

Corrigé à l'usage exclusif des experts

Durée de l'épreuve : 60 minutes

Moyens auxiliaires autorisés : Calculatrice non programmable
Formulaires techniques, sans annotations

Remarques : – Tout matériel informatique (Smartphone, ordinateur, montre connectée, etc.) est strictement interdit ;
– 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**

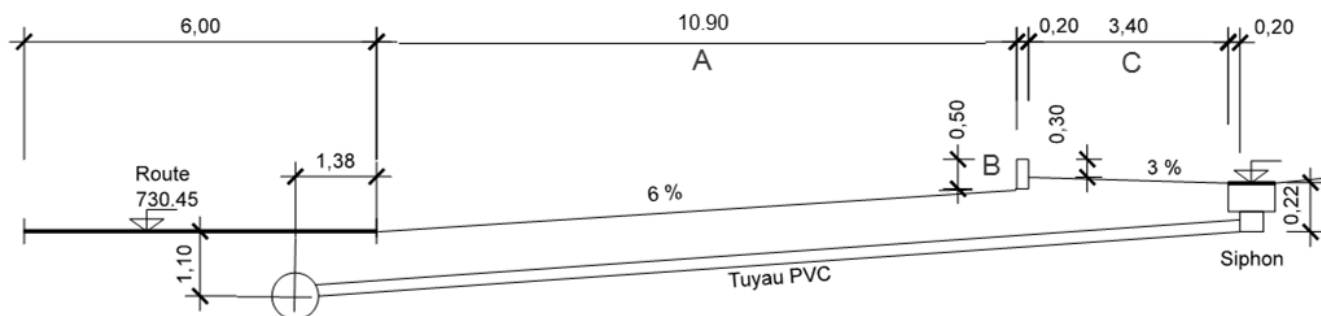
Note	Points
6	28,5 – 30
5,5	25,5 – 28
5	22,5 – 25
4,5	19,5 – 22
4	16,5 – 19
3,5	13,5 – 16
3	10,5 – 13
2,5	7,5 – 10
2	4,5 – 7
1,5	1,5 – 4
1	0 – 1

Délai de libération : Cette série d'examen ne doit pas être utilisée comme exercice avant le **1^{er} septembre 2017**

Problème 1
Pentes
6 points

Un siphon de cour a été posé dans un garage.

- Calculez le niveau altimétrique du couvercle du siphon (à 3 décimales).
- Calculez la pente du tuyau de raccordement à la canalisation principale selon le schéma ci-dessous en sachant que le diamètre du collecteur communal est de 400 mm.


a) Niveau altimétrique

$$A : \frac{a}{10,9} \times 100 = 6,00 \% \Rightarrow a = + 0,654 \text{ m} \quad 1 \text{ point}$$

$$B : d = 0,50 - 0,30 \Rightarrow d = + 0,200 \text{ m} \quad 1 \text{ point}$$

$$C : \frac{e}{3,40} \times 100 = - 3,00 \% \Rightarrow e = - 0,102 \text{ m} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{Différence de niveau : } 0,654 + 0,200 - 0,102 = 0,752 \text{ m}$$

$$\text{Niveau couvercle siphon : } 730,450 + 0,752 = 731,202 \text{ m}$$

b) Pente tuyau

$$\text{Niveau canalisation : } 730,45 - 1,100 = 729,350 \text{ m}$$

$$\text{Niveau siphon : } 731,202 - 0,220 = 730,982 \text{ m}$$

$$\text{Différence : } 729,350 - 730,982 = 1,632 \text{ m} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{Longueur tuyau : } 1,38 - 0,20 + 10,90 + 0,20 + 3,40 + 0,20 = 15,880 \text{ m} \quad 1 \text{ point}$$

$$\text{Pente : } \frac{1,632}{15,880} \times 100 = 10,20 \% \quad 1 \text{ point}$$

