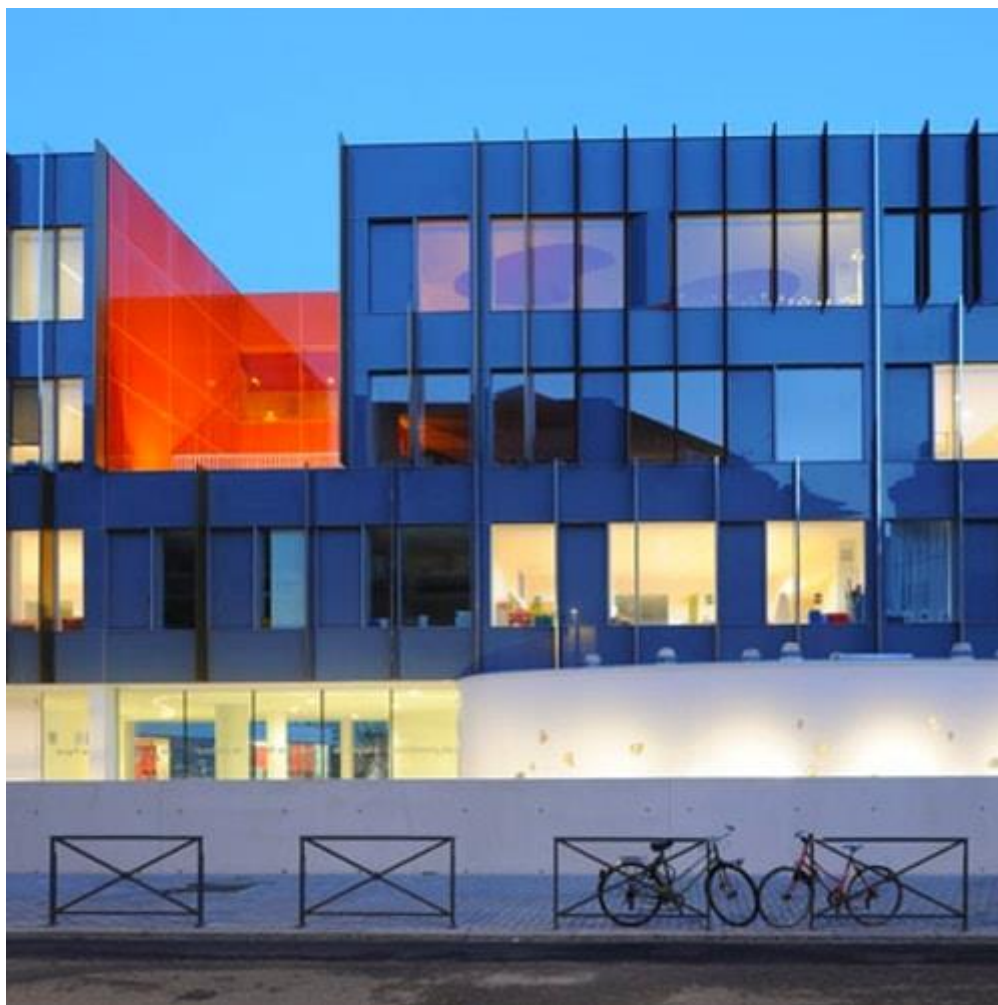


Année 2019

RESTRUCTURATION ET MISE EN SÉCURITÉ DU GROUPE SCOLAIRE SAINT JEAN À STRASBOURG



CASSAR Lauriane - DERRIEN Aymeric - DROUOT Aristide - FABRE Valentin

Sommaire

Introduction.....	3
Présentation du bureau d'étude.....	5
Qualité de l'air et ventilation.....	6
Confort acoustique.....	10
Confort lumineux.....	14
Risques de qualité de l'eau, de présence de plomb, de radon et d'amiante.....	17
Confort hygrothermique.....	21
Préconisations.....	25
Bibliographie.....	27

Introduction

L'école maternelle et primaire Saint Jean de Strasbourg est un bâtiment des années 60 souffrant de son architecture triste et fade, ne laissant pas entrer la lumière extérieure, de ses bâtiments vieillissants, de la température de ses salles de cours souvent trop élevée, ne donnant pas envie aux enfants, enseignants et personnels d'y travailler.

C'est pourquoi l'école nécessite une rénovation qui permettrait d'amener des espaces plus accueillants, contrastant avec l'architecture peu attrayante de l'existant, d'apporter de l'innovation afin d'améliorer la qualité de vie et d'apprentissage au sein des locaux et, enfin, de mettre à jour le bâtiment avec les nombreuses réglementations.



Figure : photo de la cour de récréation après projet de rénovation

En tant que bureau d'étude, notre objectif est d'évaluer si les solutions préconisées dans le projet de rénovation de l'école Saint Jean permettront de palier aux différents problèmes rencontrés en termes de :

- respect de la réglementation sur la qualité de l'air ;
- confort acoustique ;
- confort lumineux ;
- respect de la réglementation sur les risques d'exposition à l'amiante, au radon, au plomb et à la qualité de l'eau ;
- confort hygrothermique.

Une mission supplémentaire est la recherche de nouvelles propositions hygrothermiques afin d'améliorer le projet de rénovation, d'augmenter l'attractivité du lieu et régler certains problèmes non perçus ou non résolus jusqu'à présent. Finalement, la dernière de nos tâches est d'évaluer les coûts engendrés par la prise en compte de nos propositions.

Les différentes colonnes des tableaux sont intuitives. Cependant, afin d'évaluer si cette école correspond ou non aux exigences réglementaires, nous avons pris comme indicateurs d'évaluation A, B, C ou D définis comme ce qui suit :

A : très bon respect des valeurs réglementaires, ne nécessite pas d'améliorations ;
B : respect des valeurs réglementaires, peut être amélioré mais pas nécessaire ;
C : ne respecte pas les valeurs réglementaires, nécessite d'être amélioré ;
D : ne respecte pas du tout les valeurs réglementaires, nécessite d'être amélioré et pris au sérieux dès maintenant.

Cette grille d'évaluation va permettre à notre bureau d'étude de déterminer les écoles les plus agréables au niveau de tous les types de bien être.

