



Techniques de réduction du bruit en entreprise

Exemples de réalisation

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les CRAM-CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les CRAM. Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale ou de la Caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses régionales d'assurance maladie et les Caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité.

Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation.

Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.

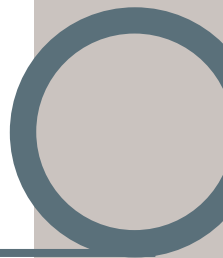
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2007. Conception graphique et réalisation Catherine Picard. Schémas Atelier Causse.

Techniques de réduction du bruit en entreprise

Exemples de réalisation

Les exemples présentés dans ce recueil ont été collectés et sélectionnés par les Centres de mesures physiques de Clermont- Ferrand, Lille, Limoges, Montpellier, Nancy, Orléans, Paris, Rennes et Toulouse. Ils sont issus d'actions suivies par les services prévention de l'ensemble des Caisses régionales d'assurance maladie. La synthèse et la présentation ont été assurées par l'INRS (Pierre Canetto et Geneviève Jeanjean).



Introduction

Des exemples, pour quoi faire ?

Les messages de prévention s'appuient sur des principes généraux qui, s'ils se veulent pratiques dans leurs principes, ont besoin d'être accompagnés d'exemples concrets pour répondre à l'esprit pragmatique des industriels. Ceci est particulièrement vrai dans le domaine du bruit où les fondements physiques sont parfois complexes et prêtent souvent à confusion.

Le recueil de ces exemples de mise en œuvre de solutions de réduction du bruit en entreprise permet, dans cet objectif, d'illustrer la grande variété d'actions possibles et leur adaptation à un objectif de gain optimal.

Ce recueil est ainsi un complément « pédagogique » à la brochure *Techniques de réduction du bruit en entreprise : quelles solutions, comment choisir* éditée par l'INRS (que nous appelons ici « Guide bruit »), qui présente l'aspect physique du problème, le principe des différentes solutions de réduction du bruit, et donne des éléments pour choisir celle qui répond le mieux au contexte.

Les fiches d'exemple illustrent une pratique réelle de la prévention en entreprise avec des actions mises en œuvre dans le quotidien ; elles montrent concrètement « comment ça marche » et ce qu'on peut en attendre.

Les précisions techniques et les critères de choix des solutions ne sont pas présentés ici : le lecteur est invité à se référer à la brochure *Techniques de réduction du bruit en entreprise : quelles solutions, comment choisir* éditée par l'INRS, ED 962.

Le choix des exemples

Les exemples présentés correspondent tous à des applications industrielles réelles qui ont été mises en œuvre dans le cadre d'actions suivies par les Centres de mesures physiques (CMP) des services prévention des Caisses régionales d'assurance maladie. L'ensemble des CMP français a participé à leur collecte. Leur participation a permis de couvrir tout le territoire national, mais aussi de s'assurer de la pertinence des solutions présentées, ainsi que de la fiabilité du résultat. Dans cet esprit, nous avons eu à cœur de ne présenter que des actions menées à terme, et pour lesquelles nous disposions d'éléments permettant d'évaluer le gain apporté – en général en comparant des niveaux de bruit avant et après réalisation des travaux.

Le choix des exemples s'est ensuite appuyé sur différents critères « d'exemplarité » :

- solutions performantes, c'est-à-dire apportant un gain élevé par rapport à la difficulté du contexte ou aux moyens mis en œuvre,
- simplicité de la solution : peu de moyens ou mise en œuvre directe par l'entreprise,
- originalité de la solution : techniques peu répandues ou domaine d'application particulier (secteur d'activité encore peu sensibilisé, contraintes de mise en œuvre spécifiques...).

Comme dans le « Guide bruit », nous avons privilégié les solutions sortant des pratiques courantes (enclassements « simples », traitement de locaux en absorption), sauf si leur application répondait à un aspect intéressant à mettre en valeur. Ainsi, les actions dites « à la source » et celles liées à l'organisation ont été développées.

Conformément aux principes généraux de prévention, les solutions individuelles ne sont (presque) pas traitées, d'autant plus que leur performance dans le domaine du bruit est très fortement diminuée dans les situations réelles. C'est ainsi que, si quelques exemples de cabine sont présentés car ils entrent dans la cadre d'actions globales d'aménagement d'unités, aucun exemple de protecteur individuel contre le bruit (PICB) n'est proposé.

Classification et forme des exemples

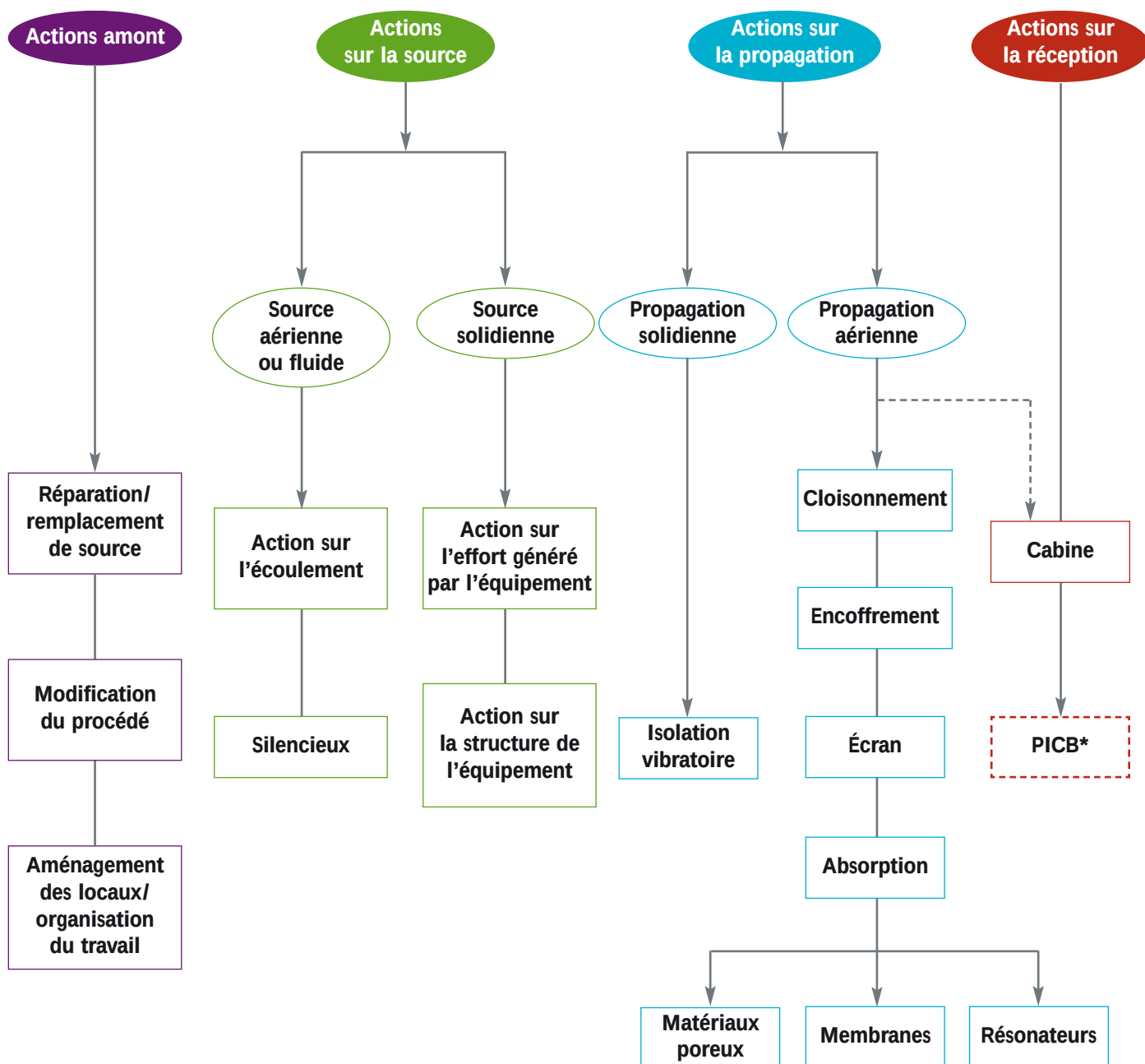
Les exemples sont classés selon deux critères.

Le premier est le domaine d'activité de l'entreprise : nous savons que les industriels sont souvent sensibles à un contexte qui leur est familier. Le mode de classification utilisé est celui des codes risques utilisés en prévention.

Le deuxième est le type d'action ; nous ne saurions trop recommander de le favoriser par rapport au précédent. En effet, le choix des solutions de réduction du bruit répond à une logique générale qui s'appuie sur des considérations physiques d'acoustique, ou sur des contraintes industrielles pratiques que l'on ne peut pas différencier par secteur d'activité. Il est donc préférable de réfléchir à sa situation, puis d'envisager les différentes solutions en fonction de leur nature pour voir leur pertinence par rapport à son propre contexte.

La classification des types d'action, basée sur celle du « Guide bruit », est donnée dans la figure ci-dessous

Classification des actions de réduction du bruit en entreprise



Les abréviations du type de solution utilisées dans les fiches sont explicitées ci-dessous.

Actions amont	
RS	remplacement - réparation source
MP	modification procédé
AO	aménagement - organisation
Actions sur la source	
EL	écoulement
SI	silencieux
FO	force
ST	structure
Actions sur la propagation	
IV	isolation vibratoire
LO	traitement local
CL	cloisonnement
EC	écran
EN	encoffrement
Actions sur la réception	
CA	cabine

Les exemples sont présentés sous forme de fiches ; leur format se veut simple et concis. En plus des deux critères de classification présentés ci-dessus (type d'action et type de solution), chaque fiche comprend les éléments suivants :

- une présentation du problème de bruit et du contexte de l'entreprise,
- la réalisation mise en œuvre ; elle est visualisée par des schémas ou photos,
- une estimation du gain acoustique : la plupart du temps, une valeur « avant » et une valeur « après » réalisation sont disponibles ; lorsque ce n'est pas possible (plusieurs solutions menées en même temps, contextes incomparables), des ordres de grandeurs ont été repris à partir d'éléments théoriques ou bibliographiques,
- des remarques pratiques attirent l'attention sur les précautions à prendre en compte ou sur les gains connexes apportés par la solution, par exemple au niveau de nuisances autres que le bruit ou sur un aspect pratique.

