



Groupe 5

Acoustique

Projet d'implantation d'un lycée

Table des matières

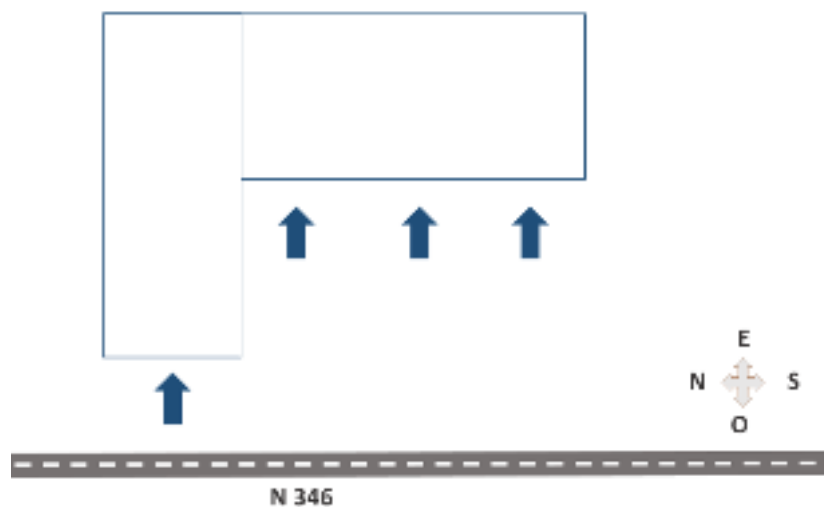
1)	PARTIE I : PREMIERES EVALUATIONS DU PROJET	3
a)	L'IMPLANTATION DU PROJET SUR LE SITE	3
b)	L'AGENCEMENT DES DIFFERENTS LOCAUX ENTRE EUX	4
c)	L'AGENCEMENT INTERIEUR DES LOCAUX	5
2)	PARTIE II : ETUDES ACOUSTIQUES DU LOCAL D'ACTIVITES MANUELLES.....	6
3)	PARTIE III : TRANSPARENCE ACOUSTIQUE DU MUR SEPARATEUR.....	8
4)	PARTIE IV : ETUDE DES CIRCULATIONS COMMUNES ET HALLS.....	10

1) PARTIE I : PREMIERES EVALUATIONS DU PROJET

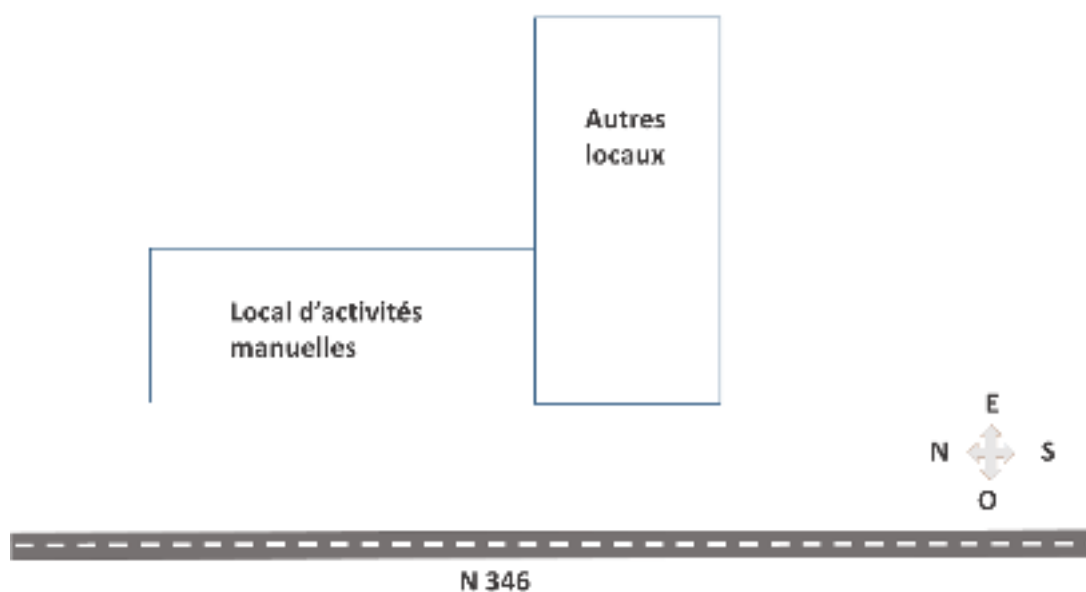
a) L'implantation du projet sur le site

L'implantation du projet sur le site ne paraît pas judicieuse : en effet, le projet se trouve à proximité immédiate de la rocade est qui est très bruyante, et avec un trafic chargé toute la journée.

