

Correction : Sujet Rénovation Ecole primaire

A Etude mécanique de la coursive arrière en charpente métallique:

A.1 Dimensionnement de la panne sous le groupe CTA (file 3') à l'ELU

Charges permanentes à considérer en toiture pour la file 3':

- Poids propre des bacs acier 7,0 daN/m²
- Isolation Efigreen 160 mm 35 daN/m³
- Etanchéité bi-couches 7,5 daN/m²
- Groupe CTA Swegon RX12 (VMC) 518 daN pour les 2 pieds
- Poids propre estimé du profilé sous le groupe CTA 15 daN/m

Charges variables :

- Charge d'entretien 100 daN/m²
ou
- Charges de neige à déterminer (zone C2 de neige, altitude 300m)

Données matériaux

- Limite élastique de l'acier : $f_y=235$ MPa.
- Module d'élasticité de l'acier : $E=210000$ MPa.
- La panne ne présente pas de contre-flèche

A.1.1 Déterminer les charges de neige à prendre en compte pour l'étude de ce bâtiment et en déduire la charge variable à retenir

$$s_k = 0,65 + \left[\frac{300}{1000} - 0,20 \right] = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$s = 0,75 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,60 \text{ kN/m}^2$$

$s \leq q$ nous retiendrons les charges d'entretien

A.1.2 Calculer les charges variables et permanentes non pondérées à prendre en compte pour le dimensionnement du profilé métallique.

Largeur reprise par le profilé : $(1630+4430)/2= 3030$ mm

CHARGES PERMANENTES

• Poids propre des bacs acier	7.0	daN/m ²	x		3.03	=	21.2	
• Isolation Efigreen 160 mm	35.0	daN/m ³	x	0.16	x	3.03	=	17.0
• Etanchéité bi-couches	7.5	daN/m ²	x		3.03	=	22.7	
• Groupe CTA Swegon RX12 (VMC)	518	daN	/	2				
• Poids propre estimé du profilé sous le groupe CTA	15.0	daN/m				=	15.0	
		Charges réparties			g	=	75.9	daN/m
		Charges ponctuelles			G	=	259	daN

CHARGES VARIABLES

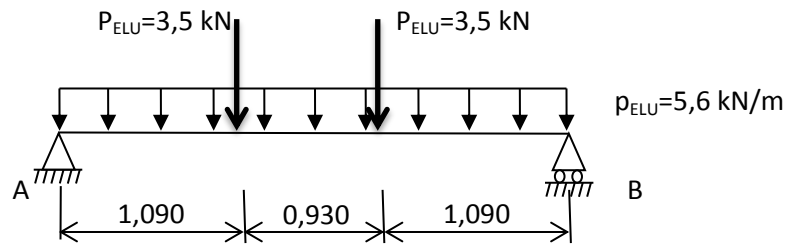
• Entretien	100.0	daN/m ²	x		3.03	=	303.0	daN/m
					q	=	303.0	daN/m

A.1.3 Calculer les charges pondérées à l'ELU à prendre en compte pour le dimensionnement de ce profilé.

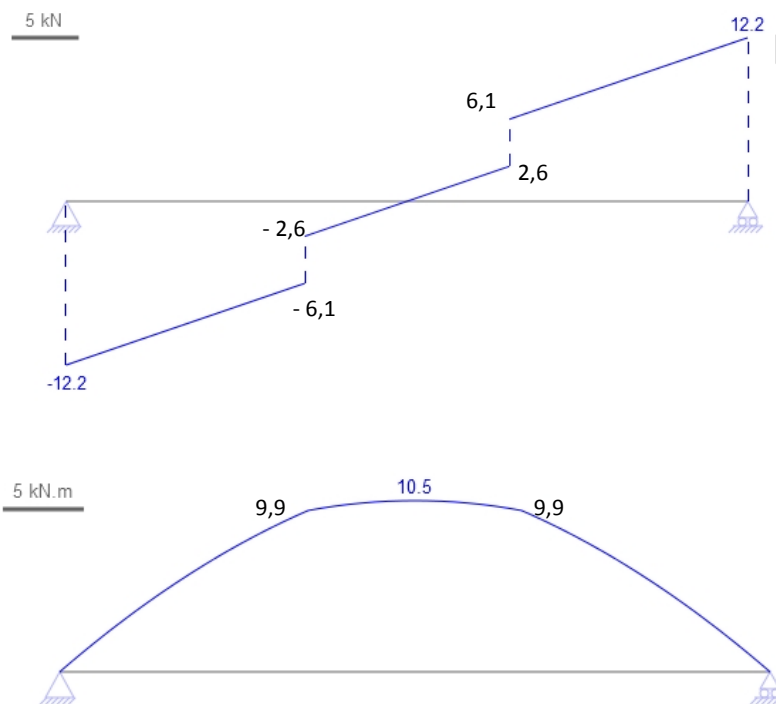
$$\text{Charges réparties : } 75.9 \text{ daN/m} \times 1.35 + 303.0 \times 1.5 = 557.0 \text{ daN/m} = 5.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Charge ponctuelle : } 259 \text{ daN} \times 1.35 = 349.7 \text{ daN/m} = 3.5 \text{ kN/m}$$