De plus, afin de vérifier le respect ou non des valeurs réglementaires, nous allons évaluer diverses mesures au sein d'une classe primaire et d'une classe maternelle pour contrôler une salle de classe de chaque école et enfin nous évaluerons une salle de restauration pour avoir un espace de vie commun. Sachant que ces zones sont les plus fréquentées par les enfants, elles doivent être prioritairement suivies.

Le code couleur est le suivant :

- classe maternelle: **bleu** ;
- classe primaire: **magenta** ;
- salle de restauration: **rose**.

Présentation du bureau d'étude

Bureau d'étude et de conseil en ingénierie de la santé dans les bâtiments publics ou privés.

La structure comporte des experts tous spécialisés dans les thématiques liées à la santé au sein du bâtiment.

L'activité du cabinet s'exerce sous la forme d'une SARL (société à responsabilité limitée).

Le **siège social** se situe au 4, rue Jarente, 69002, Lyon.

L'activité de notre bureau d'experts s'exerce sur l'ensemble du territoire national. Son implantation lyonnaise est justifiée par cette dispersion géographique de l'activité.

L'effectif est composé de 4 personnes, vos principaux interlocuteurs seront les suivants : Lauriane Cassar, Aymeric Derrien, Aristide Drouot, Valentin Fabre.

Qualité de l'air et ventilation

Depuis une vingtaine d'années, des études ont démontré que l'exposition à des polluants impactant la qualité de l'air intérieur pourrait entraîner des effets à court terme ainsi qu'à long terme, principalement pour de jeunes enfants. Une école doit être irréprochable pour les enfants qui respirent presque 6 000 litres d'air par jour dans ces locaux. Différentes natures de polluants peuvent être présentes dans l'école St Jean à Strasbourg. Les polluants peuvent être des gaz organiques ou inorganiques, des gaz radioactifs ou encore des micro-organismes. De la même manière, les sources peuvent être multiples : ameublement, stockage de déchets, produits d'entretiens, sols contaminés, peintures, isolants... Nous avons donc décidé, grâce à notre expertise dans ce domaine, de sélectionner uniquement quelques indicateurs de qualité de l'air et ventilation au sein de l'école.

Les critères étant nombreux, nous avons gardé les indicateurs pouvant avoir des impacts plus importants sur les enfants (troubles neurologiques, maladies cardiovasculaires, etc..) ainsi qu'en fonction du [Centre International de Recherche sur le Cancer \(CIRC\)](#) qui classe les agents polluants par groupes en fonction de leur probabilité de cancérogénicité ainsi qu'en fonction du classement de l'[Union Européenne](#) qui classe en deux catégories les agents polluants.

De plus, un [nouveau plan réglementaire entre 2018-2023](#) a été mis en place concernant la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux accueillant des enfants avec comme dispositif :

- l'évaluation obligatoire de l'aération de l'établissement ;
- une campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur ;
- un plan d'actions réalisé à partir d'un bilan des pratiques observées dans l'établissement.

Effectivement, avant que vous nous posiez la question, ce dossier réalisé fera parti de l'évaluation obligatoire de l'école St Jean.

Formaldéhyde : Ces effets sont plus conséquents chez les enfants. 260 d'entre eux vivent une majorité de leur temps dans ces locaux. Puisque leur cerveau se développe jusqu'à 12 ans, c'est-à-dire au moins jusqu'à la fin du cycle de l'école primaire, les effets néfastes sont à limiter au maximum. Parmi eux, on compte la perte de mémoire, le manque de concentration ainsi que des irritations au niveau des yeux, du nez et de la gorge. De plus, cet agent polluant est classé groupe 1 au [CIRC](#) (cancers des voies respiratoires supérieures, cancer du cerveau..), d'où sa présence dans la grille ci-dessous. Ces agents peuvent être présents dans des matériaux de construction utilisés pour la réhabilitation, ce qui a été le cas pour votre école.

Indicateur	Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)
A	<30 $\mu\text{g}/\text{m}^2$
B	Entre 30 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^2$
C	Entre 30 et 40 $\mu\text{g}/\text{m}^2$
D	>40 $\mu\text{g}/\text{m}^2$

Ventilation : Les raisons de ventiler ce bâtiment sont multiples mais dans une école c'est principalement pour apporter de l'air neuf et du confort respiratoire (et bien évidemment pour éliminer le gaz carbonique, la vapeur d'eau dégagée, les odeurs...). [Le code du travail \(article R.4222 - 6\)](#) fixe les débits minimaux d'air neuf par occupant. Cependant, les écoles n'étant pas soumises au code du travail, les valeurs de débit "normal" d'air neuf à respecter sont fixées par [l'article 64 du Règlement sanitaire départemental](#).

Indicateur	Ventilation
A	<15 m ³ /h/personne
B	compris entre 15 et 22m ³ /h/personne
C	>22m ³ /h/personne
D	>25m ³ /h/personne

Monoxyde de Carbone : Il est classé dans la catégorie 1 des substances toxiques pour la reproduction (UE). Il est soumis à [l'arrêté du 23 juin 1978](#) relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, de bureaux ou recevant du public. Ces effets sont de deux types:

- Intoxication légère : maux de tête, fatigue, évanouissement, nausée, vomissement ;
- Intoxication grave : paralysie musculaire, décès.

Etant donné que nous sommes dans le cadre scolaire, nous prenons les valeurs guides pour une durée d'exposition de plus de 8h (une journée d'école classique).

Indicateur	Monoxyde de carbone
A	10mg/m ³
B	compris entre 10 et 20 mg/m ³
C	compris entre 20 et 50 mg/m ³
D	>50 mg/m ³

Moisissures : Dans un bâtiment datant des années 1960, la moisissure peut être présente à cause des éléments nutritifs comme le papier peint ou le bois. De plus, la température étant souvent élevée dans les écoles primaires afin de satisfaire le confort thermique des élèves, le développement de moisissures peut être rapide.

Indicateur	Moisissures
A	absence de moisissures
B	facteurs favorisant la moisissures réunis mais pas présence de celle-ci
C	présence de moisissures dans les pièces fréquentés
D	présence de moisissures dans les pièces fréquentés et dans les sanitaires

CO₂ : Naturellement présent dans l'atmosphère, sa concentration dans l'air intérieur est liée à l'occupation du bâtiment mais également au renouvellement d'air. C'est donc un bon indicateur de confinement de l'air. C'est pourquoi le dioxyde de carbone est un critère qui fonde la réglementation d'aération des locaux.