Nous proposons en premier lieu d'éloigner au maximum les bâtiments de la route (dans la mesure du possible bien évidemment, et ceci en fonction de la taille du terrain acquis).



Ensuite, nous proposons d'augmenter la surface d'exposition à la route du local d'activités manuelles et de diminuer celle des autres locaux (notamment enseignement et TP) plus sensible au bruit et avec une réglementation plus stricte.



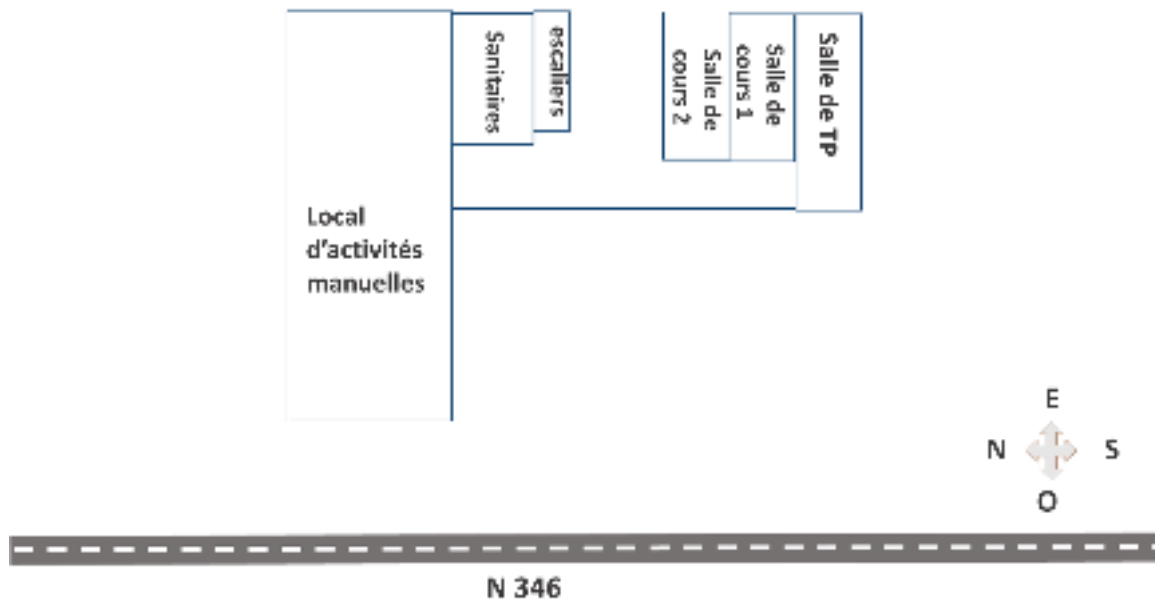
b) L'agencement des différents locaux entre eux

En ce qui concerne l'agencement des différents locaux entre eux :