A.1.4 Le schéma mécanique retenu pour le dimensionnement à l'ELU est le suivant :



Tracer les diagrammes des sollicitations et donner le moment maximum à considérer M_{Ed} pour dimensionner ce profilé.



A.1.5 En considérant un moment maximum $M_{Ed} = 10,5$ kN, choisir aux Eurocodes un profilé IPE pour cette panne.

La panne est soumise à de la flexion simple.
 Suivant l'Eurocode 3, on doit vérifier : $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0$ ou encore $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

De plus, la panne est en profilé IPE, donc c'est une section de classe 1 en flexion.

Dimensionnement dans le domaine plastique :

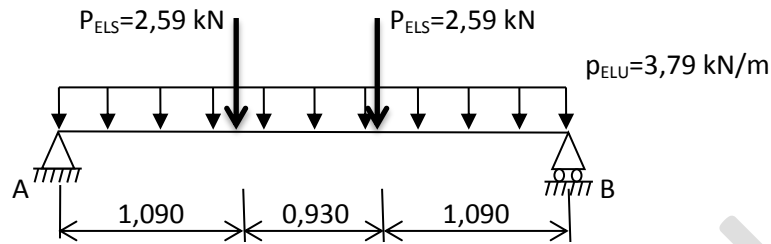
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \text{ soit } M_{Ed} \leq \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \text{ et donc } W_{pl} \geq \frac{M_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}$$

A.N: $W_{pl} \geq \frac{10,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{235}$ soit $W_{pl} \geq 4,468 \cdot 10^{-5} m^3$ ou $W_{pl} \geq 44,68 cm^3$ choix: IPE 120 ($W_{pl} = 60,7 cm^3$)

A.2 Vérification de la panne à l'ELS

Le dimensionnement à l'ELU, nous permis de déterminer une section IPE 120 pour la panne, il faut maintenant vérifier le critère de déformation de celle-ci.

A.2.1 En considérant le schéma mécanique ci-dessous au ELS. Vérifier les déformations à long terme v_{\max} suivant l'Eurocode 3.



L'expression de la flèche à mi-travée pour ce chargement est la suivante :

$$v(L/2) = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{F \cdot a}{24 \cdot E \cdot I} [3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2]$$

Avec : p : charge répartie [N/m] a : distance entre F et l'appui [m]
 F : charge ponctuelle [N] L : longueur de la poutre [m]

$$v = \frac{5 \times 3800 \times 3,1^4}{384 \times 210000 \cdot 10^6 \times 317,8 \cdot 10^{-8}} - \frac{2600 \times 1,090}{24 \times 210000 \cdot 10^6 \times 317,8 \cdot 10^{-8}} [4 \times 1,090^2 - 3 \times 3,1^2]$$

$$v = 0,00685 + 0,00425 = 0,0111 \text{ m soit } 11,1 \text{ mm}$$

$$v_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{3100}{200} = 15,5 \text{ mm}$$

$v \leq v_{\max}$ le critère de déformation est également vérifié

On retiendra donc un profilé IPE120 pour la panne sous le groupe CTA

A.3 Vérification d'un poteau circulaire au flambement

Nous souhaitons vérifier le poteau circulaire à l'intersection des files E et 3' (section 139,7x4) . Une étude préliminaire a permis de déterminer les charges appliquées à ce poteau pour chaque niveau.