Nous avons délibérément choisi de ne pas détailler le contenu des solutions proposées dans les fiches. La première raison est de simplifier les présentations pour en faciliter la lecture. La deuxième raison est que chaque solution est spécifique : elle est adaptée au problème technique et au contexte de l'entreprise et, si l'idée en est transposable, ses détails de réalisation ne le sont pas. Par exemple, un encoffrement peut être plus ou moins volumineux, nécessiter des aménagements plus ou moins complexes en fonction du procédé, avoir une structure différente selon les objectifs de gain acoustique (simple ou double paroi, choix des matériaux...).

Pour les mêmes raisons, les ordres de grandeur de coût de réalisation sont très variables pour un même type de solution : ils ne sont donc pas extrapolables pour des contextes différents et nous avons jugé préférable de ne pas les évoquer.

Présentation des fiches

Les actions amont

Intitulé de la fiche	Type de solutions	Domaine d'activité	Page
1. Contrôle de silencieux d'échappement	réparation, remplacement de source	industrie chimique	10
2. Approvisionnement de compresseurs moins bruyants	réparation, remplacement de source	industrie alimentaire	11
3. Modification du dispositif de variation de vitesse de rotation	réparation, remplacement de source	industrie du caoutchouc et du plastique	12
4. Suppression de source par l'utilisation du réseau d'air comprimé	réparation, remplacement de source	édition, imprimerie, reproduction	13
5. Utilisation de lames de scies silencieuses pour la découpe de pierre	réparation, remplacement de source	produits minéraux non métalliques	14
6. Outils hélicoïdaux sur corroyeuse	réparation, remplacement de source	travail du bois	15
7. Mise en place d'outils de vissage moins bruyants	réparation, remplacement de source	produits minéraux non métalliques	16
8. Optimisation du procédé de dépalettage de baux	modification de procédé	industrie alimentaire	17
9. Modification d'un procédé de manutention pour découpe manuelle	modification de procédé	industrie alimentaire	18
10. Procédé «silencieux» de moulage de béton	modification de procédé	produits minéraux non métalliques	19
11. Modification du procédé de transfert de salades	modification de procédé	industrie alimentaire	20
12. Réalisation d'un outil pour vidange silencieuse de pneumatiques	modification de procédé	commerce et réparation automobile	21
13. Modification de procédé de sciage de profilés métalliques	modification de procédé	travail des métaux	22
14. Changement de procédé de fabrication de profilés	modification de procédé	travail des métaux	23
15. Aménagement d'un procédé de circulation de bouteilles	modification de procédé	industrie alimentaire	24
16. Aménagement d'un local de centre d'appels téléphoniques	aménagement, organisation	poste et télécommunication	25
17. Répartition d'actions locales pour postes mobiles	aménagement, organisation	édition, imprimerie, reproduction	26
18. Regroupement et aménagement de postes de travail dans un atelier de métallurgie	aménagement, organisation	métallurgie	27
19. Protection d'un opérateur de concasseur	aménagement, organisation	industrie extractive	28
20. Réfection d'une plate-forme de conduite de concasseur	aménagement, organisation	récupération	29
21. Optimisation d'un plafond acoustique	aménagement, organisation	travail du bois	30
22. Aménagement d'un poste de broyage	aménagement, organisation	produits minéraux non métalliques	31
23. Déport de cabine de commande	aménagement, organisation	industrie extractive	32
24. Diminution d'un bruit de centrale à béton	aménagement, organisation	construction	33
25. Séparation de postes de rivetage	aménagement, organisation	fabrication de matériels de transport	34

Les actions sur la source

26. Réduction du bruit d'un captage aspirant	écoulement	fabrication de machines et équipements	36
27. Utilisation de soufflettes silencieuses	écoulement	tous secteurs	37
28. Amélioration de l'écoulement d'air d'un captage de poussières	écoulement	récupération	38

Intitulé de la fiche	Type de solutions	Domaine d'activité	Page
29. Atténuation du bruit de cannes de nettoyage à air comprimé	écoulement	industrie chimique	39
30. Mise en place d'un silencieux au refoulement d'un ventilateur à forte dépression	silencieux	travail du bois	40
31. Insertion d'un silencieux dans un réseau d'aspiration	silencieux	produits minéraux non métalliques	41
32. Traitement d'un encoffrement par résonateur d'Helmholtz	silencieux	industrie automobile	42
33. Traitement d'un échappement d'outil pneumatique	silencieux	industrie alimentaire	43
34. Conception d'un silencieux de vidange sur un accumulateur	silencieux	production et distribution, d'électricité, gaz et chaleur	44
35. Silencieux peu encombrant sur le refroidissement d'une extrudeuse	silencieux	industrie du caoutchouc et du plastique	45
36. Traitement d'entrée et d'extraction d'air	silencieux	tous secteurs	46
37. Choix de cloueur moins bruyant	silencieux	tous secteurs	47
38. Traitement acoustique de filtres à air	silencieux	industrie du caoutchouc et du plastique	48
39. Traitement des entrées-sorties d'un local de tri de pierres	silencieux	produits minéraux non métalliques	49
40. Modification d'outillage à main dans un atelier de tonnellerie	force	travail du bois	50
41. Modification d'un mécanisme de transmission	force	industrie alimentaire	51
42. Freinage de rouleaux de convoyeur	force	services auxiliaires des transports	52
43. Action sur l'amenée de profilés de charpentes métalliques	force	travail des métaux	53
44. Amortissement de chute de gravats	force	récupération	54
45. Modification de l'avancée d'un outil de presse	force	travail des métaux	55
46. Réduction du bruit dans un atelier de tonnellerie	force	travail du bois	56
47. Diminution du bruit de vibration du béton	force	produits minéraux non métalliques	57
48. Réduction du bruit d'une machine de découpe par l'optimisation des réglages	force	industrie du papier et du carton	58
49. Modification d'une machine textile	force	industrie textile	59
50. Diminution d'un bruit de chantier par actions ponctuelles	force	construction	60
51. Réalisation d'un tamis à faible bruit	force	industrie extractive	61
52. Utilisation de lames silencieuses pour scies circulaires à table	structure	travail du bois	62
53. Amortissement d'impacts par rajout de supports flexibles	structure	travail des métaux	63
54. Isolation phonique d'une conduite sous pression	structure	industrie alimentaire	64
55. Traitement acoustique d'une tuyauterie d'amenée de granulés	structure	industrie du caoutchouc et du plastique	65
56. Réduction du bruit émis par des profilés pendant l'usinage	structure	travail des métaux	66
57. Traitement d'une résonance de plaque de bol vibrant	structure	industrie alimentaire	67
58. Utilisation de matériaux amortissants pour une goulotte à déchets alimentaires	structure	industrie alimentaire	68
59. Atténuation d'impact de marteau sur une tôle	structure	travail des métaux	69
60. Utilisation de bacs grillagés	structure	fabrication de machines et équipements	70

Les actions sur la propagation

Intitulé de la fiche	Type de solutions	Domaine d'activité	Page
61. Modification des suspensions d'une table vibrante	isolation vibratoire	fabrication de meubles	72
62. Amélioration de la performance d'une isolation vibratoire	isolation vibratoire	industrie du caoutchouc et du plastique	73
63. Isolation acoustique et vibratoire d'une poinçonneuse	isolation vibratoire	travail des métaux	74
64. Traitement acoustique de locaux de très grandes dimensions	traitement des locaux	travail des métaux	75
65. Traitement acoustique d'une cantine	traitement des locaux	hôtels et restaurants	76
66. Correction acoustique partielle de local	traitement des locaux	travail des métaux	77
67. Insonorisation de box de nettoyage	traitement des locaux	construction	78
68. Réaménagement d'un local existant non traité	traitement des locaux	travail du bois	79
69. Traitement d'un très grand hall d'accueil	traitement des locaux	santé et action sociale	80
70. Traitement d'un local de tri de pierres	traitement des locaux	produits minéraux non métalliques	81
71. Traitement acoustique optimisé d'une chaudronnerie	traitement des locaux	travail des métaux	82
72. Traitement acoustique d'une piscine thermique	traitement des locaux	santé et action sociale	83
73. Aménagement d'un atelier de tôlerie	traitement des locaux	travail des métaux	84
74. Insonorisation d'une presse à agglomérés	traitement des locaux	produits minéraux non métalliques	85
75. Cloisonnement ouvert dans un atelier	cloisonnement	métallurgie	86
76. Cloisonnement d'un poste de contrôle	cloisonnement	édition, imprimerie, reproduction	87
77. Cloisonnement raccordé en toiture pour équipements d'imprimerie	cloisonnement	édition, imprimerie, reproduction	88
78. Protection de poste de travail sur une ligne de production de textile	cloisonnement	industrie textile	89
79. Confinement d'utilités dans un local d'imprimerie	cloisonnement	édition, imprimerie, reproduction	90
80. Isolation acoustique d'une zone d'atelier	cloisonnement	travail du bois	91
81. Aménagement et cloisonnement d'un atelier textile	cloisonnement	industrie textile	92
82. Aménagement de postes de finition de pièces	écrans	fabrication d'autres matériels de transport	93
83. Utilisation d'écrans mobiles en chaudronnerie	écrans	travail des métaux	94
84. Communication entre cuisine et salle de restaurant	écrans	hôtels et restaurants	95
85. Protection par écran aménagé de poste de contrôle	écrans	travail des métaux	96
86. Encoffrement d'une imprimante	encoffrement	auxiliaires financiers	97
87. Encoffrement de l'ensemble d'une ligne de production de pièces métalliques	encoffrement	travail des métaux	98
88. Encoffrement en lanières souples sur un convoyeur	encoffrement	industrie alimentaire	99
89. Encoffrement et aménagement d'évacuation de presses à métaux	encoffrement	travail des métaux	100
90. Isolement d'un ensemble de tresseurs par des encoffrements ouverts	encoffrement	industrie textile	101
91. Capotage escamotable en entrée de machine	encoffrement	industrie textile	102
92. Conception « silencieuse » d'un abri de crible en extérieur	encoffrement	autres industries extractives	103
93. Conception « silencieuse » d'une soudeuse à ultrasons	encoffrement	industrie du caoutchouc et du plastique	104
94. Réalisation d'un encoffrement simple	encoffrement	industrie du caoutchouc et du plastique	105
95. Encoffrement total d'une machine à commande numérique	encoffrement	travail des métaux	106
96. Encoffrement d'une machine complexe	encoffrement	industrie du papier et du carton	107

