échelle)

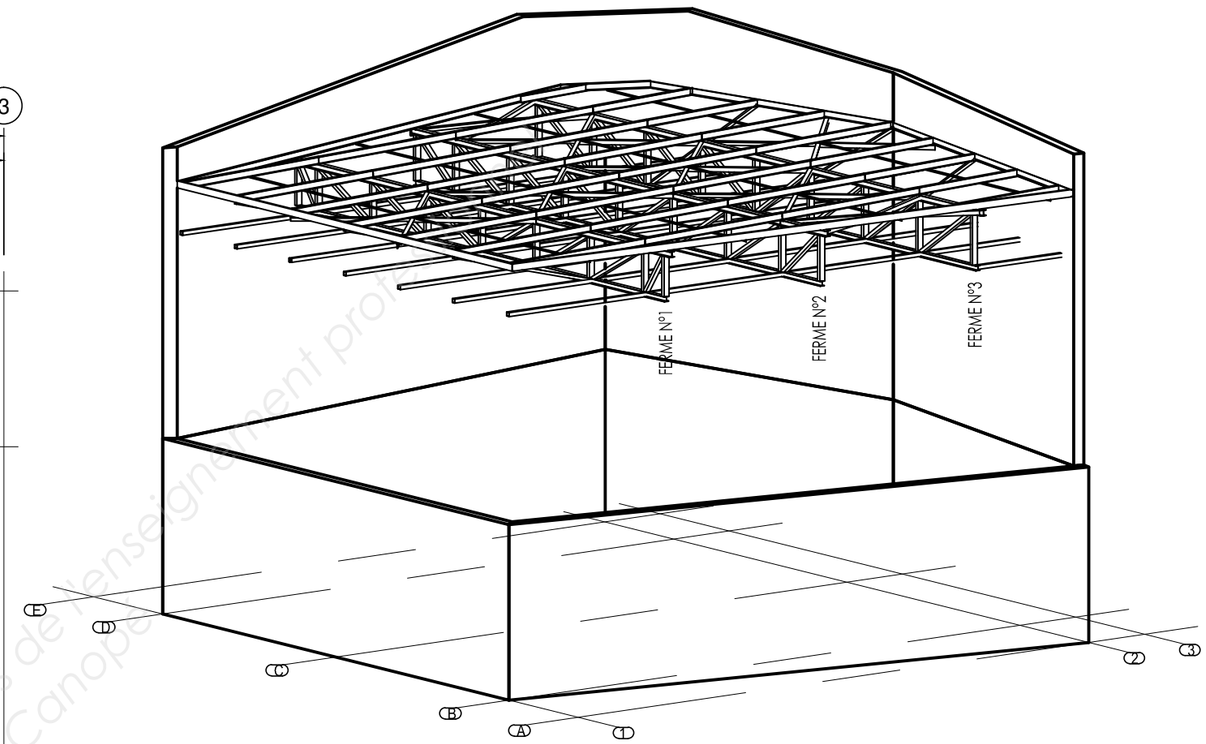


COUPE BB
(sans échelle)



Vue sur toiture (sans échelle)

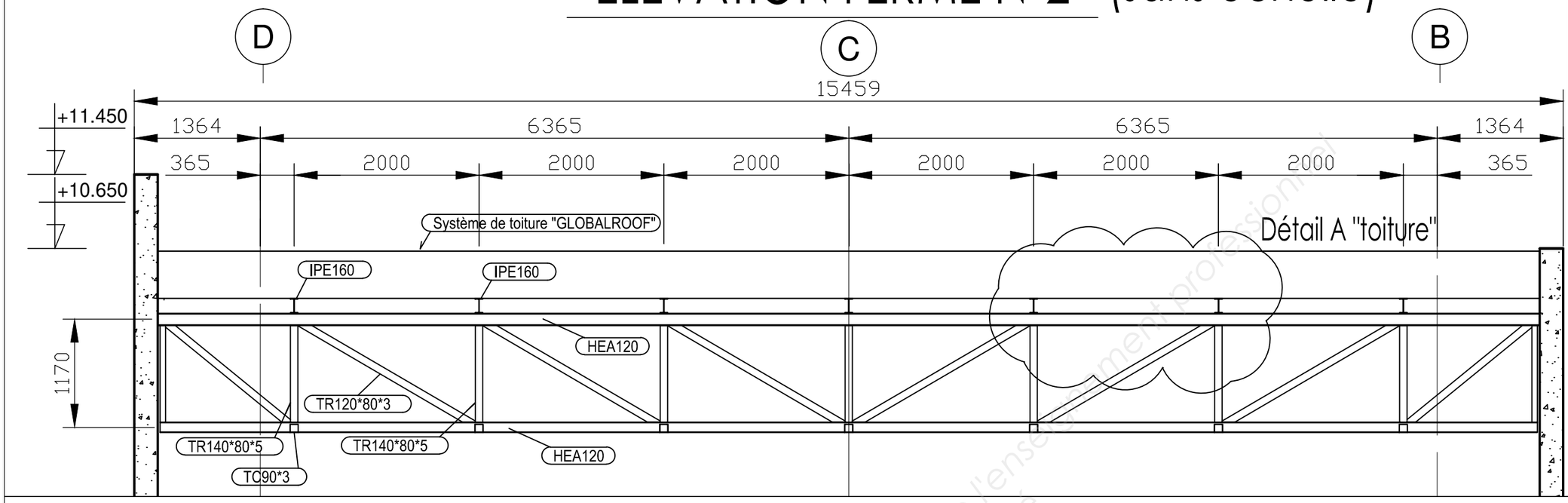


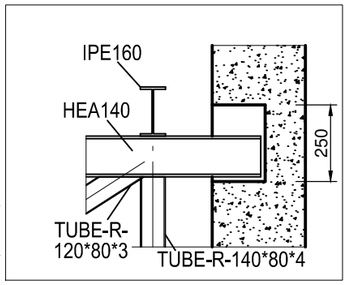


Perspective

Reproduction interdite des sujets d'Examen ou de Concours de l'enseignement professionnel

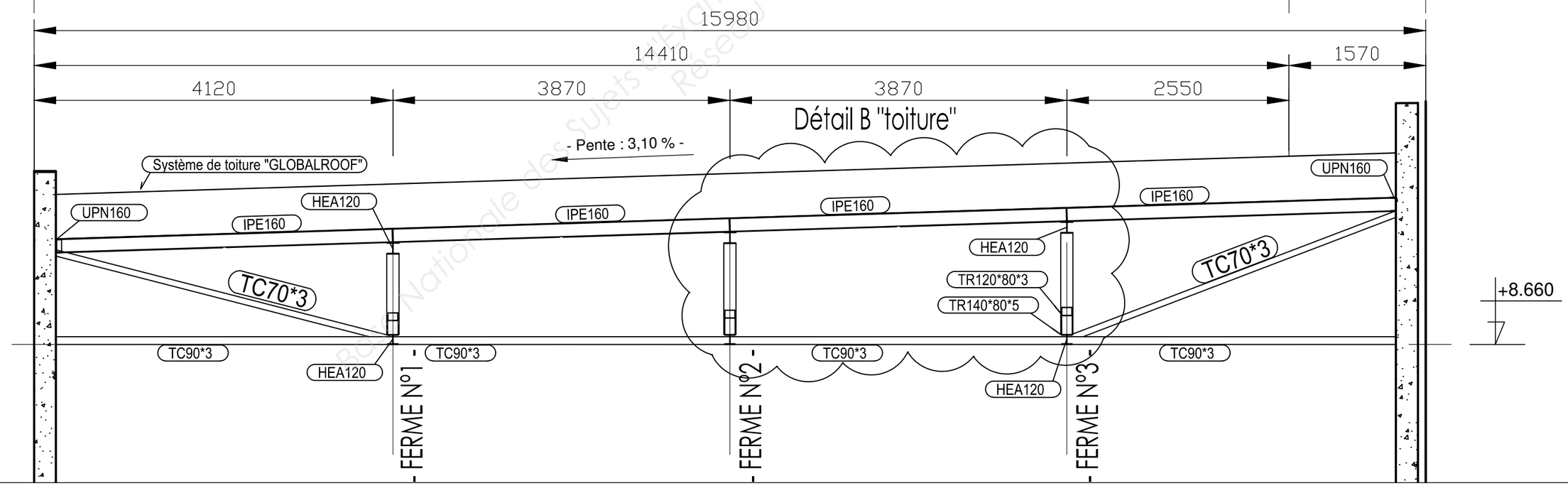
- ELEVATION FERME N°2 - (sans échelle)





