

Impact du bruit dans l'espace de travail



Ecophon[®]
— SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Le bruit

- un facteur clé

Le son affecte la performance des organisations, car il est l'un des éléments façonnant les activités du quotidien. Pour ne citer que quelques exemples : le travail individuel exigeant de la concentration, le travail collaboratif, les réunions, les conversations téléphoniques et les téléconférences, la lecture, le ressourcement, la réflexion et l'imagination...

Pour chacune de ces activités, il est essentiel de créer les niveaux adaptés de sensations. En effet, l'environnement sonore les affecte toutes, et c'est pour cela que, d'après le Leesman Index, le bruit est un facteur clé au travail. Les niveaux sonores et la présence d'espaces calmes pour travailler constituent deux critères pour lesquels la satisfaction au travail obtient un score d'environ 30 % seulement, ce qui signifie que 70 % des personnes interrogées sont dérangées par le bruit.¹

un facteur clé

La clé de ce problème réside dans la cognition des travailleurs, c'est-à-dire leur capacité à traiter les informations et à utiliser leur cerveau : le muscle le plus important en matière de performance. Il est important de noter que l'impact du bruit est majoritairement subjectif ; l'impact objectif n'en représente qu'une infime partie. Par conséquent, il est essentiel de comprendre l'impact psychologique du bruit si nous voulons le minimiser.

Dans ce rapport, nous mettrons en évidence les manières dont le son affecte les personnes et les organisations. Nous verrons que nous disposons de marges d'amélioration, et que le son n'est pas pris en compte comme il le mériterait. En mettant en lumière l'impact du son, nous pouvons nous consacrer à la mise en place d'environnements où nous pourrions nous épanouir, créer et évoluer en tant qu'individus, équipes et organisations.

Performance optimale

Comment la mettre en place

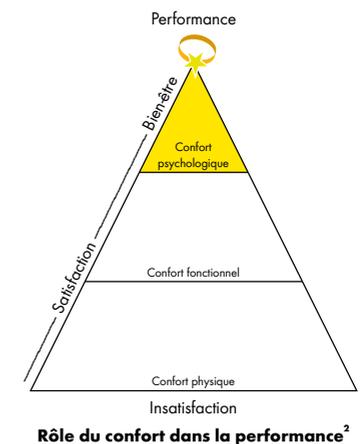
Pour adapter l'aménagement à ses utilisateurs, il est essentiel de comprendre les principes de base de la performance. Ceux-ci incluent l'impact de l'environnement. La psychologie environnementale se concentre sur les interactions entre les individus et leur environnement. Elle examine la manière dont les environnements naturels et artificiels nous façonnent en tant qu'individus. L'étude des besoins à des fins de performance peut être représentée de manière pyramidale..

Obtenir une performance optimale en se fondant sur les besoins environnementaux

Niveau physique - Le premier étage de la pyramide représente la création d'un environnement physique de base. En matière de son, il s'agit d'obtenir la bonne quantité de sensations en termes de stress, de cognition, de pression artérielle et de bien-être.

Niveau fonctionnel - Après avoir répondu aux besoins fondamentaux, il s'agit de s'attaquer aux aspects fonctionnels. En termes de son, il s'agit de créer assez d'espaces adaptés à leur objectif d'utilisation, permettant ainsi aux personnes d'exploiter au maximum l'usage prévu de l'environnement.

Niveau psychologique - Comprendre les besoins psychologiques et en tenir compte dans l'aménagement permet aux organisations de s'assurer que leurs employées s'y sentent bien et heureux, et qu'ils atteignent ainsi leur performance maximale.



Le bruit

- un défi permanent

Depuis des décennies, le bruit représente un défi majeur sur les lieux de travail. Les améliorations apportées au fil du temps ont fait la preuve de leur impact. Par conséquent, les résultats déconcertants des enquêtes révèlent une autre cause sous-jacente, à savoir les aspects psychologiques de l'impact du bruit. C'est ici qu'intervient la psychologie environnementale.

Les sons indésirables constituent incontestablement la première cause d'insatisfaction dans les bureaux. Ou, pour le dire plus simplement : le bruit. Pourtant, dans la plupart des cas, l'acoustique ne bénéficie pas d'autant d'attention en matière d'aménagement que les aspects thermiques ou de ventilation, ou que d'autres considérations architecturales ou d'ingénierie.³

- “Le bruit est probablement la source de nuisance la plus répandue dans les bureaux, et peut accroître le stress de leurs occupants.”^{4,5,6}
- “En étudiant différents aspects de l'insatisfaction environnementale, il apparaît clairement que l'insatisfaction concerne principalement le bruit et le manque d'intimité...”⁷
- “Sans entrer dans les détails du Pourquoi, nous découvrons à maintes reprises que les occupants sont extrêmement insatisfaits du niveau actuel de contrôle du bruit.”⁴

Top 5 des activités par ordre d'importance ¹
Travail individuel de bureau exigeant de la concentration
Réunions planifiées
Conversations téléphoniques
Travail collaboratif exigeant de la concentration
Téléconférences

Différence son/bruit

Le son
correspond au
signal “utile”.

