

Corrigé à l'usage exclusif des experts

Durée de l'épreuve : 60 minutes

Moyens auxiliaires autorisés : Calculatrice non programmable
Formulaires techniques

Remarques :

- les réponses doivent être soulignées ;
- tous les calculs et développements doivent figurer sur la feuille ;
- A la fin de votre examen, votre travail ainsi que la donnée doivent être remis au surveillant ;

Échelle de notes :

Nombre maximal de points : **30 points**

Note	Points
6	28,5 – 30
5,5	25,5 – 28
5	22,5 – 25
4,5	19,5 – 22
4	16,5 – 19
3,5	13,5 – 16
3	10,5 – 13
2,5	7,5 – 10
2	4,5 – 7
1,5	1,5 – 4
1	0 – 1

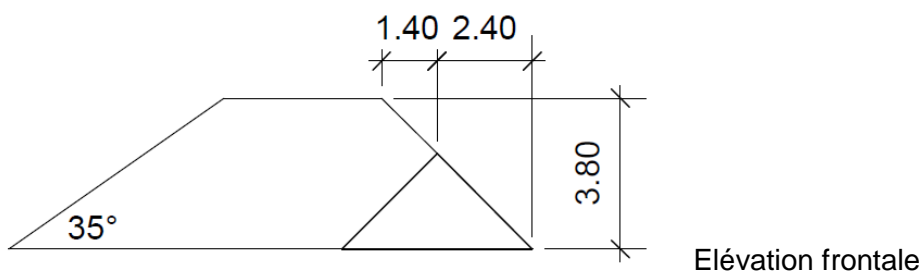
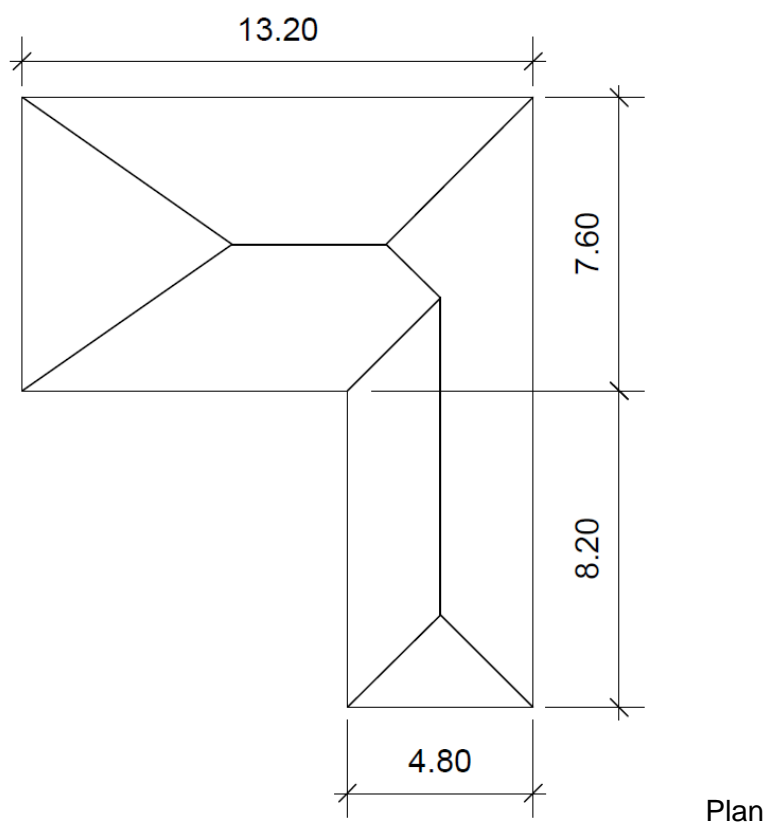
Délai de libération : Cette série d'examen ne doit pas être utilisée comme exercice avant le
1^{er} mars 2016