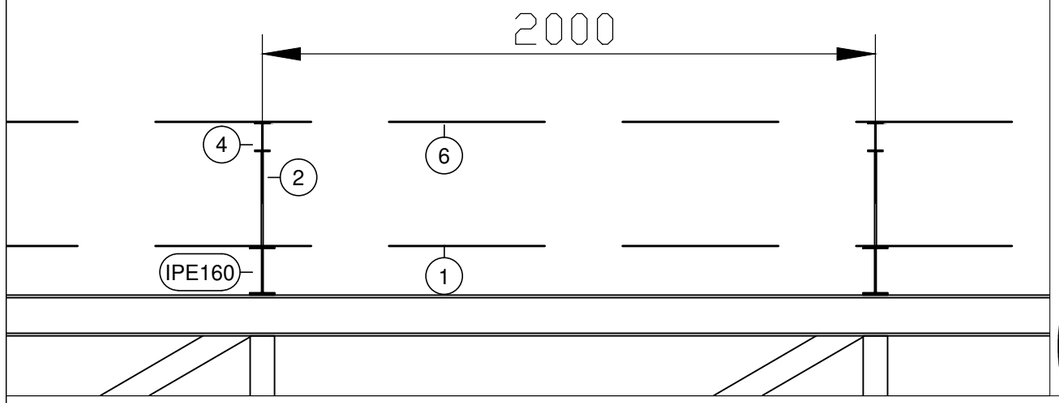
Appui Ferme

- ELEVATION FILE.C - (sans échelle)



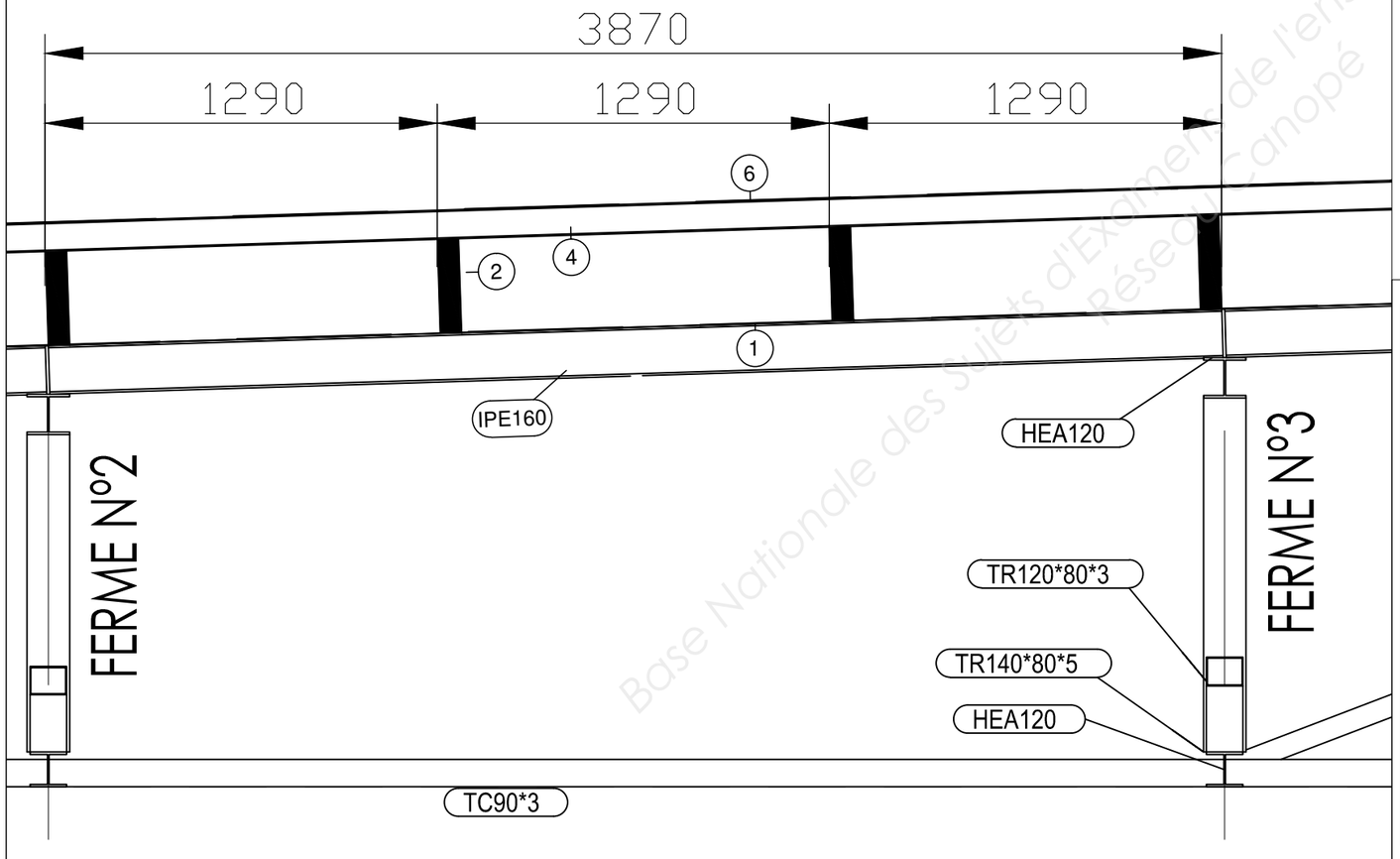
Réseau National des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Détail A "structure toiture"

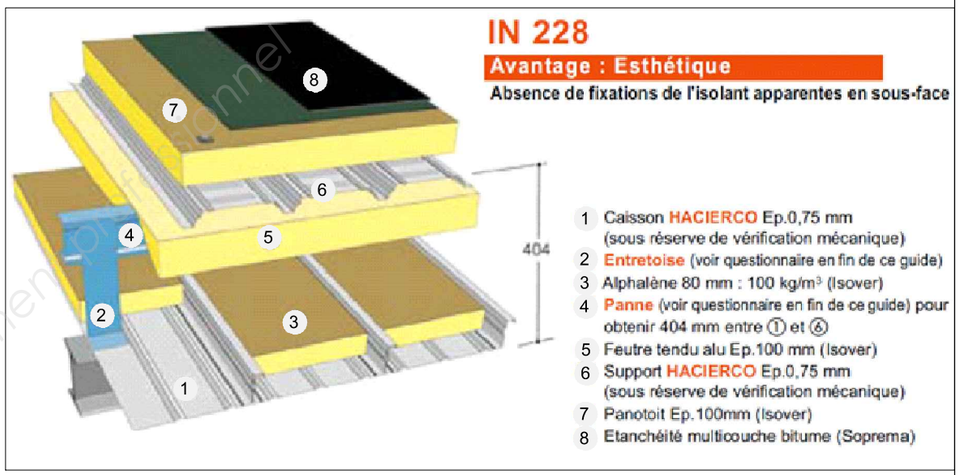


(sans échelle)

Détail B "structure toiture"



Extrait Documentation "HACIERCO"