Les actions sur la réception

97. Protection d'un conducteur d'engin mobile	cabine	industrie chimique	110
98. Isolement du poste de contrôle qualité	cabine	industrie alimentaire	111
99. Amélioration de l'efficacité d'une cabine acoustique	cabine	produits minéraux non métalliques	112
100. Aménagement d'un poste de conduite en imprimerie	cabine	édition, imprimerie, reproduction	113

Les actions amont

Types de solution

- remplacement et réparation de source
- modification du procédé
- aménagement des locaux et organisation du travail

Cette famille d'actions regroupe tout ce qu'il est possible de faire en « amont » d'un traitement spécifiquement acoustique d'un problème, c'est-à-dire pour permettre de l'éviter. Ces actions sont souvent liées à l'organisation même de l'entreprise et elles ont en commun certaines caractéristiques :

- elles peuvent être prévues dès la conception d'un lieu de travail,
- leur impact dépasse le cadre seul du problème de bruit : il faut donc envisager toutes les conséquences possibles en même temps. À l'inverse, c'est l'occasion d'améliorer plusieurs situations.

Elles intègrent les principes généraux de prévention que sont « *adapter le travail à l'homme* », « *remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux* », et « *planifier la prévention en visant un ensemble cohérent* ».

De par leur caractère organisationnel, elles combinent souvent plusieurs solutions en même temps : aménagement des locaux et cloisonnement, organisation des postes de travail et mise en place de box ou d'écrans... Nous classons ici dans les actions « amont » celles qui procèdent d'un aménagement global.



La conception des théâtres antiques est un exemple remarquable « d'aménagement acoustique » d'un lieu. Les architectes de l'époque avaient une conception globale du problème utilisant au mieux les différents principes de propagation des ondes sonores de manière à obtenir une audition optimale aux points les plus éloignés de la scène.

Les théâtres romains sont entièrement maçonnés. Ils comportent un mur à l'arrière de la scène qui a plusieurs fonctions : écran par rapport aux bruits parasites (vent...), amplification du son par réflexion et par diffraction sur des motifs géométriques... Les théâtres grecs, sans mur, utilisent l'avant de la scène pour réfléchir le son : cet espace est appelé « l'orchestre ».

Les principes d'amplification/absorption sont utilisés avec des solutions techniques provenant du savoir-faire grec : différentes formes d'amphores faisant office de résonateur ont été trouvées dans les maçonneries.

La diffusion de la voix des acteurs était également prise en compte et leurs masques étaient équipés de « pavillons amplificateurs ».

- **Solution** : réparation de source **RS**
- **Domaine industriel** : industrie chimique ; fabrication de peinture

Problème

Les pompes pneumatiques de transfert de peinture entre l'atelier de fabrication et celui de conditionnement ne sont pas toutes équipées de silencieux d'échappement.
Les mesures de niveau de pression sonore à environ un mètre des pompes sont de 89 dB(A).

Réalisation

Mise en place de silencieux.



Pompe sans silencieux



Pompe avec silencieux

Gain

Une mesure réalisée à proximité des pompes dans l'atelier de fabrication révèle un niveau de 73 dB(A) d'où un gain de 16 dB(A).

Remarques

Une bonne maintenance est une action de base dans une politique de réduction du bruit.

Approvisionnement de compresseurs moins bruyants

- **Solution** : remplacement de source par choix de machines moins bruyantes **RS**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; embouteillage

Problème

Souvent les compresseurs d'air comprimé constituent une source importante de bruit. C'était le cas dans l'ancienne usine d'embouteillage. Le niveau de pression sonore mesuré à proximité de compresseurs à pistons était supérieur à 90 dB(A).

Réalisation

Lors de la construction d'un nouveau site, le choix s'est porté sur des compresseurs moins bruyants par nature (compresseurs à vis).

Deux compresseurs de 15 kW, 8 bar, 2 m³/min donnés pour 71 dB(A) chacun, ont remplacé les anciens.



Nouveaux compresseurs

Gain

Le niveau mesuré dans le local comprenant les deux compresseurs plus les systèmes d'extraction des calories est de 77 dB(A) d'où un gain de 23 dB(A).

Remarques

L'approvisionnement de nouveaux compresseurs est également l'occasion d'organiser un aménagement plus efficace. Aussi, lors de la conception de la nouvelle usine, les compresseurs ont été installés dans un local spécifique en dehors de la salle d'embouteillage.

Modification du dispositif de variation de vitesse de rotation

- **Solution** : remplacement de source **RS**
- **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; pièces en mousse de polyuréthane

Problème

Un réacteur chimique (mélangeur) est équipé d'un moteur et de son variateur à billes particulièrement bruyant. En effet, le variateur à bille est un système mécanique dont les frottements internes génèrent du bruit.

Réalisation

L'entreprise décide de remplacer cet équipement bruyant. Une technologie différente est choisie : alimenter le moteur électrique via un variateur électronique, et assurer ainsi directement sur le moteur la variation de vitesse. Le système mécanique de variateur est ainsi supprimé.



Installation d'origine



Nouveau moteur

Gain

Plus de 15 dB(A) dans la zone de travail de l'opérateur.

Remarques

La solution initialement prévue était un encoffrement qui se serait avéré plus cher et aurait limité l'accès à l'installation.

Suppression de source par l'utilisation du réseau d'air comprimé

- **Solution** : remplacement de source associé à un changement de procédé **RS**
► **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

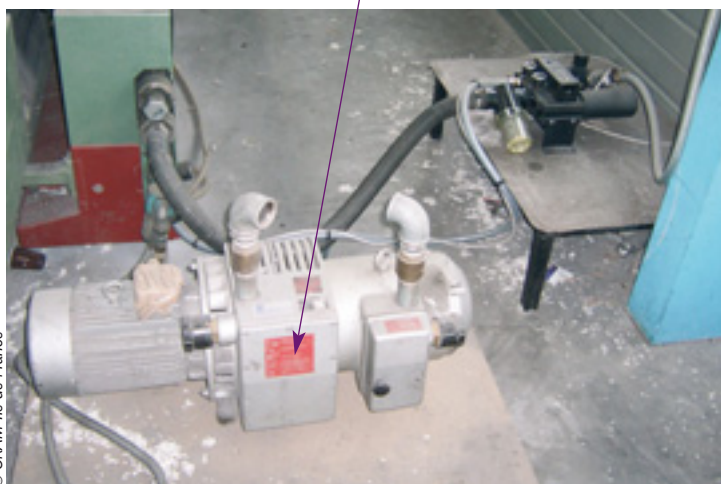
Problème

Le procédé d'imprimerie nécessite l'utilisation de vide pour activer des ventouses de préhension. Classiquement, ce vide est généré par des systèmes de pompes dédiées à des encarteuses, plieuses à poches, assembleuses, auto-platines de dorure... Elles sont génératrices de bruit.

Réalisation

Les pompes sont remplacées par des systèmes combinés vide/pression. Connectés au réseau d'air comprimé du local, ils utilisent la pression de l'air véhiculé pour générer l'aspiration nécessaire (effet Venturi).

pompe traditionnelle



© CRAM Ile-de France

Installation d'origine

système vide/pression



© CRAM Ile-de France

Nouvelle installation

Gain

Les anciennes pompes ont été éliminées. Le niveau de bruit du nouveau système est inférieur au bruit de fond ambiant dans le local (< 70 dB(A)).

Remarques

La nouvelle installation comporte des avantages complémentaires au gain acoustique :

- encombrement réduit, maintenance diminuée (le système ne comporte pas d'élément susceptible de vibrer ou de s'user par frottement),
- économie d'énergie,
- aucun apport de chaleur supplémentaire,
- nécessite la présence d'un réseau d'air comprimé accessible.

Cette solution, jugée très efficace, est maintenant intégrée à toutes les nouvelles installations (par exemple, machines de brochage).

Utilisation de lames de scies silencieuses pour la découpe de pierre

- **Solution** : remplacement de source (outil plus silencieux) **RS**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; découpe de granit

Problème

Le sciage du granit par des disques diamantés (diamètre de 2,7 m) génère des niveaux sonores aux postes de travail voisins de 90/100 dB(A).

