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
SYSTÈMES CONSTRUCTIFS BOIS ET HABITAT

Analyse, dimensionnement et choix de composants

SESSION 2019

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Tout autre matériel est interdit

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9

Documents à rendre avec la copie : Dossier réponses (DR1, DR2, DR3).
Toutes les parties peuvent être traitées indépendamment.

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

BTS S.C.B.H. **Session 2019**

E4 : Épreuve technico-économique

Unité U42

Analyse, dimensionnement et choix de composants

Durée : 4 heures, Coefficient 4

RESTAURANT DU GOLF

Dossier sujet :

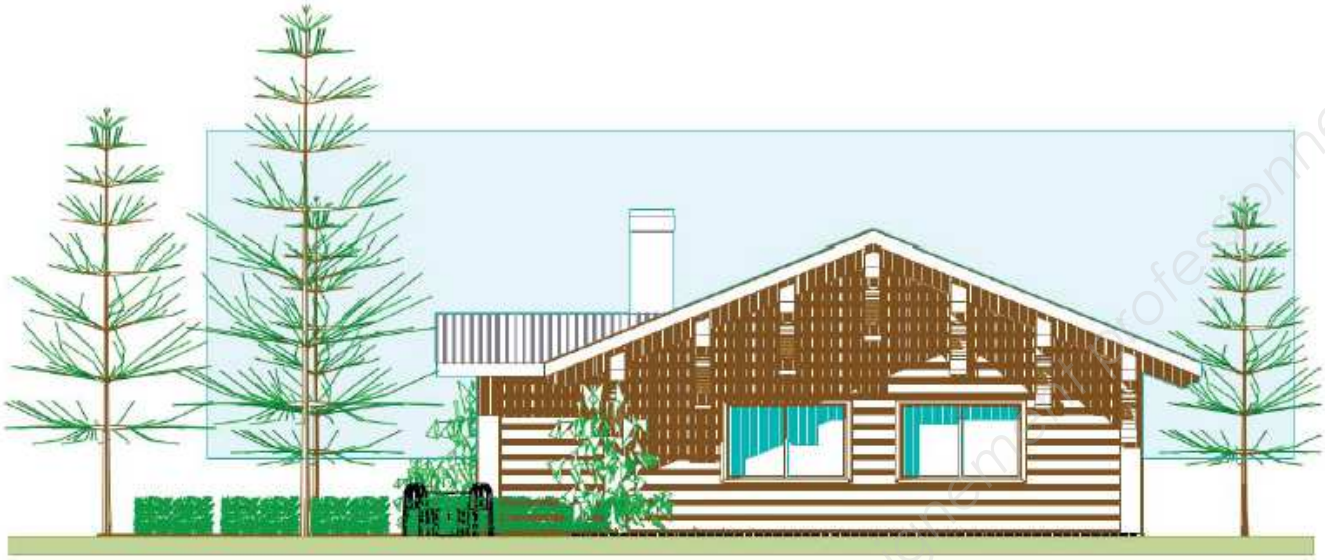
- Sujet (9 pages)

Les quatre parties peuvent être traitées indépendamment.

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

ÉTUDE TECHNICO-ECONOMIQUE D'UN RESTAURANT DE GOLF

Le support de l'étude concerne la construction du restaurant d'un golf d'altitude situé dans les Alpes Maritimes.



Ce restaurant est décrit dans le dossier technique sur les documents DT1 à DT9 et au travers des extraits du CCTP pages 2/9 et 3/9 du sujet de l'épreuve.

La structure comprend :

- une zone « **restaurant**» qui sera l'**objet de notre étude** ;
- une zone « **cuisine et bureau** » **qui ne fait pas partie de l'étude**.

La charpente est de type traditionnel avec pannes en bois lamellé collé et chevrons en bois massif. Un portique en bois lamellé collé en partie centrale de la zone « restaurant » est nécessaire compte tenu de la portée mais aussi pour reprendre les fortes charges climatiques.

Les murs ossature bois avec isolation intérieure relèvent de la technique « poteaux-poutres ».

L'ossature primaire est composée de poteaux d'angles ouvragés, de poteaux verticaux qui font toute la hauteur de la construction et de poutres porteuses.

Note aux candidats :

Toutes les parties sont indépendantes.

Il est cependant recommandé de débuter par la lecture de l'ensemble des documents afin de faciliter la compréhension du sujet.

Le sujet est composé de 4 parties :

- ***Partie 1*** : validation d'une panne en partie courante
- ***Partie 2*** : étude d'un portique avec vérification d'une jambe de force
- ***Partie 3*** : vérification d'un assemblage traditionnel
- ***Partie 4*** : justification de l'isolation thermique des parois à ossature bois

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Extraits du CCTP

Conditions de neige : région **C1** - altitude **1800 m** – site **normal**

Description toiture et charpente :

Le climat de montagne conduit au principe de la double toiture ventilée.

La toiture se compose en partant de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur (*voir coupe de principe sur le document technique DT9*) :

- Pannes 160 mm x 491 mm en bois lamellé collé GL24h de classe de service 1 ;
- Chevrons en bois massif 80 mm x 160 mm de classe de résistance C24 et de poids surfacique 110 N/m^2 ;
- Isolation entre chevrons et entre pannes en laine de verre type GR 32 NU (λ= 0,032 W/m.K), 2 couches croisées d'épaisseur 140 mm + 140 mm et de masse surfacique totale 7,56 kg/m^2 ;
- Voligeage en bois massif de 22 mm d'épaisseur, de masse volumique 500 kg/m^3 ;
- Chanlattes de section trapézoïdale, de 40 mm d'épaisseur, formant une rehausse fixée aux chevrons ;
- Simple couche d'étanchéité de masse surfacique 5 kg/m^2 ;
- Contrelattes de 27 mm clouées sur les chanlattes ;
- Lame d'air ventilée de 60 mm d'épaisseur, réalisée par lambourdes de 60 mm x 60 mm, d'entraxe 90 cm et de masse volumique 420 kg/m^3
- Couverture en bac acier nervuré gris lauze, d'épaisseur 0,75 mm et de masse surfacique 6,98 kg/m^2

La pente de la toiture est de 40 %.

Les chanlattes et les contrelattes créent une lame d'air de 67 mm d'épaisseur. On prendra un poids surfacique forfaitaire de 0,03 kN/m^2.

Les pannes sont posées à l'aplomb. L'entraxe des pannes suivant le rampant est de 1,50 m.

L'entraxe des chevrons est de 48,8 cm.

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

Description de l'ossature bois :

Elle se compose en partant de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur :

- Habillage réalisé par des clins en douglas de 21 mm d'épaisseur, de résistance thermique R = 0,17 m^2.K/W, posés horizontalement à joints encastrés ;
- Lattage vertical par tasseaux de 22 mm x 45 mm créant une lame d'air non ventilée ;
- Pare vapeur ;
- Isolation intérieure de 85 mm d'épaisseur obtenue par laine minérale semi-rigide entre lambourdes horizontales (λ= 0,032 W/m.K)
- Isolation par laine minérale semi-rigide de 140 mm d'épaisseur (λ= 0,032 W/m.K) entre montants d'ossature de 45 mm x 140 mm posés avec un entraxe de 600 mm ;
- Panneau OSB de 12 mm d'épaisseur (λ= 0,13 W/m.K) ;
- Pare-pluie ;
- Contre lattage de 35 mm x 45 mm créant une lame d'air fortement ventilée ;
- Bardage réalisé avec des lames arrondies de 28 mm d'épaisseur en mélèze, pin ou red cedar (λ= 0,23 W/m.K)

Identification des sections d'un portique en bois lamellé collé GL24h :

- Arbalétriers : 210 mm x 508 mm
- Entrait moisé : 2 x 90 mm x 311 mm
- Poinçon : 210 mm x 356 mm
- Poteaux : 210 mm x 316 mm
- Jambes de force : 210 mm x 284 mm

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

Partie 1 : validation d'une panne courante

Objectif : vérification réglementaire d'une panne courante aux états limites.

Étude des chevrons

Documents techniques : DT4 et DT8

1-1 pour limiter la poussée horizontale en tête du mur à ossature bois, à l'aide de croquis à main levée, **donner deux solutions** d'assemblage des chevrons sur la panne faîtière et sur les pannes courantes.

1-2 En **déduire une modélisation mécanique** d'un chevron faisant apparaitre les liaisons, les valeurs des portées avec les pannes et le type de chargement.

Étude des chargements

Documents techniques : DT8, DT9, DT10 et DT11

Extraits du CCTP : sujet page 2/9

1-3 à partir du descriptif de la toiture donné page 2/9, **calculer** :

a) la charge surfacique en N/m^2 du complexe de couverture (hors panne) ;

b) le poids linéique d'une panne en N/m ;

c) la charge permanente totale G en N/m qui s'applique sur une panne en partie courante.

1-4 à partir du document DT10, **calculer** :

a) la charge surfacique de neige Sk en kN/m^2 en projection sur une surface horizontale ;

b) la charge linéique de neige S en kN/m appliquée sur une panne en partie courante.

Calcul et vérification statique d'une panne courante

Par souci de simplification, on considère que la panne posée d'aplomb travaille en flexion simple grâce au pas réalisé dans le chevron.

On prendra G = 1 300 N/m et S = 6 250 N/m (valeurs obtenues avec majoration de la bande de charge compte tenu du modèle mécanique des chevrons sur 4 appuis).

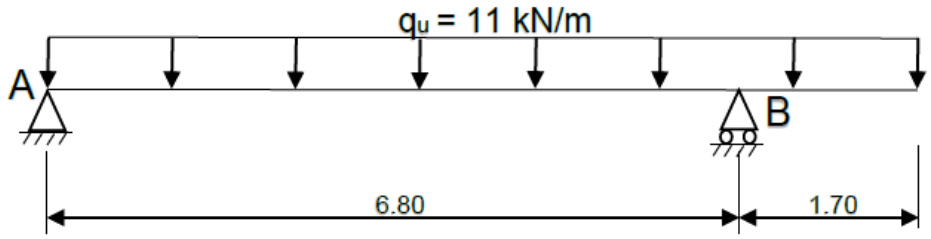
Documents techniques : DT11, DT12, DT13, DT14

Document réponse : DR1

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

1-5 **Calculer** la charge linéique de l'ELU notée « q_u » sous la combinaison d'actions 1,35G + 1,5S.

Modélisation mécanique simplifiée de la panne :



1-6 **Calculer** les actions d'appuis en A et B.

1-7 Sur le document réponse DR1, **tracer** les graphes représentatifs de l'effort tranchant $V_y(x)$ et du moment fléchissant $M_z(x)$ le long de la panne. Toutes les valeurs particulières seront précisées sur les graphes.

1-8 **Déterminer** la position et la valeur de l'effort tranchant maximal. En quelle abscisse, est-il nul ? Quel est l'intérêt d'identifier cette abscisse particulière ?

1-9 **Déterminer** la position et la valeur du moment fléchissant maximal.

1-10 En **déduire** la nature des sollicitations qui s'exercent dans la panne et identifier le type de flexion auquel cette panne est soumise.

Calculs et vérifications de la panne par rapport à l'ELU

1-11 **Expliquer** la différence fondamentale entre l'ELU et L'ELS ?

1-12 En prenant M_{zmax} = 56 kN.m, **calculer** la contrainte maximale normale de flexion.

1-13 En prenant V_{max} = 40 kN, **calculer** la contrainte maximale de cisaillement longitudinal.

1-14 **Vérifier** réglementairement, par rapport à l'EC5, la panne en flexion avec $\sigma_{m,d}$ = 8,7 MPa et K_{crit} = 1. **Calculer** le taux de travail en flexion de la panne. **Conclure**.

1-15 **Vérifier** réglementairement, par rapport à l'EC5, la panne au cisaillement avec $\tau_{v,d}$ = 0,8 MPa. **Calculer** le taux de travail au cisaillement de la panne. **Conclure**.

1-16 **Identifier** la contrainte prépondérante, flexion ou cisaillement, à l'ELU.

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Calculs et vérifications de la panne par rapport à l'ELS

On donne les résultats des flèches instantanées maximales dans le tableau ci-dessous :

	Sous la charge variable S	Sous la charge permanente G
à 3,318 m du point A (voir modélisation simplifiée ci-dessus)	**$u_{inst}(S)$ = - 7,8 mm**	**$u_{inst}(G)$ = - 1,6 mm**
En extrémité de console	**$u_{inst}(S)$ = + 5,1 mm**	**$u_{inst}(G)$ = + 1 mm**

À l'aide du document technique DT14, en travée et en console :

1-17 **Vérifier** réglementairement la déformation de la panne, par rapport à la charge variable S. **Exprimer** le taux de déformation.