Problème 2

Trigonométrie

6 points

Surface de la toiture de base carrée

a) Hauteurs des 2 toitures (identiques) : h_1

	base de la toiture	17,00 m		
Trigo :	$\text{tgt } 63^\circ = h_1 : (17,00 : 2)$			
	$h_1 = \text{tgt } 63^\circ \cdot 8,50 =$	16,682 m	$h_1 = 16,68 \text{ m}$	1 point

b) Hauteur des pans de la toiture de base carrée - variantes possibles : h_2

Trigo :	$\cos 63^\circ = 8,50 : h_2$			
	$h_2 = 8,50 : \cos 63^\circ =$	18,723 m	$h_2 = 18,72 \text{ m}$	
Trigo :	$\sin 63^\circ = 16,682 : h_2$			
	$h_2 = 16,682 : \sin 63^\circ =$	18,723 m	$h_2 = 18,72 \text{ m}$	
Pythagore :	$h_2^2 = 8,50^2 + 16,682^2$			
	$h_2 = \sqrt{(8,50^2 + 16,682^2)} =$	18,723 m	$h_2 = 18,72 \text{ m}$	1 point

c) Surface de la toiture de base carrée : A_1

1 pan :	$A_2 = (18,723 \cdot 17,00) : 2 =$	159,144 m ²		
Toiture :	$A_1 = 4 \times 159,144 =$	636,577 m ²	$A_1 = 636,58 \text{ m}^2$	1 point

Diagonale et diamètre

a) Diagonale de la tour carrée : d_1

Pythagore :	$d_1 = \sqrt{(15,00^2 + 15,00^2)} =$	21,213 m
-------------	--------------------------------------	----------

b) Diamètre de la toiture conique : d_2

Pythagore :	$d_2 = 21,213 + 0,50 + 0,50 =$	22,213 m	$d_2 = 22,21 \text{ m}$	1 point
-------------	--------------------------------	----------	---	---------

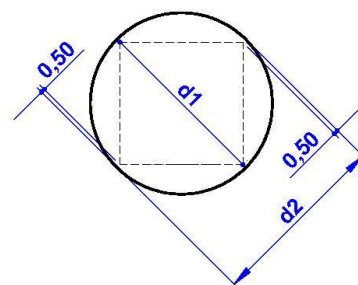
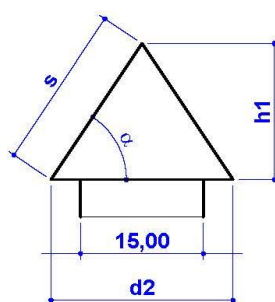
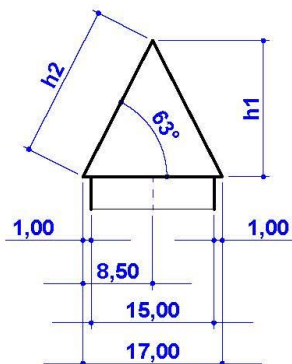
Surface de la toiture conique : A_2 $E = \frac{d \cdot \pi \cdot s}{2}$

	$s = \text{génératrice du cône}$			
Pythagore :	$s = \sqrt{(11,107^2 + 16,682^2)} =$	20,041 m		
	$A_2 = (22,213 \cdot \pi \cdot 20,041) : 2 =$	699,290 m ²	$A_2 = 699,29 \text{ m}^2$	1 point

Y aura-t-il assez de tuiles ?

Non, il manquera des tuiles :

$$699,290 - 636,577 = 62,713 \text{ m}^2 \quad \underline{\underline{62,71 \text{ m}^2}} \quad 1 \text{ point}$$

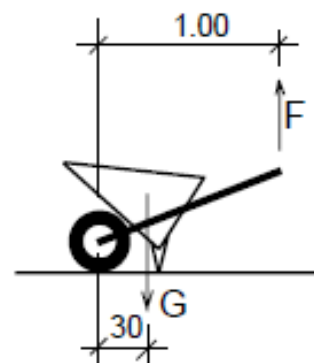


Problème 3
Statique – problème de levier
6 points

Quelle force F devez-vous développer pour soulever cette brouette si elle contient 60 litres de sable sec ? Masse volumique du sable = 1700 kg/m^3

On néglige la masse à vide de la brouette ; la force G représente le sable.