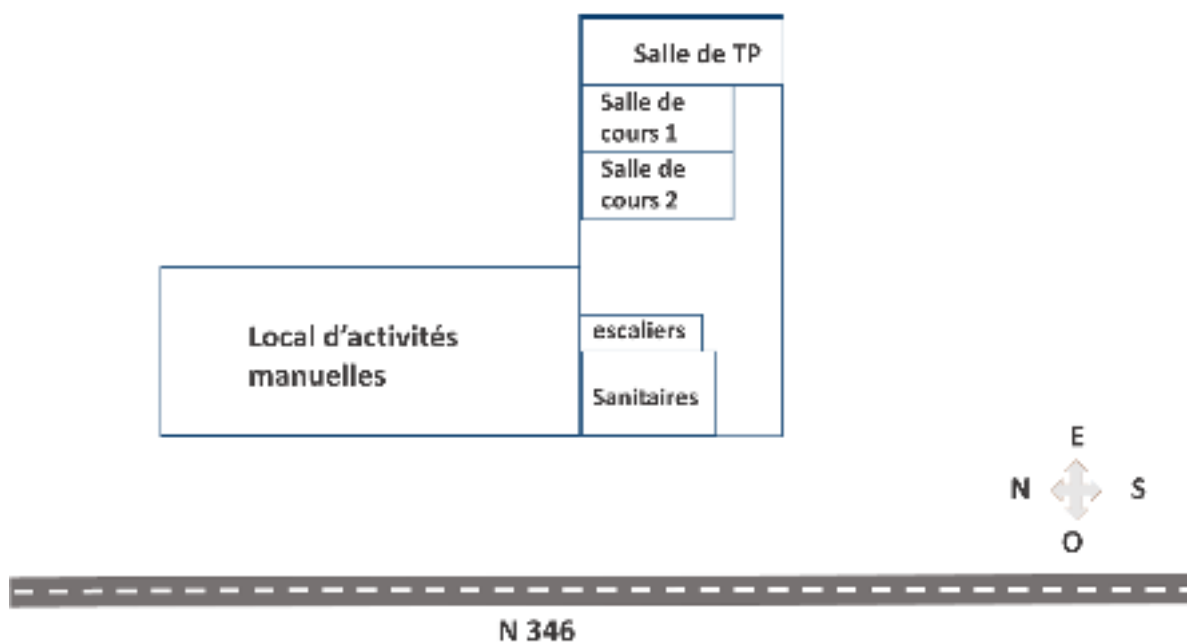
Le premier problème est que la salle de TP est attenante au local d'activités manuelle très bruyant à priori, ainsi qu'à la cage d'escalier assez bruyante également.

Par ailleurs, les sanitaires sont collées à la salle de cours 1, ce qui n'est pas judicieux pour la tranquillité des cours (dérangement par des bruits de chasse d'eau).

Nous proposons la configuration suivante :



Pour la disposition proposée précédemment, cela donnerait :