1-18 **Calculer** la flèche nette finale $u_{net,fin}$ sous l'action des charges G et S.

1-19 **Vérifier** réglementairement la flèche nette finale $u_{net,fin}$ par rapport à l'EC5. **Exprimer** le taux de déformation.

1-20 Rappel de l'objectif de la partie 1 : vérification réglementaire d'une panne courante aux états limites. **Conclure**.

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

Partie 2 : étude du portique

Objectif : vérification réglementaire d'une jambe de force.

Documents techniques : DT4, DT7, DT8, DT15, DT16

Extraits de CCTP : page 3/9 du sujet

Document réponse : DR2

2-1 Sur le document réponse DR2 et à partir du document technique DT8, **compléter** la modélisation mécanique du portique en définissant les liaisons internes entre les différentes barres.

2-2 Sur le document réponse DR2, **calculer et justifier** le degré d'hyperstaticité du portique.

2-3 La question porte sur l'analyse d'une simulation du portique sous la combinaison d'actions la plus pénalisante (1,35G + 1,5S), Voir document technique DT15.

a) **Relever** dans le tableau les efforts intérieurs qui s'exercent dans les jambes de force.

b) La jambe de force représentée sur le document technique DT16 est assimilée par hypothèse à une barre articulée à ses deux extrémités :

- **vérifier** réglementairement cette barre ;
- **calculer** le taux de travail en compression axiale ;

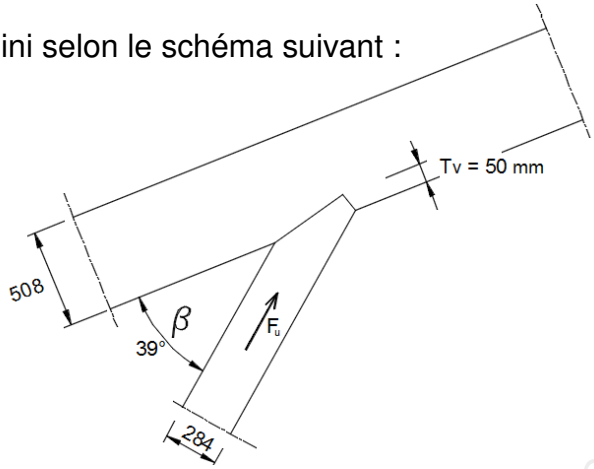
2-4 Rappel de l'objectif de la partie 2 : vérification réglementaire d'une jambe de force **Conclure**.

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

Partie 3 : assemblage traditionnel

Objectif : validation du choix de l'assemblage de la jambe de force avec l'arbalétrier.

L'embrèvement avant est défini selon le schéma suivant :



L'action mécanique pondérée F_u de la jambe de force transmise à l'arbalétrier est égale à 102 kN sous G et S.

L'angle β formé entre la jambe de force et l'arbalétrier est de 39°.

Section de l'arbalétrier : 210 mm x 508 mm en bois lamellé collé GL24h

Section de la jambe de force : 210 mm x 284 mm en en bois lamellé collé GL24h

Classe de service 1

Profondeur de l'embrèvement T_v = 50 mm

Documents techniques : DT8, DT11, DT12 et DT17

3-1 **Identifier** les sollicitations générées par cet assemblage.

3-2 la plus grande contrainte de compression s'exerce sur le talon de l'embrèvement. **Calculer** cette contrainte $\sigma_{c,\alpha,d}$.

3-3 **Calculer** la résistance en compression axiale $f_{c,0,d}$.

3-4 **Calculer** la résistance en compression transversale $f_{c,90,d}$.

3-5 En **déduire** la résistance de calcul en compression oblique $f_{c,\alpha,d}$.

3-6 Choix de l'assemblage :

a) **Procéder** à la vérification réglementaire de la contrainte de compression.

b) **Conclure** sur la validation de l'assemblage de la jambe de force avec l'arbalétrier.

c) L'assemblage retenu est représenté sur le document technique DT8. **Nommer** cet assemblage et **justifier** ce choix.

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

Partie 4 : étude thermique

Objectif : choix d'une épaisseur d'un isolant donné, satisfaisant les exigences du CCTP.

Documents techniques : DT18

Extraits du CCTP : page 3/9 du sujet

Document réponse : DR3

4-1 Le CCTP mentionne une résistance thermique minimale R = 6,5 m^2.K/W pour la paroi à ossature bois. **Calculer** le coefficient de transmission surfacique U_{moyen} pour la paroi répondant à cette exigence.

4-2 En **déduire** la valeur du coefficient surfacique $U_{isolant}$ (pour la paroi hors ossature). Définir alors la résistance thermique correspondante qu'on notera R_{paroi}.

4-3 **Compléter** le document réponse DR3, **calculer** la résistance thermique totale R_{paroi}, hors ossature, de la paroi. **Préciser** si la paroi ainsi isolée répond aux exigences du CCTP.

4-4 Sur le document réponse DR3, **calculer** l'épaisseur minimale d'isolant intérieur qui permettra de respecter le CCTP.

4-5 Sur le document réponse DR3 et à partir de l'extrait de documentation de la gamme ISOVER présenté sur le document technique DT18, **choisir** l'épaisseur d'isolant appropriée.

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

BTS S.C.B.H. **Session 2019**

E4 : Épreuve technico-économique

Unité U42

Analyse, dimensionnement et choix de composants

Durée : 4 heures, Coefficient 4

RESTAURANT DU GOLF

Dossier réponses :

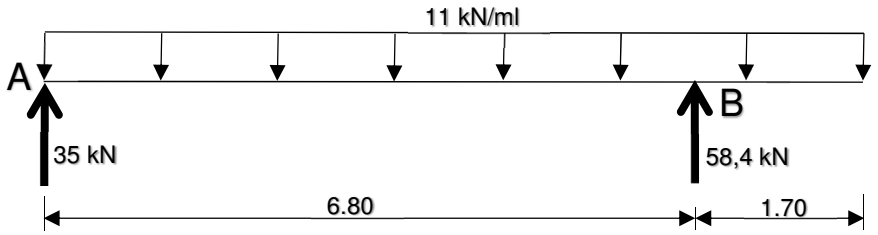
- DR1 : Graphes de sollicitations V et M
- DR2 : Liaisons internes du portique et degré d'hyperstaticité
- DR3 : Calcul des résistances thermiques et choix de l'isolant

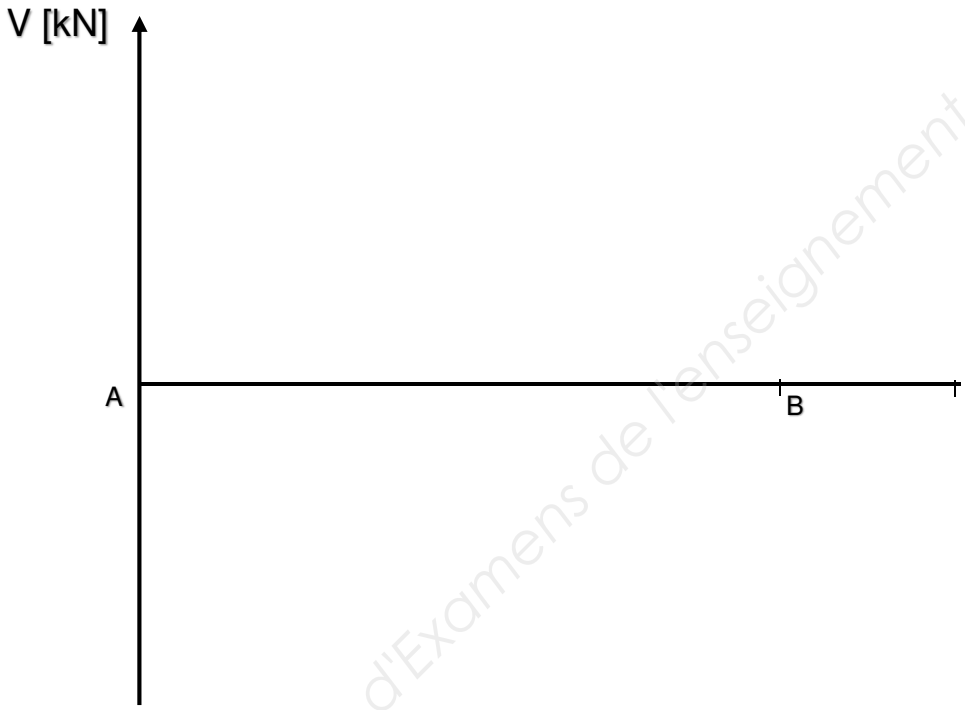
Documents à rendre avec la copie

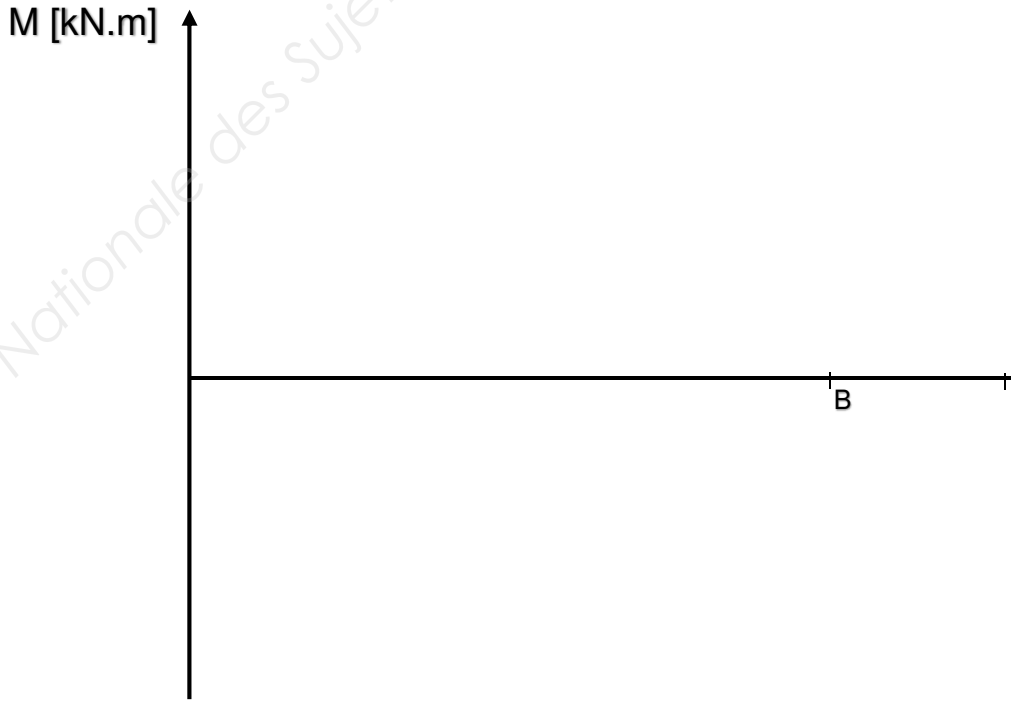
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

- Graphes V et M aux E.L.U.