	Charges permanentes (daN)	Charges variables (daN)
Toiture	650	645
Etage	2270	1615
Fondation	53	0 (dallage)

A.3.1 Calculer les charges ELU à considérer pour vérifier le poteau à chaque niveau.

$$\begin{aligned} \text{Toiture : } & 1,35 \times 650 + 1,50 \times 645 = 1845 \text{ daN (18,45 kN)} \\ \text{Etage : } & 1,35 \times 2270 + 1,50 \times 1615 = 5487 \text{ daN (54,87 kN)} \quad \text{soit } 5487 + 1845 = \mathbf{7332 \text{ daN (73,32 kN)}} \\ \text{Fondation : } & 1,35 \times 53 + 1,50 \times 0 = 72 \text{ daN (0,72 kN)} \quad \text{soit } 72 + 7332 = \mathbf{7404 \text{ daN (74,04 kN)}} \end{aligned}$$

A.3.2 Calculer le moment quadratique de ce poteau creux.

$$I_{Gz} = I_{Gy} = \frac{\pi \cdot D^4}{64} - \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$\text{A.N.: } I_{Gz} = I_{Gy} = \frac{\pi \cdot 139,7^4}{64} - \frac{\pi \cdot (139,7 - 2 \times 4)^4}{64} = \frac{\pi}{64} \cdot (139,7^4 - 131,7^4) = 392,86 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

A.3.3 Nous étudierons le poteau **entre la fondation et l'étage** considéré bi-articulé.

A.3.3.1 Quel est l'intérêt d'étudier cette portion de poteau ? L'hypothèse émise concernant les liaisons vous semble-t-elle justifiée ?

Il s'agit de la portion la plus chargée et la plus élancée (3,55 m). Oui, en effet, à défaut de liaisons parfaitement définies, on considère la longueur de flambement égale à la longueur du poteau soit un poteau bi-articulé : $l_f = l_0$

A.3.3.2 En considérant une charge en tête de poteau N_{sd} de 73,5 kN et un moment quadratique du tube de 393 cm^4 , vérifier la section à l'ELU du poteau suivant les Eurocodes et conclure.

Flambement poteau RdC

$N_u =$ 73.50 kN

Section :

Matériaux :

Risque de flambement :

$D =$	139.7	$E =$	210000	$l_f =$	3.55	
$e =$	4	$f_y =$	235	$\lambda =$	73.96	
$I =$	3928589	$\lambda_1 =$	93.91	$\bar{\lambda} =$	0.79	$\geq 0,2$ risque de flambement
$A =$	1705.26			courbe	c	
$i =$	48.00			$\chi =$	0.670	
				$\phi =$	0.954	
				$\alpha =$	0.49	
				$N_{b,Rd} =$	268482 N	
					= 268.48 kN	

$N_u < N_{b,Rd}$ Le poteau résiste

B Etude thermique des murs en pisé:

B.1 Choix d'une isolation performante

La rénovation de cette école primaire doit respecter la réglementation thermique RT Existant applicable à tous les établissements publics faisant l'objet de travaux de réhabilitation.

B.1.1 A partir des documents annexes, dans quel cas de cette réglementation doit-on se placer ?

Cas 2 : Bâtiment <1948 ⇒ RT Existant « élément par élément »

B.1.2 Vérifier que l'épaisseur proposée d'isolant de 85 mm permet de respecter la RT Existant.

Données : Constitution de la paroi

Eléments de paroi	Epaisseur [mm]	Conductivité λ [W/m.K]	Perméabilité à la vapeur d'eau π [kg/m.s.Pa]
Enduit à la chaux	20	0,80	$1,85 \cdot 10^{-10}$
Pisé	500	1,10	$1,85 \cdot 10^{-10}$
Laine de verre	85	Voir doc technique	$1,46 \cdot 10^{-10}$
Plaque de plâtre	10	0,35	$2,08 \cdot 10^{-11}$

$$R = R_{sj} + R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda} + \sum R_u = 0,13 + 0,04 + \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,5}{1,1} + \frac{0,085}{0,032} + \frac{0,01}{0,35} \xrightarrow{2,65 \text{ si on prend R directement}} R = 3,328$$

$$R = 0,13 + 0,04 + 0,025 + 0,455 + 2,656 + 0,029 = 3,334 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W}$$

$3,334 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W} > 2,30 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W}$ (zone H_{1C}) Règlementation respectée