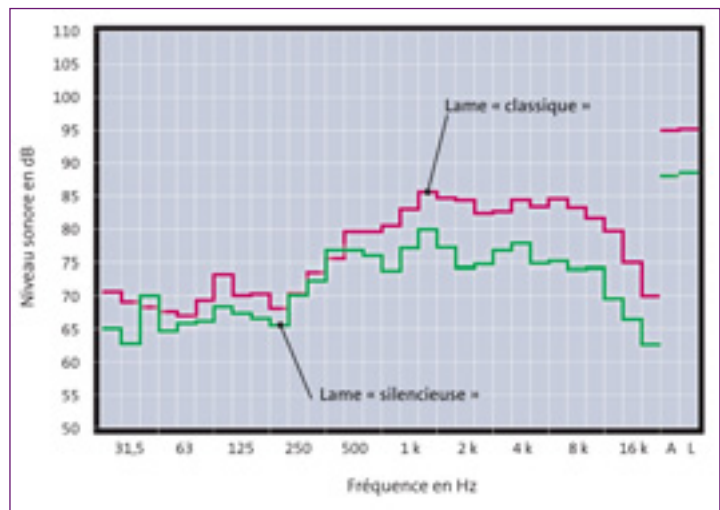
Réalisation

Achat par la société de disques traités par le dispositif à fentes laser.

découpes laser



Lame silencieuse



Spectres du bruit

Gain

Le gain obtenu est de 7 dB(A), abaissant le LAeq aux postes de travail de 95 à 88 dB(A).

Remarques

- Le surcoût de l'option « réduction bruit » est de 10 % sur le coût d'un disque standard.
- Ce type de disque existe également en diamètre de 3 m.
- Technologie d'une âme en cuivre pour les petits diamètres.

Outils hélicoïdaux sur corroyeuse

- **Solution** : remplacement de source (outil plus silencieux) **RS**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; menuiserie

Problème

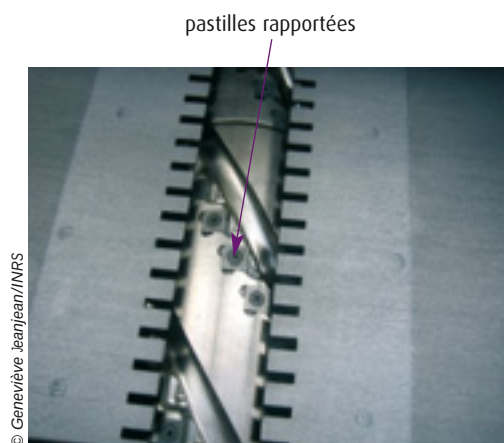
Niveaux sonores trop élevés sur une corroyeuse 4 faces.

Réalisation

Remplacement des outils traditionnels à couteaux droits par des outils hélicoïdaux à pastilles rapportées. L'effort de coupe est ainsi plus continu, ce qui diminue le niveau sonore de l'opération.



Outil à couteaux droits type « TERSA »



Outil à couteaux hélicoïdaux

Gain

5 à 7 dB(A) pour une passe de 20 mm : 96 dB(A) pour l'outil standard, 89 dB(A) pour l'outil hélicoïdal (mesures réalisées au niveau des oreilles de l'opérateur sur la même machine avec du bois exotique « tauari » avec une avance de 5 m/mn, capot ouvert).

Remarques

- Cet outil peut s'installer sur des toupies, des raboteuses, des dégauchisseuses et machines 4 faces.
- Les pastilles en carbure sont interchangeables et pivotent de 90° lorsqu'un côté est utilisé.

Mise en place d'outils de vissage moins bruyants

- **Solution** : remplacement de source (outil plus silencieux) **RS**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; béton

Problème

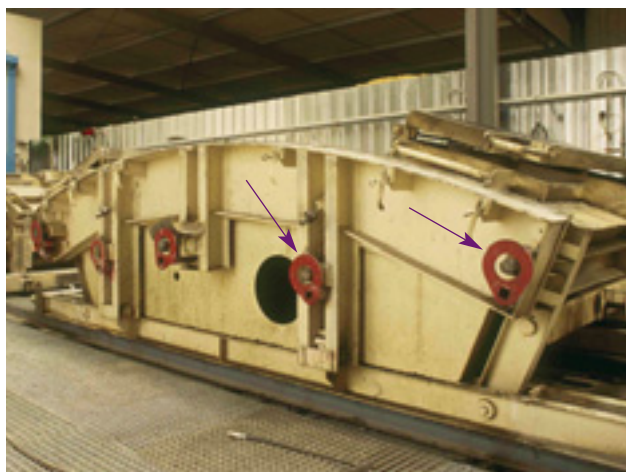
Des voussoirs de béton sont fabriqués dans le cadre de la construction d'un tunnel. Ils sont moulés et vibrés. Deux principales sources sonores sont présentes : le vibrage lui-même et, en dehors de celui-ci, le vissage des moules. Cette opération, effectuée à la clef à choc, génère des niveaux sonores de 102 dB(A).

Réalisation

La phase de vibrage est traitée de manière classique par un encoffrement. Pour réduire le niveau sonore de la phase de vissage, les clefs à choc sont remplacées par des visseuses pneumatiques. Les ponts de vissage des moules sont équipés d'un « détrompeur » qui permet de les repérer et de positionner l'outil ; ils comportent un point d'appui pour assurer la reprise du couple de la visseuse.



Visseuse et son « détrompeur »



Moule équipé de ses « détrompeurs »

Gain

Les opérations de vissage-dévisage ne génèrent plus que 72 dB(A).

Remarques

L'utilisation de la visseuse pneumatique avec le détrompeur permet, par ailleurs, de mieux maîtriser le couple de serrage.

Optimisation du procédé de dépalettisation de bocaux

- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; conserverie

Problème

Les bocaux sont disposés sur des feuilles cartonnées séparant les différentes couches constituant une palette. Leur dépilage est réalisé par poussée manuelle après mise à hauteur de la palette. Ensuite les bocaux sont acheminés par convoyeur à la ligne de remplissage via un goulot d'étranglement. Le bruit particulièrement élevé d'impact des bocaux entre eux s'ajoute aux contraintes physiques et posturales que subit l'opérateur.

Réalisation

Diverses actions sont menées afin de réduire les contraintes acoustiques et physiques :

- la poussée d'une couche de bocaux est réalisée mécaniquement : l'opérateur est ainsi éloigné de la source de bruit,
- le dépileur et le convoyeur sont encoffrés : la propagation du bruit de choc des bocaux est atténuée,
- le convoyeur est scindé en plusieurs travées dont la vitesse d'avancement est ajustée : les chocs entre bocaux sont atténués.



Installation d'origine



Après les travaux

Gain

12 dB(A) au poste de travail (diminution de 89 à 77 dB(A)).

Remarques

La poussée mécanique réduit les contraintes physiques de l'opérateur et diminue ainsi le risque de TMS.

Modification d'un procédé de manutention pour découpe manuelle

- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; salades

Problème

Afin de diminuer la pénibilité de certains postes de travail, le procédé est modifié. Il s'agit ici du poste de préparation des salades pour découpe. Le niveau sonore à ce poste se situe autour de 91-95 dB(A).

Réalisation

Dans le procédé initial, les salades sont amenées par un tapis ; l'opérateur soulève chaque salade et l'accroche. Le nouveau procédé utilise un robot à tête pivotante : les salades arrivent en caisse à hauteur de broche sur laquelle l'opérateur, en position semi-assise, la fixe. La tête pivote pour présenter la salade au poste de découpe.

Ce nouvel aménagement a des effets positifs d'un point de vue acoustique : les chocs métalliques du système d'accrochage initial sont supprimés, la tête de découpe est capotée.



Procédé initial en « transfert libre »



Nouveau procédé avec robot

Gain

- Le gain acoustique au poste de travail est de 6 à 11 dB(A).
- La suppression des chocs métalliques fait disparaître les pics de niveau à 117 dB(A).

Remarques

Réduire une nuisance par une modification complète du procédé permet également l'étude et la réduction de toutes les nuisances (ici posture et pénibilité).

Procédé « silencieux » de moulage de béton

- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; béton

Problème

Les phases de vibrage du béton dans la préfabrication béton sont très bruyantes ; elles entraînent une exposition moyenne quotidienne supérieure à 85 dB(A).

Réalisation

Le béton « autoplaçant » contient un super plastifiant qui accroît sa fluidité. Son vibrage n'est donc plus nécessaire.



Chargeuse de béton



Démoulage

Gain

Le niveau sonore dans l'atelier passe de 99,5 dB(A) à 77,2 dB(A).

Remarques

- Cette technique est utilisable dans le cas de préfabrication de béton à démoulage différé, elle ne s'applique pas dans le cas du démoulage immédiat.
- L'emploi de ce type de béton génère un surcoût de la matière première. Cependant, il entraîne des gains, notamment de temps, par la réduction de la durée de coulage.