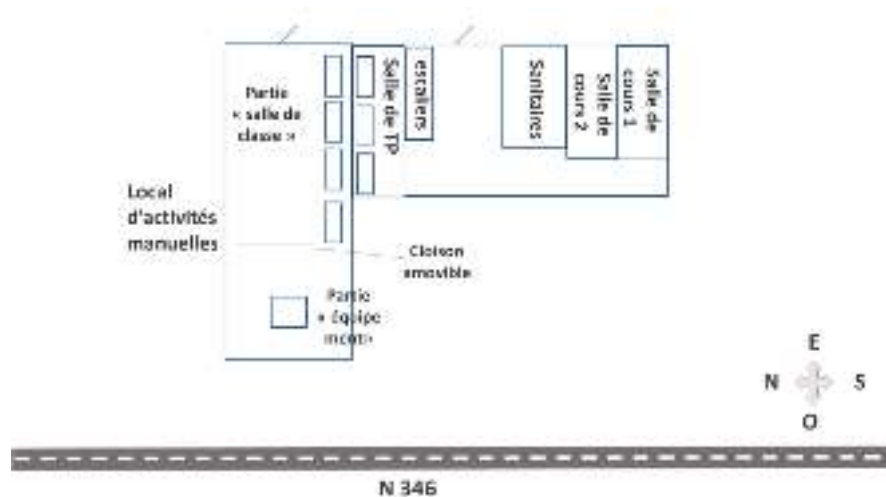


c) L'agencement intérieur des locaux

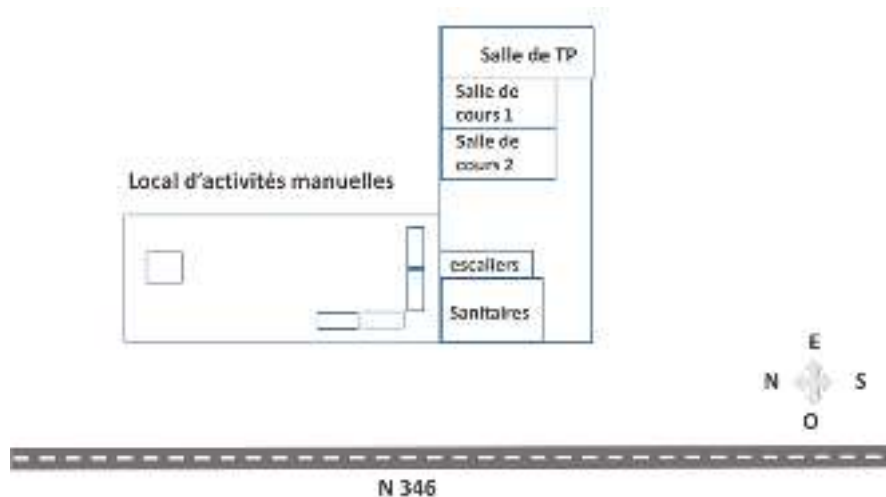
Pour ce qui est de l'agencement intérieur, nous proposons en premier lieu de déplacer la machine du local d'activité à l'ouest pour avoir le moins d'effets acoustiques sur le bâtiment enseignement. Ensuite nous proposons de placer les rangements à l'interface entre le local d'activités manuelles et la salle de TP (afin d'atténuer le bruit de la machine au maximum, pour le bien-être des usagers de la salle de TP).

Ces rangements pourraient éventuellement être placés contre les murs faisant face à la route au cas où le bruit routier serait trop élevé. Ils pourraient également servir de cloison à l'intérieur du local d'activités manuelles pour séparer la partie « salle de classe » de la partie « équipement ».

Nous proposons enfin de déplacer les 2 portes de sortie à l'est pour ne pas subir les bruits routiers dans les locaux (ouverture fréquente des portes, problèmes de joints etc..). Ceci à condition bien évidemment que l'accès direct à la cours ne soit pas une nécessité.



Pour la disposition proposée précédemment, cela donnerait :



2) PARTIE II : ETUDES ACOUSTIQUES DU LOCAL D'ACTIVITES MANUELLES

- ✓ Aire d'absorption équivalente des personnes

La somme des surfaces du local d'activité manuelles est égale à :

$$S = \sum_i S_i = S_{\text{plafond}} + S_{\text{sol}} + S_{\text{murs}}$$

$$\text{Soit } S = 10 \times 25 \times 2 + 2.5 \times (25 + 10) \times 2 = 675 \text{ m}^2$$

Si on considère que les élèves représentent environ 1m^2 de surface chacun (valeur minorée), le rapport de la surface des élèves sur la surface totale du local est d'environ 5%. Suivant les valeurs des coefficients d'absorption appliqués, le rapport des aires d'absorption équivalentes sera très probablement bien supérieur à 5% et donc non négligeable, d'autant que cette prise en compte permettra d'aller dans le sens de la diminution de T_r selon la formule de Sabine.

Enfin, au regard de l'utilisation de la salle, elle devrait être soit totalement vide, soit totalement pleine (présence d'une classe entière) de par sa fonction, et rarement partiellement vide (présence de quelques élèves).

Nous pensons donc qu'il serait judicieux et pertinent de prendre en compte l'aire d'absorption équivalente des personnes.

- ✓ Nouvelle durée de réverbération

Avant de calculer la nouvelle durée de réverbération, suite au traitement du plafond, nous allons tenter de déterminer le coefficient d'absorption de celui-ci (non fourni par l'énoncé) :

Supposons une absorption équivalente (de coefficient acoustique α) identique pour toutes les parois de la salle, d'après la formule de Sabine (on suppose le champ diffus et l'absorption assez faible) :

$$T_R = 0,16 \frac{V}{A} = 0,16 \frac{V}{\alpha \cdot S} \Rightarrow \alpha = 0,16 \frac{V}{S \cdot T_R}$$

Ensuite, une fois le coefficient α déterminé par bandes d'octave, nous pouvons calculer la nouvelle durée de réverbération après le traitement par la formule :

$$T_{R_{\text{traitement}}} = 0,16 \frac{V}{A - \alpha \cdot S_{\text{plafond}} + \alpha \cdot S_{\text{plafond}} + A_{\text{élèves}}}$$

Les résultats sont fournis dans le tableau suivant :

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Tr estimée du local (s)	2,4	2,2	1,9	1,9	1,7	1,6
Coeff d'absorption du matériau α_s	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
Coeff d'absorption de la salle α	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09
Tr du local (s) (sans élèves)	1,31	1,27	0,92	0,92	0,73	0,61
Tr du local (s) (30 élèves)	1,10	1,07	0,81	0,81	0,66	0,56