Le bruit
correspond au
signal “inutile”.

...au travail

Le Leesman Index, sans doute l'autorité mondiale en matière de critères de satisfaction subjective au travail, a cartographié les interactions complexes entre les critères composant la satisfaction des employés. “Les données montrent que les ‘niveaux sonores’ demeurent un problème conséquent et largement répandu, avec un score moyen de satisfaction catastrophique de 33,4 % seulement dans tous les nouveaux espaces de travail, et un sur quatre parmi ces derniers obtenant un score de satisfaction inférieur à 25 %.”⁸

“L'amélioration
est décevante, avec
seulement 2.6%.

en particulier dans la mesure où le bruit est considéré
comme un ‘facteur clé’ par les occupants des bureaux”⁸.

**Avant le déménagement
dans un nouvel espace
de travail,**

69,2 % sont insatisfaits des niveaux
sonores¹

**Après le déménagement
dans un nouvel espace de
travail,**

66,6 % sont insatisfaits des niveaux
sonores⁸

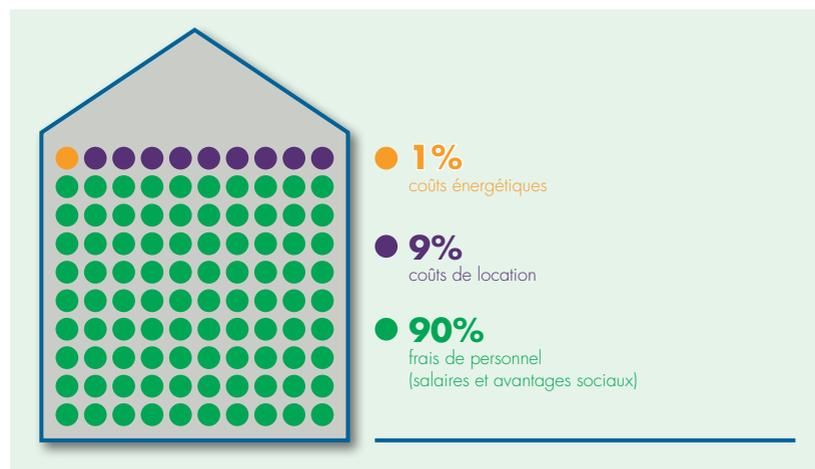
Aménagement acoustique

Un investissement intelligent et durable

Le confort acoustique ne se résume pas à aider les personnes à être performantes et à se sentir bien. Il s'agit d'un aspect essentiel dans la structure des coûts et la durabilité. Lorsque les personnes se sentent moins dérangées dans leur environnement, elles travaillent mieux, avec une efficacité et une productivité accrues. Pour le dire simplement, les organisations optimisant l'utilisation de leur espace de travail dans le but de soutenir leur ressource la plus précieuse - leur personnel - réalisent un investissement à la fois intelligent et durable.

« Dans un contexte économique où il est de plus en plus important d'attirer et de conserver les personnes les plus compétentes, et de leur permettre de se consacrer à du travail d'équipe et en solo plus productif, l'aménagement de l'espace de travail joue un rôle plus important que nous ne l'imaginions. »⁹

Les frais de personnel représentent 90 % des coûts totaux d'un bureau sur 10 années de travail.¹⁰



La perte de concentration

accroît les arrêts maladie

Il est prouvé que les interruptions dues au bruit réduisent la capacité à se concentrer et représentent une source de gêne. Un aspect peut-être moins connu concerne ses effets sur la santé des employés et sur l'augmentation des jours d'arrêt maladie.

- **L'exposition au bruit est corrélée de manière significative à l'absence pour maladie :** plus la tâche est complexe, plus la corrélation devient significative.¹¹
- **Les recherches suggèrent que le bruit est le facteur de stress le plus répandu dans l'environnement de travail physique** parmi la main-d'œuvre industrielle aux États-Unis et en Europe.¹¹
- **Des niveaux de bruit modérés peuvent également contribuer à des réactions indésirables au niveau physique et psychologique.** Ces dernières incluent les problèmes somatiques, les perturbations du sommeil, l'augmentation de la pression artérielle ainsi que de la sécrétion des hormones du stress.¹¹

« Nous avons montré, peut-être pour la première fois dans une vaste étude sur le terrain, que des niveaux de bruit modérés peuvent devenir délétères, comme l'indique l'augmentation de l'absentéisme chez les employés réalisant des tâches complexes »¹¹

La distraction et son coût

Une perte de productivité

En moyenne, les employés doivent se concentrer pendant 60 % de leur temps de travail afin d'accomplir leurs tâches quotidiennes⁹ Les perturbations causées par le bruit ne représentent pas seulement une source de gêne ; en effet, le temps nécessaire pour que les personnes se remettent de ces interruptions ralentit leur productivité.