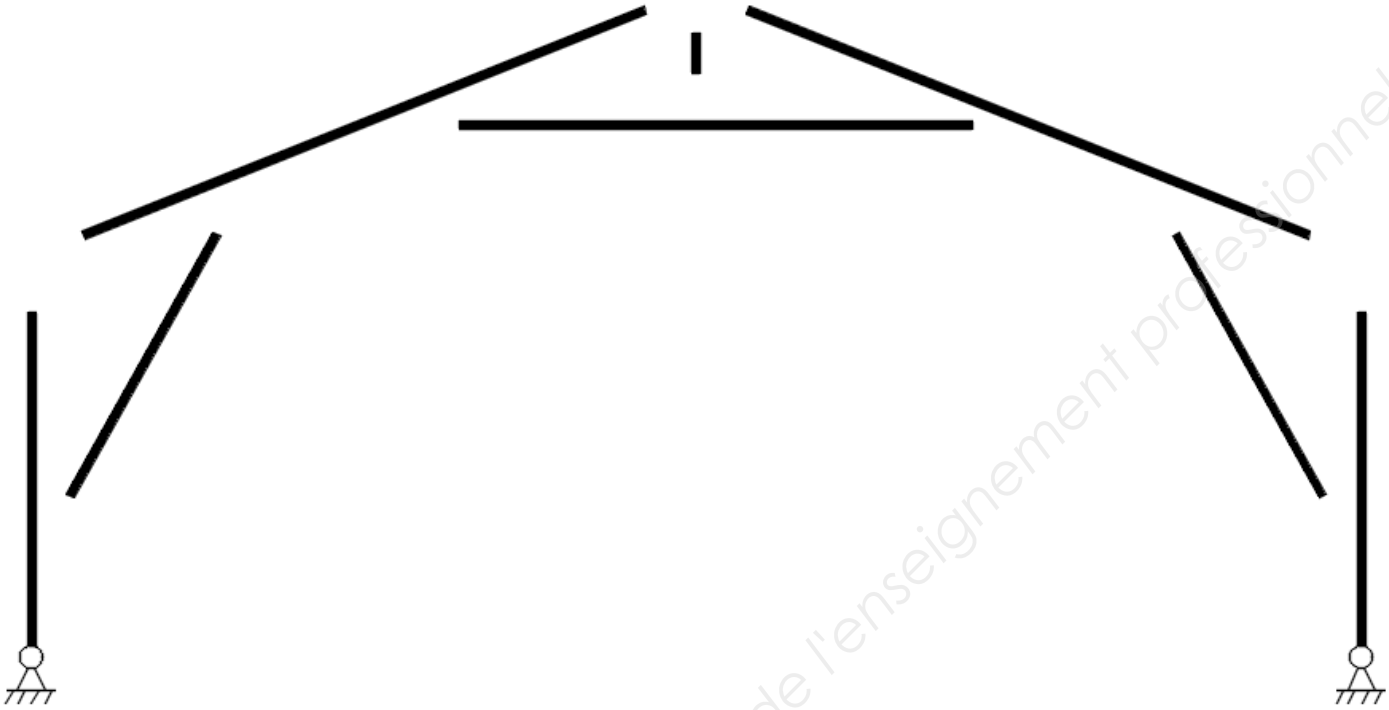




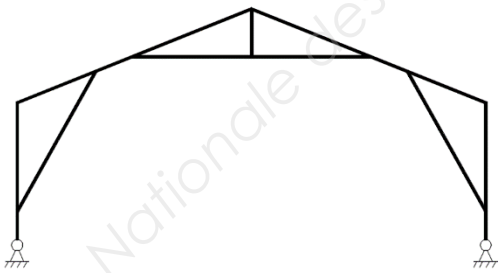
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

Liaisons internes à compléter :



Degré d'hyperstaticité :



Degré d'hyperstaticité	

Justification :

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

DOCUMENT A RENDRE AVEC LA COPIE

Tableau à compléter

N°	Matériau	e (m)	λ (W/m.K)	R (m².K/W)
0	Echange Sup. Int.			R_{Si}=
1	Clins Douglas			
2	Lame d'air non ventilée			
3	Pare vapeur			
4	Isolation intérieure			
5				
6				
7				
8				
9				
10				
			Σ=RT=	

⇨ Conclusion :

Épaisseur minimale d'isolant intérieur afin de respecter le CCTP :

Choix de l'isolant dans la gamme ISOVER :

⇨ Référence produit :	

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

BTS S.C.B.H. **Session 2019**

E4 : Épreuve technico-économique

Unité U42

Analyse, dimensionnement et choix de composants

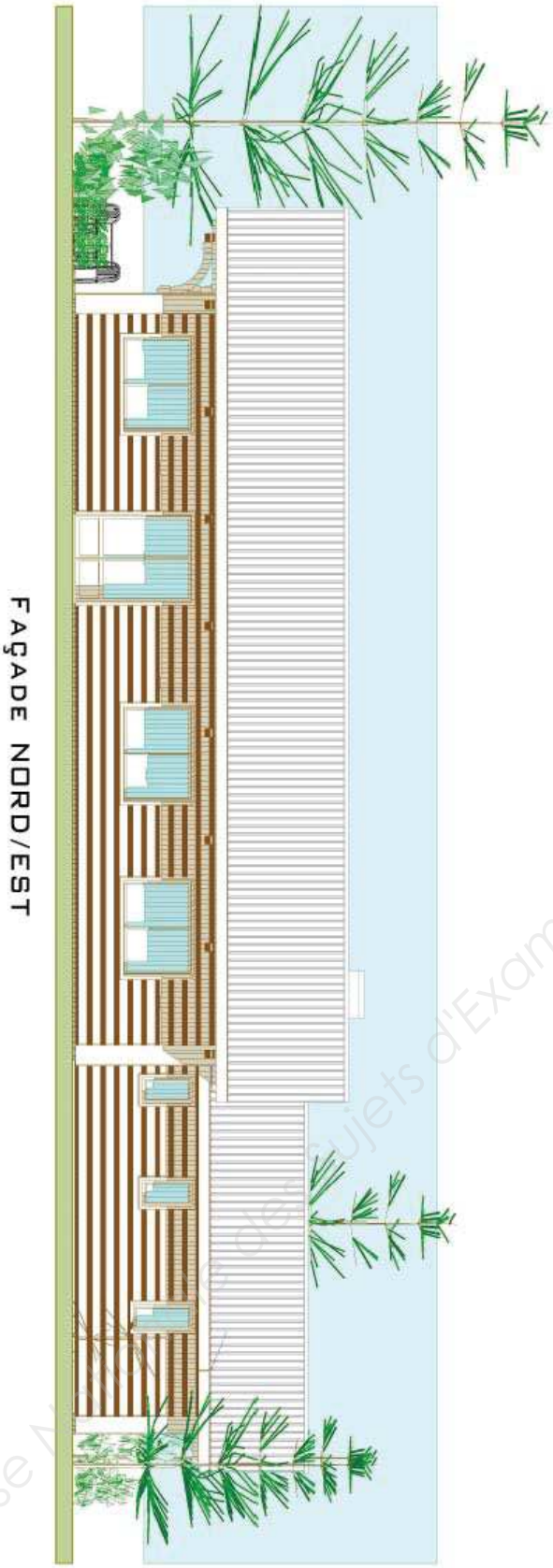
Durée : 4 heures, Coefficient 4

RESTAURANT DU GOLF

Dossier technique :

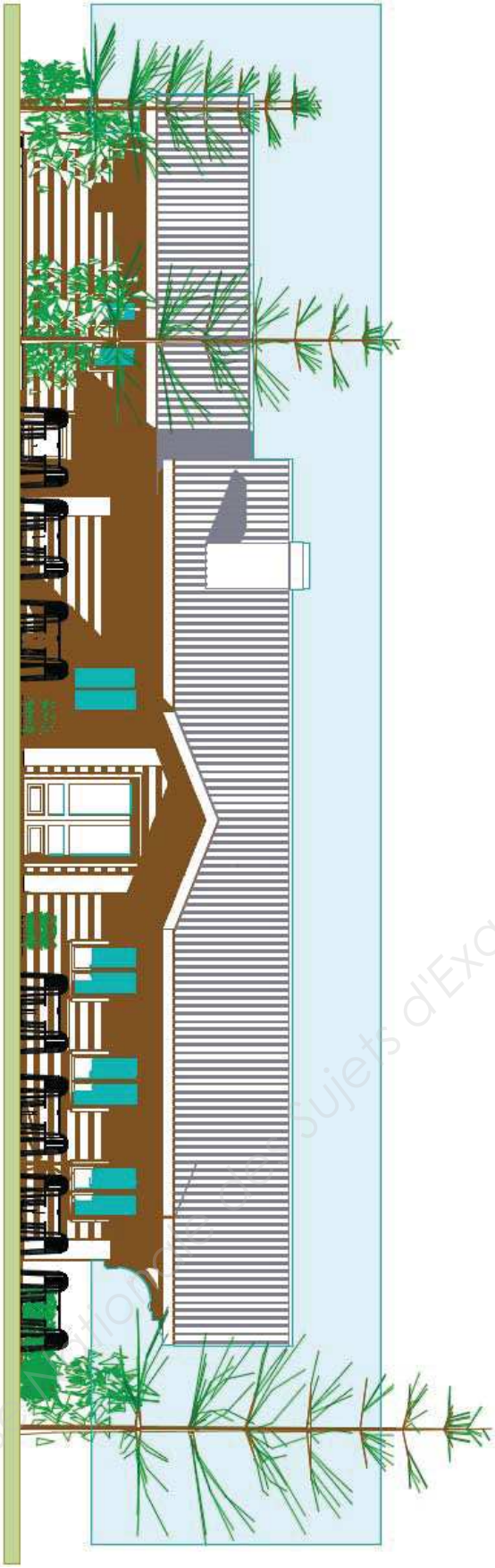
- **Plans du bâtiment**
  - DT1 : Plan des façades N/O – N/E
  - DT2 : Plan des façades S/O – S/E
  - DT3 : Plan du rez-de-chaussée
  - DT4 : Perspective
  - DT5 : Plan de la toiture
  - DT6 : Plan du chevronnage
  - DT7 : Plan de charpente
  - DT8 : Coupe 2 (repérée sur le document DT6)
  - DT9 : Coupe de principe de la toiture
- **Extraits des EUROCODES**
  - DT10 : Annexe neige (2 pages)
  - DT11 : Valeurs caractéristiques du BM et du BLC
  - DT12 : CS, K_{mod} et γ_M
  - DT13 : Vérification des sections à l'ELU
  - DT14 : Vérification des sections à l'ELS (2 pages)
  - DT15 : Annexe portique (2 pages)
  - DT16 : Coefficients d'instabilité K_{cy} et K_{cz}
  - DT17 : Vérification d'un assemblage traditionnel
- **Annexe thermique**
  - DT18 : Annexe (3 pages)

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



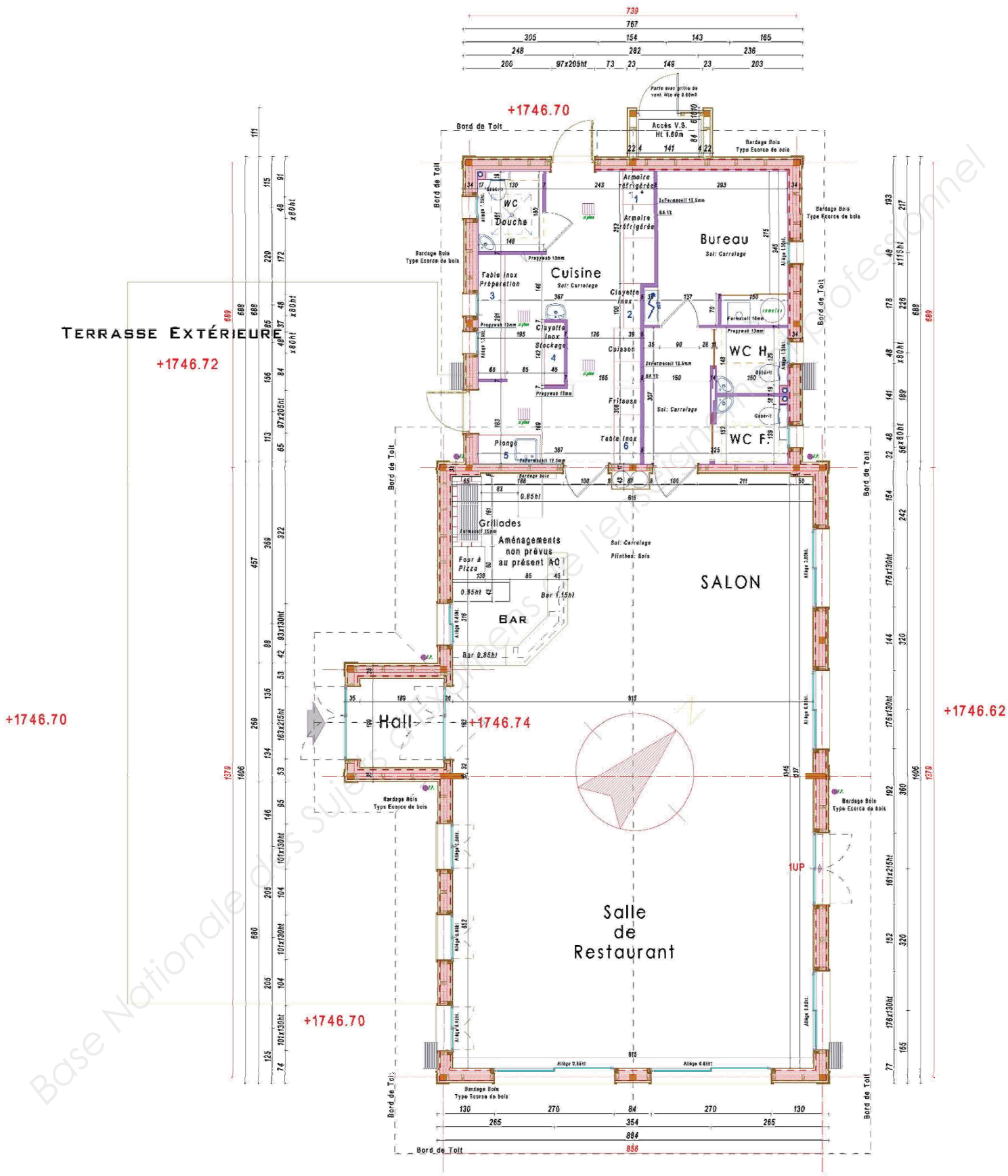
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**					**Plan Façades N/O - N/E**
Unité U42	SCBH		Ech.	Unité : mm	DT1
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:		