Modification du procédé de transfert de salades

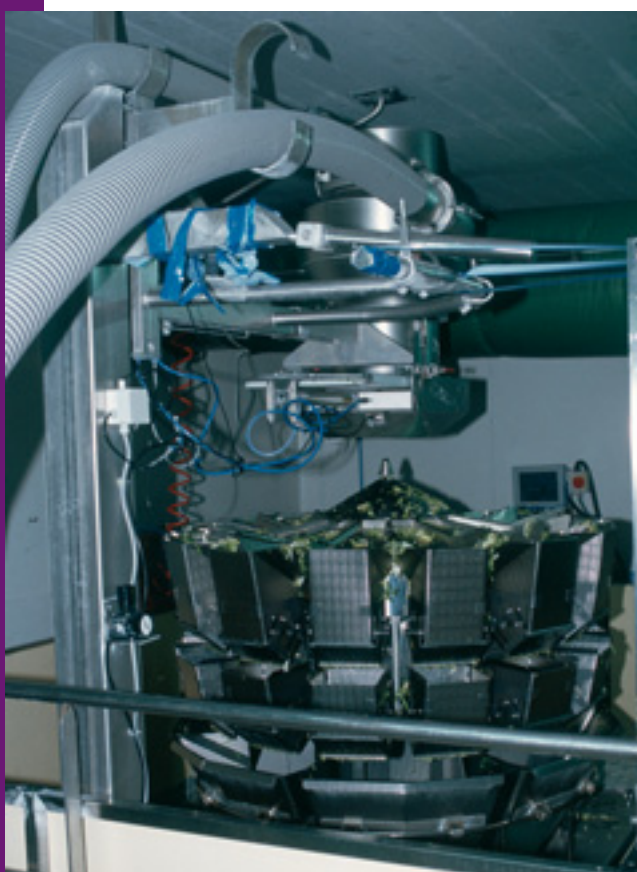
- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; conditionnement de légumes frais

Problème

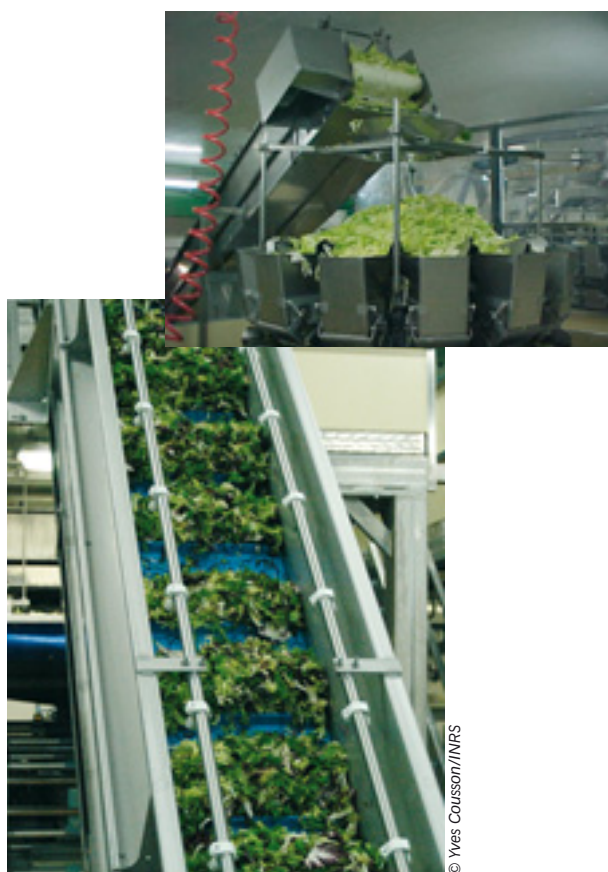
Dans l'atelier d'emballage automatique de salades, les salades sont acheminées par un système d'air comprimé alimenté par des turbines qui génèrent un niveau sonore élevé.

Réalisation

Le système de transfert de salades est remplacé par un tapis roulant.



Alimentation par turbine



Alimentation par tapis

Gain

De l'ordre de 4 dB(A) : le niveau de pression sonore mesuré à proximité d'un robot à tapis est de 84 dB(A) alors qu'il est égal à 88 dB(A) à proximité d'un robot à turbine.

Remarques

Le transfert par tapis convoyeur est plus respectueux pour les salades. C'est un gain de qualité.

Réalisation d'un outil pour vidange silencieuse de pneumatiques

- **Solution** : modification de procédé, nouvel outil **MP**
- **Domaine industriel** : commerce et réparation automobile ; montage pneumatiques

Problème

Les pneumatiques de poids lourds sont vidangés par démontage de l'obus (pièce centrale) de la valve. Les outils standards ne contrôlent pas le bruit d'échappement de l'air qui atteint plus de 110 dB(A) à 1 m pour une pression nominale de 8 bars.

Réalisation

Un outil silencieux a été développé ; il permet le démontage de l'obus en toute sécurité tout en diminuant le bruit généré par l'opération. Cet outil appelé Dosil¹ est équipé d'un silencieux interchangeable et d'une tige coaxiale métallique.

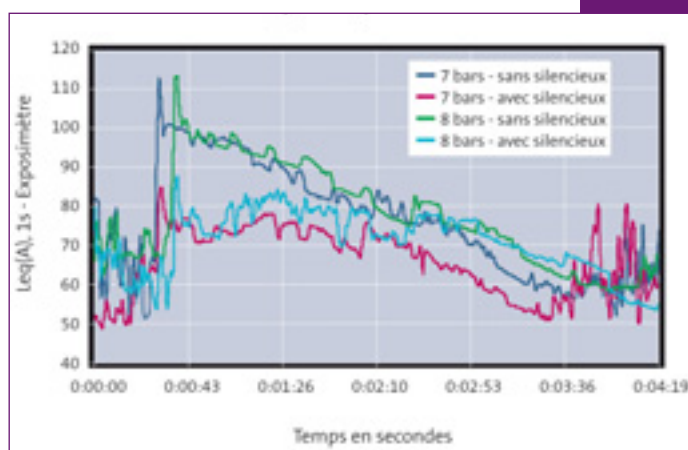
L'opérateur monte le Dosil sur la valve du pneu ; après dévissage de l'obus au moyen de la tige coaxiale, l'air s'échappe à travers la cartouche filtrante.



L'outil Dosil à visser



L'outil Dosil à clipser



Évolution de l'exposition de l'opérateur lors de la vidange d'un pneu de poids lourd

Gain

Mesures réalisées à l'oreille de l'opérateur pour une pression nominale de 8 bars.

	Lp (crête)	Leq (4 min)
Sans Dosil	113 dB	95 dB(A)
Avec Dosil	88 dB	76 dB(A)

Remarques

- Le temps de vidange du pneumatique est maintenu, voire légèrement réduit.
- Il présente un gain de sécurité supplémentaire en supprimant le risque de projection de l'obus qui est capturé et récupéré en fin d'opération.
- Il est possible que la cartouche filtrante se colmate, obligeant l'opérateur à la nettoyer avant réutilisation.
- Une version avec montage clipsé a été développée pour éviter l'opération de vissage.

¹ Brevet INRS

Modification de procédé de sciage de profilés métalliques

- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; mécanique

Problème

Une émission sonore intense est générée à la coupe de profilés métalliques sur un banc de sciage à scies circulaires pendulaires.

Réalisation

Utilisation d'un banc automatique à scie à ruban pendulaire travaillant à des vitesses de coupe beaucoup plus faibles.



Nouvelle machine en cours de sciage d'un profilé



Opérateur à son poste

Gain

- 15 dB(A) environ.
- Avant : niveaux sonores aux scies circulaires pendulaires : 95 à 103,4 dB(A) (avec capotage partiel non satisfaisant).
- Après : niveaux sonores avec les scies à ruban pendulaires : 78 à 84,3 dB(A).

Remarques

- Autres avantages : pas de projection de copeaux (dispense de dispositif de captage), affinage de la coupe, arrêt instantané possible (sécurité).
- Il n'y a pas de perte de temps sur du profilé plat car le ruban scie sur toute la longueur.

Changement de procédé de fabrication de profilés

- **Solution** : changement de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; fabrication de profilés

Problème

La fabrication de profilés type rail de protection autoroutière ou similaire présente deux phases de bruits intenses et impulsionnels d'énergie sensiblement équivalente lors :

- de la découpe sur presse mécanique,
- des manutentions de conditionnement.

Réalisation

La presse mécanique (cycle brutal de coupe) est remplacée par une presse hydraulique. Dans le cadre de cet aménagement, l'outil de coupe se déplace avec le profilé sur une longueur importante permettant une coupe plus progressive et non brutale.



Presse mécanique fixe 101dB(A)



Presse hydraulique mobile de découpe
87dB(A)*

* niveau influencé par les chocs
de la phase de manutention

Gain

Les niveaux équivalents sont relevés devant la presse à 1 m sur un cycle minimum.

Gain de 14 dB(A) localement devant la presse (supérieur à 20 dB(A) si l'on exclut l'influence de la phase de manutention).

Remarques

- Meilleure précision de coupe.
- Augmentation de la capacité de la machine (profilés traités de plus grandes dimensions).
- Gain de temps hors changement d'outillage.
- Moindre usure de l'outil de coupe.

Aménagement d'un procédé de circulation de bouteilles

- **Solution** : modification de procédé **MP**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; embouteillage

Problème

La circulation de bouteilles génère des niveaux sonores atteignant 99 dB(A) au poste de la tireuse. Les sources principales sont les chocs des bouteilles de verre entre elles et contre les parties métalliques du convoyeur. Une solution d'encoffrement ne peut pas être envisagée car elle gênerait les opérations de maintenance.

Réalisation

Un variateur électronique piloté par automate programmable est installé ; il permet de rendre la vitesse de convoyage des bouteilles plus constante et de la réguler sur l'étiquetteuse. Les bouteilles sont guidées en sortie de dépalettiseur par un réaligneur afin d'éviter leur accumulation. Les rails métalliques du convoyeur sont remplacés par des rails en polyéthylène.



© Bernard Floret/INRS

Convoyeur à bouteilles piloté



© Bernard Floret/INRS

Variateur électronique
piloté par un automate
programmable

Gain

Les niveaux sonores initiaux de 88 à 99 dB(A) sont ramenés entre 73 et 82 dB(A).
Le gain est de 17 dB(A) à proximité de la tireuse.

Remarques

- D'autres actions ont été entreprises dans le cadre d'une amélioration globale des niveaux sonores : les échappements d'air comprimé sont regroupés sur un collecteur commun avec silencieux.
- Le plafond est traité en absorption ; de petits capots sont mis en place.