L'arrêté du 25 Avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement, fixe, d'après l'article 5, comme seuil T_R (moyenne arithmétique des T_R dans les intervalles d'octave centrés en 500Hz, 1000Hz et 2000Hz) pour le local meublé et **non occupé** (donc sans élèves) :

$$T_R \leq 0,15 \cdot \sqrt[3]{V} \text{ pour } V > 512 \text{ m}^3$$

Ce qui donne : $T_R \leq 1,3s$ pour $V=625\text{m}^3$.

$$\text{Nous avons bien : } T_R = \frac{T_{R_{500\text{Hz}}} + T_{R_{1000\text{Hz}}} + T_{R_{2000\text{Hz}}}}{3} = \frac{0,92 + 0,92 + 0,73}{3} = 0,9s \leq 1,3s$$

Donc **la réglementation est bien respectée.**

Ce traitement ne semble pas être optimisé en fréquence : il permet bien de respecter la réglementation par contre le coefficient α_s reste très faible pour les basses fréquences (125-250Hz), justement celles où le T_R est très élevé, et qui correspond aux bruits routier ou aux bruits de machines dans l'atelier.

✓ Niveau de pression acoustique à 1m de la machine

Pour connaître le niveau de pression acoustique dans le local lorsqu'un équipement est en état de fonctionnement, on utilise la formule du cours :

$$Lp = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

Avec ici r = distance à la source = 1m, $Q=1$ pour une source omnidirectionnelle, et

$$A = A_{\text{local après traitement}} = \alpha \cdot S - \alpha_s \cdot S_{\text{plafond}} + \alpha_s \cdot S_{\text{plafond}}$$

Nous trouvons les valeurs suivantes :

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Lw machine (dB)	74	76	78	78	77	76
Pondération A (dB(A))	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1
Aire d'absorption A (m2)	76,23	78,62	108,14	108,14	137,04	164,35
Lp (dB)	65	67	69	69	67	66
Lp (dB(A))	49	59	65	69	69	67

Puis nous pouvons déterminer le Lp_{global} à 1m par la formule : $Lp_{global} = 10 \log \left(\sum_i 10^{\frac{Lp_i}{10}} \right)$

Nous trouvons $Lp_{global} = 74$ dB(A) ce qui est un niveau de bruit très élevé pour des élèves (équivalent au bruit d'un train) mais qui est absolument normal pour un atelier machine. **Le niveau semble tout à fait acceptable et supportable** (à fortiori si la machine ne fonctionne pas en continu lors de la journée), d'après des seuils que nous avons trouvés dans la littérature¹ sur internet :

Niveau de pression acoustique continu équivalent en dB(A)	85 dB(A)	91 dB(A)	100 dB(A)	112 dB(A)
Durée journalière d'exposition équivalente à une exposition de 85 dB	8 heures	2 heures	15 minutes	1 minute

Tab. 2.3 – Exposition à des sons continus.

3) PARTIE III : TRANSPARENCE ACOUSTIQUE DU MUR SEPARATEUR LOCAL/PIECE ATTENANTE

✓ Nous avons pour indice de transmission acoustique $R = 10 \log(1/\tau)$

où $\tau = I_t / I_i$ = facteur de transmission avec I_t (resp. I_i) l'intensité transmise (resp. incidente).

En considérant que le mur séparateur a pour surface $S_{paroi} = 12 \times 2,5 = 30m^2$, et que ce mur se comporte comme une source de puissance $S_{paroi} \cdot I_t$, on obtient selon la démonstration du cours :

$$Lp^E - Lp^R = R + 10 \log \left(\frac{A^R}{S_{paroi}} \right) \text{ où } A^R \text{ est l'aire d'absorption équivalente de la pièce}$$

attenante, Lp^E / Lp^R le niveau acoustique dans le local/pièce attenante. L'aire équivalente A^R est obtenue par la formule de Sabine :

¹ Notes du Cours Acoustique, Denis DUHAMEL, 20 Mars 2013

$$T_R = 0,16 \frac{V}{A} \Rightarrow A = 0,16 \frac{V}{T_R} \text{ avec } V = V_{\text{pièce attenante}} = 12 \times 4 \times 2,5 = 120 \text{m}^3$$