Indicateur	CO ₂
A	compris entre 1000 et 1500 ppm
B	compris entre 1500 et 2000 ppm
C	compris entre 2000 et 2500 ppm
D	>2500 ppm

Indicateurs	Risques	Valeurs réglementaires	Valeurs relatives à l'école St Jean	Indicateurs d'évaluations
CO ₂	-Fréquence respiratoire qui s'accélère -Troubles visuels -Tremblements et sueurs	Entre 1000 et 1500 ppm	Taux de concentration maximum: C _{CO2} =1071ppm C _{CO2} =1276ppm	Les deux respectent les valeurs réglementaires donc Salle maternelle : A Restaurant : A
Formaldéhyde	-Irritations (yeux, nez, gorge) - Démangeaisons et éternuements) -Perte de mémoire et manque de concentration	Valeur à respecter de manière répétée et continue toute la journée : 100µg/m ³	Dans l'avant projet définitif (APD), il est écrit que dans les matériaux utilisés il y aura une "faible ou absence de charge polluante : émissions de formaldéhyde, COV essentiellement.."	-
Moisissures	-Irritations -Allergies (rhinites, bronchites) -Infections (aspergillose pulmonaires)	Facteurs physiques de développement : -Température (de 20 à 25°) -Taux d'humidité (au delà de 65%)	Pour les salles de classe et le restaurant, les températures sont stables autour de 20° Taux d'humidité maximum: 55% 42%	Température dans la tranche basse et humidité bien inférieure à 65%. Restaurant : A

		-Éléments nutritifs (bois..)		Salle élémentaire : A
Monoxyde de Carbone	-Gaz asphyxiant qui se substitue à l'oxygène transporté par voie sanguine (décès)	Exposition de longue durée (une journée environ) : 10 mg/m ³	Non fournies	-
Ventilation	-Problèmes respiratoires -Intoxication au monoxyde carbone	Dans des écoles maternelles et primaires : 15 m ³ /h/personne	Débits de ventilations : Q=2820 m ³ /h/classe avec 130 élèves soit 22 m ³ /h//élève Q=450 m ³ /h/classe avec 31 élèves soit 14,5 par élève De même pour classe primaire et maternelle. Mêmes données.	Restaurant :C (pour des lycéens ou universitaires, la valeur est de 18 m ³ /h par élève, pour des bureaux c'est environ 25 m ³ /h par personne). 22 m ³ /h par élève n'est pas si important puisque le temps dans le self est court. Salle maternelle : A Salle élémentaire :A

Les données fournies dans les documents que nous avons pu consulter ne permettent pas de faire une analyse exhaustive de cette école primaire. Cette école n'a pas de réels soucis quant à sa qualité de l'air.

Cependant, quelques mesures supplémentaires devraient être réalisées, particulièrement pour le formaldéhyde, ainsi que pour d'autres composés organiques volatils (COV), c'est-à-dire tous les composés organiques découlant des activités humaines. Il serait intéressant de mettre en place un contrôle régulier des différents polluants de l'air intérieur ainsi que de s'assurer d'un entretien trimestriel des espaces verts afin de limiter la diffusion des allergènes.

Concernant la ventilation, il paraîtrait également important d'installer une nouvelle source de ventilation dans la salle de restauration afin de respecter les valeurs réglementaires de renouvellement d'air dans une école primaire.

Confort acoustique

La vulnérabilité du système auditif des jeunes enfants implique une prise en compte particulièrement importante du confort acoustique dans les bâtiments dans lesquels les élèves vont passer une majorité de leur temps. Une exposition trop importante au bruit dès le plus jeune âge conduit à des troubles psychosociaux ainsi que des risques de pertes auditives, notamment en milieu urbain où les seuils auditifs sont amplifiés. La gêne sonore doit ainsi être limitée dans les différentes salles dans lesquelles les enfants vont évoluer.

Que ce soit dans une salle de classe, une salle de restauration ou un gymnase, un traitement acoustique est nécessaire afin d'éviter des gênes occasionnés tels que de l'excitation, de la fatigue, un manque de compréhension et un retard scolaire chez les enfants mais aussi une grande fatigue, des extinctions de voix, un sentiment de mal être ou de l'absentéisme chez les professeurs.

En acoustique des salles, cinq paramètres majeurs sont à prendre en compte et à mesurer afin de garantir un confort sonore aux utilisateurs.

Les deux premiers sont liés à l'isolement acoustique. D'une part, l'isolement vis-à-vis des autres locaux, mesuré par la valeur de l'isolement acoustique standardisé pondéré et, d'autre part, l'isolement vis-à-vis de l'extérieur, pris en compte par la valeur de l'isolement acoustique standardisé pondéré de trafic. Le troisième est lié aux bruits de chocs qui peuvent être dus notamment à des bruits de pas ou de chaises. C'est le niveau de pression du bruit de choc standardisé qui est mesuré à l'aide d'une machine à chocs. Le quatrième est la prise en compte de la réverbération des salles, mesurée par le temps de réverbération T_r global sur l'ensemble des fréquences. Enfin, le niveau de bruit des équipements est mesuré par le biais du niveau de pression acoustique normalisée.

Isolement acoustique standardisé pondéré entre locaux : Une isolation insuffisante vis-à-vis des autres locaux entourant une salle peut se traduire par un bruit ambiant important ou des masques à l'intelligibilité, d'où l'importance d'utiliser des matériaux avec un bon coefficient d'isolement entre les différents locaux.

Indicateur	Isolement acoustique standardisé pondéré entre locaux (dB)
A	$\geq \text{rég} + 4\text{dB}$
B	$\geq \text{rég} + 2\text{dB}$
C	$\geq \text{rég}$
D	$< \text{rég}$

Isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits de l'espace extérieur : Dans les zones urbaines ou les zones où le trafic est intense (routier, ferroviaire ou aérien), une isolation insuffisante vis-à-vis de l'extérieur peut conduire à un masquage des conversations à cause du bruit ambiant trop élevé. Il est donc favorable de privilégier des matériaux avec un bon coefficient d'isolement pour les parois donnant sur l'extérieur.