Entre-axe des Pannes

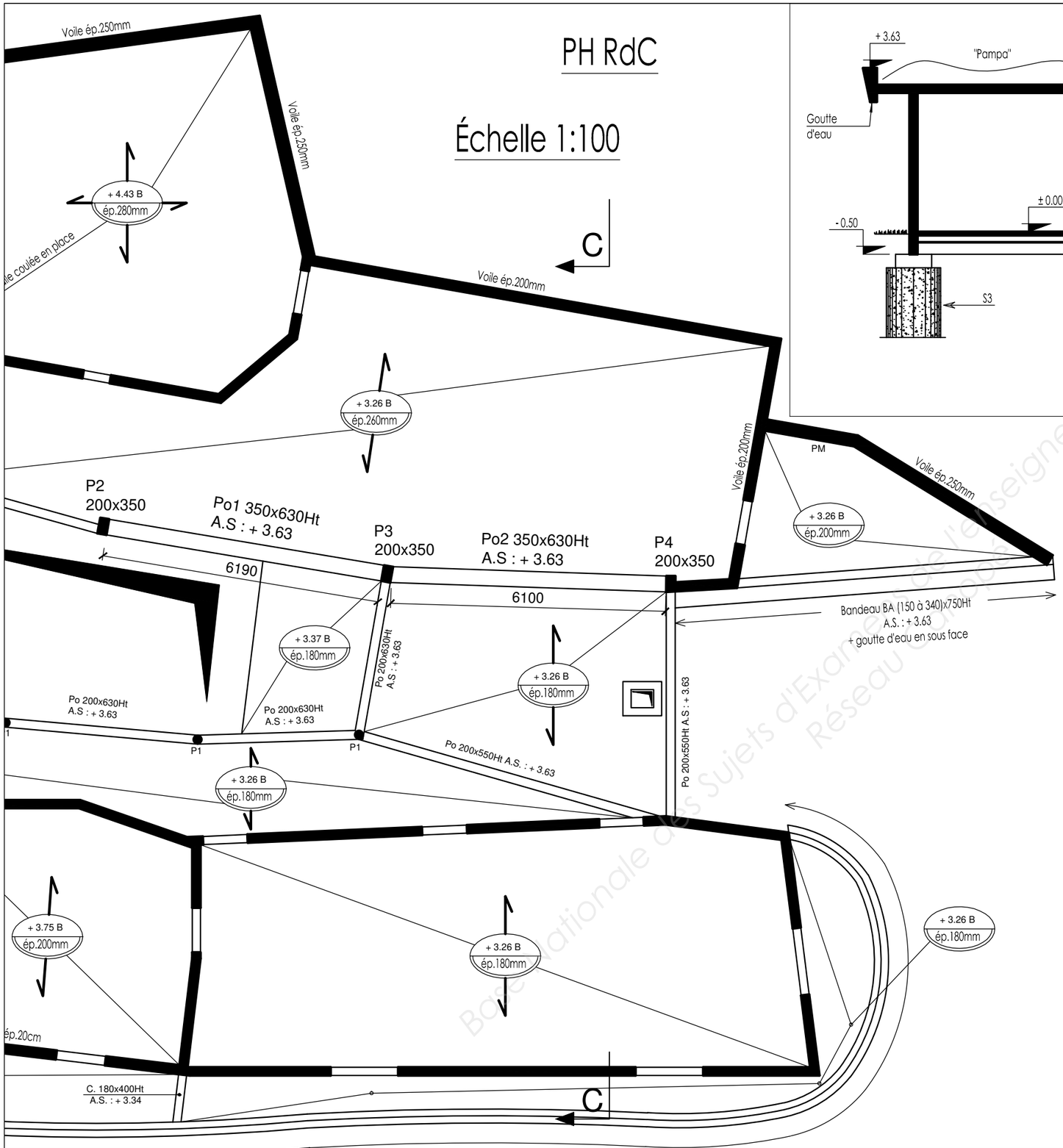
HACIERCO C 38

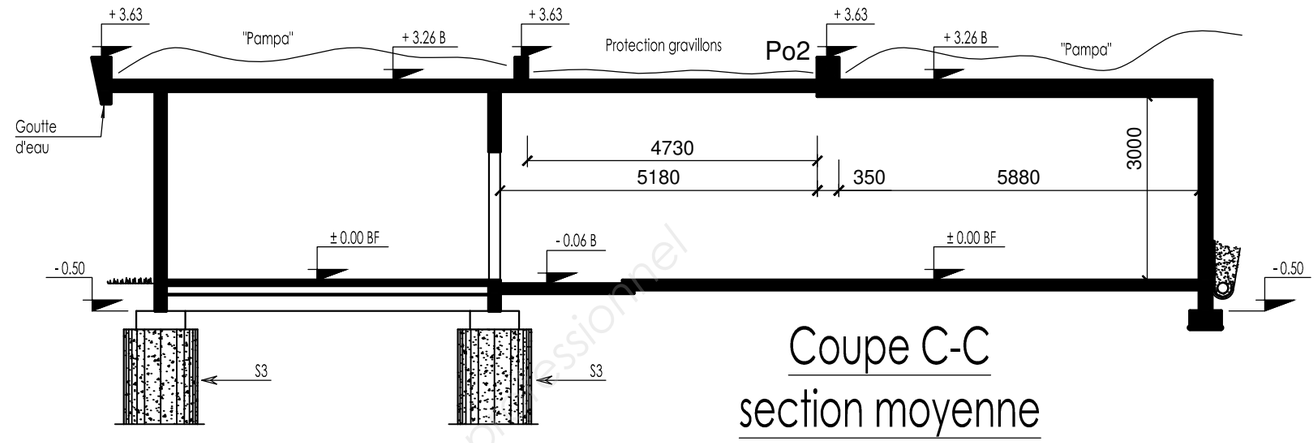
Charges d'exploitation (daN/m²)	Charges permanentes (daN/m²)	2 APPUIS				3 APPUIS			
		Epaisseur (mm)							
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
100	10	2,45	2,55	2,70	2,90	3,15	3,35	3,50	3,80
100	15	2,45	2,55	2,70	2,85	3,15	3,35	3,50	3,75
100	20	2,40	2,55	2,65	2,85	3,15	3,35	3,45	3,70
100	25	2,40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

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

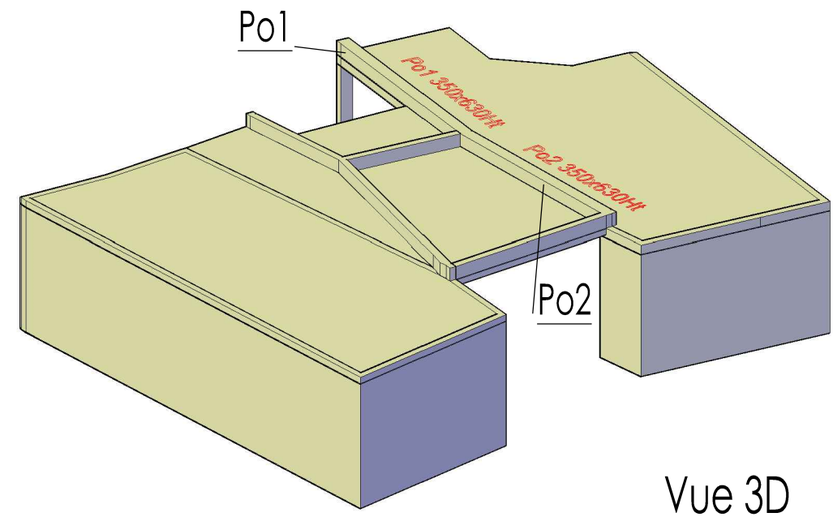
PH RdC

Échelle 1:100





Coupe C-C
section moyenne
pour le calcul de la poutre Po2



Vue 3D

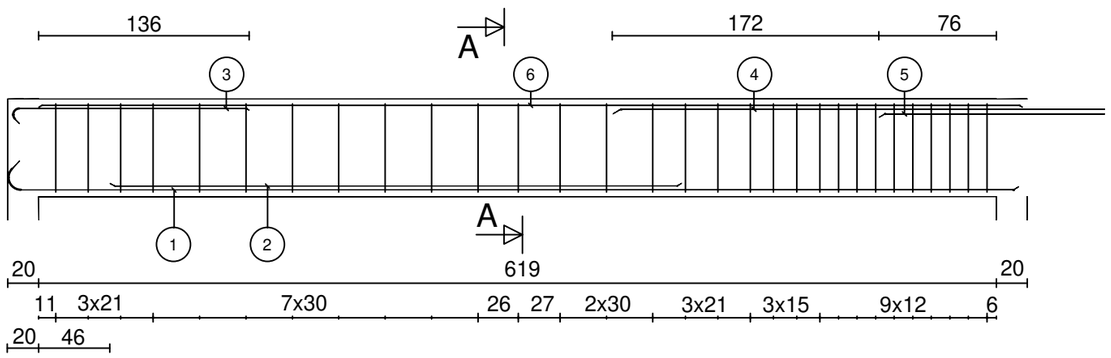
Base nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Arche Poutre EC2 Version 20.1	Poutre n01 Niveau RDC	P01	Béton=1.43 m3 Acier=105.8 kg d=74.0 kg/m3 Fi=10.1 mm Cof=10.0 m²	Eb=3.0 cm Eh=3.0 cm El=3.0 cm	1/2

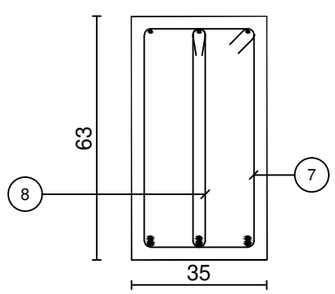
Section : 35 x 63ht

fck= 25 MPa fyk= 500 MPa Classe de ductilité B Coupe feu R 90

Elévation
Echelle=1/25



Coupe A-A
Echelle=1/10



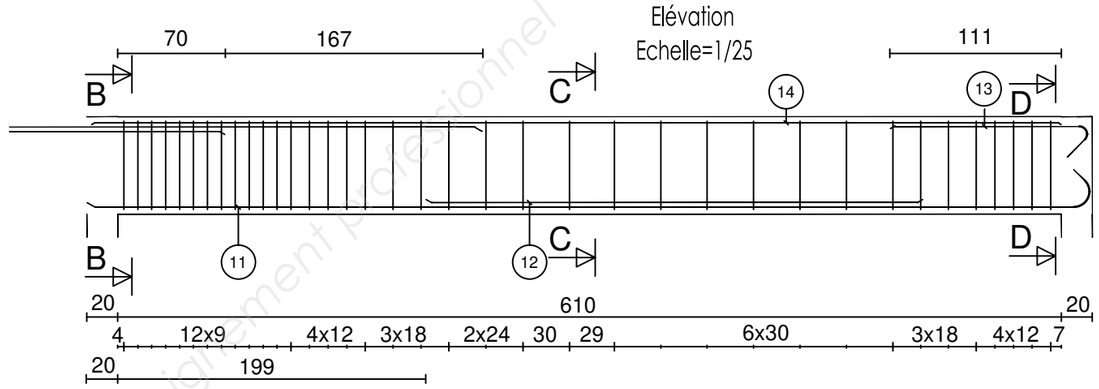
Barre		Lg	Forme
1	3HA14	671	16 / 135° / 16 / 654
2	3HA12	370	370
3	3HA8	162	8 / 8 / 135° / 153
4	3HA20	504	504
5	2HA14	165	165
6	3HA8	636	636
7	30HA6	182	57 / 29
8	30HA6	132	57