Aménagement d'un local de centre d'appels téléphoniques

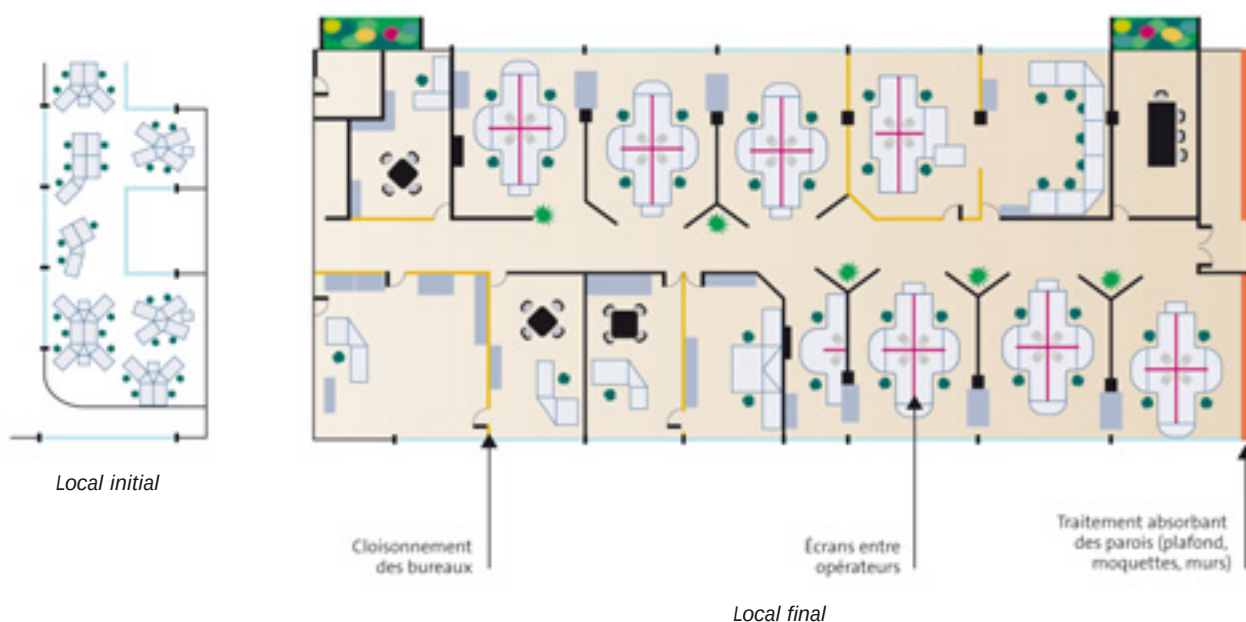
- **Solution** : aménagement des locaux **AO**
- **Domaine industriel** : poste et télécommunication ; centre d'appels

Problème

L'ambiance sonore d'un centre d'appels téléphoniques affecte le travail des opérateurs. On sait en effet que des niveaux ambiants élevés génèrent un processus « en boucle » : augmentation du volume des écouteurs, élévation du niveau des conversations... La particularité de ce contexte amène la nécessité d'une approche spécifique. Nous présentons ici des principes généraux d'aménagement de local.

Réalisation

Le local a été complètement réaménagé : positionnement des postes de travail, traitement absorbant des parois, mise en place d'écrans entre opérateurs. Par ailleurs, des précautions particulières ont été prises sur le mobilier : suppression des réflexions par le choix de matériaux en bois ou plastique plutôt qu'en métal, mise en place de caches sur les radiateurs (suppression des réverbérations), ouvrants en plastique (bruits de choc).



Gain

Le gain global de réduction du bruit ambiant est de l'ordre de 5 dB(A).

Remarques

- De part le processus « en boucle » de l'exposition évoqué ci-dessus, le gain « réel » est sans commune mesure avec le gain énergétique global sur le bruit ambiant. Par ailleurs, l'aspect « gêne » n'est pas pris en compte par ce seul critère.
- Du fait de la destination des bureaux (activité intellectuelle), on préfère utiliser les critères de gêne du type « courbes de Wisner ».

Répartition d'actions locales pour postes mobiles

► **Solution** : aménagement des locaux **AO**

► **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

Problème

Les opérateurs d'une rotative sont exposés à des niveaux sonores élevés ; leurs postes étant mobiles, cette exposition est évaluée à partir de relevés dosimétriques. On relève ainsi des niveaux de Lex,d de 87 à 99 dB(A). Puis, on identifie les postes et emplacements géographiques prépondérants dans l'exposition : on note les Leq supérieurs à 90 dB(A) pour sélectionner les endroits à traiter en priorité.

Réalisation

Les différentes rotatives sont encoffrées partiellement, au niveau des parties les plus bruyantes (plieuse, four et groupes) et, en particulier, à proximité des postes de travail critiques (recette...). Le pupitre est encoffré dans un local spécifique. Le poste de bobinier est isolé des groupes par des panneaux, l'accès au poste étant assuré par une porte acoustique.



Encoffrement de rotative



Pupitre dans son local



Porte d'accès au poste de bobinier

Gain

Les ordres de grandeur de la diminution des Leq aux emplacements prépondérants sont les suivants : 4 dB(A) au poste de recette, 10 dB(A) au poste de bobinier, 15 dB(A) au pupitre.

Remarques

Le gain en dosimétrie est difficile à estimer dans l'absolu car il dépend de l'utilisation par les opérateurs des solutions mises en œuvre : fermeture des portes, stations maximales aux endroits protégés... Une solution efficace est une solution bien utilisée !

Regroupement et aménagement de postes de travail dans un atelier de métallurgie

- **Solution** : aménagement des locaux **AO**
- **Domaine industriel** : métallurgie ; fonderie

Problème

L'entreprise est spécialisée dans la fabrication de pièces diverses destinées aux cimenteries et à la fabrication de pompes.

L'objectif est de limiter la propagation du bruit d'un poste vers l'autre et surtout vers le reste du hall de la fonderie.

Réalisation

Trois box sont installés pour y implanter des postes d'ébavurage manuel de petites pièces.



Aménagement des box



Vue de l'implantation des box dans le hall

Gain

Cette solution étant liée à un réaménagement de poste de travail, les gains ne peuvent être évalués qu'indirectement dans la configuration finale.

- Au niveau des opérateurs d'ébarbage, le niveau sonore est inférieur à 80 dB(A) dans un box sans activité, alors que dans les deux autres les niveaux sonores sont de l'ordre de 97 dB(A) en activité.
- Dans le reste de l'atelier, les niveaux sonores, à 2 m derrière les trois box en activité, sont compris entre 79 dB(A) et 81 dB(A).

Remarques

Cette disposition a permis à l'entreprise de regrouper trois postes particulièrement bruyants et de réorganiser les circuits de circulation des chariots automoteurs.

L'opérateur reste cependant exposé au bruit direct de l'outil portatif utilisé et doit porter une protection auditive individuelle.

Protection d'un opérateur de concasseur

- **Solution** : aménagement des locaux AO
- **Domaine industriel** : industrie extractive ; carrière

Problème

Un opérateur est situé dans une cabine à proximité d'un concasseur à mâchoires pendant toute sa journée de travail ; la cabine est reliée rigidement au système d'entraînement de la machine. L'opérateur subit des niveaux sonores de 91 dB(A) (cabine fermée) et des vibrations élevées.

Réalisation

Une nouvelle cabine est mise en place, désolidarisée du concasseur et de sa structure porteuse. Elle repose sur un pylône ancré sur un massif séparé. La nouvelle cabine est constituée de parois en bardage double peau et parties vitrées en double vitrage. Les deux passerelles machine et cabine sont également deux structures différentes, il n'y a aucune liaison rigide entre la machine et la cabine.



Nouvelle cabine

© CIMPE

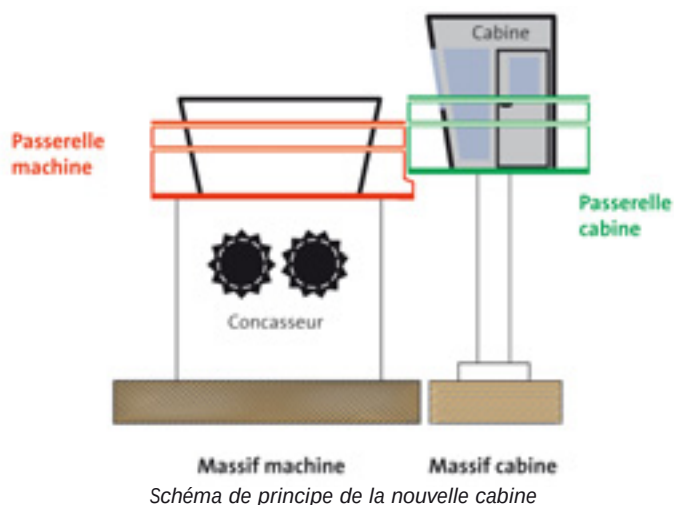


Schéma de principe de la nouvelle cabine

Gain

Le niveau d'exposition de l'opérateur est passé de 91 dB(A) à 70 dB(A). Ce gain considérable est obtenu grâce au meilleur isolement aérien de la nouvelle cabine, mais aussi grâce à sa désolidarisation qui permet d'éviter la transmission solidienne du bruit. Ce mode de propagation est important sur ce type d'installation qui génère des chocs d'énergie élevée en basses fréquences.

Remarques

La solution permet de résoudre simultanément les problèmes de bruit et de vibrations. Par ailleurs, la mise en place d'une climatisation dans la cabine permet de garder la porte fermée et d'assurer ainsi une protection effective tout au long de l'année.

Réfection d'une plate-forme de conduite de concasseur

- **Solution** : aménagement de la plate-forme **AO**
- **Domaine industriel** : récupération ; concassage

Problème

L'opérateur d'un concasseur est placé sur une plate-forme liée rigidement à la structure de la machine. Il est soumis à des niveaux sonores et vibratoires très élevés et supérieurs aux seuils réglementaires.

Réalisation

L'ensemble est remodelé et une cabine traitée acoustiquement, ventilée et désolidarisée de la machine est réalisée.