Gêne perçue : la parole perturbe plus que le bruit. Le degré de gêne est proportionnel au niveau de parole et de bruit.¹²

La relation entre l'indice d'intelligibilité de la parole et la perte de performance permet de réaliser des aménagements axés sur la productivité. Les améliorations se traduisent par un environnement acoustique confortable, et représentent également un avantage économique constant pour l'organisation.¹³

6 25 minutes en moyenne sont nécessaires pour qu'un employé retourne à sa tâche d'origine après une interruption, et 8 minutes supplémentaires s'écoulent avant qu'il n'ait retrouvé le même niveau de concentration. 9¹⁴



Confidentialité et bruit Des valeurs partagées

Le Graal d'aujourd'hui : l'intimité, ou le contrôle des distractions. Allant de pair avec le contrôle du bruit, la confidentialité des échanges est tout aussi importante pour les occupants des bureaux que celui-ci (voire plus).⁶

Dans les bureaux ouverts, la confidentialité est un casse-tête, en particulier dans la mesure où des tâches exigeantes mentalement doivent aujourd'hui être accomplies elles aussi dans ces espaces. Des preuves tangibles montrent que le travail en open space réduit la confidentialité et la satisfaction au travail. En outre, travailler dans un espace ouvert intensifierait la charge cognitive et dégraderait les relations interpersonnelles en raison de la proximité entre les postes de travail et de la perte d'intimité.¹⁵

6 Les 25 % les plus performants des employés sont les plus protégés des perturbations ; leur organisation a conscience des dangers des interruptions, et ils subissent également moins d'interruptions téléphoniques. 9¹⁶



Stress réduit

Cognition améliorée

L'Institut de recherche sur le stress de Stockholm a mené une enquête de terrain unique, en conditions réelles, qui a produit des résultats considérablement plus crédibles dans la mesure où elle tient compte des facteurs psychologiques. Son objectif était de déterminer la façon dont les propriétés du plafond affectent la santé, la productivité et le ressenti de perturbation des employés. Les résultats sont clairs : un plafond absorbant de bonne qualité améliore la satisfaction globale des occupants.¹⁷

- Jusqu'à 16 % de réduction globale des perturbations ressenties
- Jusqu'à 25 % de réduction des perturbations à distance rapprochée
- Jusqu'à 21 % de réduction des perturbations à longue distance
- Jusqu'à 11 % de réduction du stress cognitif - avec amélioration de la concentration, de la mémoire, de la prise de décision



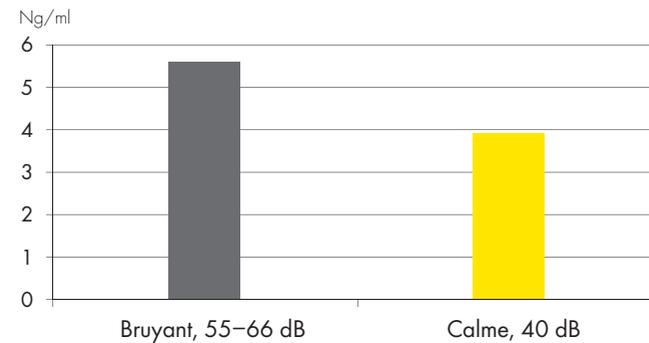
Réduire le bruit

accroît la motivation

L'étude a porté sur 40 employés de bureau, en cherchant à dépister un éventuel niveau élevé d'hormones dans les urines après trois heures d'exposition à un bruit de faible intensité, en comparaison des niveaux hormonaux dans des conditions de calme au sein du bureau.⁵

- Les stress perçu des deux groupes de sujets était similaire.
- Par contre, leurs niveaux d'adrénaline (hormone indicatrice du stress) différaient.
- En outre, des effets secondaires sur la motivation ont été identifiés, comme la baisse du nombre de tentatives de résolution de casse-tête insolubles et une plus faible probabilité d'effectuer des ajustements posturaux et ergonomiques.
- C'est l'incapacité de contrôler le son plutôt que son intensité qui engendre du stress. Même des niveaux sonores de faible intensité peuvent induire des effets secondaires en matière de performance, indiquant une diminution de la motivation dans l'exécution des tâches.

Augmentation du taux d'adrénaline



Cerveau et charge de travail

La demande en compétences cognitives continue d'augmenter, en raison de l'accroissement rapide de la complexité des tâches. Les recherches indiquent que les interférences dues au bruit réduisent ces capacités, en particulier dans les bureaux ouverts.