B.1.3 Afin de réduire les consommations énergétiques du bâtiment, le maître d'œuvre propose de modifier l'épaisseur d'isolant afin d'atteindre les performances du label BBC pour les parois opaques. Donner la nouvelle épaisseur d'isolant à mettre en œuvre.

$$R = R_{sj} + R_{se} + \sum \frac{e}{\lambda} + \sum R_u = 0,13 + 0,04 + \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,5}{1,1} + \frac{e}{0,032} + \frac{0,01}{0,35} > 4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W}$$

Soit : $\frac{e}{0,032} > 4,50 - 0,678$ $\frac{e}{0,032} > 3,822$ $e > 0,122 \text{ mm}$ choix $e = 140 \text{ mm}$ ($R = 4,35 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W}$)

Nouvelle valeur de $R = 3,334 - 2,65 + 4,35 = 5,034 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/ W}$ (**5,053** en prenant les λ au lieu de $R_{isolant}$)

B.2 Etude hygrométrique

Les murs en pisé sont de bon régulateur d'hygrométrie néanmoins la pose d'un doublage intérieur modifie considérablement son fonctionnement. A partir des valeurs proposées ci-dessus, en considérant maintenant une épaisseur d'isolant de 140 mm :

B.2.1 Calculer le flux de température dans la paroi pour une température intérieure de 19°C et extérieure de -5°C puis déterminer et tracer le profil des températures dans la paroi sur le DR2.

$$\varphi = \frac{\Delta T}{R} = \frac{19 - (-5)}{5,053} = 4,75 \text{ W/m}^2$$

$$\varphi = \frac{T_i - T_{si}}{R_{si}} = \frac{19 - T_{si}}{0,13} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_{si} = 19 - 4,75 \times 0,13 = 18,38^\circ\text{C}$$

$$\varphi = \frac{T_{si} - T_1}{R_1} = \frac{18,38 - T_1}{0,029} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_1 = 18,38 - 4,75 \times 0,029 = 18,24^\circ\text{C}$$

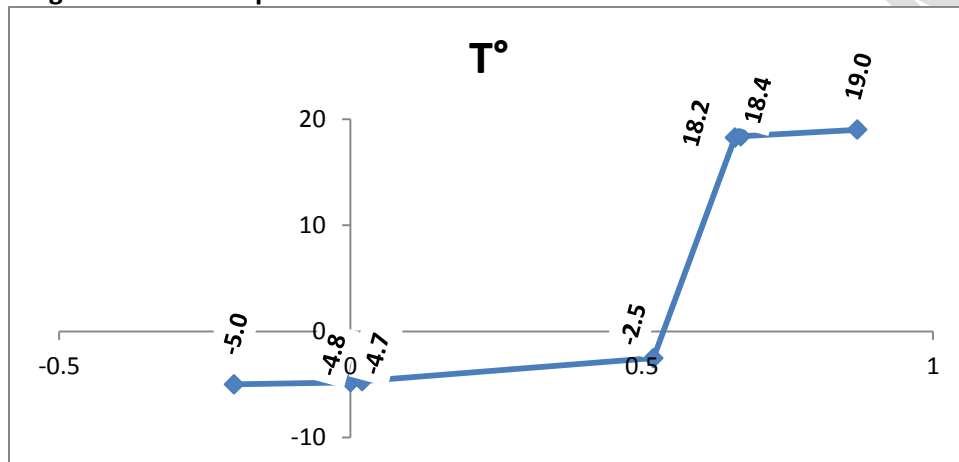
$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{R_2} = \frac{18,24 - T_2}{4,375} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_2 = 18,24 - 4,75 \times 4,375 = -2,54^\circ\text{C}$$

$$\varphi = \frac{T_2 - T_3}{R_3} = \frac{-2,54 - T_3}{0,455} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_3 = -2,54 - 4,75 \times 0,455 = -4,70^\circ\text{C}$$

$$\varphi = \frac{T_3 - T_{se}}{R_4} = \frac{-4,70 - T_{se}}{0,025} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_{se} = -4,70 - 4,75 \times 0,025 = -4,82^\circ\text{C}$$

$$\varphi = \frac{T_{se} - T_e}{R_{se}} = \frac{-4,82 - T_e}{0,04} = 4,75 \text{ W/m}^2 \text{ soit } T_e = -4,82 - 4,75 \times 0,04 = -5,01^\circ\text{C} \Rightarrow \text{OK!}$$

Diagramme des températures



B.2.2 En considérant les températures et pressions réelles suivantes aux différentes interfaces, **tracer** sur le DR3 le **diagramme de pression saturante** en arrondissant au ½ degré près le plus proche **et** le **diagramme de pression réelle**.