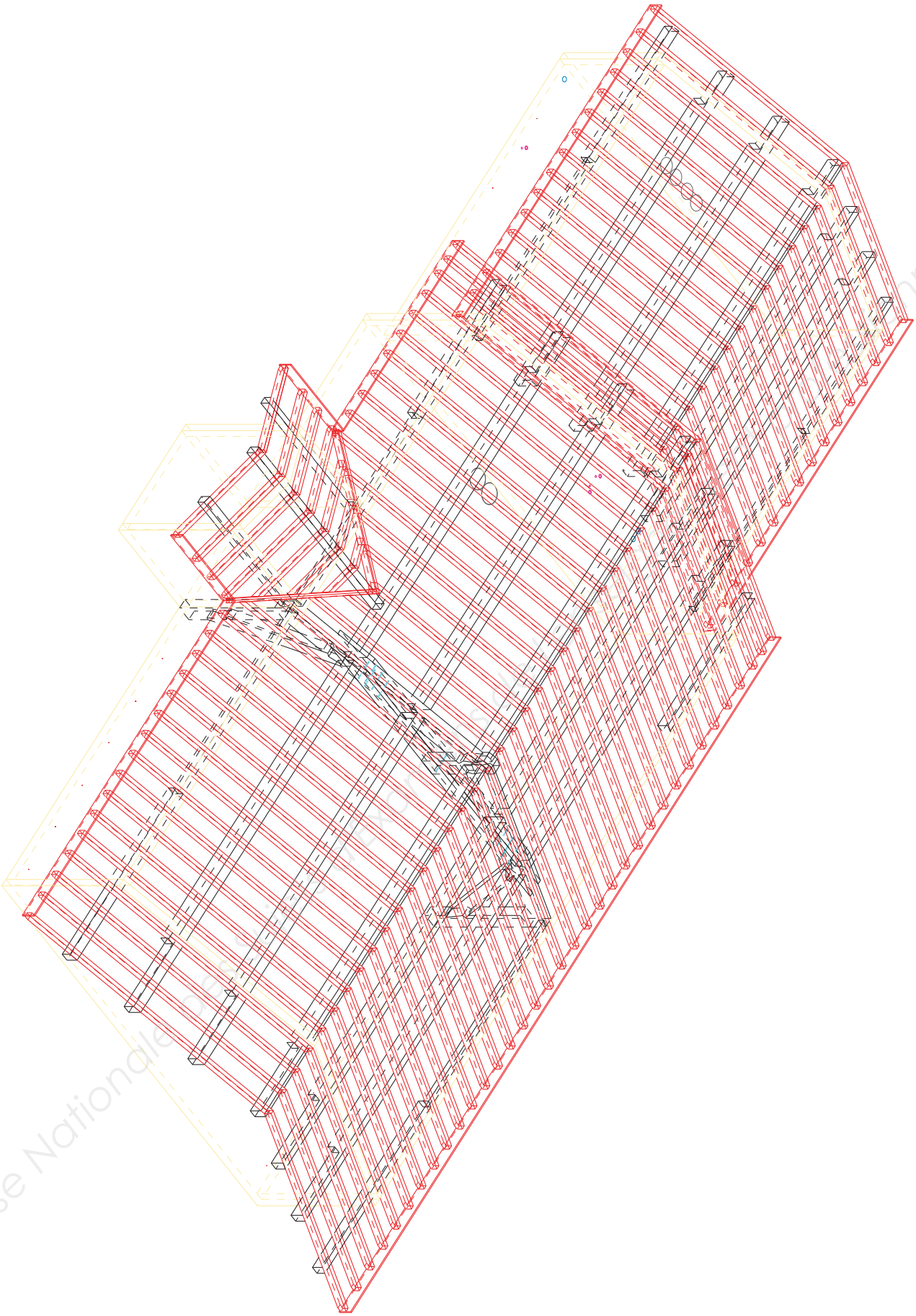
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**					**Plan Façades S/O - S/E**
Unité U42	SCBH		Ech.	Unité : mm	DT2
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:		



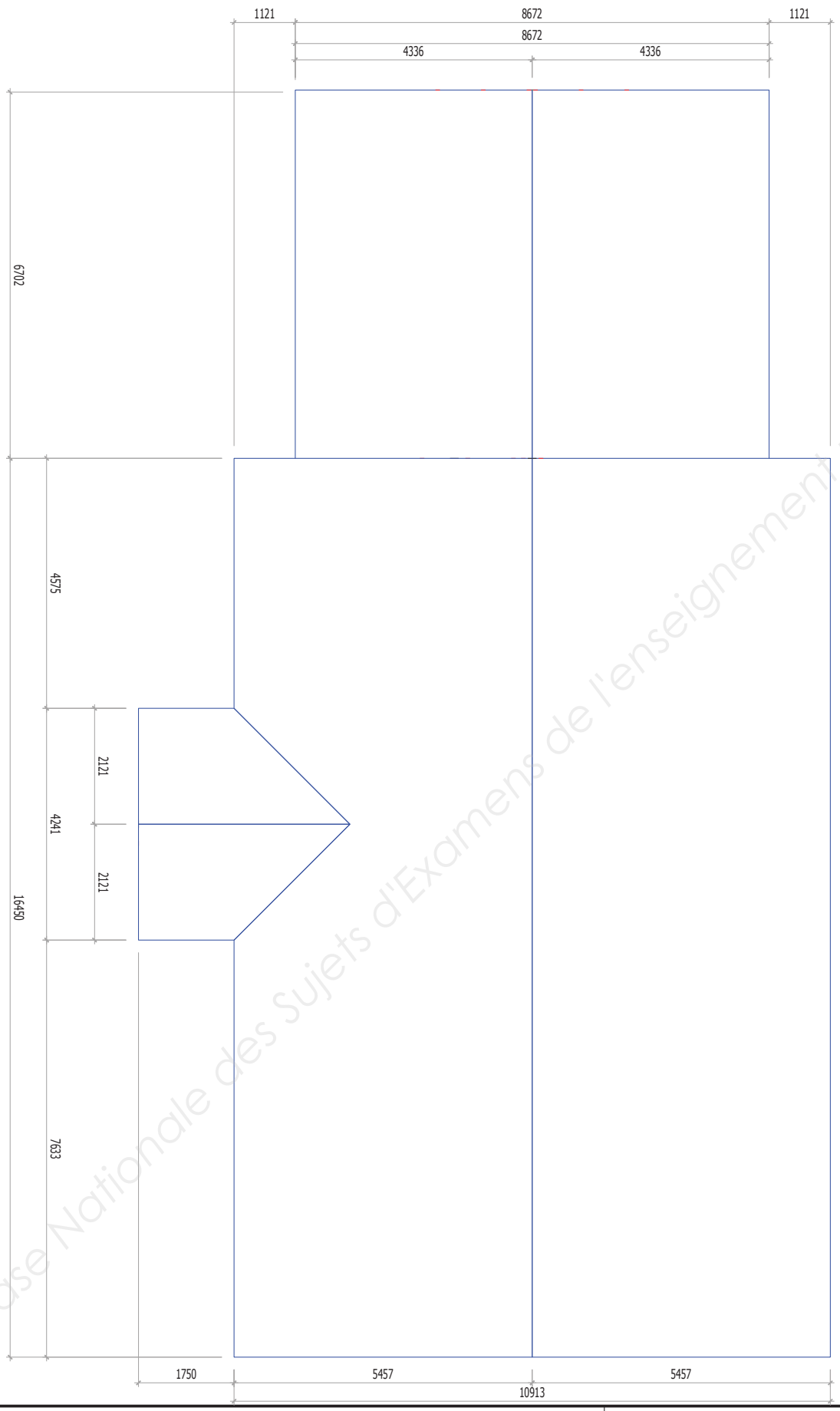
Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Unité U42	PLAN RDC	DT3



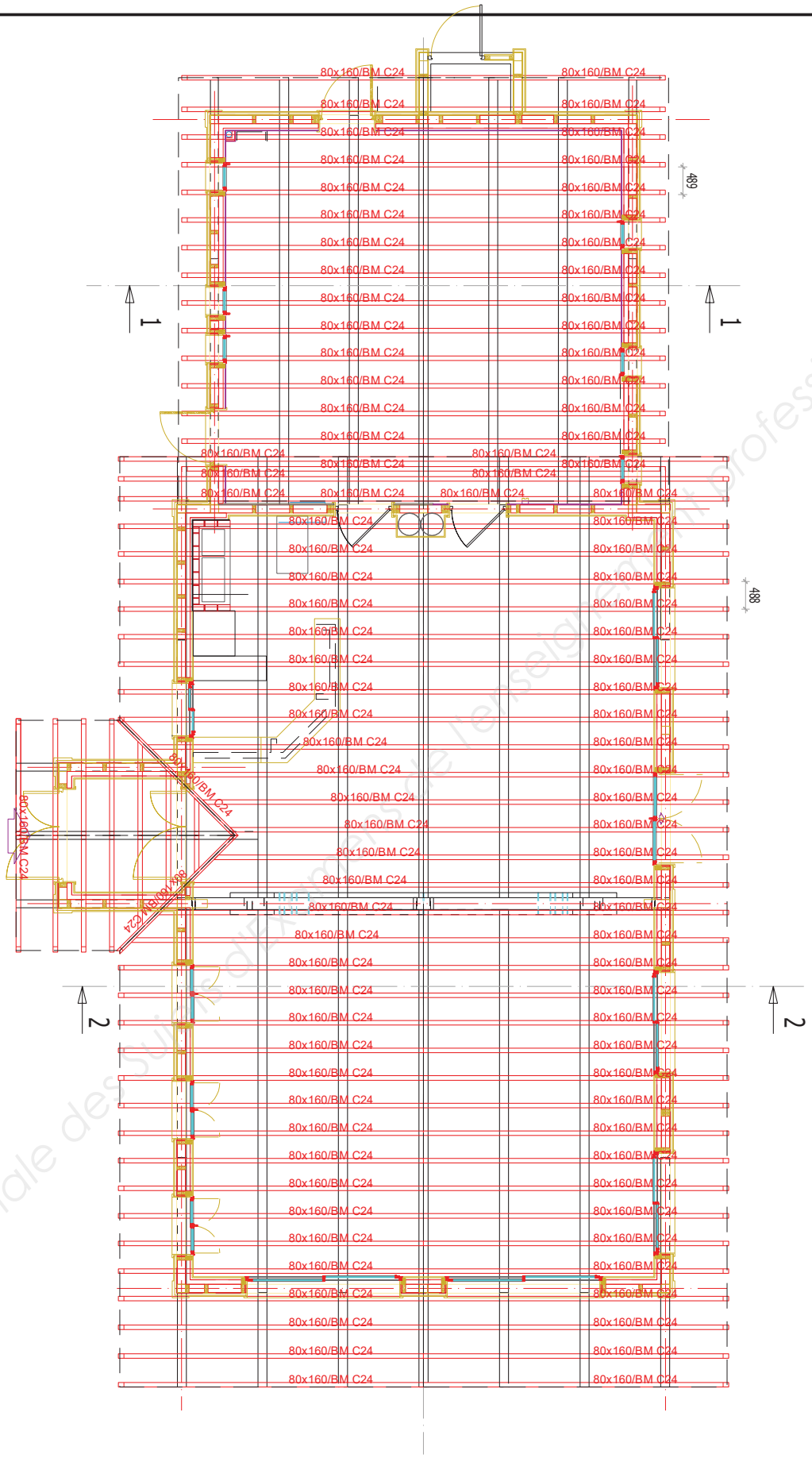
Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**			**Perspective**		
Unité U42	S.C.B.H.	Ech.	Unité : mm		DT4
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:		