Une mémoire diminuée

Les bruits des bureaux, en particulier les conversations en arrière-plan, créent des perturbations subjectives et affectent la performance, à la fois dans les tâches liées à la mémoire verbale à court terme et dans celles faisant intervenir la mémoire de travail. En plus de créer de l'insatisfaction, ces bruits sont associés à un stress accru et à une diminution de la collaboration.¹⁸

Allongement de la durée d'accomplissement des tâches

Malgré la confidentialité ressentie, les conversations non pertinentes contribuent à l'accroissement de la charge mentale et à la diminution de la performance, ainsi qu'à l'augmentation de la fatigue et du stress. Les discussions non pertinentes semblent accroître les fausses alertes et allonger la durée d'accomplissement des tâches. L'évaluation de la charge de travail était plus élevée lorsqu'elle était accompagnée de conversations non pertinentes.¹⁹



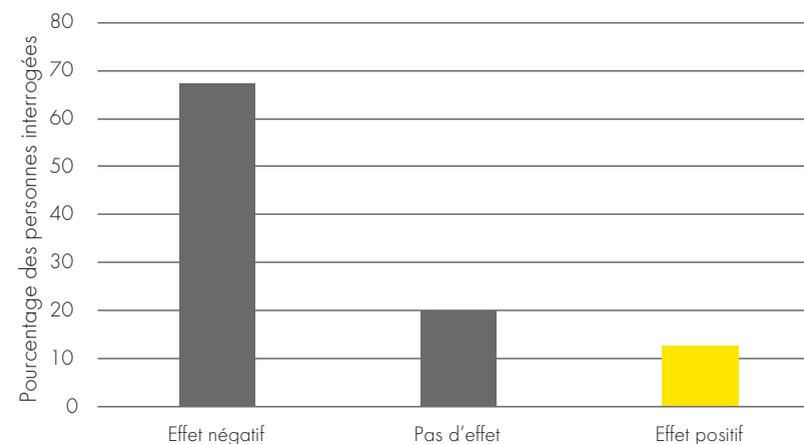
La performance chute de 6 % en raison du bruit

67 % des personnes interrogées ont jugé que le bruit avait un effet négatif sur leur performance, pour un impact moyen estimé de cette dernière de -6 %.^{20b}

Une cognition accrue entraîne une plus grande sensibilité au bruit

“L’analyse a comparé la proportion de travail cognitif avec l’expérience négative” des employés (“difficulté” acoustique, insatisfaction liée aux niveaux sonores élevés). Comme d’autres études, elle a confirmé que plus le travail était exigeant au niveau cognitif, plus les employés étaient sensibles aux conditions acoustiques.”²¹

Les résultats suggèrent que la présence de sens dans un bruit non pertinent (par exemple le fait de comprendre une conversation en arrière-plan) accroît la perturbation de la performance dans des tâches cognitives exigeant le traitement du sens.²²



Bruit

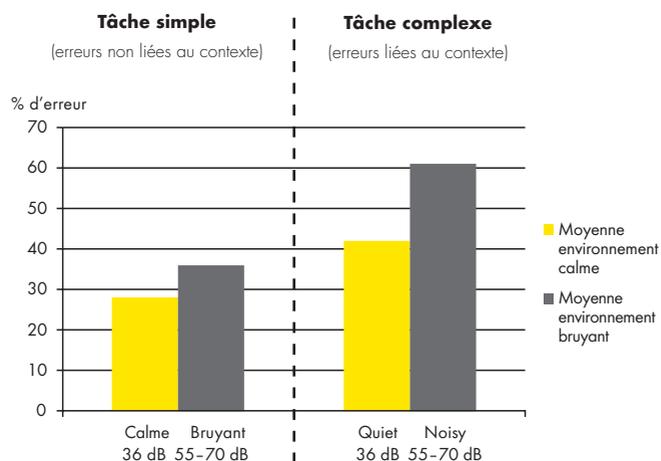
et niveaux de concentration

Perte de concentration

En se fondant sur des résultats antérieurs, les recherches montrent que les distractions dues au bruit constituent un problème crucial dans les bureaux, car elle affectent la performance, en particulier la concentration et les interférences ou perturbations liées à la parole.²³

Baisse de performance jusqu'à 50 % lors de tâches exigeant de la concentration

Des étudiants ont été répartis en deux groupes, afin de réaliser à la fois des tâches simples et complexes. Un groupe était placé dans un environnement bruyant, l'autre au calme. Les résultats n'ont pas montré de différence significative entre les deux environnements lorsqu'il s'agissait de réaliser une tâche facile. Par contre, pour la tâche complexe, le pourcentage d'erreur était de 50 % plus élevé dans l'environnement bruyant.²⁴