Problème 1**L'aire d'une toiture****6 points**

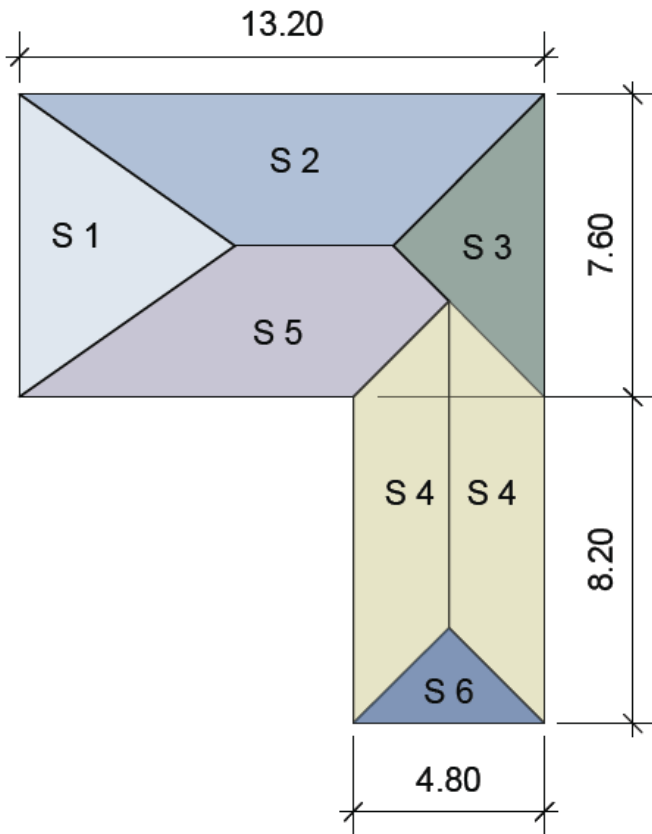
Nous allons profiter de l'agrandissement du bâtiment pour changer la couverture de la toiture.

Calculez la surface réelle de la toiture représentée ci-dessous. Ce calcul permettra d'élaborer la soumission de la couverture.

Cotes en mètre ; dessin hors échelle



VARIANTE 1



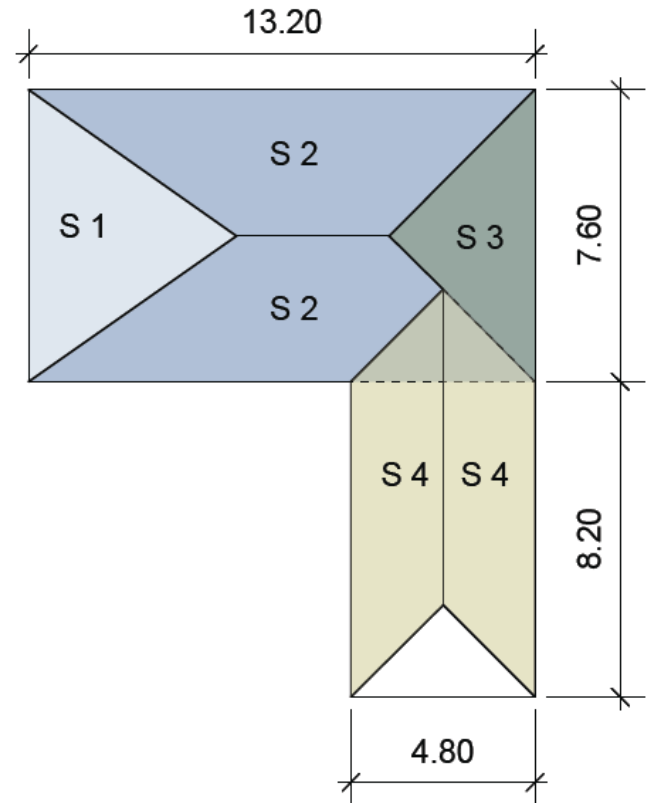
Calcul de la surface totale :