Indicateur	Isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits extérieurs (dB)
A	≥35 dB
B	≥32 dB
C	≥30 dB
D	<30 dB

Niveau de pression pondéré du bruit de chocs standardisés : Des chocs dans des salles adjacentes peuvent entraîner une hausse du niveau de bruit ambiant dans la salle et ainsi conduire à de l'agitation et à un manque d'attention. Il est donc nécessaire de veiller à réduire le niveau de bruit de chocs en utilisant des matériaux au sol adéquats.

Indicateur	Niveau de pression pondéré du bruit de chocs standardisés (dB)
A	≤55 dB
B	≤57dB
C	≤60 dB
D	>60 dB

Durée de réverbération : Une réverbération trop importante peut conduire à une mauvaise intelligibilité, d'où la nécessité de traiter acoustiquement les salles en habillant les parois de matériaux absorbants dans les positions stratégiques.

Indicateur	Durée de réverbération (s)
A	$0.4 \leq Tr \leq 0.8s$
B	-
C	-
D	$Tr < 0.4s$ ou $0.8s < Tr$

Niveau de pression acoustique normalisé engendré par un équipement : Le niveau de bruit de fond d'une salle est majoritairement affecté par les équipements présents à l'intérieur (vidéoprojecteur, ventilation, frigos...). Il est donc nécessaire d'investir dans des équipements peu bruyant afin d'éviter des gênes d'audibilité.

Indicateur	Niveau de pression acoustique normalisé d'un équipement (dB(A))
A	≤33 dB(A) (continu)/38 dB(A) (intermittent)
B	≤35 dB(A) (continu)/40 dB(A) (intermittent)
C	≤38 dB(A) (continu)/43 dB(A) (intermittent)

D

>38 dB(A) (continu)/43 dB(A) (intermittent)

Ces cinq paramètres définis ci-dessus vont servir de critères pour évaluer la performance acoustique du bâtiment considéré. Afin de les évaluer, les valeurs mesurées seront comparées aux valeurs recommandées par le [Guide du Conseil National du Bruit \(CNB\)](#) qui prend en compte l'ensemble des réglementations existantes au 1^{er} novembre 2017, notamment l'[arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement](#).

Indicateurs	Risques	Valeurs réglementaires	Valeurs relatives à l'école St Jean	Indicateurs d'évaluations
Isolement acoustique standardisé pondéré entre locaux	-Gênes occasionnées par des conversations -Manque de confidentialité	>43 dB entre 2 locaux >53 dB une salle de restauration ou salle de sport et un local d'enseignement	Non fournies	-
Isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits de l'espace extérieur	-Gênes occasionnées par des bruits de trafic -Pertes de concentration	>30 dB	Non fournies	-
Niveau de pression pondéré du bruit de chocs standardisés	-Gênes occasionnées par des bruits de pas ou des chaises qui raclent le sol	<45 dB pour les salles de sport <60 dB pour les autres salles	Non fournies	-
Durée de réverbération	-Mauvaise intelligibilité -Inégale réception selon la position dans la salle	0.4<Tr<0.8s pour une salle de volume <250m ³	Salles maternelle : 0.42<Tr<0.48s Salles de restauration : 0.75<Tr<1s	Salles maternelle : A Salles de classe élémentaire : - Salles de restauration : D
Niveau de pression acoustique normalisé engendré par	-Pertes de concentration -Intelligibilité insuffisante	38 dB(A) pour un fonctionnement continu	Salles de classe : 32<Lp<35dB(A)	Salles maternelle : A

un équipement		43 dB(A) pour un fonctionnement intermittent	Salles de restauration : $31 < L_p < 41.5 \text{ dB(A)}$	Salles de classe élémentaire : - Salles de restauration : C
---------------	--	----------------------------------------------	----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

En se focalisant sur les critères où des valeurs ont été mesurées, nous remarquons que seule une des salles de restauration ne respecte pas les critères à la fois sur le niveau de pression acoustique normalisé engendré par un équipement et sur la durée de réverbération. En effet, dans cette salle se trouve une cuisine ouverte donc les équipements produisent un bruit continu trop important et il n'y a pas assez de matériaux absorbants. Il serait alors envisageable d'y remédier en optant pour une salle de restauration séparée de la cuisine. Il est possible d'installer des panneaux absorbants entre la salle de restauration et la cuisine par exemple.

Confort lumineux

Afin d'assurer un bien-être au niveau de l'éclairage, il faut qu'il soit adapté aux activités présentes dans l'école. Cela est donc propre à chaque salle de l'école, que ce soit des bureaux, gymnase, restaurant, couloir, hall. De plus, cette école est utilisée par de jeunes élèves (maternelle et primaire), impliquant donc une vigilance particulière. En effet, la vue joue un rôle essentiel dans le développement psychomoteur et affectif dans l'acquisition des compétences cognitives. Pour assurer un maximum de confort et de sécurité, six critères sont recommandés : l'absence d'éblouissement, un éclairage suffisant et uniforme, l'absence de réflexions et d'ombres ainsi que le rendu de couleurs. Pour cela nous en avons choisi cinq, détaillés ci-dessous, pour évaluer cette école.

Facteur lumière jour minimum : Il s'agit du rapport de l'éclairage naturel intérieur reçu en un point (généralement un bureau ou le niveau du sol) à l'éclairage extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il est exprimé en %. Il permet de savoir si le bâtiment est éclairé avec un fort apport en lumière du jour, dans le cas contraire les élèves seront soumis à une forte exposition à la lumière artificielle et cela dérègle leur horloge biologique.

Indicateur	Facteur lumière jour minimal (%)
A	FLJ>2% → local très clair Éclairage naturel très abondant
B	1,5≤FLJ≤2% → local clair Éclairage naturel abondant
C	1≤FLJ<1,5% → local peu clair à sombre Éclairage naturel faible
D	<1% → local très sombre Éclairage naturel insuffisant

Eclairage : Un éclairage suffisant a été mis en place sur les lieux de travail afin que les travailleurs ne se fatiguent pas les yeux et qu'il n'y ait pas de zones d'ombre. Il s'exprime en lux.