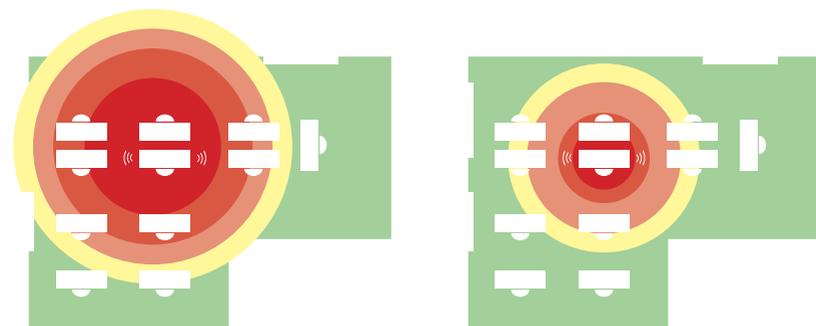
Bureaux ouverts

et confort

Normalement, les exigences acoustiques d'une pièce sont calculées à partir d'un temps de réverbération fondé sur un ameublement classique. Le manque de diffusion existant dans les bureaux plus ouverts a engendré une évolution dans le monde de l'acoustique sur la façon de déterminer des niveaux acoustiques acceptables en *open space*.

Distance de confort et de propagation de la parole

Ces études ont révélé que les caractéristiques du plafond influent considérablement sur la satisfaction globale, le bien-être, la cognition et le potentiel de distraction des occupants. L'amélioration des performances du plafond a réduit la propagation de la parole, et la réduction du rayon d'inconfort acoustique a été bénéfique pour les occupants.¹⁷



Scénarios de distance de confort ; manière dont la pression sonore de la parole est distribuée sur les postes de travail. Plus l'absorption du plafond est élevée, plus le rayon de diffusion de la parole est court, ce qui est bénéfique pour les occupants.¹⁷

Intelligibilité de la parole en fonction de la distance

De nombreuses expériences indépendantes de laboratoire ont montré que le bruit, en particulier la parole, réduit la performance dans les tâches particulièrement exigeantes sur le plan cognitif.²⁵

L'intelligibilité de la parole sur les performances cognitives. "La performance commence à diminuer lorsque la STI est supérieure à 0,2. La baisse de performance la plus importante est déjà atteinte lorsque la STI (Indice de transmission de la parole) excède 0,60."²⁶ Cela signifie qu'il y a une chute de 0,2 à 0,6 de l'indice de transmission de la parole en cas de diminution des performances. Les niveaux de STI de 0,6-1,0 sont les mêmes niveaux les plus élevés de diminution des performances.

Pour atteindre le niveau approprié de distance de distraction entre les postes de travail, il importe de prendre en compte trois facteurs principaux ^{25, 27, 28}



Cette étude pilote apporte des résultats démontrant que le masquage peut être recommandé dans les bureaux ouverts, lorsque les employés ne sont pas satisfaits par l'environnement acoustique et que le niveau de bruit de fond est faible.²⁵

Masquage sonore... Avantages et inconvénients

L'utilisation du masquage sonore dans les bureaux ouverts demeure un sujet de désaccord, et les opinions sur le principe consistant à « éliminer du son par du son » diffèrent largement. La controverse s'articule autour du potentiel du masquage sonore d'atteindre son objectif (à savoir masquer les conversations) sans devenir lui-même une charge sonore supplémentaire. En effet, le bruit supplémentaire pourrait accroître le niveau sonore et engendrer de la fatigue ou une baisse des performances.^{29, 30}

Quand le suffisant devient excessif

Il a été prouvé au cours d'expériences en laboratoire que la réduction de l'intelligibilité de la parole améliorerait la performance dans les tâches cognitives.^{31, 32, 33, 34, 35}

Toutefois, cet effet ne s'est révélé significatif que lorsque le niveau du fond sonore est bien plus élevé que celui de la parole. Or, des études sur le terrain³⁶ ainsi que des études de laboratoire^{37, 38} indiquent que "des niveaux de bruits largement supérieurs à 45 dB(A) sont jugés trop forts."³⁷

Des niveaux élevés de bruit de fond peuvent également encourager l'effet Lombard, à savoir que les personnes haussent inconsciemment la voix, ce qui engendre des niveaux sonores encore plus élevés.



... Autres points à examiner

Une approche naturelle

Les sons naturels comme celui de l'eau qui coule seraient préférés à des bruits pseudo-aléatoires^{33, 39}. Les plantations et les éléments aquatiques, ainsi que tout autre attribut visuel ou auditif, peuvent être appropriés pour l'acceptation des sons naturels⁴⁰, ainsi que l'implication des personnes dans les décisions.