Ancienne installation



Nouvelle installation

Gain

- Les niveaux sonores mesurés à l'emplacement de l'opérateur sont ramenés de 98 dB(A) à 74 dB(A), soit un gain de 24 dB(A).
- Les niveaux vibratoires sont de l'ordre de 0,15 m/s² pour un niveau initial de 1,2 m/s².

Remarques

- La désolidarisation de la cabine apporte un effet de protection vis-à-vis des vibrations de l'équipement et des bruits solidiens générés par ces vibrations.
- Le confort de l'opérateur a aussi été amélioré en intégrant la climatisation dans la cabine principale.

- **Solution** : aménagement, nouvelle conception du local **AO**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; menuiserie

Problème

Le transfert d'un atelier de menuiserie dans un nouveau local est mis à profit pour mettre en œuvre des solutions de prévention des risques physiques, en particulier le bruit.

Réalisation

L'aspect acoustique est pris en compte de manière « classique » par l'accroissement de l'absorption du local ; il est assuré par la mise en place de panneaux perforés et de laine minérale en retombée murale et la pose d'un faux-plafond absorbant.

Cependant, l'action étant réalisée au niveau de la conception, elle est mise à profit pour disposer les conduits de ventilation derrière le faux-plafond, protégeant ainsi l'atelier du bruit de ces gaines.



Nouveau local aménagé

Gain

La décroissance sonore mesurée après traitement est de 4,1 dB(A) et la durée de réverbération de 0,9 s.

Remarques

Le traitement acoustique d'un local à la conception doit être associé aux contraintes d'éclairage ; par exemple, dans cet atelier, des puits de lumière naturelle ont été réservés en plafond. Dans cette optique, le choix de revêtements acoustiques de couleur claire est préférable.

Aménagement d'un poste de broyage

- **Solution** : organisation du travail **AO**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; tuiles

Problème

L'argile utilisée pour la fabrication de tuiles est réceptionnée dans une trémie. Avant son broyage, l'opérateur intervient dans la trémie pour extraire les blocs de pierre et briser les mottes ; il est soumis à des niveaux acoustiques et vibratoires élevés.

Réalisation

Un bras manipulateur hydraulique équipé d'un godet est mis en place ; l'opérateur agit en dehors de la trémie et sans marteau-piqueur.



Ancienne méthode :
brisage de mottes au marteau-piqueur



Nouvelle méthode :
manipulation par un bras hydraulique

Gain

L'émission sonore d'un marteau-piqueur peut dépasser les 110 dB(A). L'exposition à cette source sonore est supprimée.

Remarques

Ce nouvel aménagement supprime également le risque d'accident pendant la décharge de l'argile dans la trémie.

- **Solution** : organisation du travail **AO**
- **Domaine industriel** : industrie extractive ; carrière

Problème

Une étude globale de réduction des nuisances est effectuée dans une carrière fabriquant des matériaux pour travaux publics. Une attention particulière est portée aux poussières et au bruit. Cet exemple traite du cas du poste de concassage et de la protection de son opérateur.

Réalisation

La cabine de commande est déportée à l'extérieur de l'installation de concassage ; elle est conçue pour une bonne isolation acoustique et elle est fermée et ventilée pour protéger l'opérateur des poussières.



Carrière



Poste de commande

Gain

L'isolation d'une cabine est de l'ordre de 30 dB(A) ; elle est ici accentuée du fait de l'éloignement de la source sonore.

Remarques

Une action amont est l'occasion de traiter plusieurs problèmes en même temps : ici, le bruit et les poussières mais aussi les vibrations.

Diminution d'un bruit de centrale à béton

- **Solution** : organisation du travail **AO**
- **Secteur industriel** : construction ; chantier

Problème

L'approvisionnement du béton est une source de pollution sonore importante sur un chantier. Elle est générée par la circulation des camions-toupie.

Réalisation

La circulation des camions-toupie est supprimée et une centrale à béton traitée acoustiquement est installée localement.

De plus, afin de limiter le bruit de celle-ci, les vibreurs pneumatiques sont remplacés par des vibreurs électriques.



Approvisionnement
par camion à béton



Nouvelle centrale à béton

Gain

Le niveau sonore résultant au centre du chantier, à 20 mètres de haut (grue, hauteur du voisinage), est de 65 dB(A).

Remarques

- Ces actions ont été complétées par nombre d'actions ponctuelles liées à l'utilisation d'outils ou de procédés silencieux.
- Les contraintes acoustiques environnementales sont plus sévères que celles du travail, mais leur traitement est souvent une occasion de « gagner » des deux côtés.

- **Solution** : aménagement des locaux **AO**
- **Domaine industriel** : fabrication de matériels de transport ; hélicoptère

Problème

La fabrication de structure d'hélicoptère nécessite de nombreuses opérations de rivetage qui génèrent un bruit pouvant dépasser 110 dB(A).

Réalisation

Cette activité est déplacée dans le bâtiment chaudronnerie-tôlerie aménagé pour cette occasion. L'ensemble du bâtiment est traité en absorption acoustique et l'activité rivetage est séparée par des cloisons. Les postes de rivetage sont répartis en « cellules » séparées par des écrans mobiles : cette séparation physique a nécessité une adaptation du procédé en fractionnant davantage les opérations.



Rivetage



Cellules de travail avec écrans mobiles

© Pierre Bérenger/INRS

Gain

Seuls les opérateurs de chaque cellule sont exposés au bruit résultant de leur tâche : le nombre de personnes exposées à des niveaux sonores élevés autour d'un poste de travail passe ainsi de 20 à 2.

Remarques

Ces solutions techniques ont été accompagnées d'actions de formation et de sensibilisation au bruit ainsi qu'au port de protections individuelles.

Les actions sur les sources

Types de solution

Pour les sources aériennes ou « fluides »

- amélioration de l'écoulement
- mise en place de silencieux

Pour les sources « solidiennes »

- modification de la force
- modification de la structure

Une certaine ambiguïté recouvre la dénomination d'actions « à la source » qui, dans le contexte général de la prévention, recouvre tout ce qui peut être entrepris sur ou autour de l'équipement, par opposition aux solutions appliquées au niveau individuel du salarié. Or, la plupart des actions de réduction du bruit entrent dans cette catégorie. C'est pourquoi nous avons proposé dans le « Guide bruit » une distinction plus précise, basée sur les différentes étapes menant à la perception du bruit, que sont l'émission, la propagation et la réception. On identifie ainsi les actions au niveau de l'émission comme étant appliquées sur la source. On distingue alors les sources fluides, qui concernent les écoulements gazeux ou liquides et les échappements, des sources solides qui correspondent en général à des interactions « mécaniques » entre solides tels que les chocs ou les contacts.

Les silencieux étant placés au niveau de l'émission du bruit, nous les avons classés en action « sur la source ».

Les principes physiques du « transfert vibratoire » nous font répartir les actions sur les sources solidiennes entre les actions sur l'effort lui-même et les actions sur la structure sur laquelle est appliquée l'effort (carter de machine...).

La solution de « contrôle actif », encore peu répandue dans l'industrie, n'est pas présentée.

Tous ces points sont développés dans le « Guide bruit ».



N'étant pas équipés de notre système vocal, les insectes produisent leur chant à l'aide des éléments extérieurs de leur corps, avec des procédés de différentes natures... solidiennes ou aériennes ! Parmi les insectes adeptes du bruit solidien, on

trouve ceux qui strident : ils frottent deux parties jouant respectivement le rôle d'archet et de grattoir, telles les « planches à laver » des musiciens de Louisiane... Le grillon frotte ainsi une élytre sur l'autre, le criquet son fémur sur l'élytre. Quant à la cigale, elle joue des cymbales en déformant les parois latérales de son abdomen par contraction musculaire.

De nombreux insectes volants génèrent pour leur part un bruit aérien : le bourdonnement créé par le battement de leurs ailes dans l'air. Ce bruit n'est en général pas un chant puisqu'il n'est pas destiné à communiquer par le son. L'exception est le moustique femelle qui utilise ce bruit pour attirer le mâle.

Réduction du bruit d'un captage aspirant

- **Solution** : action sur l'écoulement **EL**
- **Domaine industriel** : fabrication de machines et équipements ; prothèse

Problème

L'atelier d'ébavurage brillantage regroupe une quinzaine de machines raccordées à un même réseau d'aspiration. Chaque machine est équipée d'un clapet condamnant l'aspiration lorsqu'elle est à l'arrêt. Seules une à trois machines fonctionnent simultanément ; le débit d'aspiration du moto-ventilateur est alors concentré sur quelques bouches d'aspiration de faible diamètre (2 par machines) engendrant des vitesses d'air très importantes. Le niveau sonore mesuré au poste de travail des tourets de brillantage est de 94 dB(A). Un arrêt manuel de l'aspiration provoque une baisse du niveau sonore de plus de 10 dB(A), ce qui montre la prépondérance de celle-ci.

Réalisation

Sur un touret, la bouche d'aspiration côté droit a été modifiée (prototype). Une bouche de grand diamètre avec cône convergent est placée sous la roue de polissage. L'écoulement d'air est ainsi amélioré : positionnement de l'orifice (éloigné de l'angle du caisson, placé dans la direction du panache de poussières), diminution de la vitesse par le cône à l'embouchure, offrant également un meilleur profil induisant moins de turbulences (moins de bruit, moins de perte de charge).



Aspiration non modifiée



Aspiration modifiée (prototype)

Gain

La diminution sonore au poste de travail est de 4 dB(A) (gain supérieur à 10 dB entre 800 et 2,5 kHz). Le gain effectif de cette modification est supérieur mais n'a pu être mesuré en raison du bruit généré par l'autre bouche d'aspiration non modifiée de la machine.

Remarques

Grâce à un meilleur positionnement, le captage des poussières est plus efficace. Il n'y a plus d'amoncellement dans le carter de la machine.