Indicateur	Éclairage (lux)
A	300≤E≤500 pour bureau 100≤E≤200 pour hall et sanitaires
B	200≤E<300 ou 500<E≤600 pour bureau 66≤E<100 ou 200<E≤250 pour hall et sanitaires
C	100≤E<200 ou 600<E≤700 pour bureau 33≤E<66 ou 250<E≤300 pour hall et sanitaires
D	E<100 ou E>700 pour bureau E<33 ou E>300 pour hall et sanitaires

Indice de rendu des couleurs : Ce critère (IRC) permet de savoir si la source de lumière de la pièce restitue fidèlement les couleurs d'un objet. Cela permet aux usagers d'être au plus proche visuellement de la couleur naturelle des objets aux alentours. Travaillant dans un milieu scolaire et avec des enfants très jeunes, la distinction des couleurs est primordiale pour toutes les activités et travaux pratiques. L'IRC est donc très important. Il est compris entre 1 et 100, on recommande une valeur supérieure à 80.

Indicateur	IRC
A	IRC > 80
B	55 ≤ IRC ≤ 80
C	30 ≤ IRC < 55
D	IRC < 30

Taux d'éblouissement d'inconfort : Cette valeur physique Unified glare rating (UGR) ou taux d'éblouissement d'inconfort permet de mesurer le taux d'éblouissement produit par la luminosité. Le niveau de bien-être et de productivité dépendent de l'UGR et il est recommandé d'avoir une valeur autour de 19 sur des lieux de travail (bureau). En effet, l'éblouissement diminue les fonctions visuelles durant une durée plus ou moins longue selon les individus et leur âge.

Indicateur	UGR
A	17 ≤ UGR ≤ 22
B	12 ≤ UGR < 17 ou 22 < UGR ≤ 25
C	6 ≤ UGR < 12 ou 25 < UGR ≤ 28
D	6 < UGR ou UGR > 28

Ces trois derniers critères sont déterminés par la [NF EN 12464-1](#) et [ISO 8995/CIE 8008](#) qui recommandent les valeurs à prendre en compte.

Contraste : Le contraste, calculé comme suit : $C = (L_{\text{objet}} - L_{\text{fond}}) / L_{\text{fond}}$, est défini par la loi de Weber-Fechner. Il caractérise la différence entre les parties claires et sombres d'un objet.

Indicateurs	Risques	Valeurs réglementaires	Valeurs relatives à l'école St Jean	Indicateurs d'évaluations
FLJ mini	-Maux de tête -Dérèglement horloge	>2% → local très clair	Salle maternelle : 1,4% SE	Salle maternelle : B

			Salle élémentaire : 1,7% NO Restaurant : 1,2%	Salle élémentaire : A Restaurant : B
Éclairage suffisant	-Fatigue des yeux	Entre 300 et 500 lux pour bureau Entre 100 et 200 lux pour hall et sanitaires	Salle maternelle : 300 lux Salle élémentaire : 300 lux Restaurant : 300 lux	Salle maternelle : A Salle élémentaire : A Restaurant : A
Indice de rendu des couleurs (IRC)	-Mauvaises habitudes aux couleurs	>80	Non fournies	-
Unified glare rating ou taux d'éblouissement d'inconfort (UGR)	-Éblouissement	Entre 17 et 22	Non fournies	-
Contraste $C = (L_{objet} - L_{fond}) / L_{fond}$	-Fatigue des yeux	Non fournies	Non fournies	-

En somme, l'école est plutôt bonne au niveau du confort lumineux. Cependant, certaines données sont manquantes : l'indice de rendu des couleurs, le taux d'éblouissement ou encore le contraste. Il serait alors judicieux de faire ces mesures afin de voir si les résultats sont corrects.

Risques de qualité de l'eau et de la présence de radon, de plomb et d'amiante

En termes de réglementation, il existe des normes permettant d'éviter de prendre des risques dans les bâtiments en cas d'ingurgitation d'eau ou de plomb, et en cas d'inhalation de radon ou d'amiante. Si l'une des normes n'est pas respectées, le risque encouru est de nature importante allant potentiellement jusqu'au décès.

Étant donné que l'on est dans un établissement scolaire contenant de jeunes enfants sensibles à ce qu'ils respirent ou mangent, il est primordial de contrôler la qualité de l'eau, les niveaux de présence du radon, du plomb et de l'amiante.

Potabilité de l'eau de la ville : Étant donné que selon l'endroit, l'eau n'est pas toujours potable, on s'intéresse au réseau d'eau potable au niveau de la ville. Sur le site du ministère des solidarités et de la santé, il est possible d'avoir accès aux résultats du contrôle sanitaire de la qualité de l'eau potable commune par commune permettant de savoir si le bâtiment du projet est desservi par une eau potable se pliant aux exigences de conformités bactériologique et physico-chimique et enfin respectant les références de qualité.

En France, il n'y a pas de réels risques liés à la consommation d'eau. Cependant, un certain nombre d'eaux ne respecte pas la norme de potabilité. Cela représente seulement 2 à 3% des eaux, généralement en milieu rural. Les systèmes immunitaires sensibles des enfants semblent plus facilement touchés, c'est pour cela que nous avons quand même voulu mettre un indicateur permettant de vérifier la potabilité de l'eau de l'école.

Afin d'évaluer l'indicateur, il a été choisi d'attribuer la lettre A si les conformités sont respectées et un D sinon.

Mesure du radon : D'après les évaluations conduites en France par le centre international de recherche sur le cancer, le radon serait la seconde cause de cancer du poumon. Le radon est présent partout : dans l'air, le sol, l'eau. Le risque pour la santé résulte toutefois pour l'essentiel de sa présence dans l'air. Sa concentration est variable d'un lieu à l'autre. C'est pourquoi un indicateur a été choisi afin d'évaluer son taux.

Trouver du radon dans un bâtiment signifie mesurer la concentration en radon dans l'air dans les pièces occupées du bâtiment. Pour cela, on utilise des "dosimètres". On réalise alors une mesure dite "intégrée".