$$S1 + S2 + S3 + (2 \times S4) + S5 + S6 =$$

$$25,175 + 46,144 + 20,421 + (2 \times 27,831) +$$

$$37,998 + 8,146 = 193,546 \text{ m}^2$$

VARIANTE 2



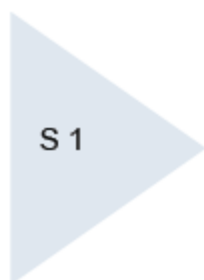
Calcul de la surface totale :

$$S1 + (2 \times S2) + S3 + (2 \times S4) =$$

$$25,175 + (2 \times 46,144) + 20,421 + (2 \times 27,831) =$$

$$193,546 \text{ m}^2$$

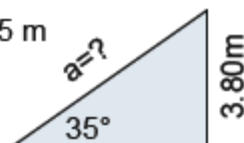
La surface totale de la couverture = 193,546 m²

Calcul des surfaces (détail)


Surface 1

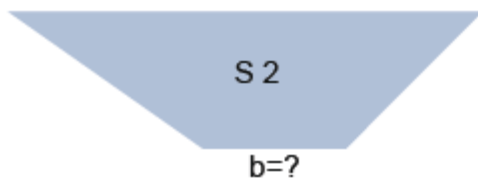
$$a = \sin 35^\circ = \frac{3.80}{a} \quad a = \frac{3.80}{\sin 35^\circ} \quad a = 6.625 \text{ m}$$

$$S1 = \frac{7.60 \times 6.625}{2} = 25.175 \text{ m}^2$$



Variante 1 : 1 pt

Variante 2 : 1 pt



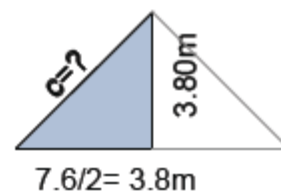
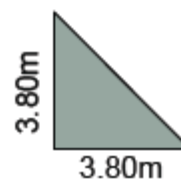
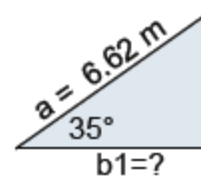
Surface 2

$$b1 = \tan 35^\circ = \frac{3.80}{b1} \quad b1 = \frac{3.80}{\tan 35^\circ} = 5.427$$

$$b = 13.20 - 3.80 - 5.427 = 3.973 \text{ m}$$

$$c = 3.8^2 + 3.8^2 = \sqrt{28.88} = 5.374 \text{ m}$$

$$\text{Surface 2} = \left(\frac{13.20 + 3.973}{2} \right) \times 5.374 = 46.144 \text{ m}^2$$



Variante 1 : 1 pt

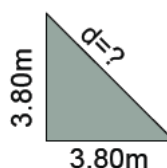
Variante 2 : 3 pts



Surface 3

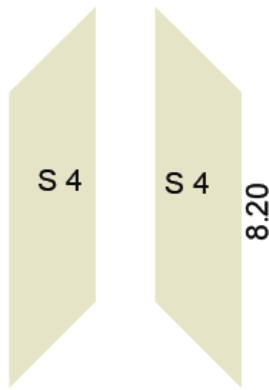
$$d = 3.8^2 + 3.8^2 = \sqrt{28.88} = 5.374 \text{ m}$$

$$S3 = \frac{7.60 \times 5.374}{2} = 20.421 \text{ m}^2$$



Variante 1 : 1 pt

Variante 2 : 1 pt



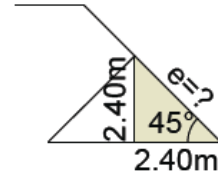
Surfaces 4

$$d = 2.4^2 + 2.4^2 = \sqrt{11.52} = 3.394 \text{ m}$$

ou

Surfaces 4

$$e = \cos 45^\circ = \frac{2.40}{e} \quad e = \frac{2.40}{\cos 45^\circ} = 3.394 \text{ m}$$



$$\text{Surfaces 4} = 8.2 \times 3.394 = 27.831 \text{ m}^2$$

Variante 1 : 1 pt

Variante 2 : 1 pt



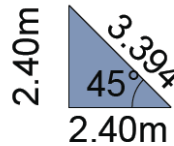
$$\text{Surface 5} = S2 - S6 = 46.144 - 8.146 = 37.998 \text{ m}^2$$