Arche Poutre EC2 Version 20.1	Poutre n02 Niveau RDC	Po2	Béton=1.43 m3 Acier=97.3 kg d=67.9 kg/m3 Fi=10.9 mm Cof=9.8 m²	Eb=3.0 cm Eh=3.0 cm El=3.0 cm	2/2

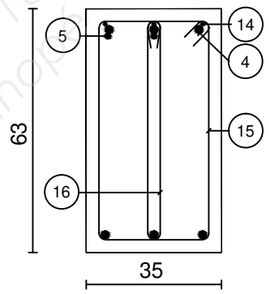
Section : 35 x 63ht

fck= 25 MPa fyk= 500 MPa Classe de ductilité B Coupe feu R 90

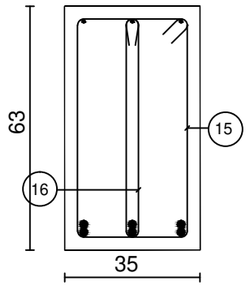
Elévation
Echelle=1/25



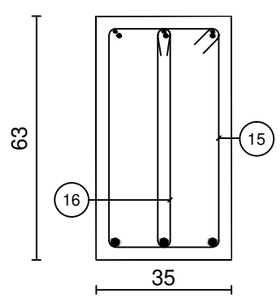
Coupe B-B
Echelle=1/10



Coupe C-C
Echelle=1/10



Coupe D-D
Echelle=1/10



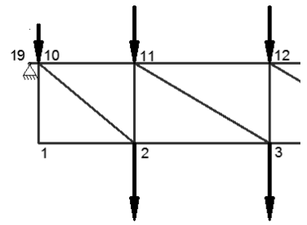
Barre		Lg	Forme
11	3HA16	672	20 / 21 / 649 / 135°
12	3HA16	322	322
13	3HA10	150	21 / 10 / 135° / 128
14	3HA8	627	627
15	37HA6	182	57 / 29
16	37HA6	132	57

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Extrait de la NOTE DE CALCULS

FERME N°2 Solution de base avec l'âme complètement encastrée

« Chargement aux ELU »



+----------+
| Action(s) de liaison [kN kN.m] |
+----------+

Noeud 19 - Rx = -446,97 Ry = 172,50 Mz = 0.0
Noeud 20 - Rx = 446,97 Ry = 172,50 Mz = 0.0

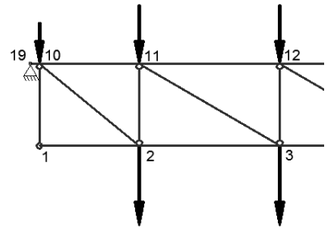
+----------+
| Efforts intérieurs [kN kN.m] |
+----------+

N = Effort normal V_Y = Effort tranchant Mf_Z = Moment fléchissant

ELE	origine / extrémité	No / Ne	V_Yo / V_Ye	Mf_Zo / Mf_Ze	dL(m)
1	1	9,83	-5,02	-4,07	2,625E-05
	2	9,83	-5,02	3,06	
2	2	222,24	-2,30	-2,10	8,354E-04
	3	222,24	-2,30	2,49	
3	3	417,23	-0,26	1,16	1,568E-03
	4	417,23	-0,26	1,69	
4	4	535,23	1,08	2,46	2,012E-03
	5	535,23	1,08	0,29	
9	10	5,02	9,83	7,43	2,270E-05
	1	5,02	9,83	-4,07	
10	11	-143,69	1,48	0,86	-6,487E-04
	2	-143,69	1,48	-0,87	
11	12	-90,76	2,21	1,15	-4,098E-04
	3	-90,76	2,21	-1,43	
12	13	-46,37	-0,80	-0,64	-2,094E-04
	4	-46,37	-0,80	0,29	
13	14	-24,09	-0,0	-0,0	-1,087E-04
	5	-24,09	-0,0	0,0	
18	10	267,68	6,80	8,22	1,123E-03
	2	267,68	6,80	-4,30	
19	11	223,31	0,03	0,18	1,180E-03
	3	223,31	0,03	0,10	
20	12	137,39	0,41	1,42	7,261E-04
	4	137,39	0,41	0,46	
21	13	50,92	0,67	1,65	2,691E-04
	5	50,92	0,67	0,09	
26	19	446,97	-172,50	0,00	1,092E-04
	10	446,97	-172,50	22,42	
27	10	226,21	5,49	6,76	6,037E-04
	11	226,21	5,49	-1,04	
28	11	31,95	-2,46	-2,08	1,201E-04
	12	31,95	-2,46	2,84	
29	12	-89,06	-1,21	0,26	-3,348E-04
	13	-89,06	-1,21	2,68	
30	13	-132,55	0,54	1,67	-4,983E-04
	14	-132,55	0,54	0,58	

FERME N°2 Variante avec les éléments d'âme articulés

« Chargement aux ELU »



+----------+
| Efforts intérieurs [kN kN.m] |
+----------+

N = Effort normal V_Y = Effort tranchant Mf_Z = Moment fléchissant

ELE	origine / extrémité	No / Ne	V_Yo / V_Ye	Mf_Zo / Mf_Ze	dL(m)
4	4	537,03	0,75	2,00	2,019E-03
	5	537,03	0,75	0,50	
27	10	224,95	19,03	22,42	6,004E-04
	11	224,95	19,03	-4,60	
9	10	-0,26	-0,00	-0,00	-1,188E-06
	1	-0,26	0,00	0,00	
10	11	-158,67	-0,00	-0,00	-7,164E-04
	2	-158,67	0,00	0,00	
11	12	-89,65	-0,00	-0,00	-4,047E-04
	3	-89,65	0,00	0,00	
12	13	-47,62	-0,00	-0,00	-2,150E-04
	4	-47,62	0,00	0,00	
13	14	-24,11	-0,00	-0,00	-1,088E-04
	5	-24,11	0,00	0,00	
18	10	289,04	-0,00	-0,00	1,212E-03
	2	289,04	0,00	0,00	
19	11	224,03	-0,00	-0,00	1,183E-03
	3	224,03	0,00	0,00	
20	12	139,70	-0,00	-0,00	7,383E-04
	4	139,70	0,00	0,00	
21	13	49,12	-0,00	-0,00	2,596E-04
	5	49,12	0,00	0,00	

DT9

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

FORMULAIRE « Extrait Eurocode 3 »

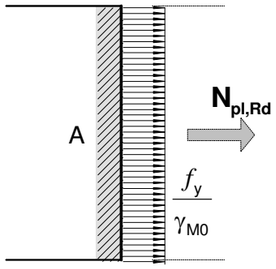
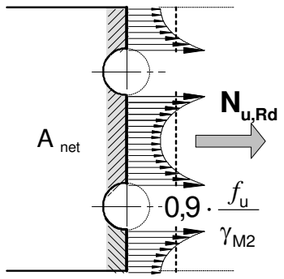
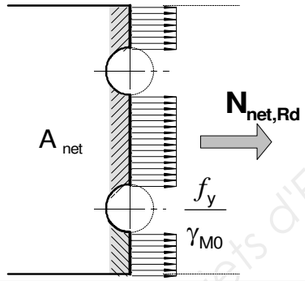
Effort axial de traction (N)

On doit vérifier : $N_{Ed} \le N_{t.Rd} = min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}, N_{net,Rd})$ **où**

N_{Ed} **= Effort de traction (agissant) sollicitant la section**

$N_{t,Rd}$ **= Résistance de calcul à la traction de la section, prise comme la plus petite des valeurs suivantes :**

Lorsqu'un comportement ductile est requis, c'est à dire lorsque la section brute doit se plastifier avant la rupture de la section nette, il convient de vérifier la condition supplémentaire : $N_{u,Rd} \ge N_{pl,Rd}$

SECTION BRUTE **(en partie courante)**	SECTION NETTE **(perçages déduits au droit des assemblages)**	
	Assemblage par boulons ordinaires :	Assemblage par boulons précontraints (HR) :
On considère que l'état de plastification est atteint sur toute la section transversale.	***Il y a amplification des contraintes de traction au droit des perçages.***	***L'étreinte latérale permet une répartition quasi uniforme des contraintes de traction***
		
Résistance plastique de calcul de la section brute $N_{pl,Rd} = A\frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	Résistance ultime de calcul de la section nette au droit des trous de fixations $N_{u,Rd} = 0{,}9A_{net}\frac{f_u}{\gamma_{M2}}$ **Validité de cette expression : attaches symétriques.** **Pour des cornières assemblées par une seule aile et autres types de sections assemblées par des parois en console, se référer à : EN 1993-1-8 clause 3.6.3**	Résistance plastique de la section nette, à considérer dans le cas d'assemblages par boulons HR précontraints 8.8 ou 10.9 (attaches boulonnées de catégorie C) pour lesquels aucun glissement n'est autorisé. $N_{net,Rd} = A_{net}\frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant (*M* et *V*) vérification simplifiée

Pour le moment de flexion :

On doit vérifier **:** $M_{Ed} \le M_{c,Rd}$

où M_{Ed} **= Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU ;**

$M_{c,Rd}$ **= Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU.**

pour une section de classe 1 ou 2	pour une section de classe 3
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pour l'effort tranchant

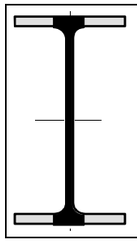
On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} \le 1{,}0$

Calcul plastique $V_{c,Rd} = V_{pl.Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0{,}58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

où V_{Ed} **: effort tranchant (agissant) de calcul à L'E.L.U. ;**

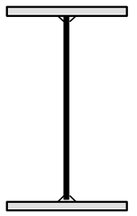
$V_{pl.Rd}$ **: effort tranchant résistant à L'E.L.U. ;**

A_v **: aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.**



Laminés marchands :

Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données dans les tableaux de caractéristiques des profilés.