Base Nationale des Plans d'Architecture Contemporaine



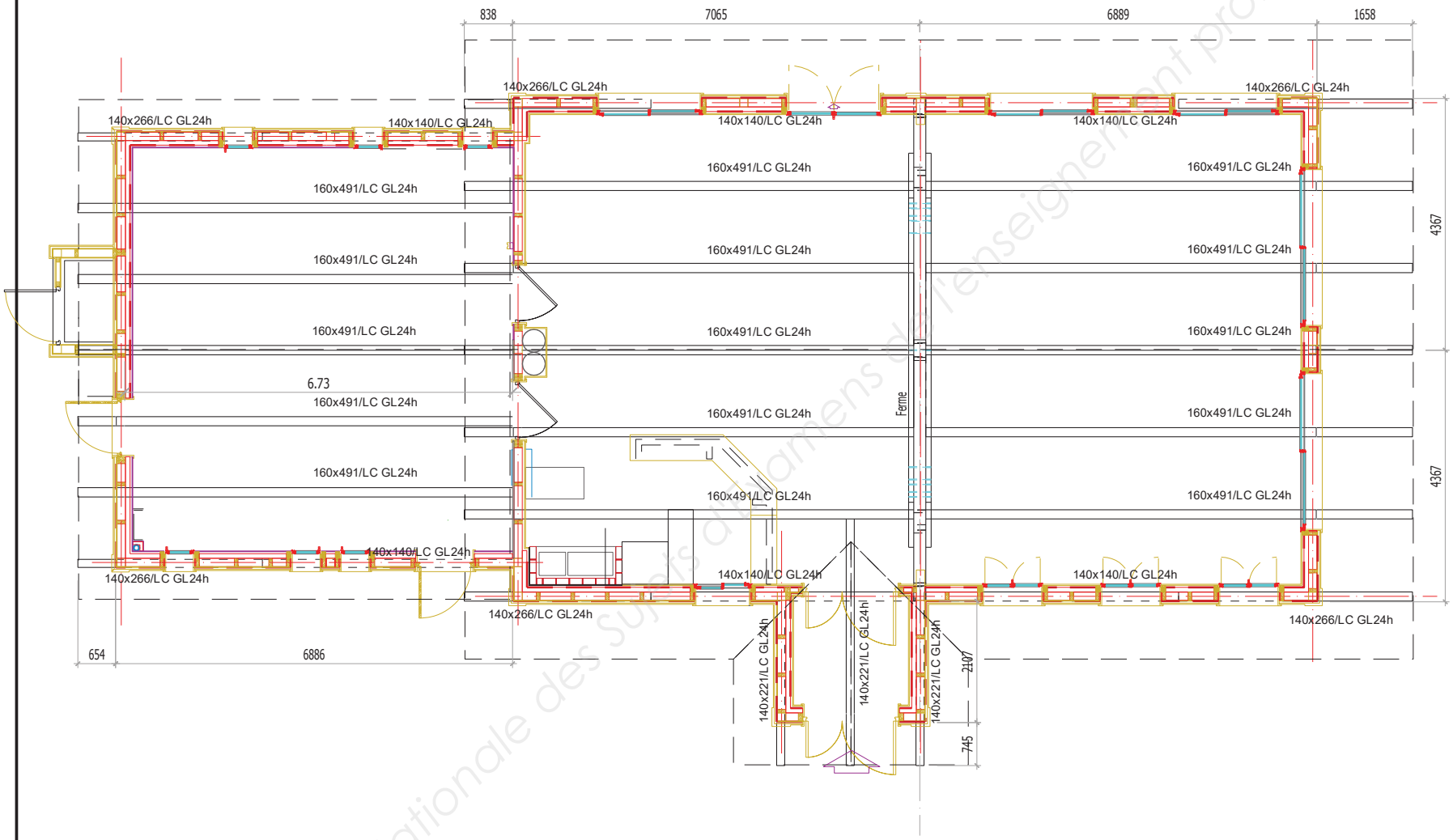
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**			**Plan toiture**	
Unité U42	S.C.B.H.	Ech.	Unité : mm	DT5
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:	



Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**			**Plan Chevron**		
Unité U42	S.C.B.H.		Ech.	Unité : mm	DT6
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:		



Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**

Plan charpente

Unité U42

S.C.B.H.

Ech.

Unité : mm

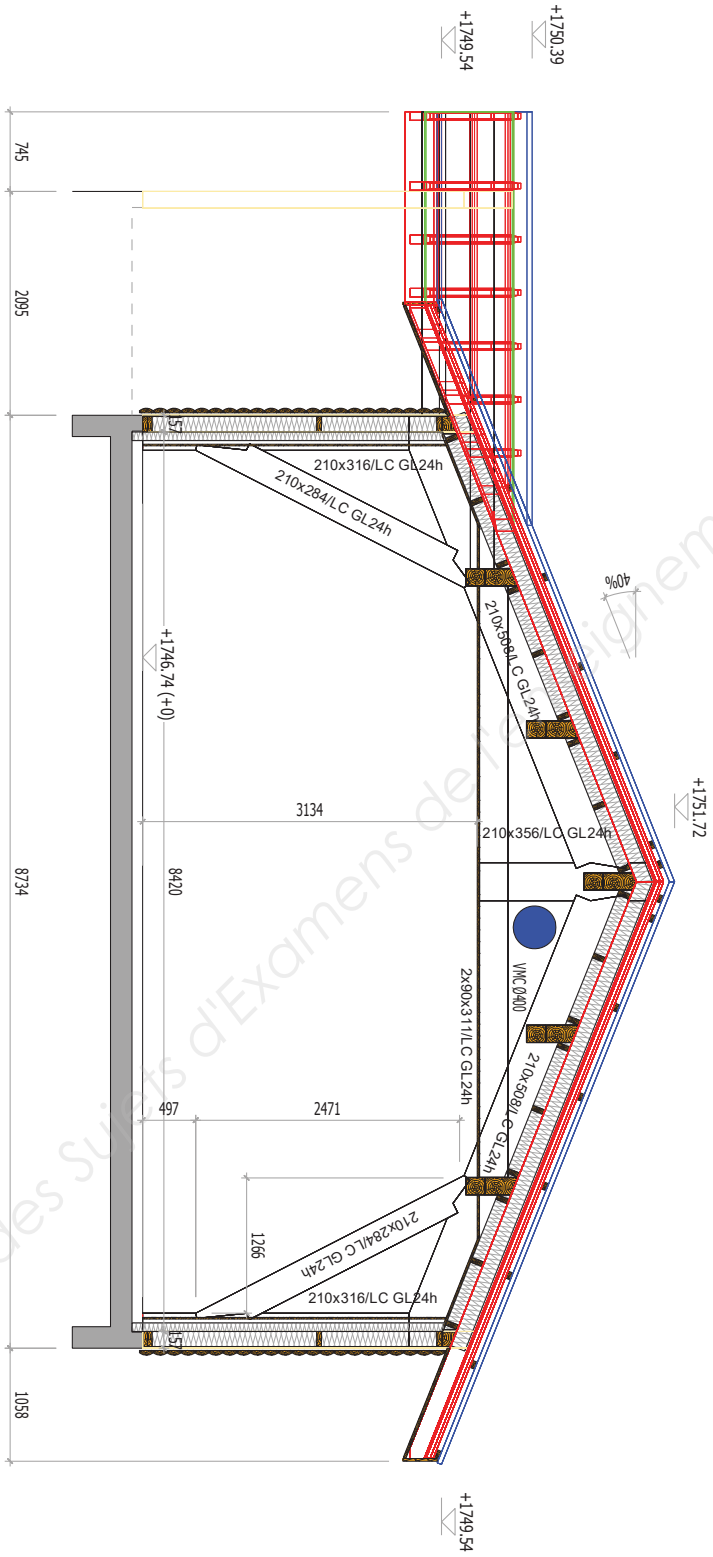
DT7

Date:

Indice: C

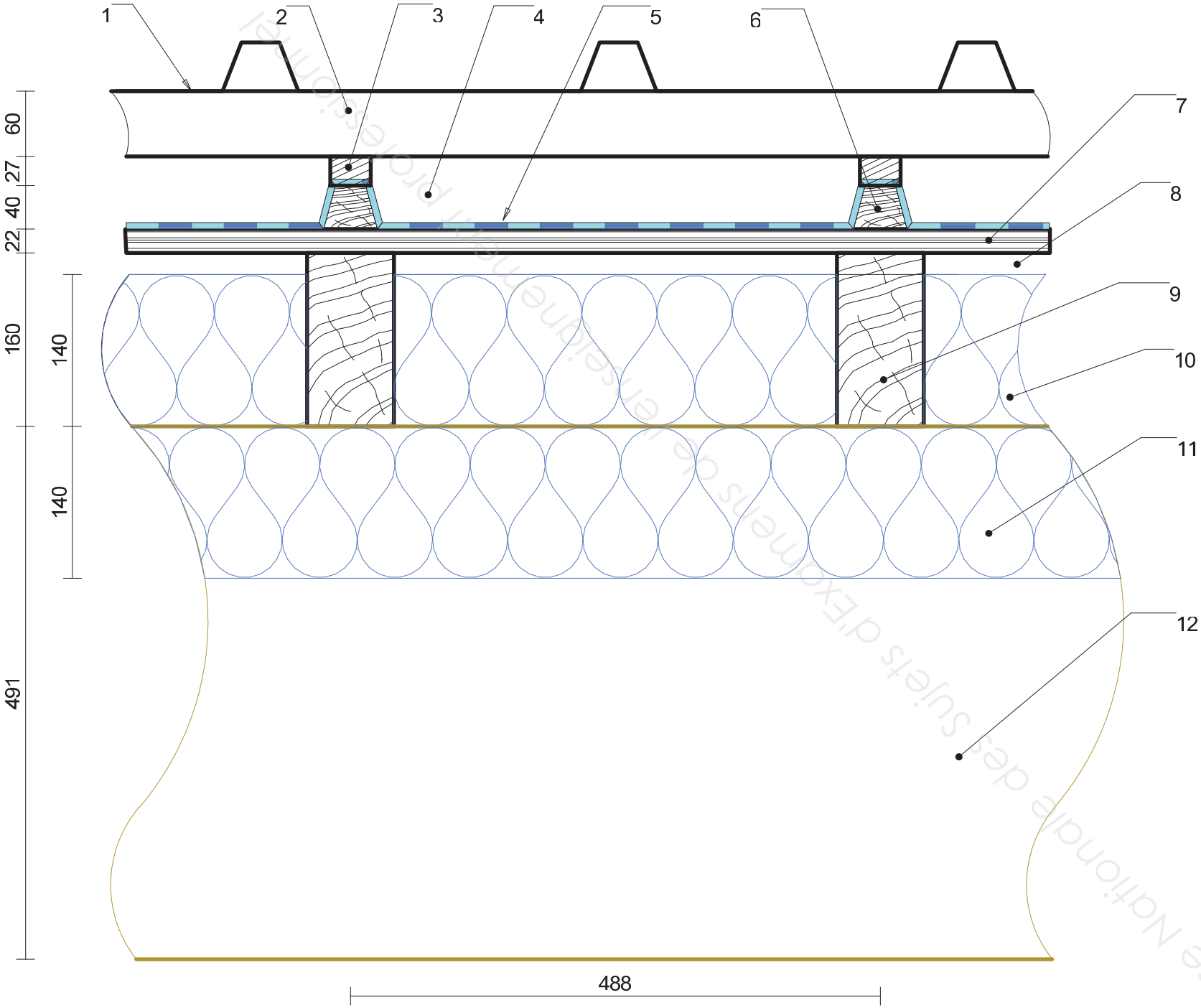
Bon pour accord:

Dessinateur:



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

Nom projet: **RESTAURANT DU GOLF**			**Coupe 2**		
Unité U42	S.C.B.H.	Ech.	Unité : mm		DT8
Date:	Indice: C	Bon pour accord:	Dessinateur:		



1	Bac acier nervuré
2	Lambourde 60x60
3	Contrelatte
4	Lame d'air ventilée
5	Etanchéité
6	Chanlatte
7	Voligeage bois massif
8	Lame d'air
9	Chevron C24 80x160
10	Laine de verre GR32
11	Laine de verre GR32
12	Panne GL24h 160x491

Restaurant du golf

Coupe toiture

1 : 5.00

U42 SCBH

DT9

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

DÉTERMINATION DES ACTIONS DE LA NEIGE SUR UNE STRUCTURE

Calcul de charge de neige (S)

Pour une altitude < 200m :

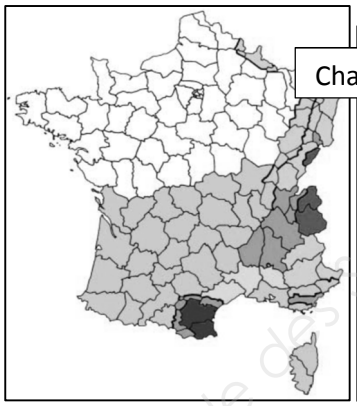
$$S = \mu_i . C_e . C_t . S_{k,200} + S_1$$

Pour une altitude (A) :

$$S_{k,(A)} = \mu_i . C_e . C_t . (S_{k,200} + \Delta S_1) + S_1$$

- μ_i est le coefficient de forme de la charge de neige.
- S_k : Neige caractéristique en projection horizontale.
- C_e est le coefficient d'exposition.
- C_t est le coefficient thermique.
- S_1 : majoration de la neige pour faible pente (Prendre S_1 =0).