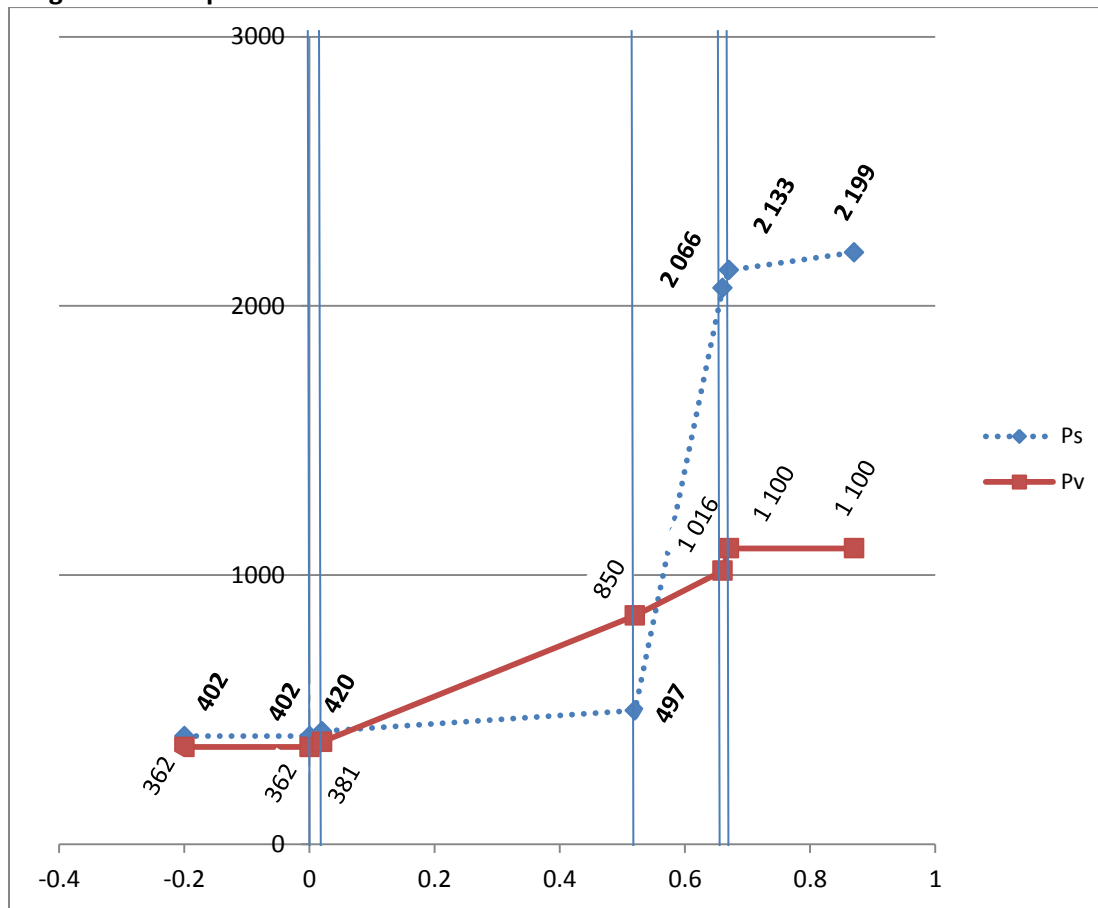
Teneurs en eau de l'air : Intérieur HR=50% Extérieur HR=90%

$$P_{vi} = 0,50 \times 2199 = 1100 \text{ Pa}$$

$$P_{ve} = 0,90 \times 402 = 362 \text{ Pa}$$

	Extérieur	Enduit	Pisé	Isolant	Plâtre	Intérieur	
Températures [°C]	-5	-4,8	-4,7	-2,5	18,2	18,4	19
Pressions réelles [Pa]		362	381	850	1016	1100	
Pressions saturantes [Pa]	402	402	420	497	2066	2133	2199

Diagramme des pressions



B.2.3 Conclure vis-à-vis du risque de condensation dans la paroi. Que faut-il faire pour éviter ce risque ?