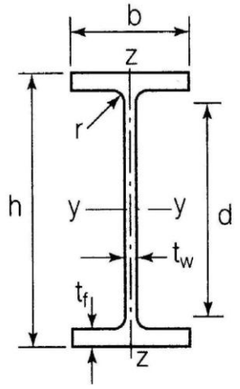
Profilés Reconstitués Soudés :

Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

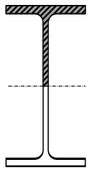
DT10

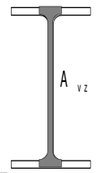
Caractéristiques des Profilés



Caractéristiques des profilés IPE

Les axes et désignations sont conformes à l'Eurocode 3.

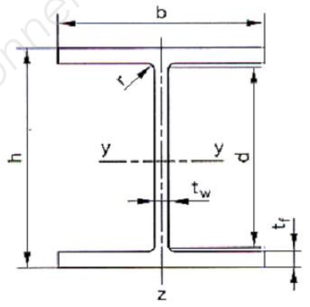




Profil	Masse par mètre P	Aire de la section A	Moment quadratique I_y	Module de résistance élastique à la flexion $W_{el.y}$	Rayon de giration i_y	$2\times S_y$ / Module plastique $W_{pl.y}$	A_{vz}	I_z	$W_{el.z}$	i_z	$2\times S_z$ / $W_{pl.z}$	A_{vy}
	kg/m	cm^2	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm^2	cm^4	cm^3	cm	cm^3	cm^2
80	6,0	7,64	80,1	20,0	3,24	23,2	3,6	8,48	3,69	1,05	5,8	5,1
100	8,1	10,3	171,0	34,2	4,07	39,4	5,1	15,91	5,78	1,24	9,1	6,7
120	10,4	13,2	317,8	53,0	4,90	60,7	6,3	27,65	8,64	1,45	13,6	8,6
140	12,9	16,4	541,2	77,3	5,74	88,3	7,6	44,90	12,30	1,65	19,2	10,6
160	15,8	20,1	869,3	108,7	6,58	123,9	9,7	68,28	16,65	1,84	26,1	12,8
180	18,8	23,9	1 317,0	146,3	7,42	166,4	11,3	100,81	22,16	2,05	34,6	15,3
200	22,4	28,5	1 943,2	194,3	8,26	220,6	14,0	142,31	28,46	2,24	44,6	18
220	26,2	33,4	2 771,8	252,0	9,11	285,4	15,9	204,81	37,24	2,48	58,1	21,3

Caractéristiques des profilés HEA

Les axes et désignations sont conformes à l'Eurocode 3.



PROFILÉ	Masse G kg/ml	Aire S cm^2	Dimensions h mm	b mm	t_w mm	t_f mm	r_1 mm	Valeurs statique (axe fort) I_y cm^4	$W_{el.y}$ cm^3	$W_{pl.y}$ cm^3	i_y cm	A_{yz} cm^2	Valeurs statiques (axe faible) I_z cm^4	$W_{el.z}$ cm^3	$W_{pl.z}$ cm^3	i_z cm	A_{zy} cm^2
--- PROFILS HEA ---																	
HEA100	16,70	21,24	96	100	5	8	12	349	72,8	83,0	4,1	7,6	134	26,8	41,1	2,5	10,7
HEA120	19,90	25,34	114	120	5	8	12	606	106,3	119,5	4,9	8,5	231	38,5	58,9	3,0	12,8
HEA140	24,70	31,42	133	140	6	9	12	1033	155,4	173,5	5,7	10,1	389	55,6	84,9	3,5	15,9
HEA160	30,40	38,77	152	160	6	9	15	1673	220,1	245,1	6,6	13,2	616	77,0	117,6	4,0	19,2
HEA180	35,50	45,25	171	180	6	10	15	2510	293,6	324,9	7,5	14,5	925	102,7	156,5	4,5	22,8
HEA200	42,30	53,83	190	200	7	10	16	3692	388,6	429,5	8,3	18,1	1336	133,6	203,8	5,0	26,7
HEA220	50,50	64,34	210	220	7	11	18	5410	515,2	568,5	9,2	20,7	1955	177,7	270,6	5,5	32,3
HEA240	60,30	76,84	230	240	8	12	21	7763	675,1	744,6	10,1	25,2	2769	230,7	351,7	6,0	38,4
HEA260	68,20	86,82	250	260	8	13	24	10450	836,4	919,8	11,0	28,8	3668	282,1	430,2	6,5	43,3
HEA280	76,40	97,26	270	280	8	13	24	13670	1013,0	1112,0	11,9	31,7	4763	340,2	518,1	7,0	48,5

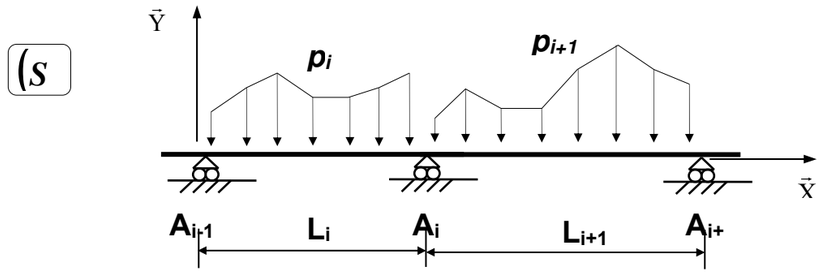
Base Nationale de l'Enseignement professionnel
Ministère de l'Éducation Nationale

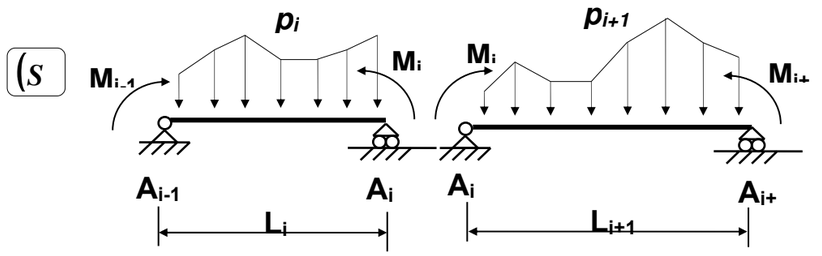
DT11

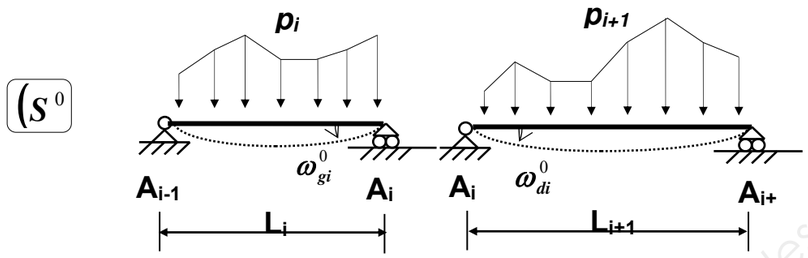
FORMULAIRE « Mécanique »

Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron) ;

Hypothèses : EI = constante sur l'ensemble de la poutre,
en l'absence de dénivellations d'appuis.



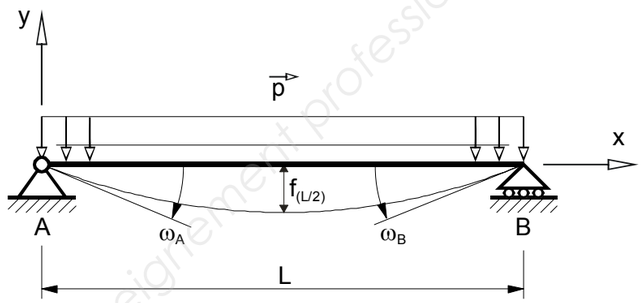
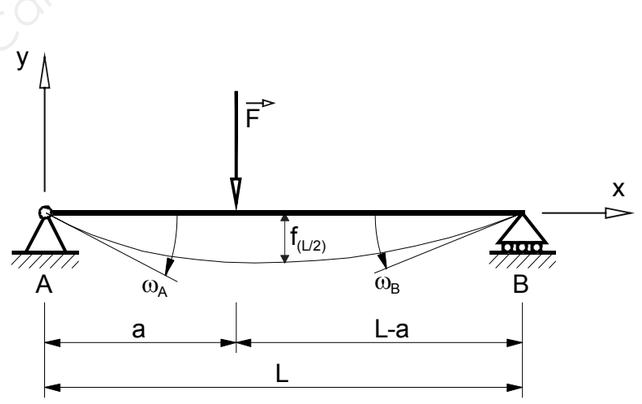




Système isostatique associé

$$L_i M_{i-1} + 2(L_i + L_{i+1}) M_i + L_{i+1} M_{i+1} = 6EI(\omega_{di}^0 - \omega_{gi}^0)$$

Rotations et flèches pour des poutres isostatiques courantes

Schéma mécanique	Formulaire
	**Flèche :** $f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	Rotation aux appuis : $\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$
	**Flèche :** pour $a \le \frac{L}{2}$ $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	Rotation aux appuis : $\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DT12

FORMULAIRE « Extrait Eurocode 1 »

Combinaisons fondamentales

États limites ultimes, pour les situations de projet durables et transitoires.