Neige S_k en projection horizontale pour la France



Charge applicable selon la zone

Régions :	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (s_k) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m :	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (s_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol :	-	1,00	1,00	1,35	-	1,35	1,80	-
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 m :	Δs_1							Δs_2

(charges en kN/m²)

Majoration due à l'altitude :

Les formules suivantes donnent le supplément de charge caractéristique au sol à considérer pour tenir compte des effets de l'altitude, Δs_2 pour la région E (le nord des Alpes et le Jura), et Δs_1 pour toutes les autres régions :

Altitude *A* [en mètres]	**$\Delta s_1(A)$** [en kN/m²]	**$\Delta s_2(A)$** [en kN/m²]
entre 0 et 200	0	0
entre 200 et 500	$0,10\,\frac{A-200}{100}$	$0,15\,\frac{A-200}{100}$
entre 500 et 1000	$0,30+0,15\,\frac{A-500}{100}$	$0,45+0,35\,\frac{A-500}{100}$
entre 1000 et 2000	$1,05+0,35\,\frac{A-1000}{100}$	$2,20+0,70\,\frac{A-1000}{100}$

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

VALEURS DES COEFFICIENTS D'EXPOSITION C_e et THERMIQUE C_t

COEFFICIENT D'EXPOSITION C_e *Selon l'annexe nationale de l'eurocode 1 partie 3*	C_e
Lorsque les conditions d'abri quasi permanentes de la toiture dues aux bâtiments voisins conduisent à empêcher pratiquement le déplacement de la neige par le vent	1.25
Dans tous les autres cas (site normal ou exposé)	1.0

Définition des sites selon Eurocode 1

-***Site balayé par les vents*** : zone plate, sans obstacle, exposée de tous les côtés, ou peu protégée par le terrain, par des construction plus élevées ou par des arbres.

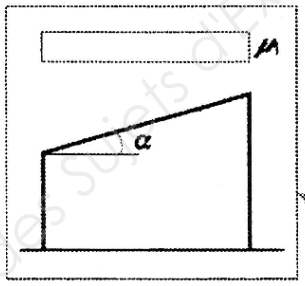
-***Site normal*** : zone sans balayage significatif de la neige par le vent, grâce au terrain, à d'autres constructions ou à des arbres.

-***Site protégé*** : zone où la construction considérée est beaucoup plus basse que le terrain environnant, ou bien entourée de grands arbres ou encore de constructions plus élevées.

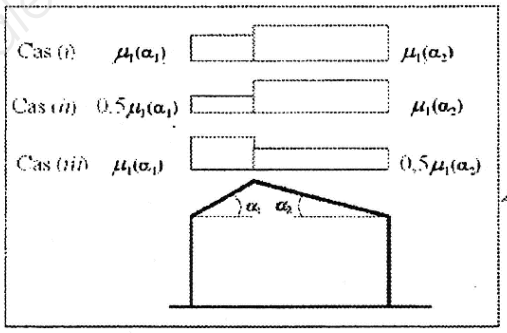
COEFFICIENT THERMIQUE C_t :

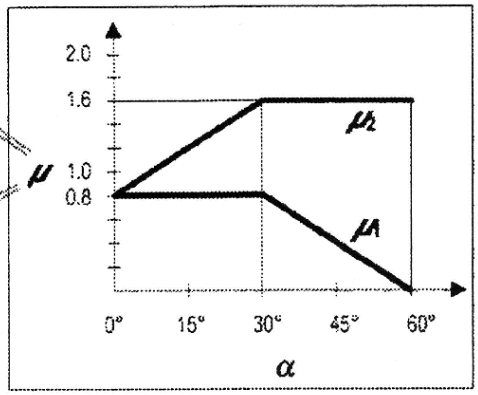
Annexe nationale : Les bâtiments normalement chauffés étant systématiquement isolés, il convient de prendre $C_t = 1,0$ sauf spécifications particulières dûment justifiées du projet individuel.

Charge de neige en toiture (s_k)



s_k est modifiée pour prendre en compte la forme de toiture par un coefficient μ_i :





α (angle du toit avec l'horizontale)	0° ≤ α ≤ 30°	30° < α < 60°	α ≥ 60°
μ_1	0,8	0,8(60 - α)/30	0,0
μ_2	0,8 + 0,8 α/30	1,6	-

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

Valeurs caractéristiques du BM (Résineux et Peuplier)

Caractéristiques	Symbole	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Propriétés de résistance en N/mm²										
Flexion	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Traction axiale	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
Traction transversale	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression axiale	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
Compression transversale	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
Cisaillement	$f_{v,k}$	3	3.2	3.4	3.8	4	4	4	4	4
Propriétés de rigidité en kN/mm²										
Module moyen d'élasticité axial	$E_{0,moy}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
Module d'élasticité axial au fractile 5%	$E_{0,05}$	4,5	5,4	6	6,7	7,4	8	8	8,7	9,4
Module d'élasticité transversal	$E_{90,moy}$	0,23	0,27	0,3	0,33	0,37	0,4	0,4	0,43	0,47
Module moyen de cisiallement	G_{moy}	0,44	0,5	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
Masse volumique en kg/m³										
Masse volumique au fractile de 5%	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420
Masse volumique moyenne	ρ_{moy}	350	370	380	410	420	450	460	480	500

Valeurs caractéristiques du BLC

		Classe de résistance du bois lamellé-collé						
Propriété	Symbole	**GL 20h**	**GL 22h**	**GL 24h**	**GL 26h**	**GL 28h**	**GL 30h**	**GL 32h**
Résistance à la flexion	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Résistance à la traction	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,4	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Résistance à la compression	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Résistance au cisaillement (cisaillement et torsion)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Résistance au cisaillement roulant	$f_{r,g,k}$	1,2						
Module d'élasticité	$E_{0,g,moyen}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,moyen}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Module de cisaillement	$G_{g,moyen}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Module de cisaillement roulant	$G_{r,g,moyen}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Masse volumique	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,moyen}$	370	410	420	445	460	480	490

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Classes de service

Classe 1	**Milieu protégé** Taux d'humidité de l'air< 65% Taux d'humidité du bois H%<13%
Classe 2	**Milieu extérieur non exposé** Taux d'humidité de l'air< 85% Taux d'humidité du bois13%< H%<20%
Classe 3	**Milieu extérieur exposé** Humidité du bois>le plus souvent à 20% Liaisons avec le sol, l'eau

Classes de durée de charges

Classe de durée de charge	Ordre de grandeur de la durée cumulée de l'application d'une action	Exemple d'action
Permanente	>10 ans	Poids propre
Long terme	Six mois à 10 ans	Stockage, Equipements fixes
Moyen terme	Une semaine à six mois	Charge d'exploitation, Neige H ≥ 1000m
Court terme	< une semaine	Neige H < 1000m, Charge d'entretien
Instantanée		Vent, action accidentelle

Valeur du coefficient k_{mod}

Matériau	Classe de durée de chargement	Classe de service		
		1	**2**	**3**
BM, LC, CP, LVL	**Permanente**	0,6	0,6	0,5
	Long terme	0,7	0,7	0,55
	Moyen terme	0,8	0,8	0,65
	Court terme	0,9	0,9	0,7
	Instantanée	1,1	1,1	0,9

Coefficients partiels normaux propriétés des matériaux γ_M

ETATS LIMITES ULTIMES		
MATERIAUX	Bois	1,3
	Lamellé collé	1,25
	LVL, OSB, PP	1,2
ASSEMBLAGES	Rupture du bois (mode 1)	1,3
	Rupture mixte (mode 2)	1,2
	Rupture de la tige (mode 3)	1,1
Situations accidentelles		1

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

Vérifications des sections à l'E.L.U.

Type de sollicitation	Formules	Valeurs des coefficients
Flexion simple	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m;d} \times k_{sys} \times k_{crit}} \leq 1$ avec $f_{m,d} = f_{m,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \times k_h$	$f_{m,d}$: Contrainte caractéristique de résistance en flexion en MPa k_{mod} : Coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée et de la classe de service. γ_M : Coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau k_h: Coefficient de hauteur k_{sys} : Coefficient d'effet de système k_{crit} : Coefficient d'instabilité (déversement)
Cisaillement longitudinal	$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d} \times k_v} \leq 1$ avec $f_{v,d} = f_{v,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$ et $\tau_{v,d} = \frac{1{,}5 \times V\max}{k_{cr} \times b \times he}$	$f_{v,d}$: Contrainte caractéristique de résistance au cisaillement longitudinal en MPa k_{mod} : Coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée et de la classe de service. γ_M : Coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau k_v: Coefficient d'entaillage k_{cr} : Coefficient qui permet de tenir compte de l'influence des fissures en utilisant la largeur efficace
Flexion composée (compression)	En absence de risque de déversement : $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}}\right)^{(*a)} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}(*)} + k_m \times \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}(*)} \leq 1$ et $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}}\right)^{(*a)} + k_m \times \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}(*)} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}(*)} \leq 1$ avec(*a) puissance 2, si kc,y ≥ 1 puissance 1, si Kc,y < 1 et $f_{c,0,d} = f_{c,0,k} \times \frac{k_{mod}}{\gamma_M}$	$f_{c,0,d}$: Contrainte caractéristique de résistance en compression axiale en MPa $f_{m,d}$: Contrainte caractéristique de résistance en flexion en MPa $k_{c,z}$ et $k_{c,z}$: Coefficient d'instabilité (flambement) k_{crit} : Coefficient d'instabilité (déversement) k_m : Coefficient de plastification k_m=0,7 pour des sections rectangulaire 1 pour les autres sections

Coefficient de hauteur k_h :

k_h BM si h ≥ 150 mm K_h = 1
si h ≤ 150 mm K_h = min (1,3 ;$(150/h)^{0.2}$)

k_h LC si h ≥ 600 mm K_h = 1
si h ≤ 600 mm K_h = min (1,1 ;$(600/h)^{0.1}$)

Coefficient d'effet système k_{sys}

Lorsque plusieurs porteurs de même nature et de même fonction (solive, fermes) sont sollicités par un même type de chargement réparti uniformément, la résistance d l'ensemble est supérieure à la résistance d'un seul élément pris isolément, c'est l'effet système. **Dans ce cas k_{sys} = 1,1.**Dans les autre cas **k_{sys} = 1**.

Coefficient de réduction de contrainte pour le cisaillement k_{cr} :

k_{cr} COEFFICIENT DE REDUCTION DE SECTION POUR LE CISAILLEMENT

kcr	CLASSE DE SERVICE 1		CLASSE DE SERVICE 2		CLASSE DE SERVICE 3
BM	h<à150mm	1	h<à150mm	1	0.67
	h>à150mm	0.67	h>à150mm	0.67	
BLC (GL GT)	1		G/(G+ΣQ)<0.7	1	
			G/(G+ΣQ)>0.7	0.67	

* autres matériaux, kcr =1

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

Vérifications des sections à l'E.L.S.