Facteurs à prendre en compte

Des facteurs comme la taille des bureaux, la densité de l'espace de travail, le taux d'occupation, les types de tâches réalisées (concentration, collaboration, travail individuel, travail de groupe etc.), la culture d'entreprise ainsi que la réponse acoustique de la pièce affectent l'environnement acoustique.

Par conséquent ce dernier, en l'absence de masquage sonore, peut grandement varier d'un bureau à l'autre. L'utilisation de sons de masquage doit donc toujours être envisagée en tenant compte de l'aménagement d'ensemble, des occupants et des activités réalisées.



Photographe: Rodger Bosch

Son, psychologie et environnement

La perception des sons est hautement subjective : seulement 25 % de l'impact du bruit dépend de facteurs objectifs, les 75 % restants relevant de la perception, ce qui fait de l'impact du bruit un défi encore plus complexe à relever. Les niveaux de perception sonore dépendent fortement des environnements psychologiques : combinaison de psychologie et de comportements liés à l'habitat. Ce domaine d'étude se nomme psychoacoustique, et il est essentiel d'en tenir compte lorsque l'on cherche à créer des environnements sonores favorisant une performance idéale.²³

La perception sonore est hautement subjective :
seulement

**25 % de l'impact
du bruit dépend de
facteurs objectifs**

les 75 % restants relevant de la perception.

Un besoin d'aménagement acoustique fondé sur l'activité

Souvent, l'aménagement acoustique des bureaux ne bénéficie pas de la même attention que la plupart des autres systèmes architecturaux. Des niveaux indésirables de bruit ambiant peuvent engendrer des difficultés de communication et de concentration au travail. Ainsi, l'expert du son Julian Treasure conclut : **“En dépit de grandes avancées dans presque tous les domaines de l'architecture et de l'aménagement intérieur... le son et l'acoustique demeurent majoritairement des questions secondaires.”** Il apparaît par conséquent que la question de la mauvaise acoustique est souvent ignorée, bien que le bruit reste un problème significatif dans les environnements de bureaux et qu'il affecte la satisfaction et la productivité des employés.^{20a}

Une approche psychoacoustique



Quatre qualités psychoacoustiques sont à prendre en compte dans la création d'un environnement acoustique optimal.

Le type de tâche ou d'activité, c.-à-d. la nature de la tâche ou de l'activité à accomplir ; le fait qu'elle implique ou non la cognition ou la mémoire ; la complexité de la tâche ; le fait qu'elle implique ou non un travail multitâches ; et le fait qu'elle nécessite ou non du calme.

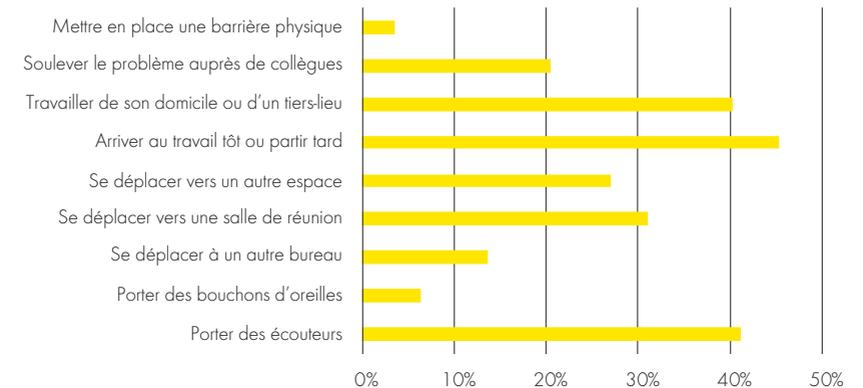
Le contexte et l'attitude, c.-à-d. les sentiments envers la source de bruit ; le besoin perçu de ce bruit ; la signification qui lui est attachée, et le fait que le bruit (par ex. la conversation) soit perçu comme utile.

Le contrôle perçu et la prévisibilité, le fait que la source de bruit soit intermittente ou constante ; le fait qu'elle soit ou non prévisible ; et le fait que les personnes exposées au bruit pensent pouvoir le contrôler.

La personnalité et l'humeur, c.-à-d. les différences entre les personnes suivant leur sensibilité au bruit, entre celles qui recherchent la stimulation et celles qui préfèrent la solitude ; les effets de l'humeur, par ex. la colère ou l'anxiété.²³

Mécanismes d'adaptation

Le bruit impacte notre comportement, et nous créons ainsi des mécanismes d'adaptation. De l'effet Lombard (la tendance involontaire des locuteurs à élever progressivement la voix sur les lieux de travail densément peuplés, comme les centres d'appel) à l'éloignement de la source du bruit, l'efficacité et la productivité déclinent.