Lorsque la précontrainte est absente **{6.10}** se réduit à :

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$ **{6.10}** le symbole « + » signifie «doit être combiné à»

avec :

- $G_{k,j}$: valeur caractéristique de **l'action permanente** j ;
- $\gamma_{G,j}$: coefficient de sécurité partiel de l'action permanente j ;
- $Q_{k,1}$: valeur caractéristique **de l'action variable dite dominante ;**
- $Q_{k,i}$: valeurs caractéristiques des autres **actions variables dites d'accompagnement** (avec $i \geq 2$) ;
- $\gamma_{Q,1}$: coefficient de sécurité partiel affecté à l'action dominante ;
- $\gamma_{Q,i}$: coefficient de sécurité partiel affecté à chaque type d'action d'accompagnement ;
- $\psi_{0,i}$: coefficients traduisant le fait qu'il soit très improbable que plusieurs actions variables atteignent toutes ensemble et au même moment leurs valeurs caractéristiques.

↳ **Approche 2 : Application de valeurs de calcul provenant du Tableau A1.2 (B) aux actions géotechniques ainsi qu'aux autres actions appliquées à la structure ou en provenance de celle-ci.**
Équation $\{A1.2B\}$ pour toutes les actions.

STR/GEO SITUATIONS DURABLES ET TRANSITOIRES	6.10 **tableau A1.2 (B)(F)**	Pour le dimensionnement des éléments structuraux non soumis à des actions géotechniques (EN 1990 A1.3.1 (4)). $\{A1.2B\}$ $1{,}35G_{k,sup} + 1{,}00G_{k,inf} + 1{,}50Q_{k,1} + 1{,}50\sum_{i>1}\psi_{0,i}Q_{k,i}$ Les valeurs caractéristiques de toutes les actions permanentes d'une même origine sont multipliées par $\gamma_{G,sup} = 1{,}35$ si l'effet total résultant de ces actions est défavorable, et $\gamma_{G,inf} = 1{,}00$ si cet effet est favorable. Par exemple, toutes les actions provenant du poids propre de la structure peuvent être considérées comme émanant d'une même origine ; cela s'applique également si différents matériaux sont concernés.

Tableau A1.1 (F): Valeurs des coefficients ψ pour les bâtiments

Valeur caractéristique : ψ_0 ; valeur fréquente : ψ_1 ; valeur quasi-permanente : ψ_2

Action	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments, catégorie (voir EN 1991-1.1)			
- Catégorie A **: habitation, zones résidentielles**	0,7	0,5	0,3
- Catégorie B **: bureaux**	0,7	0,5	0,3
- Catégorie C **: lieux de réunion**	0,7	0,7	0,6
- Catégorie D **: commerces**	0,7	0,7	0,6
- Catégorie E **: stockage**	1,0	0,9	0,8
- Catégorie F **: zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN**	0,7	0,7	0,6
- Catégorie G **: zone de trafic, véhicules de poids compris entre 30 et 160 kN**	0,7	0,5	0,3
- Catégorie H **: toits**	0	0	0
Charges dues à la neige sur les bâtiments **(voir EN 1991-1-3) :**			
- **pour lieux situés à une altitude H > 1000 m au-dessus du niveau de la mer et pour Saint-pierre et Miquelon**	0,70	0,50	0,20
- **pour lieux situés à une altitude H ≤ 1000 m au-dessus du niveau de la mer**	0,50	0,20	0

FORMULAIRE « Extrait Eurocode 2 »

Vérification du lit inférieur sur appui

Effort de traction à ancrer sur les appuis de rive et intermédiaires noté F_{Ed} .

Cette force F_{Ed} conditionne la section droite du 1er lit d'armatures longitudinales et son ancrage. $A_{s,appui} = \frac{F_{Ed}}{f_{yd}}$ **avec** $_{yd} = \frac{_{yk}}{\gamma_s}$ **et** $\gamma_s = 1.15$

VALEURS DE F_{Ed}	Poutres
Appui d'extrémité **Pour simplifier nous prendrons** $\cot\theta_A = 1$	$F_{Ed} = \lvert V_{Ed} \rvert$
Appui intermédiaire Si valeur de $F_{Ed} \leq 0$, il faut ancrer la barre de 10ϕ dans l'appui. M_{Ed} **: valeur algébrique du moment sur l'appui intermédiaire.**	$\lvert V_{Ed} \rvert + \frac{M_{Ed}}{0{,}9d}$

DT13

Bibliothèque des Sujets d'Examens de l'Enseignement Professionnel Réseau Canopé

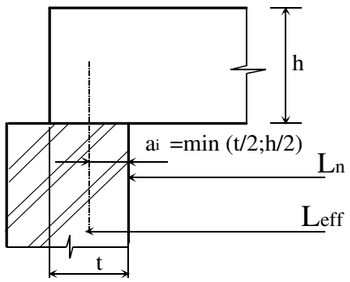
Portées utiles (de calcul) des poutres et dalles dans les bâtiments

Différents cas sont envisagés :

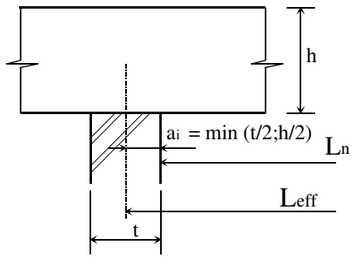
a) éléments isostatiques
b) éléments continus
c) Appuis considérés comme des encastrements parfaits

La portée utile l_{eff} d'un élément peut être calculée de la manière suivante ; $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ {5.8 }
Avec l_n : distance libre entre les nus d'appuis.
Les valeurs a_1 et a_2 à chaque extrémité de la portée, peuvent être déterminées à partir des valeurs correspondantes a_i de la figure 5.4.

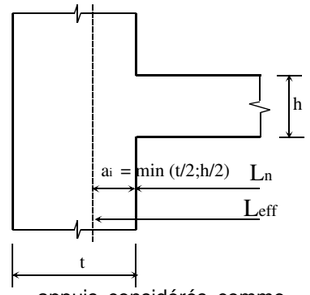
Détermination de la portée de calcul L_{eff} d'après l'expression 2.15, pour différents cas d'appuis.



(a) Eléments isostatiques



(b) Eléments continus



(c) appuis considérés comme des encastrements parfaits

ORGANIGRAMME POTEAUX RECTANGULAIRES

Si d' est inconnu, prendre :
40 mm pour XC1
55 mm pour XC4

Données :- Catégorie de durée d'utilisation de projet : 4 ;
Classe d'exposition X … donnant un enrobage nominal c_{nom}

- N_{Ed} **, effort normal centré aux ELU**
- A_c **, aire du béton** $b \times h$ **, avec** $b \le h$ **(ou** b **en mètre, correspondant au sens du flambement)**
- **Enrobage relatif** $\delta = \frac{d'}{b}$ **avec** $d' = c_{nom} + \phi_t + \frac{\phi_l}{2}$
- **Classe du béton C ../.. donnant** f_{ck} **et** $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$ **(âge du béton > 28 jours)**
- **Acier B500 donnant** f_{yk} **= 500 MPa et** $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8 \ MPa$
- **Longueur efficace (ou de flambement) notée** ℓ_0 **= longueur libre du poteau notée** l

Élancement : $\lambda = \frac{\ell_0 \sqrt{12}}{b}$

$\lambda \le 120$ — NON : **il faut redimensionner le poteau**

OUI

$\lambda \le 60$ — NON → $\alpha = \left(\frac{32}{\lambda}\right)^{1,3}$

OUI → $\alpha = \frac{0,86}{1+\left(\frac{\lambda}{62}\right)^2}$

$N_{Ed} \le N_{Rd}$ **et** $N_{Rd} = \alpha k_h \lfloor A_c f_{cd} + A_s f_{yd} \rfloor$ **ou** $N_{Rd} = \alpha k_h A_c \lfloor f_{cd} + \rho f_{yd} \rfloor$

avec $\rho = \frac{A_s}{A_c}$ **et si** $b < 0,500 \ m$ **alors** $k_h = \lfloor 0,75 + 0,5 b^{[m]} \rfloor [1 - 6\rho\delta]$ **sinon** $k_h = 1$