Variante 1 : 1 pt



Surface 6

$$\frac{4.8 \times 3.394}{2} = 8.146 \text{ m}^2$$



Variante 1 : 1 pt

Problème 2

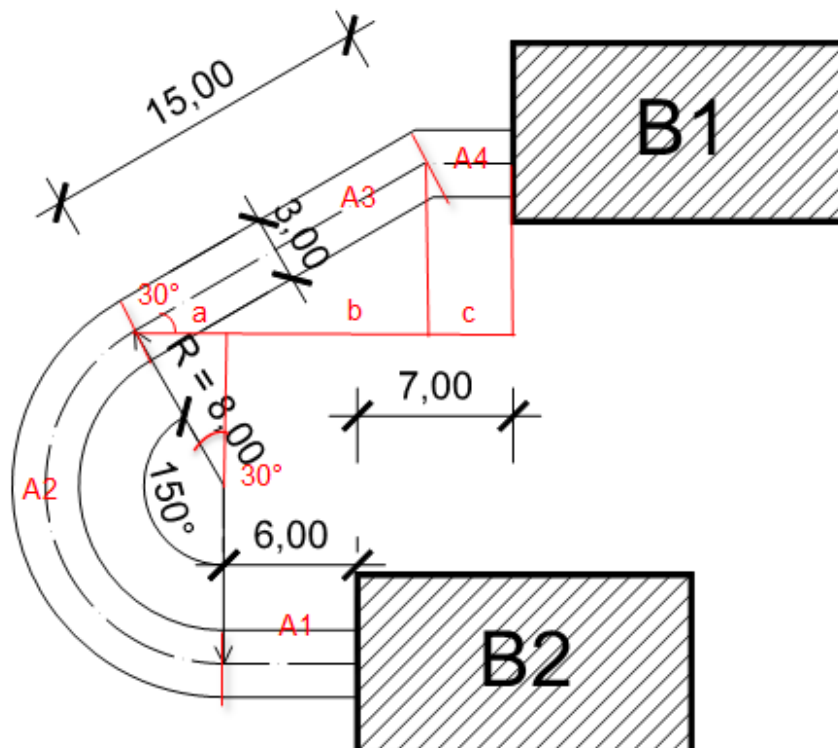
Planimétrie

6 points

Dans un lotissement, on désire relier deux immeubles par un chemin en bitume avec bordures en pavés.

- Calculez la surface bitume en m^2 (à 2 décimales).
- Calculez la longueur totale des bordures en pavés (à 2 décimales).

a) Surface bitume



Calcul de c :

$$c + b = 6,00 + 7,00 + a$$

$$a = \sin 30^\circ \cdot R = 4,00 \text{ m}$$

$$b = \cos 30^\circ \times 15,00 = 12,99 \text{ m}$$

$$c = 6,00 + 7,00 + 4,00 - 12,99 = 4,01 \text{ m}$$

1 pt

1 pt

2 pts

$$A1 : 6,00 \times 3,00 = 18,00 \text{ m}^2$$

$$A2 : 2 \pi R \times 150 / 360 \times 3,00 = 62,83 \text{ m}^2$$

$$A3 : 15,00 \times 3,00 = 45,00 \text{ m}^2$$

$$A4 : 3,00 \times c = 3,00 \times 4,01 = 12,03 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface totale} = 137,86 \text{ m}^2$$

3 pts

b) Longueur bordure pavés

$$2 \times (6,00 + 2 \pi R \times 150 / 360 + 15,00 + 4,01) = 91,91 \text{ m}$$

3 pts

Problème 3

Résistance thermique d'un mur : R

6 points

Calcul du coefficient de transmission : U

$$U = 1 / R \text{ [W / m}^2\text{K]} \quad R = 1/h_e + \sum d_i / \lambda_i + 1/h_i \text{ [m}^2\text{K / W]}$$

- a) Calculez le coefficient thermique U [W/m²K] d'un mur de façade extérieure.
(Résultat arrondi à 2 décimales).