Le risque de condensation est à l'intérieur du pisé ça ne pose aucun problème. Un petit risque néanmoins de condensation dans l'isolant nécessite un pare-vapeur.

B.2.4 Proposer une solution permettant de profiter de l'inertie des parois afin d'améliorer le confort d'été du bâtiment.

L'inertie thermique des murs en pisé n'est pas utilisée pour réguler la chaleur en été à cause de l'isolant coté intérieur. Il faut choisir une isolation par l'extérieur (ITE), supprimant le risque de condensation.

C Etude acoustique d'une salle de classe

C.1 Etude d'une cloison acoustique

C.1.1 Donner à l'aide de l'annexe 5 la valeur de l'isolement acoustique normalisé à atteindre selon la RA2000 entre un sanitaire et une salle de classe.

$$D_{nT,A}=50 \text{ dB sanitaire vers salle d'enseignement}$$

C.1.2 Effectuer un choix de cloison acoustique entre la salle de classe 2 au RdC et le Sanitaire garçon afin de respecté la réglementation et les dimensions proposées ($\pm 10\text{mm}$).

$$D_{nT,A} = [R_w + C] + 10 \cdot \log\left(\frac{0,32 \cdot V}{S}\right) - 5 + N - \frac{S_r}{10}$$

S_{Salle de classe} : 54.80 m²
HSP : 3.05 m
V_{Salle de classe} : 178.12 m³

Séparatif : L = 1.81 m
HSP : 2.70 m
S = 4.83 m²

N = 3 il y a 1 paroi doublée
 +1 plenum de 100mm avec LdV
 +carrelage sur isolant >20mm
S_r = 0 Il n'y a pas de mousse rigide

donc : $[R_w+C] = D_{nT,A} - (10 \log(0,32 \cdot V/S) - 5 + N)$

$[R_w+C] = \mathbf{41.6 \text{ dB}}$

Choix : **100/70 +laine minérale** **Respect plan : e=100 mm ±10**

$[R_w+C] = \mathbf{43 \text{ dB}}$

C.2 Correction acoustique d'une salle de classe

C.2.1 Indiquer le temps de réverbération à respecter pour une salle de classe.

$$0,4s < Tr < 0,8s \text{ salle d'enseignement } V < 250 \text{ m}^3$$

C.2.2 L'architecte propose afin d'améliorer l'acoustique de la salle de mettre en place un faux plafond perforé. Il propose la mise en place d'un faux plafond avec plenum de 100 mm+ laine minérale Gyptone Quattro 46

C.2.2.1 Compléter dans le tableau 1 les surfaces des parois à considérer

C.2.2.2 Compléter le tableau 1 et calculer le temps de réverbération de la salle de classe.
Conclure sur le respect de la réglementation

DR4 Acoustique

Calcul des surfaces de parois :

Portes bois : $1,00 \times 2,04 + 1,10 \times 2,04 = 4,28 \text{ m}^2$

Fenêtres : $3 \text{ Me1} + \text{Me2} + \text{Me5} + \text{Me8} + \text{Me9} = 3 \times 2,63 + 4,09 + 1,89 + 2,04 + 2,04 = 17,93 \text{ m}^2$

Murs peints : $(4,35 + 2,24 + 1,93 + 7,155 + 6,28 + 9,395) \times 3,05 - (4,28 + 17,93) = 73,41 \text{ m}^2$
(NON DEMANDE)

Tableau 1 : Calcul du temps de réverbération avec faux plafond Quattro 46

Paroi	Matériaux	Surface m ²	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$
Murs	Plâtre peint	73,41	X	1.47	0.03	2.20	X	2.94
Plafond	FP Quattro 46	54.80	0.75	41.10	0.55	30.14	0.45	24.28
Sol	Carrelage collé	54.80	X	1.17	0.03	1.46	X	1.75
Portes bois	Bois	4.28	X	0.73	0.09	0.39	X	0.43
Fenêtre	Vitre épaisse	17.93	X	0.72	0.03	0.54	X	0.36
Aire d'absorption équivalente par bande d'octave :			45.18 m ²		34.73 m ²		30.13 m ²	
Temps de réverbération par bande d'octave:			0.59 s		0.77 s		0.89 s	

Tr moyen :

0.750 s

Volume :

167.140 m³

Conclusion :

0,4 < **0,75** < 0,8 **Tr conforme RA2000**