Le niveau acoustique Lp^E est obtenu par la formule $Lp = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$ où l'on ne gardera que le terme de champ diffus (et on négligera le terme de champ direct) :

$$Lp^E = L_w + 10 \log \left(\frac{4}{A^E} \right) \text{ avec } A^E \text{ considéré après le traitement acoustique.}$$

$$Lp^R = Lp^E - R - 10 \log \left(\frac{A^R}{S_{\text{paroi}}} \right)$$

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Tr de la pièce attenante (s)	1,4	1,3	1,1	1,1	1	0,9
Indice d'affaiblissement du mur séparateur en champ diffus (dB)	40	44	50	52	56	56
Aire d'absorption A^E (m ²)	76,23	78,62	108,14	108,14	137,04	164,35
Aire d'absorption A^R (m ²)	13,71	14,77	17,45	17,45	19,20	21,33
Lp^E (dB)	61	63	64	64	62	60
Lp^R (dB)	25	22	16	14	8	5
Lp^R (dB(A))	8	14	13	14	9	6

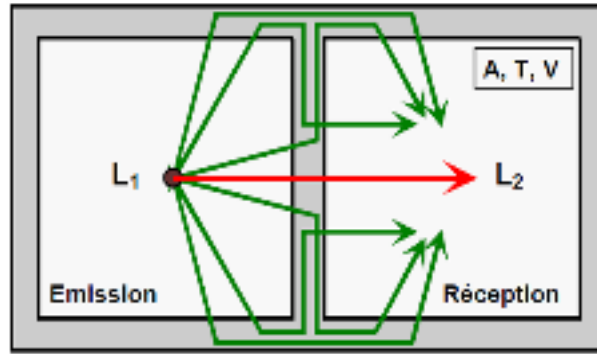
Puis nous pouvons déterminer le Lp^R_{global} par la formule : $Lp^R_{\text{global}} = 10 \log \left(\sum_i 10^{\frac{Lp_i}{10}} \right)$

Et obtenons $Lp^R_{\text{global}} = 19 \text{ dB(A)}$

Ce niveau est très faible (équivalent à un léger bruissement) est bien évidemment acceptable.

✓ Type de transmission

Nous avons pris en compte uniquement les transmissions directes (car à la différence de l'isolement acoustique, la grandeur R caractérise une paroi, indépendamment des transmissions indirectes).



Transmissions directes en rouge et indirectes en vert sur la figure

Nous pouvons améliorer le calcul prévisionnel du niveau de pression acoustique dans la pièce attenante en le déterminant à partir de l'isolement acoustique Db (plutôt que l'indice d'affaiblissement R) qui tient compte des transmissions directes mais aussi des transmissions indirectes (qui peuvent se révéler importantes dans le cas présent d'après la géométrie des bâtiments).

Pour calculer l'isolement normalisé D_n entre ces 2 locaux, on peut utiliser la formule :

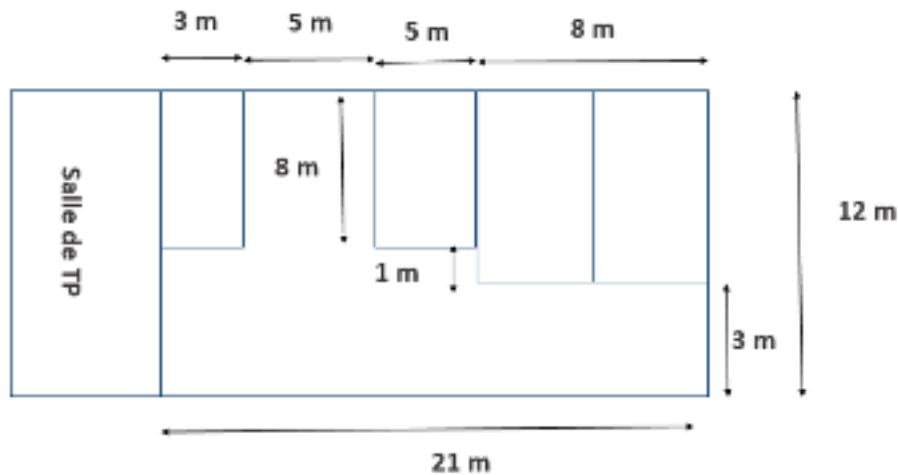
$$D_n = Lp^E - Lp^R + 10 \log \left(\frac{T_R^{Réception}}{0,5} \right)$$