On donne ci-après la composition des couches :

- | | |
|---|----------------------------------|
| – Enduit de parement extérieur : 20 mm | $\lambda = 0,310 \text{ [W/mK]}$ |
| – Isolation en fibres minérales : 20 cm | $\lambda = 0,035 \text{ [W/mK]}$ |
| – Mur en briques : 17,5 cm | $\lambda = 0,440 \text{ [W/mK]}$ |
| – Enduit de plâtre intérieur : 10 mm | $\lambda = 0,700 \text{ [W/mK]}$ |

On donne d'autre part les résistances thermiques superficielles suivantes :
(selon Norme SIA 180)

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$	(extérieur)	$1/h_e$
$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$	(intérieur)	$1/h_i$

- b) Pour le respect de la valeur limite exigée pour le label Minergie, le mur extérieur doit atteindre une valeur $U \leq 0,15 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

Cette valeur n'est pas obtenue dans la situation a).

En agissant seulement sur l'isolation en fibres minérales, de quelle épaisseur doit être cette couche pour atteindre l'exigence Minergie. (Résultat arrondi au cm)

Calcul avec les formules (équations) :

Calcul du coefficient thermique U

$$R_{\text{totale}} = 0,04 + \frac{0,02}{0,31} + \frac{0,20}{0,035} + \frac{0,175}{0,44} + \frac{0,01}{0,70} + 0,13 = 6,361 \text{ m}^2\text{K/W} \quad 3 \text{ pts}$$

$$U_{\text{total}} = \frac{1}{R_{\text{totale}}} = \frac{1}{6,361} = 0,1572 = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K} \quad 1 \text{ pt}$$

Epaisseur de l'isolation en fibres minérales

$$R_{\text{totale}} = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,1572} = 6,36 \text{ m}^2\text{K/W} \quad 1 \text{ pt}$$

$$d = 0,035 \times (6,36 - 0,04 - \frac{0,02}{0,31} - \frac{0,175}{0,44} - \frac{0,01}{0,70} - 0,13) = 0,199971 \cong 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm} \quad 1 \text{ pt}$$

Calcul avec les tableaux

a) Calcul du coefficient thermique U

Élément de construction	Épaisseur [m]	λ [W/mK]	Résistance [m ² K/W]	
Résistance thermique superficielle extérieure			0,04	R_{se}
Enduit de parement extérieur	0,020	0,310	0,065	
Isolation en fibres minérales	0,20	0,035	5,714	
Mur en briques	0,175	0,44	0,398	
Enduit de plâtre intérieur	0,01	0,700	0,014	
Résistance thermique superficielle intérieure			0,13	R_{si}
Résistance thermique totale			6,361	
Valeur – U [W/m ² ·K]			0,16	Coefficient U_{total}

4 pts

b) Épaisseur de l'isolation en fibres minérales

Élément de construction	Épaisseur [m]	λ [W/mK]	Résistance [m ² K/W]	
Résistance thermique superficielle extérieure			0,04	R_{se}
Enduit de parement extérieur	0,020	0,310	0,065	
Isolation en fibres minérales	6,020 x 0,035 = 0,211 < 0,22	0,035	6,020	
Mur en briques	0,175	0,44	0,398	
Enduit de plâtre intérieur	0,01	0,700	0,014	
Résistance thermique superficielle intérieure			0,13	R_{si}
Résistance thermique totale			6,66 = 1 / 0,15	
Valeur – U [W/m ² K]			0,15	Coefficient U_{total}

2 pts

Problème 4

Finances de chantier / contrôle de facture

6 points

La facture finale de l'entreprise de maçonnerie Delabrique SA vous est enfin parvenue.