La valeur de As est obtenue en résolvant l'équation du 2e degré suivante :

$(6\frac{\delta}{A_c} f_{yd}) A_s^2 - (f_{yd} - 6\delta f_{cd}) A_s + (\frac{N_{Ed}}{K} - A_c f_{cd}) = 0$ **avec** $K = \alpha(0,75 + 0,5 b^{[m]})$ **avec** b **en m**

En première approximation pour obtenir une valeur approchée de A_s **:**

$N_{Ed} = \alpha k_h A_c \lfloor f_{cd} + \rho f_{yd} \rfloor$ **avec** $k_h = 0,93$

Section minimale des armatures longitudinales

$A_{s,min} = max \left\lfloor 0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \ ; \ 0,002 \ A_c \right\rfloor$ **{9.12N}**

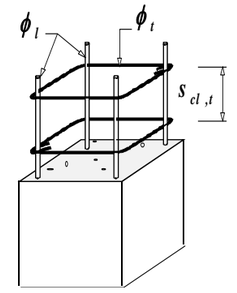
A_c = aire de la section brute transversale de béton
f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature
Le diamètre des barres longitudinales
$\phi_l \ge \phi_{l,min} = 8 \ mm$

Section maximale des armatures longitudinales
en dehors des zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,04 A_c$
dans les zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,08 A_c$

Armatures transversales **:**
$\phi_t \ge max \lfloor 6 \ mm ; \phi_{l,max}/4 \rfloor$

espacement: $s_{cl,t} \le s_{cl,t\,max} = min \lfloor 400 \ mm \ ; \ 20\phi_{l,min} \ ; \ b \rfloor$

$\phi_{l\ min}$ = diamètre de la plus petite armature longitudinale résistante
b = plus petite dimension transversale
Les armatures transversales doivent maintenir toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance.



DT14

Réseau Canopé – Ressources nationales des Sujets d'Examens professionnels

Espacement des cours $s_{cl,t}$

Il convient d'ancrer convenablement les armatures transversales.

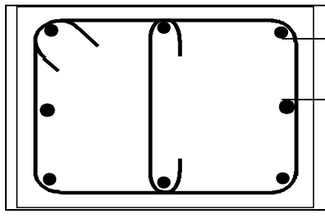
Il convient de réduire l'espacement $s_{cl,t\,max}$ d'un facteur $0{,}6$ (multiplier $s_{cl,t\,max}$ par $0{,}6$):

$$s_{cl,t} \le 0{,}6 s_{cl,t\,max} = min\left\lfloor 240\ \ mm\ \ ;\ \ 12\phi_{l,min}\ \ ;\ \ 0{,}6b \right\rfloor$$ **avec b (ou D) petite dimension transversale du poteau**

- *** dans les sections situées à une distance égale à la plus grande dimension de la section transversale du poteau (h ou D) au-dessus ou au-dessous d'une poutre ou d'une dalle.** 📖 ..9.5.3(4)
- *** dans les jonctions par recouvrement d'armatures longitudinales lorsque le diamètre maximal des barres longitudinales est supérieur à $14\ \ mm$ ($\phi_l > 14$). Un minimum de 3 barres (cours d'armatures) transversales régulièrement disposées dans la longueur de recouvrement est nécessaire.**

Lorsque la direction des barres longitudinales change (aux changements de dimensions du poteau par exemple), il convient de calculer l'espacement des armatures transversales en tenant compte des efforts transversaux associés. Ces effets peuvent être ignorés si le changement de direction est inférieur ou égal à 1 pour 12. 📖 ..9.5.3(5)

Il convient que chaque barre longitudinale (ou paquet de barres longitudinales) placé dans un angle soit maintenue par des armatures transversales.



Il convient dans une zone comprimée, de ne pas disposer de barre non tenue à plus de 150 mm d'une barre tenue.

📖 ..9.5.3(6)

Longueur de recouvrement des armatures en attente

❖ pour les poteaux bi-articulés en compression centrée

Comme la proportion ρ_1 de barres avec recouvrement est supérieure à 50% : $\alpha_6 = 1{,}5$

Pour un recouvrement classique (armatures transversales non soudées) la longueur de recouvrement : l_0

$$l_0 = \alpha_6 l_{b,rqd} = 1{,}5\frac{\phi}{4}\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \qquad l_{0,min} > max\left(0{,}3\alpha_6 l_{b,rqd}\ \ ;\ \ 15\phi\ \ ;\ \ 200\ \ mm\right)$$

avec $f_{bd} = 2{,}25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd}$ ($\eta_2 = 1$ **pour** $\phi \le 32\ \ mm$) **et** ($\eta_1 = 1$ **bonnes conditions d'adhérence**)

Pour un $f_{ck} = 25MPa$ $\qquad \sigma_{sd} = f_{yd} = 435MPa$ $\qquad l_0/\phi = 60$

Pour un $f_{ck} = 30MPa$ $\qquad \sigma_{sd} = f_{yd} = 435MPa$ $\qquad l_0/\phi = 55$

Pour les poteaux toujours sollicités en compression centrée, la longueur des attentes sera déterminée comme indiqué ci-dessous:

« Pour les poteaux toujours sollicités en compression centrée, pour simplifier, la longueur des attentes sera déterminée forfaitairement : $l_0 = 30\phi$. »

Pour la disposition des armatures transversales dans les zones de recouvrement des barres toujours comprimées, il convient de se reporter au paragraphe 13.6.7.3 Armatures transversales (clause 8.7.4.2).

Aciers en barres

Diamètre	Poids	Périmètre	Section pour N barres en cm²									
mm	kg/m	cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

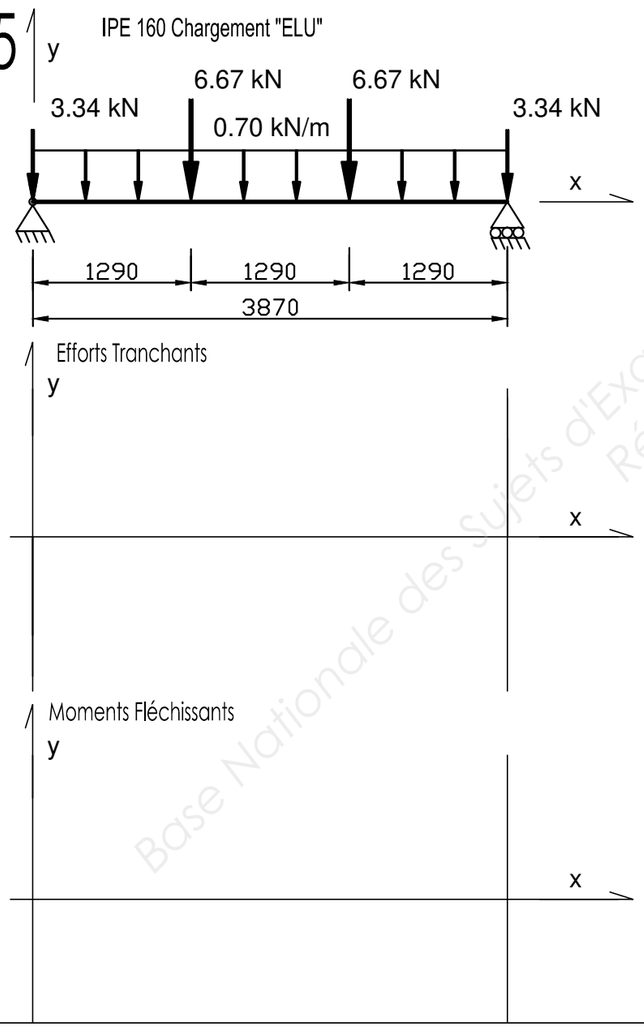
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DT15

Étude 1 Question 4

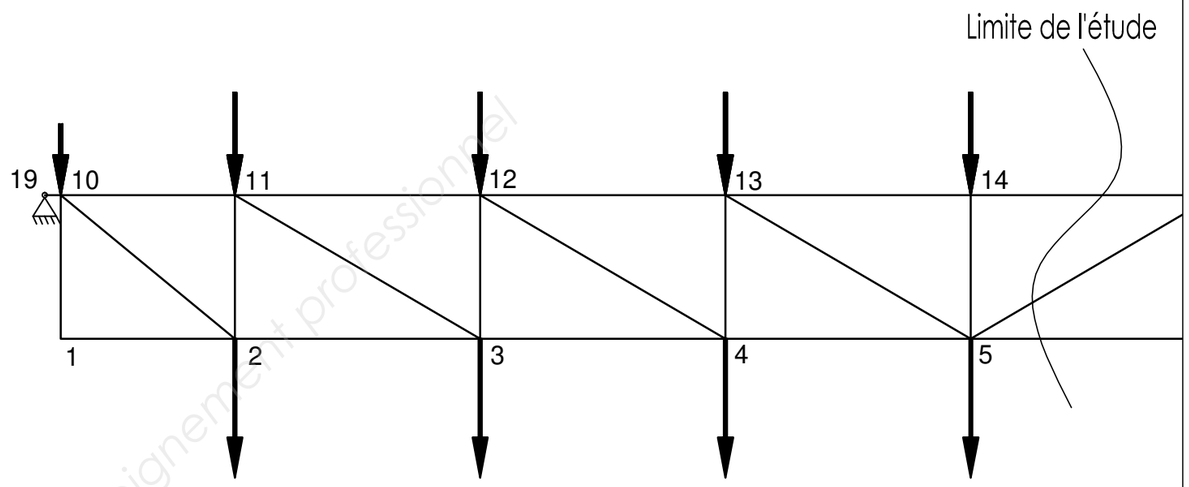
Charges d'exploitation (daN/m²)	Charges permanentes (daN/m²)	HACIERCO C 38							
		2 APPUIS				3 APPUIS			
		Epaisseur (mm)							
		0,75	0,88	1,00	1,25	0,75	0,88	1,00	1,25
100	10	2,45	2,55	2,70	2,90	3,15	3,35	3,50	3,80
100	15	2,45	2,55	2,70	2,85	3,15	3,35	3,50	3,75
100	20	2,40	2,55	2,65	2,85	3,15	3,35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