(Pour ce calcul, il est admis 10 N par Kg)



Masse à soulever : $1700 \times 0,060 = 102 \text{ kg}$

2 points

Force G : $102 \times 10 = 1020 \text{ N}$

1 point

Force de levage : $F \times 1,0 = G \times 0,30$

d'où $F = \frac{1020 \times 0,30}{1,0} = 306 \text{ N}$

3 points

Si le calcul est fait avec $1 \text{ Kg} = 9,81 \text{ N}$, c'est encore mieux. Dans ce cas :

$G = 1000,62 \text{ N}$ et $F = 300,2 \text{ N}$

Si la force de levage est calculée en kg (30,2 kg) le problème est noté sur 5 points.

Problème 4

Financement d'un bien immobilier

6 points

La famille Duschnok souhaite acquérir une villa pour se loger. Elle possède des fonds propres à hauteur de CHF 210 000.–. Comme l'investissement est de CHF 850 000.–, l'achat devra être financé par une hypothèque de CHF 640 000.–.

La banque choisie leur propose un taux d'intérêt de 2,75 % pour 5 ans avec un amortissement fixe direct de CHF 8000.– par année et des frais annexes de CHF 480.– par mois.

- Quel montant total des charges la famille Duschnok doit-elle payer à la fin de la première année ?
- La banque exige que les charges du point a) ne doivent pas dépasser 1/3 du revenu brut des propriétaires. Quel est le montant minimal de ce revenu par mois ?
- Quel sera le montant des intérêts payés sur les 5 ans de l'hypothèque ?
- Quel est le montant restant à financer par une nouvelle hypothèque dès la 6^e année ?

Nbre années	Amortissement	Intérêts 2,75 %	Frais	Capital restant dû
1	– 8 000.00	17 600.00	5 760.00	632 000.00
2	– 8 000.00	17 380.00	5 760.00	624 000.00
3	– 8 000.00	17 160.00	5 760.00	616 000.00
4	– 8 000.00	16 940.00	5 760.00	608 000.00
5	– 8 000.00	16 720.00	5 760.00	600 000.00
Total	– 40 000.00	85 800.00	45 520.00	

- | | | | |
|--|--------------------|------------------|------------------|
| Amortissement fixe : | = | 8 000.00 | <i>0,5 point</i> |
| Intérêts : | 640 000 x 2,75 % = | 17 600.00 | <i>0,5 point</i> |
| Frais : | 480 x 12 mois = | 5 760.00 | <i>0,5 point</i> |
| Coût annuel pour la 1^{ère} année | = | 31 360.00 | <i>0,5 point</i> |

- $$\frac{\text{coût annuel} \cdot 100\%}{\text{revenu annuel}} = 1/3$$

0,5 point

$$\text{revenu annuel} = \frac{31\,360 \times 100}{1/3} = \text{CHF } 94\,080.-$$

0,5 point

Soit un revenu de CHF 7 840.–/mois *0,5 point*

- Selon tableau : CHF 85 800.–

$$\text{Selon calcul : } 640\,000 \times 2,75\% + 632\,000 \times 2,75\% + 624\,000 \times 2,75\% + 616\,000 \times 2,75\% + 608\,000 \times 2,75\% = \text{CHF } 85\,800.-$$

calculs = 1 pt, résultat = 0,5 pt

- $640\,000 - 5 \times 8000 = \text{CHF } 600\,000.-$

calculs = 0,5 pt, résultat = 0,5 pt

Problème 5

Résistance thermique d'une toiture

6 points

Une toiture plate, chaude et praticable, est composée des couches suivantes :

- | | | |
|--|--------|--------------------------------|
| - solivage bois massif | | |
| - panneaux bois massif | 30 mm | $\lambda = 0,130 \text{ W/mK}$ |
| - pare-vapeur | 3,5 mm | $\lambda = 0,230 \text{ W/mK}$ |
| - isolation thermique et phonique, type laine de verre | 18 cm | $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ |
| - étanchéité bicouche, type bitumineuse | 8 mm | $\lambda = 0,230 \text{ W/mK}$ |
| - couche de protection, type voile de fibres de verre | | |
| - revêtement praticable, type gravier rond 16/32 | | |