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
D_n (dB)	41	45	51	53	57	57

Cependant cette formule est inexacte dans le sens où Lp^R ne tient pas compte des transmissions indirectes. Le seul moyen d'obtenir l'isolement normalisé réel D_n serait d'effectuer des mesures sur place afin d'avoir les niveaux acoustiques qui tiennent compte de toutes les transmissions.

4) PARTIE IV : ETUDE DES CIRCULATIONS COMMUNES ET HALLS

Pour déterminer l'aire équivalente des circulations communes et halls, nous avons estimé certaines des dimensions ci-dessous :



Nous trouvons alors les surfaces suivantes :

$$S_{sol} = (3 \times 21) + (1 \times 13) + (5 \times 8) = 116 m^2$$

$$S_{plafond} = S_{sol} = 116 m^2$$

$$S_{murs} = (8 + 5 + 8 + 5 + 1 + 8 + 3 + 21 + 4 + 3) \times 2,5 = 165 m^2$$

Le volume de cette zone est égal à :

$$V_{halls+circulationsol} = 116 \times 2,5 = 290 m^3$$

Nous pouvons déterminer T_R grâce à la formule de Sabine :

$$T_R = 0,16 \frac{V}{A} = 0,16 \frac{V}{\alpha_{beton} S_{sol} + \alpha_{enduit} S_{murs+plafond} - \alpha_{enduit} S_{vitrage} + \alpha_{vitrage} S_{vitrage}}$$

Nous avons considéré que le béton + dallage plastique est appliqué sur le sol uniquement et que l'enduit plâtre peint est appliqué partout ailleurs hors vitrages.

Les résultats figurent sur le tableau ci-dessous :

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Béton + dallage plastique α_s	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Enduit plâtre peint α_s	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Vitrage (24.3 m ²) α_s	0,34	0,25	0,18	0,13	0,07	0,02
T_R du halls + circulation (s)	3,87	4,73	4,35	4,91	5,80	6,84

Dans l'article 5, le seuil T_R (moyenne arithmétique des T_R dans les intervalles d'octave centrés en 500Hz, 1000Hz et 2000Hz) pour le hall et circulations accessibles aux élèves est :

$$T_R \leq 1,2s \text{ pour } 512 m^3 < V \leq 512 m^3$$

$$\text{Nous avons : } T_R = \frac{T_{R_{500\text{Hz}}} + T_{R_{1000\text{Hz}}} + T_{R_{2000\text{Hz}}}}{3} = \frac{4,35 + 4,91 + 5,80}{3} = 5,02s > 1,2s$$

Donc la réglementation n'est pas respectée.

Nous avons pensé au départ modifier le type de béton qui a un trop faible coefficient d'absorption, mais l'établissement étant destiné à accueillir du public, il serait peut-être difficile d'avoir un matériau répondant aux exigences ERP et avec de bonnes propriétés acoustique (type béton cellulaire, alvéolé ou perforé). Nous proposons donc d'améliorer le vitrage et de coller sur les murs et plafonds des plaques de fibres agglomérées de 25mm (non posée à distance du mur pour éviter les pertes de surface et de résistance mécanique). Nous proposons également d'y revêtir du plâtre perforé.

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Béton + dallage plastique α_s	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
fibres agglomérées de 25mm collées α_s	0,03	0,04	0,21	0,55	0,72	0,82
Vitrage (24.3 m ²) α_s	0,40	0,28	0,20	0,17	0,15	0,12
Tr du halls + circulation (s)	2,68	2,54	0,77	0,32	0,24	0,22

Ce traitement, comme nous le voyons sur le tableau ci-dessus permet de rentrer largement dans le cadre de la réglementation.

Cependant, nous proposerions également de rajouter une couche épaisse de laine minérale (au moins 20mm au-dessus du plafond) ainsi qu'un plenum de 300mm si possible. Ceci permettrait d'améliorer considérablement l'absorption acoustique des locaux (que ce soit pour les basses ou hautes fréquences).