Calcul des déformations u :

Pour les actions permanentes (G) calculer $u_{inst,G}$:

$u_{fin,G}=u_{inst,G} + u_{creep,G}$

$u_{fin,G}=u_{inst,G} \times(1+k_{def})$

Pour les actions variables (Q,S et W) calculer uinst :

$u_{fin,Q1}=u_{inst,Q1} + u_{creep,Q1}$

$u_{fin,Q1}=u_{inst,Q1} \times(1+\Psi_2 \times kdef)$

u_c : contre flèche (si existante)

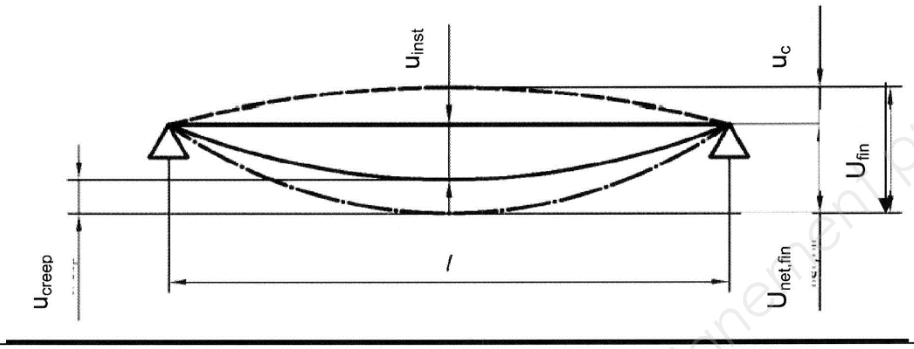
u_{inst} : flèche instantanée

u_{creep} : flèche différée

u_{fin} : flèche totale

$u_{net,fin}$: flèche sous l'horizontale

$u_{net,fin}=u_{inst}+u_{creep}-u_c$



Valeurs de k_{def}

MATERIAU/CLASSE DE DUREE DE CHARGE		Classe de service		
		1	2	3
Bois massif(1)	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Lamellé collé	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374	0,60	0,80	2,00
Contreplaqué	EN 636			
	Partie 1	0,80		
	Partie 2	0,80	1,00	
	Partie 3	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2 ,25		
	OSB/3/4	1,50	2,25	
PP	EN 312			
	Partie 4	2,25		
	Partie 5	2,25	3,00	
	Partie 6	1,50		

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

ψ_0 et ψ_2 :

Tableau des valeurs ψ_0 et ψ_2			
CHARGES D'EXPLOITATION BATIMENTS		ψ_0	ψ_2
A Habitations, résidentiels		0,7	0,3
B Bureaux		0,7	0,3
C Lieux de réunion		0,7	0,6
D Commerce		0,7	0,6
E Stockage		1,0	0,8
G Circulation véhicules < 30 kN		0,7	0,6
F Circulation véhicules> à 30 kN et > à 160 kN		0,7	0,3
H Toits		0,0	0
Neige	Altitude H> 1000m	0,7	0,2
	Altitude H≤ 1000m	0,5	0,0
Charges dues au vent		0,6	0,0

Valeurs limites des déformations

Les déformations u (calculées) doivent rester inférieures aux déformations W limites données dans le tableau ci-dessous :

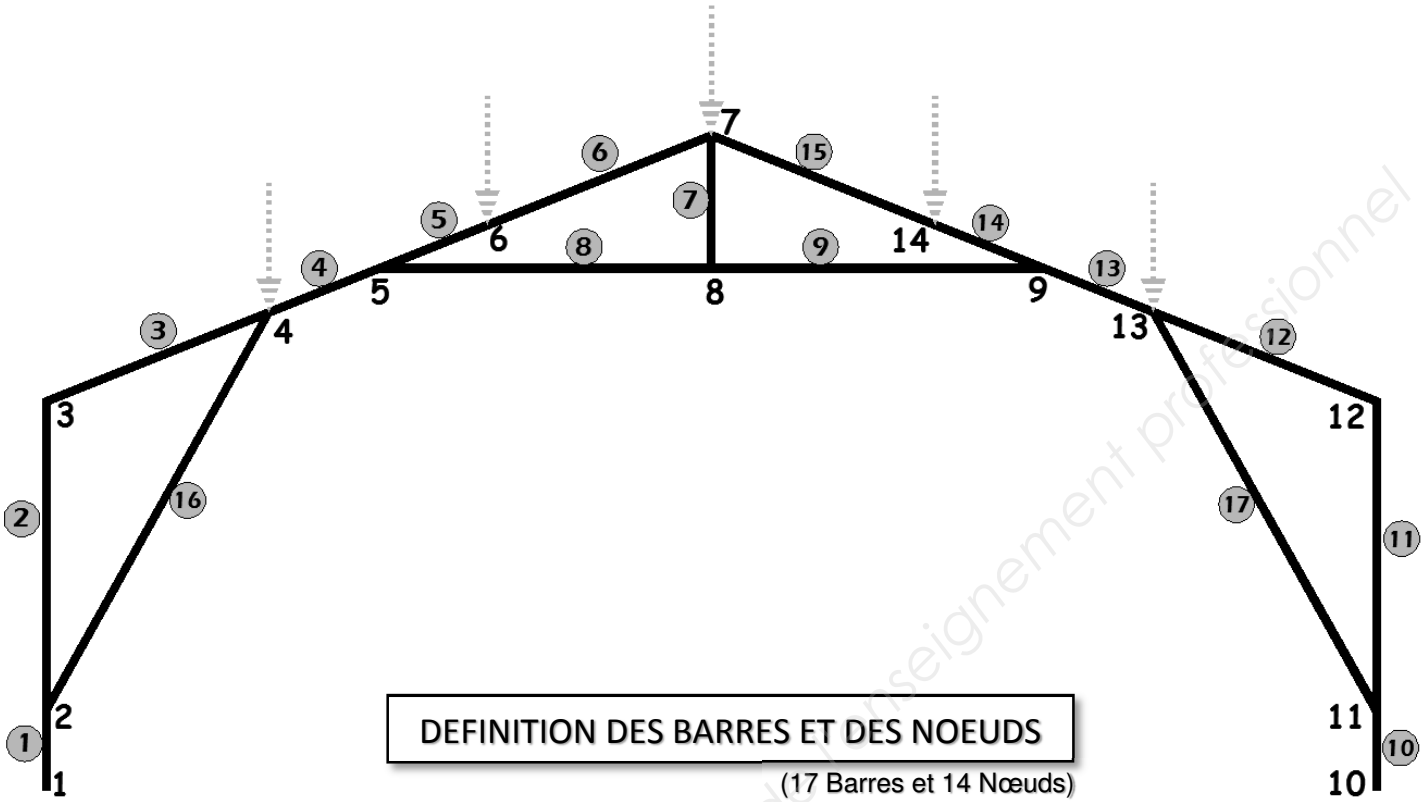
	Bâtiments courants			Bâtiments agricoles et similaires		
	$W_{inst}(Q)$	$W_{net,fin}$	W_{fin}	$W_{inst}(Q)$	$W_{net,fin}$	W_{fin}
Chevrons	-	L/150	L/125	-	L/150	L/100
Eléments structuraux	L/300	L/200	L/125	L/200	L/150	L/100

Console (porte à faux) ⇨

- ✓ $W_{net,fin}$ = max (L/100 ; 5 mm)
- ✓ W_{inst} (Q) = max (L/150 ; 5 mm)

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

- **Modélisation du portique :**



Barres	Nœuds		Longueur (mm)	Relaxations
	Origine	Extrémité		
1	1	2	505.44	Ri – Ri
2	2	3	1957.80	Ri – Ro
3	3	4	1520.30	Ro – Ri
4	4	5	704.60	Ri – Ri
5	5	6	797.20	Ri – Ri
6	6	7	1509.60	Ri – Ro
16	2	4	2890.5	Ro – Ro
7	7	8	853.20	Ro – Ro
8	5	8	2143.20	Ro – Ri
9	8	9	2143.20	Ri – Ro
10	10	11	505.44	Ri – Ri
11	11	12	1957.80	Ri – Ro
12	13	12	1520.30	Ri – Ro
13	9	13	704.60	Ri – Ri
14	14	9	797.20	Ri – Ri
15	7	14	1509.60	Ro – Ri
17	11	13	2890.50	Ro – Ro

Ri : Rigide
Ro - Rotule

Base Nationale des Sujets d'examens de l'enseignement professionnel

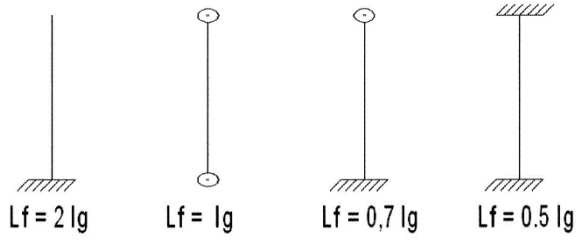
- **Efforts internes (N,V,M) dans les barres du portique :**

POUTRES	NOEUDS	1,35 G + 1,5 S		
		N (N)	V (N)	M (m.N)
1	1	-79273	39504	0.0
	2	-79126	39504	-19966938
			39504	19966938
2	2	10069	-10199	-19966938
	3	10640	-10199	0
			10199	19966938
3	3	13421	6092	0
	4	13686	6754	-9765152
			6754	9765152
4	4	-54164	-29044	-9765152
	5	-54041	-28737	10591146
			29044	10591146
5	5	-89919	-15501	7158203
	6	-89780	-15154	19377698
			15501	19377698
6	6	-78670	12507	19377698
	7	-78408	13166	0
			13166	19377698
7	7	3406	0	0
	8	3406	0	0
			0	0
8	5	38228	1035	3432944
	8	38228	1563	649780
			1563	3432944
9	8	38228	-1563	649780
	9	38228	-1035	3432963
			1563	3432963
10	10	-79273	-39504	0
	11	-79126	-39504	19966938
			39504	19966938
11	11	10069	10199	19966938
	12	10640	10199	0
			10199	19966938
12	13	13686	-6754	-9765153
	12	13421	-6092	0
			6754	9765153
13	9	-54041	28738	10591379
	13	-54163	29045	-9765153
			29045	10591379
14	14	-89780	15154	19377681
	9	-89920	15501	7158415
			15501	9377681
15	7	-78408	-13166	0
	14	-78670	-12507	9377681
			13166	9377681
16	2	-102107	0	0
	4	-102107	0	0
			0	0
17	11	-102107	0	0
	13	-102107	0	0
			0	0

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

Coefficient de flambement $k_{c,y}$ (ou $k_{c,z}$)

Lf, longueur de flambement



i, rayon de giration $i = \sqrt{\frac{I}{S}}$

I : inertie suivant l'axe étudié et **S** : section

$$i_{min} = \frac{b}{2 \times \sqrt{3}} = 0{,}289b \ ; i_{max} = 0{,}289h$$

$$\lambda = \frac{Lf}{i}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Dans le cas de la compression axiale :

- **CAS 1** : $\lambda_{rel} \leq 0{,}3$ Pas de risque de flambement $k_{c,y}=1$
- **CAS 2** : $\lambda_{rel} > 0{,}3$ Risque de flambement, il faut déterminer $k_{c,y}$ et/ou $k_{c,z}$.

Exemple de lecture du tableau : pour un lambda relatif de 2,80 on trouve un $k_{c,y}$=0,119

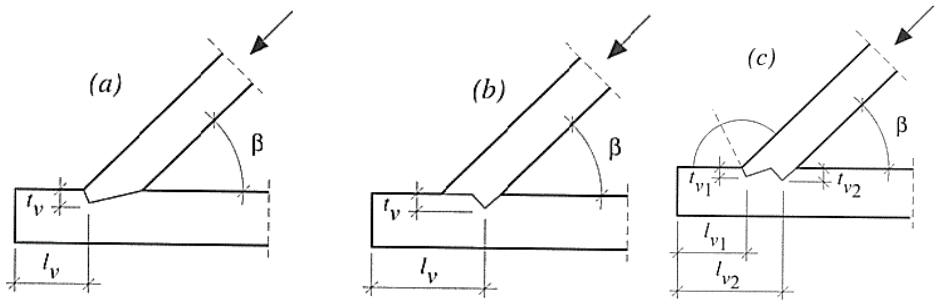
Tableau 3.4 Kcy (flambement BM) selon lambda relatif

	0	1	2	3
0.05	1.000	0.652	0.215	0.101
0.10	1.000	0.615	0.206	0.098
0.15	1.000	0.579	0.197	0.095
0.20	1.000	0.545	0.188	0.092
0.25	1.000	0.512	0.181	0.089
0.30	1.000	0.482	0.173	0.087
0.35	1.000	0.453	0.166	0.084
0.40	1.000	0.427	0.160	0.082
0.45	1.000	0.402	0.154	0.079
0.50	0.950	0.379	0.148	0.077
0.55	0.935	0.358	0.142	0.075
0.60	0.918	0.339	0.137	0.073
0.65	0.899	0.321	0.132	0.071
0.70	0.877	0.304	0.128	0.069
0.75	0.853	0.288	0.123	0.068
0.80	0.825	0.274	0.119	0.066
0.85	0.795	0.260	0.115	0.064
0.90	0.762	0.248	0.111	0.063
0.95	0.726	0.236	0.108	0.061
1.00	0.689	0.225	0.104	0.060