Pour rappel, selon la norme SIA 180 sur l'isolation thermique et la protection contre l'humidité dans les bâtiments :

$$U = \frac{1}{R} \text{ W/m}^2\text{K} \quad R = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \rightarrow \quad R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \rightarrow \quad R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- a) Est-ce que le coefficient de transmission thermique U de la composition est inférieur ou égal à la valeur limite de $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, selon la norme SIA 380/1 sur l'énergie thermique dans le bâtiment ? Justifiez votre réponse par calcul.
- b) Quelle devrait être la conductivité thermique λ de l'isolation si l'on souhaite atteindre un coefficient de transmission thermique $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dans le cas d'une labellisation Minergie, par exemple) en conservant les mêmes épaisseurs de matériaux ? (Résultat arrondi au millième.)

Variante A

$$a) \quad R_{\text{totale}} = 0,13 + \frac{0,03}{0,130} + \frac{0,0035}{0,230} + \frac{0,18}{0,038} + \frac{0,008}{0,230} + 0,04 = \mathbf{5,19 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad 1 \text{ point}$$

$$U_{\text{total}} = \frac{1}{R_{\text{totale}}} = \frac{1}{5,19} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K} \quad 1 \text{ point}$$

Réponse : Oui, U_{total} est inférieur à la valeur limite car $\mathbf{0,19 \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}}$ 1 point

$$b) \quad R_{\text{totale}} = \frac{1}{U_{\text{total}}} = \frac{1}{0,15} = \mathbf{6,67 \text{ m}^2\text{K/W}} \quad 1 \text{ point}$$

$$\lambda = \frac{0,18}{6,67 - 0,13 - \frac{0,03}{0,13} - \frac{0,0035}{0,230} - \frac{0,008}{0,230} - 0,04} = 0,029 \text{ W/mK} \quad 1 \text{ point}$$

Réponse : La conductivité thermique λ de l'isolation devrait être de $\mathbf{0,029 \text{ W/mK}}$ pour atteindre un coefficient de transmission thermique $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ 1 point

Variante B

a)

Couches	Epaisseur d [m]	Conductivité thermique λ [W/mK]	Résistance thermique R [m ² K/W]
R _{si}	-	-	0,13
solivage bois massif	-	-	-
panneaux bois massif	0,030	0,130	0,231
pare-vapeur	0,0035	0,230	0,015
isolation	0,180	0,038	4,737
étanchéité bicouche	0,008	0,230	0,035
couche de protection	-	-	-
revêtement praticable	-	-	-
R _{se}	-	-	0,04
Résistance totale			5,188

$$R_{\text{totale}} = 5,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

1 point

$$U_{\text{total}} = \frac{1}{R_{\text{totale}}} = \frac{1}{5,19} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1 point

Réponse : Oui, U_{total} est inférieur à la valeur limite car $0,19 \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

1 point

b) $R_{\text{totale}} = \frac{1}{U_{\text{total}}} = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ m}^2\text{K/W}$

1 point

Couches	Epaisseur d [m]	Conductivité thermique λ [W/mK]	Résistance thermique R [m ² K/W]
R _{si}	-	-	0,13
solivage bois massif	-	-	-
panneaux bois massif	0,030	0,130	0,231
pare-vapeur	0,0035	0,230	0,015
isolation	0,180	?	?
étanchéité bicouche	0,008	0,230	0,035
couche de protection	-	-	-
revêtement praticable	-	-	-
R _{se}	-	-	0,04
Résistance sans isolation			0,451

$$R_{\text{isolation}} = 6,67 - 0,451 = 6,219 \text{ m}^2\text{K/W}$$

1 point

$$\lambda = \frac{0,18}{6,219} = 0,029 \text{ W/mK}$$

Réponse : La conductivité thermique λ de l'isolation devrait être de **0,029 W/mK** pour atteindre un coefficient de transmission thermique $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

1 point