Pour que le résultat soit comparable aux niveaux d'actions réglementaires, il faut que la mesure soit représentative de la valeur moyenne annuelle (intégrée sur au moins deux mois). Le dosimètre est un appareil qui mesure la concentration de radon présente dans la pièce, pendant toute la période où il y a été déposé. Son principe est le même que celui d'un appareil photographique, il permet de reconnaître et de compter les traces des particules alpha du radon. Selon [le décret n°2018-434 du 04 juin 2018](#) portant diverses dispositions en matière nucléaire, dans un bâtiment, le seuil de gestion de la présence de radon est de 300 Bq/m³.

Afin d'évaluer l'indicateur, le choix a été d'attribuer une lettre en fonction de la mesure du taux de radon dans l'air comme dans le tableau suivant :

Indicateur	Mesure du radon (Bq/m ³)
A	<100
B	Entre 100 et 300
C	Entre 300 et 400

D	>400
---	------

Présence d'amiante : Dans le cas d'exposition importante, l'amiante peut conduire à une fibrose pulmonaire : l'asbestose. Le risque d'asbestose et sa gravité dépendent du niveau et de la durée de l'exposition. Le temps de latence est très variable. Il est d'autant plus court que l'exposition à l'amiante a été élevée. Il est généralement compris entre 10 et 20 ans. Il n'y a pas de traitement médical efficace de l'asbestose à ce jour. L'évolution est variable : soit elle reste stable, soit elle peut progresser vers l'insuffisance respiratoire. C'est pour cela qu'un indicateur évaluant le taux de présence d'amiante dans un bâtiment a été choisi.

Sur le plan réglementaire, le [décret n° 96-1133](#) prévoit depuis 1997, l'interdiction de l'amiante et des produits en contenant. De plus, indépendamment des matériaux en place considérés, le niveau d'empoussièrément mesuré par un laboratoire **à l'intérieur des bâtiments ne doit pas dépasser le seuil réglementaire fixé à 5 fibres par litres (f/l)**.

Afin d'évaluer l'indicateur, le choix a été d'attribuer une lettre en fonction de la mesure du niveau d'empoussièrément dans l'air comme dans le tableau suivant :

Indicateur	Niveau d'empoussièrément (f/l)
A	<3
B	Entre 3 et 5
C	Entre 5 et 15
D	>15

À propos de l'école de Strasbourg, un rapport de diagnostic amiante a été réalisé par la société Expert'Home. Il liste les matériaux et produits contenant de l'amiante.

On note la présence d'amiante dans plusieurs locaux : sanitaires et douches au RDC et dans le gymnase au niveau R+1.

Présence de plomb dans les peintures : La [loi d'août 2004](#) relative à la politique de santé publique a consolidé le dispositif de lutte contre le saturnisme. Elle prévoit notamment des mesures générales de prévention. Ces mesures imposent aux propriétaires d'immeubles à usage d'habitation, construits avant le 1er janvier 1949, la réalisation d'un constat de risque d'exposition au plomb (CREP) qui dresse un repérage des revêtements contenant du plomb. Une notice d'information est annexée à ce constat. Elle résume les effets du plomb sur la santé et les précautions à prendre en présence de revêtements contenant du plomb. Le constat est immédiatement transmis au préfet s'il fait apparaître la présence de facteurs de dégradation du bâti. La présence de plomb dans les peintures ne doit pas excéder le seuil de 1mg/cm², au-delà des travaux sont obligatoires.

Le plomb est réputé pour être dangereux notamment pour les enfants puisque 4 400 enfants de 1 à 6 ans sont touchés par le saturnisme en France métropolitaine avec 500 nouveaux cas signalés chaque année. La présence de plomb dans les peintures comporte donc des risques, c'est pour cela qu'un indicateur sur la teneur en plomb dans les peintures a été choisi.

Afin d'évaluer l'indicateur, le choix a été d'attribuer une lettre en fonction de la teneur de plomb dans l'eau comme dans le tableau suivant :

Indicateur	Teneur en plomb dans les peintures (mg/cm ²)
A	<0,8
B	Entre 0,8 et 1
C	Entre 1 et 2
D	>2

Dans le cas de l'école à Strasbourg avant la rénovation, sachant que les peintures au plomb ont été interdites en 1949 et que l'école date des années 60, il ne devrait donc pas y avoir de peinture comportant du plomb dans ce bâtiment. Cependant, le rapport de diagnostic plomb concernant les locaux récemment remis en peinture constate la présence de plomb dans les peintures.

Présence de plomb dans l'eau : L'eau au niveau des captages et en sortie des usines de traitement d'eau potable ne contient généralement pas de plomb. C'est au contact de canalisations en plomb des réseaux de distribution que l'eau se charge progressivement en plomb. De plus, le plomb a été largement utilisé pour la fabrication de canalisations d'eau potable de petit diamètre. Grâce à l'évolution de la réglementation et des pratiques professionnelles, il a cessé d'être employé dans les années 1950 pour les canalisations des réseaux intérieurs dans les bâtiments. Cette source d'intoxication au plomb représente le plus souvent une faible part, mais contribue à l'imprégnation de l'organisme. C'est pour cela que la présence de plomb dans l'eau est un indicateur choisi.

La [directive européenne 98/83 du 3 novembre 1998 transposée dans le code de la santé publique](#) a fixé la teneur maximale en plomb dans l'eau au robinet du consommateur à 10 microgrammes par litre (µg/L) à compter du 25 décembre 2013.

De plus, depuis 1963 ([règlement sanitaire départemental](#)), le plomb et ses alliages ne devaient être utilisés qu'en cas d'absolue nécessité et avec l'accord des autorités sanitaires locales. Dans ce cas, la distribution d'eau des sanitaires de l'école est d'origine et contient des éléments en plomb même si l'école a été construite en 1969.