Capacité à se protéger et mécanismes d'adaptation

Le schéma montre que le mécanisme d'adaptation principal consiste à s'éloigner de la source de bruit en travaillant hors du bureau ou chez soi. Toutefois, lorsque c'est possible, le déplacement vers une zone calme est une solution souvent adoptée. Par contre, peu de personnes indiquent qu'elles se déplacent vers un autre bureau. La proportion de personnes interrogées indiquant qu'elles viennent tôt au travail ou partent tard pour éviter le bruit, ou portent des écouteurs au travail, est plus élevée qu'attendu. Étonnamment, peu de personnes indiquent qu'elles soulèvent le problème auprès de collègues ; en effet, elles préfèrent modifier leur propre comportement plutôt qu'exiger des changements de la part d'autrui.^{20a}

Conclusion

La réussite d'une entreprise dépend de la qualité de travail de ses employés et notamment de la façon dont ils s'épanouissent au sein de leur environnement acoustique. Cela se manifeste dans leur capacité à se concentrer, à collaborer et, en dernière instance, dans leur performance.

Le son est un **facteur clé** au travail. Il s'agit d'une ressource potentielle pour accroître la productivité. Le son nous affecte en permanence et, comme cela a été prouvé à plusieurs reprises, impacte fortement notre cognition, notre bien-être et notre santé.

La réduction des niveaux de bruit et de distraction peut accroître la capacité d'un employé à se concentrer, à réfléchir avec plus de clarté et à réduire son stress. Il est de plus en plus souvent demandé aux employés de résoudre des problèmes complexes avec plusieurs équipes, collègues et partenaires. Par conséquent, l'importance d'un bon environnement acoustique ne saurait être sous-estimée.

L'importance de l'aménagement acoustique fondé sur l'activité

Il est utile de comprendre les personnalités types de vos employés (par ex. introvertie ou extravertie) afin de déterminer les conditions qui leur conviennent le mieux, ainsi que les besoins de certaines activités : espaces pour collaborer ou téléphoner, zones pour méditer et se ressourcer.

La connaissance des types de personnes et d'activités qui composent votre organisation permettra de savoir ce qu'un environnement sonore optimal doit comprendre. Cette approche de psychologie environnementale améliorera l'efficacité de votre organisation en renforçant votre pyramide de la performance.

Nom de la référence, auteur(s), publication le cas échéant, date, numéros de pages le cas échéant

1. The Leesman Review, Issue 29, Leesman Index, 2019
2. Towards an environmental psychology of workplace.. How people are affected by environments for work, Bron, Vischer J.C, 2008
3. Case studies of a method for proceeding speech privacy in the contemporary workplace, Salter C., Powell K., Begault D. and Alvarado R., Center For The Built Environment, UC Berkeley, 2003
4. Acoustical quality in office workstations, as assessed by occupants surveys, KL Jensen, E Arens, L Zagreus, Proceedings: Indoor Air, 2005
5. Stress and Open-Office Noise, Journal of Applied Psychology, Evans, Johnson, Cornell university, 2000
6. Office Noise, satisfaction and performance, Sundström et al, Environment and behavior, vol 26 No 2, 1994
7. The office, an explorative study, architectural design's Impact on health, job satisfaction & well being, Christina Bodin Danielsson, KTH, 2010
8. The Leesman Index: The Workplace Experience Revolution Part 2
9. Disproving widespread myths about workplace design, Brill, Weidemann, BOSTI associates, 2001
10. Health, wellbeing & productivity in offices, World Green Building Council, 2014
11. The joint effects of noise, job complexity and gender on employee sickness absence, Fried et al from Journal of Occupational and Organizational Psychology, 2002
12. Noise in office: scientific basis, Kjellberg, Anders, Landström, Ulf, 1994
13. Performance loss in open plan offices due to noise by speech, Roelfsen, P., Journal of Facilities Management, 6 (3) pp.202-211
14. No Task Left Behind? Examining the nature of fragmented work, Mark, Gonzalez, Harris, Donald Bren School of Information and Computer Science University of California – Irvine, 2005
15. The effect of office concepts on worker health and performance: a systematic review of the literature, De Croon et al, 2005