Le montant de la facture finale hors TVA de l'entreprise de maçonnerie Delabrique SA s'élève à CHF 192'452.80. La direction des travaux (DT) vérifie la facture par rapport à la soumission adjugée et la corrige de CHF 1'538.20 au profit du Maître de l'ouvrage (MO). De plus, une part de CHF 2'863.70 est déduite pour la consommation d'eau et d'électricité sur le chantier, ainsi que pour le tri et l'évacuation des déchets (prorata).

Durant la période du chantier, la DT a déjà comptabilisé les acomptes suivants :

- 1^{er} acompte toutes taxes comprises (TTC) : paiement du terrassement et des fondations : CHF 60'000.– TTC
- 2^e acompte toutes taxes comprises (TTC) : paiement de la structure porteuse : CHF 85'000.– TTC

Le contrat d'entreprise prévoit les conditions suivantes :

Rabais 4 %
Escompte 2 %

A combien s'élève le dernier paiement TTC (TVA 8 %) à verser à l'entreprise Delabrique SA sachant que 10 % est retenu comme garantie avant le dépôt d'une garantie bancaire ? Formulez votre réponse sous forme de tableau.

Montant HT facture finale	CHF	192'452.80	
Correction par la DT	CHF	– 1'538.20	
Total facture finale brut HT	CHF	190'914.60	1 pt
Rabais 4%	CHF	– 7'636.58	
Escompte à 30 jour 2 % de (190'914,60 – 7'636,58 = 183'278,02	CHF	– 3'665.56	
Prorata, électricité et taxe	CHF	– 2'863.70	
Montant HT facture finale	CHF	176'748.76	1 pt
TVA 8%	CHF	14'139.90	
Montant TTC facture finale	CHF	190'888.66	1 pt
1 ^{er} acompte versé TTC	CHF	– 60'000.00	
2 ^e acompte versé TTC	CHF	– 85'000.00	
Solde dû à l'entreprise TTC	CHF	45'888.66	1 pt
Retenue de garantie 10 % de CHF 190'888.66	CHF	– 19'088.87	
Solde TTC à verser à l'entreprise Delabrique SA avant envoi de la garantie bancaire	CHF	26'799.79	1 pt

Présentation du tableau : 1 pt

Problème 5**Dilatation linéaire thermique****6 points**

Un mur clair en briques silico-calcaires exposé au soleil mesure 36 mètres de long.

Combien de joints de dilatation de 8 mm devrez-vous placer sur la longueur si la dilation des têtes de mur (aux extrémités) ne doit pas excéder 4 mm ?

On admet les paramètres suivants :

- différence totale de température : de -15°C à $+55^{\circ}\text{C}$
- coefficient de dilatation linéaire des briques : $\alpha = 8 \times 10^{-6} (1/^{\circ}\text{C})$
- $\Delta l = l_0 \cdot \Delta T \cdot \alpha$

Le nombre de joint doit être justifié par le calcul. On précisera également où les disposer sur le mur.

Allongement du mur

$$\Delta T = 55^{\circ} - (-15^{\circ}) = 70^{\circ} \quad 1 \text{ pt}$$

$$\Delta l = 36 \text{ m} \times 70^{\circ} \times 0,000008 = 0,0202 \text{ m} = 20,16 \text{ mm} \text{ soit environ } 20 \text{ mm} \quad 2 \text{ pts}$$

$$\text{Dilatation à reprendre : } 20 - (2 \times 4) = 12 \text{ mm} \quad 1 \text{ pt}$$

Il faut 2 joints de dilatation verticaux disposés, le premier au 1/3 de la longueur du mur et le deuxième au 2/3 de la longueur. 2 pts