Afin d'évaluer l'indicateur, le choix a été d'attribuer une lettre en fonction de la teneur de plomb dans l'eau comme dans le tableau suivant :

Indicateur	Teneur en plomb dans l'eau (µg/L)
A	<5
B	Entre 5 et 10
C	Entre 10 et 25
D	>25

Indicateurs	Risques	Valeurs réglementaires	Valeurs relatives à l'école St Jean	Indicateurs d'évaluations
Potabilité de l'eau	-Contamination	Conforme ou non	Strasbourg = Conforme	A
Radon dans l'air	-Cancer du poumon	Seuil = 300 Bq/m ³	Non fournies	-
Niveau d'empoussièrément d'amiante	-Asbestose	Seuil = 5 fibres par litres	Non fournies	-
Plomb dans les peintures	-Trouble de l'apprentissage, problèmes comportementaux, arriération mentale	Seuil = 1mg/cm ²	Non fournies	-
Plomb dans l'eau	-Trouble de l'apprentissage, problèmes comportementaux, arriération mentale	Seuil = 10µg/L	Non fournies	-

Quatres indicateurs sur les cinq sont non fournis dans le dossier concernant l'école. Pour l'amiante le dossier mentionne un Document Technique Amiante (DTA) qui n'est pas disponible. Il serait intéressant d'y avoir accès afin de mieux se rendre compte de la présence de cette matière dans l'établissement. Pour le radon, il n'y a aucune information le concernant. Afin d'avoir une idée de sa présence, une mesure de son taux serait nécessaire. Enfin, la présence de plomb dans l'eau et dans les peintures ne sont pas fournies non plus. Il est simplement mentionné que certaines peintures et certains sanitaires sont encore en plomb. Dans une école avec des jeunes enfants buvant l'eau du robinet et capables notamment d'ingurgiter le plomb des peintures, il serait préférable de repeindre les murs et de contrôler les sanitaires concernés.

Il est par ailleurs utile de mentionner les risques émergents à l'instar de l'émission d'ondes électromagnétiques. Celles-ci doivent être limitées autant que possible à proximité des enfants car leur boîte crânienne est plus fine et leur cerveau en plein développement. Les ondes électromagnétiques sont suspectés dans l'apparition de certaines pathologies donc il convient de limiter l'utilisation de réseaux sans-fil ou de téléphones portables afin de ne pas exposer les jeunes enfants.

Confort hygrothermique

Le confort hygrothermique est l'une des principales caractéristiques qui contribuent à la création d'un environnement propice à l'éducation. Il doit être pris en compte afin de ne pas nuire à l'apprentissage à cause d'un environnement hygrothermique insuffisant. Dans le but de parvenir à créer une atmosphère confortable pour les élèves et le personnel, des facteurs liés aux individus entrent en compte mais ce sont surtout les facteurs liés à l'environnement qui doivent être mesurés et respecter la réglementation.

Température de consigne : Lorsqu'on pense au confort hygrothermique d'une pièce ou d'un logement, la première chose qui nous vient à l'esprit est la température de ce local. Ce critère n'est pas subjectif puisqu'il est caractérisé par une mesure physique qu'est la température présente dans le local. Celle-ci contrôle directement les échanges du corps avec l'environnement par convection et, en plus d'être l'un des principaux facteurs du bilan thermique, une bonne gestion de la température permet de générer de grosses économies d'énergie. Les scientifiques préconisent une température normale dans un bâtiment qui est comprise entre 18 et 20°C. De plus, dans ce cas précis, nous avons affaire à un groupe scolaire maternelle et élémentaire. Une température trop élevée provoquerait une situation d'inconfort ainsi qu'une perte d'attention de la part des élèves alors qu'une trop faible température pourrait rendre malade les enfants qui sont plus sensibles au froid. Pour un apprentissage efficace, la température devra donc être régulée.

D'après le [décret du 19 mars 2007](#) : "Dans les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de bureaux ou recevant du public et dans tout autres locaux, à l'exception de ceux qui sont indiqués aux [articles R. 131-22 et R. 131-23](#), les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation définies à l'article R. 131-20, fixées en moyenne à 19° C :

-pour l'ensemble des pièces d'un logement ;

-pour l'ensemble des locaux affectés à un usage autre que l'habitation et compris dans un même bâtiment."

Indicateur	Température de consigne (°C)
A	$18 \leq T \leq 20$
B	$16 \leq T < 18$ ou $20 < T \leq 22$
C	$14 \leq T < 16$ ou $22 < T \leq 24$
D	$14 < T$ ou $T > 24$

Taux d'humidité relative de l'air : Afin de compléter la mesure de la température, le taux d'humidité relative permet de prendre en compte les sensations liées à l'humidité au sein d'une pièce. En effet, la température ambiante ressentie par les occupants n'est pas la même selon le taux d'humidité présent dans le local étudié. C'est ce que l'on remarque avec les polygones de confort thermique ci-dessous. C'est l'équivalent de ce qu'il se passe entre les différents climats du monde : l'air sec du Sahara qui provoque une déshydratation ou l'air humide dans la forêt Amazonienne qui irrite les voies respiratoires et les yeux (ce sont des exemples extrêmes). L'[article R4542](#) traite du taux d'humidité. Cependant, il existe

seulement des valeurs recommandées entre 40 et 60% même si une humidité relative comprise entre 30 et 70% influence relativement peu les sensations thermiques.

Indicateur	Taux d'humidité relative de l'air (%)
A	$40 \leq \tau \leq 60$
B	$30 \leq \tau < 40$ ou $60 < \tau \leq 70$
C	$20 \leq \tau < 30$ ou $70 < \tau$
D	$\tau < 20$ ou $\tau > 80$

Perméabilité à l'air et taux de renouvellement : Il est important de prendre en compte la perméabilité à l'air du bâtiment afin de garantir un confort hygrothermique optimal. En effet, elle caractérise la sensibilité du bâtiment vis-à-vis des écoulements d'air qui entrent ou sortent et qui peuvent causer une gêne. [La réglementation thermique de 2012 \(RT 2012\)](#) préconise une valeur n'excédant pas $1.7 \text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ de parois déperditives hors planchers bas sous une dépression de 4Pa.

Indicateur	Perméabilité à l'air ($\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$)
A	$Q \leq 0.6$
B	$0.6 < Q \leq 1$
C	$1 < Q \leq 1.7$
D	$Q > 1.7$

Vitesse de l'air : La vitesse de l'air est un paramètre à prendre en considération car elle joue un rôle dans les échanges convectifs et peut augmenter l'évaporation en surface de la peau. Elle peut donc conduire à une sensation de fraîcheur par le biais de courants d'air. Il est donc nécessaire de limiter les vitesses d'air dans les différentes pièces d'occupation (autres que des zones passagères).