Étude 1 Question 5

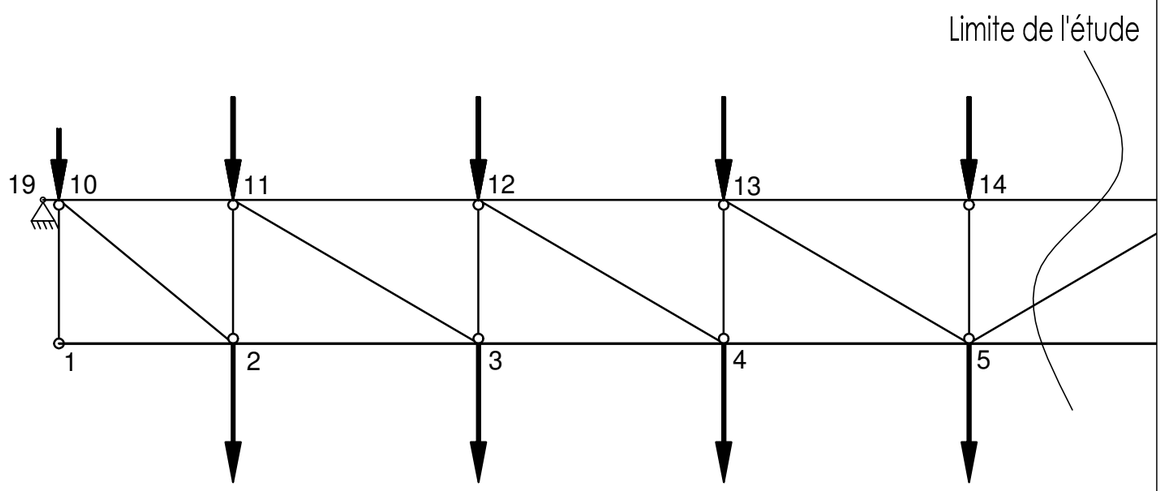


Étude 2 Question 12

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE DANS TOUS LES CAS



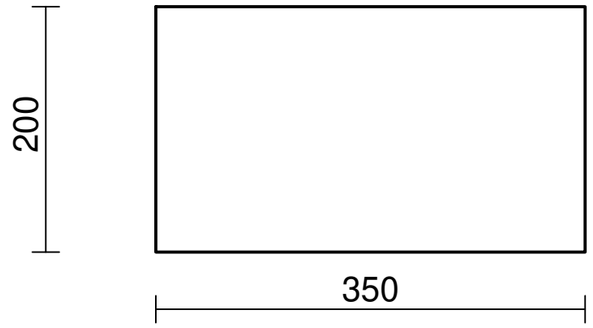
Étude 2 Question 15



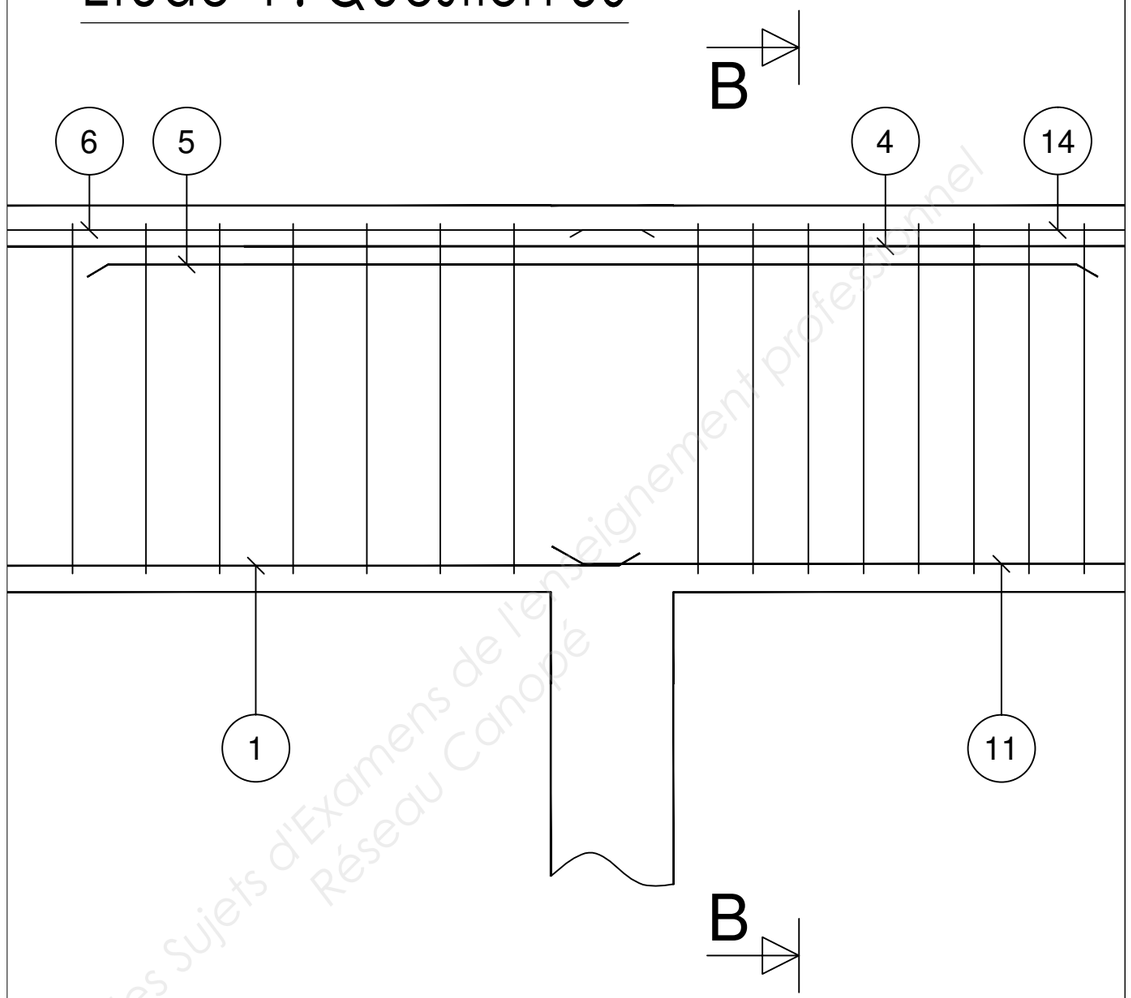
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Étude 4 : Question 29

Coupe A-A
Echelle1/5



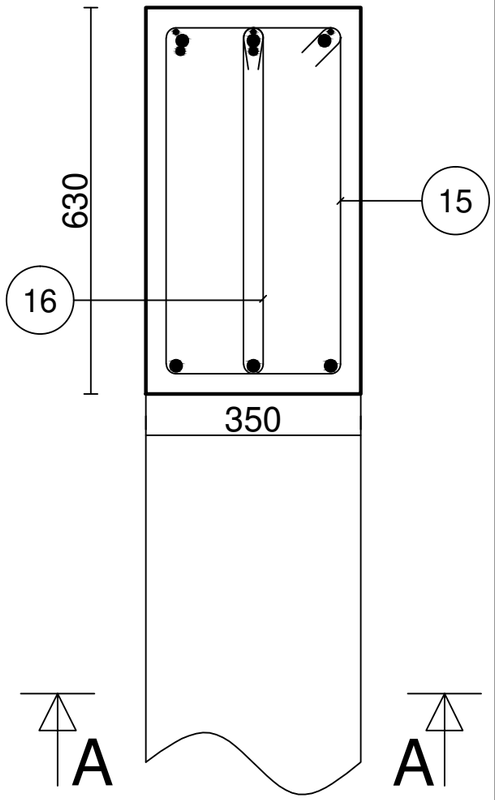
Étude 4 : Question 30



Coupe longitudinale
Poutres Po1 - Po2 et Poteau P3
Echelle1/10

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE DANS TOUS LES CAS

Coupe B-B
Echelle1/10



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.