16. Programmer performance and the effects of the workplace, DeMarco, Lister, 1985
17. The effect of noise absorption variation in open-plan offices: A field study with a cross-over design, Seddigh A et al, *Journal of Environmental Psychology* 44 (2015)
18. Subjective reactions to noise in open plan offices and the effects of noise on cognitive performance problems and solutions, Annu Haapakangas, University of Turku, 2017
19. Open plan offices: task performance and mental workload, Tonya L. Smith-Jackson, Katherine W. Klein, *Journal of Environmental Psychology*, 29 (2) 279-289, 2009
- 20a. A psychoacoustical approach to resolving office noise distraction, Oseland & Hodsman, *JCRE*, 20 (4), 260-280, 2018
- 20b. NEW UPDATED VERSION: The response to noise distraction by different personality types: an extended psychoacoustics study, Nigel Oseland and Paige Hodsman, *Corporate Real Estate Journal*, 2020, 9 (3), 215-233
21. Limiting annoying noise in open-plan offices, Claus Møller Petersen, 2008
22. Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound, Oswald CJ, Tremblay S, Jones DM. *Memory*, 8 (5), 345-350
23. Psychoacoustics: Resolving noise distractions in the workplace, Oseland, Hodsman, *Ergonomics design for healthy and productive workplaces*, Taylor & Francis, Abingdon, 73-102, 2017
24. Effect of noise on intellectual performance, Weinstein, University of California, Berkeley, *Journal of applied psychology*, 1974
25. Effects of sound masking on workers- a case study in a landscaped office, Hongisto et al, *ICBEN*, 2008
26. A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, Hongisto V., *Indoor air* 2005
27. Acoustic Issues in open plan offices: a typological analysis, Cellai, G., Macchie, S. D. & Secchi, S., *Buildings* 2018, 8, 161
28. Distraction distance predicts noise disturbance in open-plan offices, Valteri Hongisto, Annu Haapakangas, Finnish Institute of Occupational Health, Turku University of Applied Sciences, 2017
29. Long-term effects of the use of a sound masking system in open-plan offices: A field study, Lenne L., Chevret P., Marchand J., *Applied Acoustics*, 2020, 158: 107049
30. Fatigue after work in noise - an epidemiological study and three quasi-experimental field studies, Kjellberg A, Muhr P, Skoldstrom B, 1998. 47-55 pp.
31. The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance Schlittmeier S, Hellbrück J, Thaden R, Vorländer M, *Ergonomics*, 2008; 51 (5): 719-36
32. Performance effects and subjective disturbance of speech in acoustically different office types - a laboratory experiment. Haka M, Haapakangas A, Keränen J, Hakala J, Keskinen E, Hongisto V, *Indoor Air*, 2009, 19 (6): 454-67
33. Effects of five speech masking sounds on performance and acoustic satisfaction. Implications for open-plan offices, Haapakanhas A, Kankkunen E, Hongisto V, Virjonen P, Oliva D, Keskinen E, *Acta Acustica united with Acustica*, 2011, 97 (4): 641-55
34. Use of the Speech Transmission Index for the assessment of sound annoyance in open-plan offices, Ebissou A, Parizet E, Chevret P., *Applied Acoustics*, 2015; 88 (0): 90-5
35. The effects of speech intelligibility and temporal spectral variability on performance and annoyance ratings, Liebl A, Assfalg A, Schlittmeier SJ, *Applied Acoustics*, 2016, 110: 170-5
36. Acoustic survey of an open-plan landscaped office, Warnock A, Henning D, Northwood T., National Research Council of Canada, Division of Building Research, 1972
37. Masking speech in open-plan offices with simulated ventilation noise: noise level and spectral composition effects on acoustic satisfaction, Veitch J.A., Bradley J.S., Legault L.M., Norcross S., Svecc J.M., Institute for Research in Construction, Internal Report 2002 IRC-IR-846
38. Criteria for acoustic comfort in open-plan offices, Bradley J., Gover B.eds., The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, 2004
39. Tuning the cognitive environment: sound masking with "natural" sounds in open-plan offices, Deloach AG, Carter JP, Braasch J, *The journal of the acoustical society of America*, 2015, 137 (4): 2291
40. Accuracy of speech transmission index predictions based on the reverberation time and signal-to-noise ratio, Galbrun L, Kitapci K, *Applied Acoustics*, 2014, 81: 1-14

Ecophon®

SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Ecophon est le leader des solutions acoustiques. Par nos solutions, nous contribuons à la création d'environnements intérieurs plus sains et à l'amélioration de la qualité de vie, du bien-être et de la performance professionnelle. Notre ambition est de recréer, dans les espaces intérieurs d'aujourd'hui, l'environnement acoustique extérieur "Idéal" de l'état de nature propre aux premiers hommes. Notre promesse : avoir "a sound effect on people".



Les principes qui guident notre travail sont fondés sur notre héritage suédois, empreint d'humanisme et de profond respect pour la vie et l'environnement.

Ecophon fait partie du Groupe Saint-Gobain, leader mondial dans les solutions d'habitat durable. C'est aussi l'un des 100 plus grands groupes industriels au monde, innovant constamment pour rendre les lieux de vie plus confortables et plus accessibles. Saint-Gobain offre des solutions qui répondent aux défis majeurs de l'efficacité énergétique et de la protection de l'environnement. Quels que soient les nouveaux besoins des marchés de l'habitat et de la construction, le futur appartient à Saint-Gobain.



www.ecophon.com