Indicateur	Vitesse de l'air (m/s)
A	$V \leq 0.15$
B	$0.15 < V \leq 0.2$
C	$0.2 < V \leq 0.22$
D	$V > 0.22$

Température intérieure de consigne : La température intérieure de consigne (T_{ic}) est une exigence sur la température maximale afin d'assurer un bon niveau de confort en été. Cette exigence est définie dans la [RT2012](#) par une valeur de référence à ne pas dépasser pendant une séquence de 5 jours chauds.

Indicateur	Température intérieure de consigne
A	Tic ≤ Tic_réf
B	-
C	-
D	Tic > Tic_réf

Indicateurs	Risques	Valeurs réglementaires	Valeurs relatives à l'école St Jean	Indicateurs d'évaluations
Température air ambiant en degré celsius	-Sensation d'inconfort Perte d'efficacité ou d'attention	19°C	Salle maternelle : 24° Salle élémentaire : 19° Restaurant : 21°	Salle maternelle : C Salle élémentaire : A Restaurant : B
Taux d'humidité relative de l'air en %	-Sensation air sec → inconfort, déshydratation -Air trop humide → transpiration, irritation yeux et voies respiratoires	Entre 40% et 60%	Salle maternelle : 25% Salle élémentaire : 40% Restaurant : 45%	Salle maternelle : C Salle élémentaire : A Restaurant : A
Perméabilité à l'air	-Création de courants d'air -Baisse ou hausse de la température ambiante	Inférieure à 1.7m³/(h.m²) de parois déperditives hors planchers bas sous une dépression de 4Pa	Ensemble du bâtiment : 0.96m³/(h.m²)	Ensemble du bâtiment : B
Vitesse de l'air	-Sensation de fraîcheur -Gêne ressentie par un courant d'air	Inférieure à 0.2m/s	Non fournies	-
Température intérieure de consigne	-Inconfort en période estivale -Transpiration importante	Tic ≤ 31.95°C pour les salles de classe	Salle maternelle : 28.07°C	Salle maternelle : A Salle élémentaire : A

		Tic ≤ 29.96°C pour les salles de restauration	Salle élémentaire : 28.07°C Restaurant : 25.19°C	Restaurant : A
--	--	-----------------------------------------------	-----------------------------------------------------	----------------

Préconisations

Pour la salle de classe élémentaire et pour le restaurant, les températures relevées sont bonnes. En revanche, on remarque que pour la salle de classe des maternelles, la température y est trop élevée (24°C). Cela n'est pas adapté au bon fonctionnement des élèves. Il faudra diminuer sur la consigne la température de 4 ou 5°C. Les niveaux d'humidité sont bons pour le restaurant et pour les salles élémentaires. En revanche, pour la salle des maternelles, le taux d'humidité est bas. Cela est lié à la température qui est également trop élevée.

En plus des températures intérieures, il est possible de mesurer les effets de parois froides en mesurant l'écart de température entre la paroi intérieure et la paroi extérieure. En effet, deux parois à des températures différentes échangent entre elles par rayonnement et conduisent à une température résultante différente de la température ambiante. Cet écart doit être limité au maximum afin de ne pas ressentir de gênes même si la pièce est chauffée à une température adéquate.

Une enquête peut être menée afin de garantir le niveau de confort des usagers. Lorsqu'un groupe d'individus est soumis à un même environnement, il est impossible de garantir la satisfaction de tous. Afin d'y remédier, il est possible d'utiliser les indices PMV (predicted mean vote) et PPD (predicted percentage dissatisfied) afin de prédire la sensation thermique moyenne de l'ensemble du groupe. On effectue la moyenne des notes des différents occupants ; plus elle est proche de 0, plus la température de la pièce semble convenable pour tout le monde. Ce critère diffère des autres car il est subjectif même si la moyenne atténue les valeurs extrêmes. Cela pourrait ressembler à un tableau d'évaluation comme celui-ci après une enquête au préalable effectuée comme ci-dessous:

- Niveau -3 très froid : <14°C
- Niveau -2 froid : entre 14 et 16
- Niveau -1 froid léger : entre 16 et 18
- Niveau 0 bien : entre 18 et 20
- Niveau 1 chaud léger : entre 20 et 22
- Niveau 2 chaud : entre 22 et 24
- Niveau 3 très chaud : > 24

Indicateur	Sensation des occupants
A	Entre -0.5 et 0.5
B	Entre -1.25 et -0.5 ou entre 0.5 et 1.25
C	Entre -2 et -1.25 ou entre 1.25 et 2
D	Entre -3 et -2 ou entre 2 et 3

Pour la fiabilité du confort hygrothermique, il faudrait faire des mesures de vitesse de l'air. Cela permettrait de connaître les flux présents entre les différentes pièces. En effet, le ressenti de température n'est pas le même pour différentes vitesses de l'air à température constante. L'anémomètre ou la caméra thermique sont les principaux outils pour détecter les vitesses de l'air. En fonction des résultats de l'étude de la vitesse de l'air, des changements pourraient être effectués. Cela pourrait être dû à une mauvaise isolation des murs ou fenêtres ponctué par une entrée d'air froid, ou simplement par de mauvais réglages : radiateur trop élevé ou ventilation trop forte.

De plus, il pourrait être intéressant pour cette école de mettre en place une étude pour quantifier l'humidité relative du bâtiment, qui varie entre les différentes salles du bâtiment. Il serait également bénéfique pour les élèves de vérifier le système de chauffage et de ventilation afin d'éviter les différences de températures entre les salles de l'école. Il serait plus agréable pour tout le monde que l'humidité et la température soient homogènes. Cela éviterait certaines maladies bénignes.

Bibliographie

Anses, Évaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde (2018)

Association française de l'éclairage, <http://afe-eclairage.fr/>, consulté le 14/11/2019

Bureau "environnement intérieur, milieux de travail et accidents de la vie courante" (2019), Radon, Ministère des Solidarités et de la Santé

Certivéa, Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments (2015), Groupe CSTB

Clément Parrot (2014), Quel est le risque lié à la consommation d'eau non potable en France ?, France Télévision

Guide du CNB, Réglementations acoustiques des bâtiments (2017)

HCSP, Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur (2019)

Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales (2019), Santé dans la construction : plomb et légionelle

Ministère des Solidarités et de la Santé (2015), Source d'exposition au plomb

Nepsen, Confort hygrothermique et réduction des consommations d'énergie (2014)