Tableau 3.4' Kcy Flambement LC Selon lambda relatif

	0	1	2	3
0.05	1.000	0.726	0.226	0.104
0.10	1.000	0.684	0.216	0.101
0.15	1.000	0.641	0.206	0.098
0.20	1.000	0.600	0.197	0.095
0.25	1.000	0.562	0.189	0.092
0.30	1.000	0.526	0.181	0.089
0.35	1.000	0.493	0.173	0.087
0.40	1.000	0.462	0.166	0.084
0.45	1.000	0.434	0.160	0.082
0.50	0.974	0.408	0.154	0.079
0.55	0.966	0.384	0.148	0.077
0.60	0.956	0.362	0.142	0.075
0.65	0.945	0.342	0.137	0.073
0.70	0.931	0.323	0.132	0.071
0.75	0.915	0.306	0.127	0.069
0.80	0.895	0.290	0.123	0.067
0.85	0.871	0.275	0.119	0.066
0.90	0.841	0.261	0.115	0.064
0.95	0.807	0.249	0.111	0.063
1.00	0.768	0.237	0.107	0.061

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



Vérification de l'embrèvement

1ère étape : Calcul de la contrainte de compression sur la surface de contact

Nota : l_v talon,
t_v profondeur embrèvement
b et h largeur de la pièce, et hauteur de la pièce,
angle de l'entaille de l'embrèvement $\alpha = \dfrac{\Pi - \beta}{2}$,

(α est l'angle de contact entre les fibres du bois et la coupe de l'embrèvement)

Surface de l'about embrèvement avant Si l'assemblage respecte les règles fixées ci-avant, on calculera la contrainte en utilisant la formule suivante :

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F\cos^2\dfrac{\beta}{2}}{b.t_v}$$

2ème étape : Vérification de la contrainte de compression

On vérifiera que $\dfrac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1$ *avec* $f_{c,\alpha,d} = \dfrac{f_{c,0,d}}{\dfrac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d}}\sin^2\alpha + \cos^2\alpha}$

Rq: pour le calcul de $f_{c,\alpha,d}$, on prendra:
Embrèvement avant : α=β/2
Embrèvement arrière droit: α=β

Vérification de la longueur du talon

1ère étape : Calcul de la contrainte de cisaillement

$$\tau_d = \frac{F\cos\beta}{b.l_v}$$

2ème étape : Vérification de la contrainte de cisaillement

On vérifiera que $\dfrac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$

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

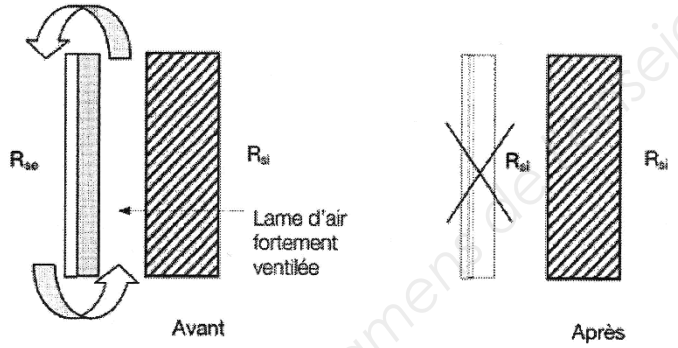
Résistance thermique d'une lame d'air non ventilée :

L'évolution de la résistance thermique d'une lame d'air non ventilée n'est pas une fonction linéaire de l'épaisseur.

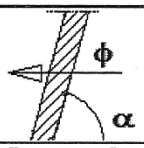
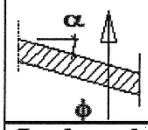
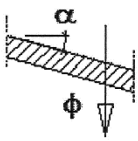
La résistance thermique se détermine à l'aide du tableau ci-contre.

Epaisseur de la lame d'air en mm	Résistance thermique R (m².K)/W		
	Flux ascendant	Flux horizontal	Flux descendant
0	0.00	0.00	0.00
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.16	0.17	0.17
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22
300	0.16	0.18	0.23

lame d'air ventilée extérieure (cas du bardage bois)

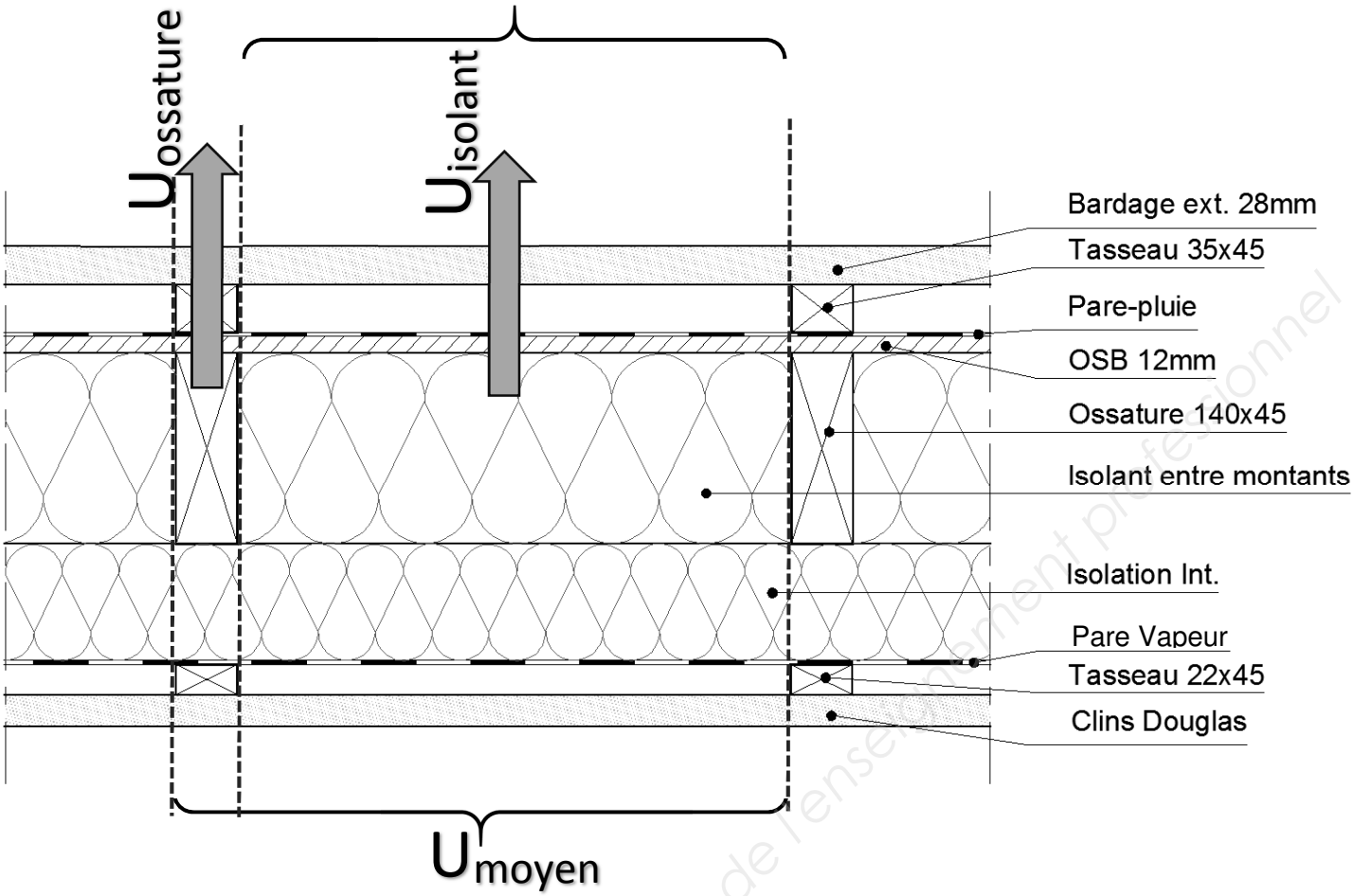


Valeurs des résistances thermiques superficielles:

		Paroi en contact avec: -l'extérieur -un passage ouvert -un local ouvert			Paroi en contact avec : -un volume non chauffé -un comble -un vide sanitaire		
		Rsi m².K/W	Rse m².K/W	Rsi + Rse m².K/W	Rsi m².K/W	Rse m².K/W	Rsi + Rse m².K/W
Paroi verticale ou faisant avec le plan horizontal un angle supérieur à 60°		0.13	0.04	0.17	0.13	0.13	0.26
Paroi horizontale ou faisant avec le plan horizontal un angle inférieur ou égal à 30°	**flux ascendant:** 	0.10	0.04	0.14	0.10	0.10	0.20
	flux descendant: 	0.17	0.04	0.21	0.17	0.17	0.34

(1) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale des ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à 0. 005 m²/m³.

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



Avec :

$$U_{moyen} = U_{isolant} + \Delta U$$

Ossature + Isolation

Paroi avec isolation hors ossature

Banque Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Valeurs réglementaires de la majoration ΔU pour les murs à ossature bois

	Y (W/(m.K))		ΔU (W/(m².K))			
			Entraxe 400 mm		Entraxe 600 mm	
	Montant 36mm	Montant 50mm	Montant 36mm	Montant 50mm	Montant 36mm	Montant 50mm
Isolation entre montants	0,03	0,04	0,08	0,10	0,05	0,07
Isolation entre montants + isolation complémentaire(1)	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,03

(1) Résistance minimum de l'isolation complémentaire extérieure ou intérieure = 0.75 m².K/W

La gamme Isover

Les isolants Isoconfort

Panneaux semi-rigides à dérouler en laine de verre. Epaisseurs 160 à 280 mm : revêtus d'un surfaçage kraft. Epaisseurs 60 à 140 mm : revêtus d'un voile confort.

- **Isoconfort 35**
  λ = 0,035 W/(m.K) - Certificat ACERMI n° : 03/018/340 - Déclaration des Performances (DoP) n° : 0001-09 CE

- **Isoconfort 35 Kraft**
  λ = 0,035 W/(m.K) - Certificat ACERMI n° : 05/018/408 - Déclaration des Performances (DoP) n° : 0001-10 CE

- **Isoconfort 32 Kraft**
  λ = 0,032 W/(m.K) - Certificat ACERMI n° : 05/018/384 - Déclaration des Performances (DoP) n° : 0001-10 CE

Réf.	RD (m².K/W)	Ep. (mm)	Long. (m)	Larg. (m)	Rlx/palette	m²/rouleau	m²/palette
Isoconfort 35							
66800	1,70	60	10,00	1,20	30	12,00	360,00
66801	2,25	80	7,00	1,20	30	8,40	252,00
66810	2,85	100	5,50	1,20	30	6,60	198,00
66811	3,40	120	4,70	1,20	30	5,64	169,20
66790	4,00	140	4,00	1,20	30	4,80	144,00
Isoconfort 35 Kraft							
85092	4,55	160	3,70	1,20	30	4,44	133,20
85094	5,10	180	3,30	1,20	30	3,96	118,80
85093	5,70	200	3,00	1,20	30	3,60	108,00
85494	5,70	200	3,00	0,60	60	1,80	108,00
65157	6,25	220	2,80	1,20	24	3,36	80,64
65155	6,25	220	2,80	0,60	48	1,68	80,64
85727	6,85	240	2,60	1,20	24	3,12	74,88
65178	8,00	280	2,00	1,20	24	2,40	57,60
Isoconfort 32 Kraft							
66181	6,25	200	2,20	1,20	24	2,64	63,36

Les isolants Isomob

Panneaux semi-rigides à dérouler en laine de verre, revêtus d'un voile de verre. Prédécoupés aux largeurs standard des entraxes des murs MOB, ils s'intègrent sans découpe entre les bois d'ossature. Excellentes performances thermo-acoustiques. Calage facile entre montants. Très bon classement de réaction au feu.

- **Isomob 32**
  λ = 0,032 W/(m.K) - Certificat ACERMI n° : 05/018/384 - Déclaration des Performances (DoP) n° : 0001-12 CE

- **Isomob 35**
  λ = 0,035 W/(m.K) - Certificat ACERMI n° : 03/018/340 - Déclaration des Performances (DoP) n° : 0001-12 CE

Réf.	RD (m².K/W)	Ep. (mm)	Long. (m)	Larg. (m)	Rlx/palette	m²/rouleau	m²/palette
Isomob 32							
67298	3,75	120	3,00	0,575	60	1,72	103,50
67318	4,50	145	2,70	0,575	48	1,55	74,52
Isomob 35							
85117	4,10	145	3,40	0,365	90	1,24	111,69
67330	4,10	145	3,40	0,575	60	1,95	117,30
85115	3,40	120	3,90	0,365	90	1,42	128,12
67319	3,40	120	3,90	0,575	60	2,24	134,55

Max Grenelle Mix Grenelle

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