Utilisation de soufflettes silencieuses

- **Solution** : action sur l'écoulement **EL**
- **Domaine industriel** : tous secteurs

Problème

L'utilisation de soufflettes à air comprimé est répandue dans l'industrie (nettoyage du poste de travail, voire des vêtements). Même si la durée de cette opération est faible, sa répétition et son niveau élevé peuvent affecter de manière importante l'exposition sonore de l'employé.

Réalisation

Il est possible de remplacer les soufflettes traditionnelles à air comprimé par des soufflettes dites silencieuses ; leur conception joue sur l'écoulement de l'air en sortie de la buse.

Le fait d'intercaler un écoulement entre le jet et l'air ambiant permet de diminuer le bruit.



Soufflette silencieuse

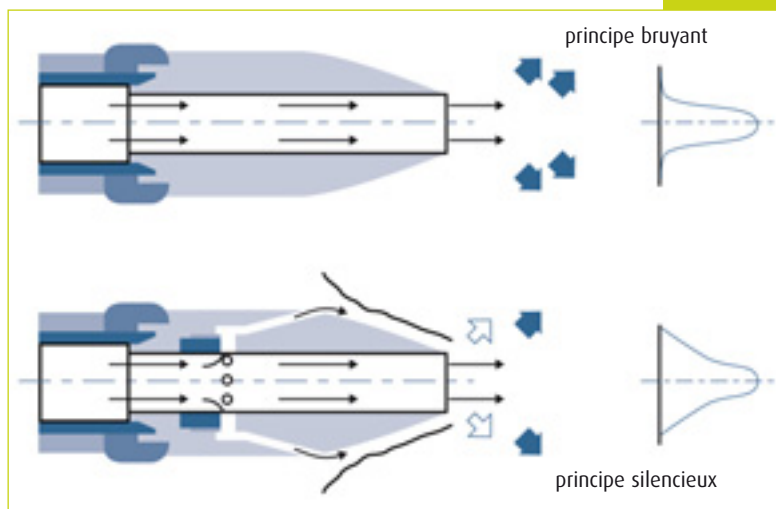


Schéma de principe

Gain

L'essai avec une soufflette « silencieuse » par rapport à une soufflette « traditionnelle » met en évidence un gain de 12 dB(A) lors du nettoyage d'une machine (niveau de pression sonore au poste : de 94 dB(A) à 82 dB(A)).

Remarques

- Le gain de 12 dB(A) est à ramener à la durée d'utilisation de la soufflette pendant la journée de travail et à l'exposition sonore globale du poste.
- Il est important de faire le bon choix car il existe différentes catégories de buse, chacune adaptée à un travail spécifique.
- La consommation d'air est nettement réduite (jusqu'à 30 %).

Amélioration de l'écoulement d'air d'un captage de poussières

► **Solution** : action sur l'écoulement **EL**

► **Domaine industriel** : récupération ; cartouche imprimante laser

Problème

Le système de captage et d'évacuation des poussières est très bruyant lors des opérations de recyclage des cartouches de toner (84,7 dB(A)).

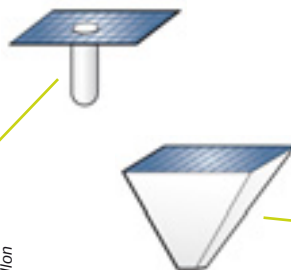
Réalisation

La forme du raccordement du réseau de transport des poussières au plan aspirant de l'enceinte ventilée a été modifiée.

Alors qu'à l'origine le raccordement était direct entre une gaine circulaire de diamètre de l'ordre de 80 mm et le plan aspirant, un raccordement conique a été mis en place selon les photos et croquis suivants.



Avant



Après

Gain

Environ 4 dB(A) au niveau de la grille d'aspiration (80,5 dB(A)).

Remarques

L'écoulement d'air, moins turbulent, entraîne une augmentation de la surface de travail aspirée correctement.

Atténuation du bruit de cannes de nettoyage à air comprimé

- **Solution** : action sur l'écoulement **EL**
- **Domaine industriel** : industrie chimique ; application de peinture

Problème

Les poudres de peinture se déposent sur les parois de la cabine et, au changement de teinte, le nettoyage des cabines de poudrage s'effectue avec des cannes de soufflage à air comprimé. Le niveau sonore dû à l'air comprimé est très élevé pendant cette opération.

Les poudres récupérées sont soit réutilisées, soit évacuées comme déchet.

Réalisation

Mise en place de cannes avec des buses insonorisées.



Canne avec buse insonorisée utilisée dans les cabines

Gain

L'atténuation est de 12 dB(A) entre une buse non insonorisée et une buse insonorisée.

Remarques

L'installation de buses de soufflage permet de réduire la consommation d'air comprimé tout en gardant une efficacité identique.

Mise en place d'un silencieux au refoulement d'un ventilateur à forte dépression

► **Solution** : silencieux **SI**

► **Domaine industriel** : travail du bois ; menuiserie

Problème

Le dépileur des planches de bois utilise des ventouses raccordées à un groupe moto-ventilateur à forte dépression dont le refoulement s'effectue directement dans l'atelier.

Réalisation

Un silencieux à passage libre est mis en place directement en sortie du ventilateur.



Installation avant modification



Mise en place du silencieux

Gain

Le niveau d'émission mesuré à 1 m de l'équipement passe de 96 à 83 dB(A).

Compte tenu de l'éloignement du ventilateur par rapport aux postes de travail, ce gain de 13 dB(A) suffit à rendre négligeable l'influence du bruit de fonctionnement du ventilateur sur le niveau d'exposition des opérateurs.

Remarques

Le choix du silencieux doit intégrer les paramètres aérauliques du ventilateur et des dispositifs auxquels il est raccordé de manière à éviter une dégradation des performances de l'installation.

Insertion d'un silencieux dans un réseau d'aspiration

► **Solution** : silencieux **SI**

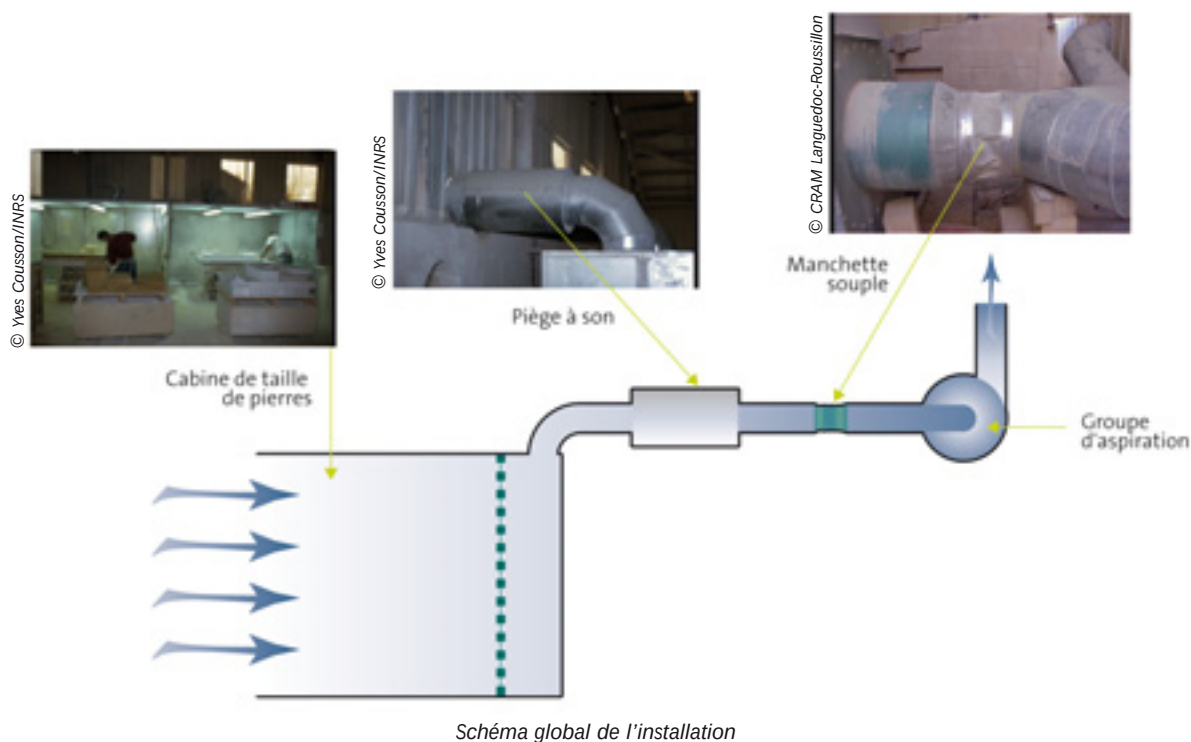
► **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; taille de la pierre

Problème

Bruit généré par l'installation de captage de poussières dans deux cabines de taille de pierre.

Réalisation

Mise en place d'une manchette souple antivibratile à proximité du ventilateur et de deux silencieux (un par cabine).



Gain

De 6 à 8 dB(A) selon les points de mesure.

Lieux de mesure	sans piège à son	avec piège à son
Sur la table, ventilation seule	95 dB(A)	87 dB(A)
Dans le plan aspirant, ventilation seule	90 dB(A)	83 dB(A)
À 1,5 m dans l'axe de la cabine, ventilation seule	82 dB(A)	76 dB(A)

Remarques

Le gain est significatif aux postes de taille de pierre mais également pour toutes les opérations réalisées dans le reste de l'atelier.

Traitement d'un encoffrement par résonateur d'Helmholtz

► **Solution** : silencieux **SI**

► **Domaine industriel** : industrie automobile ; équipement

Problème

Les niveaux sonores mesurés dans l'atelier sont acceptables (entre 75 et 80 dB(A)). Mais dans les bureaux situés à 15 mètres, bien que le niveau sonore ne soit que de 56 dB(A), un bourdonnement sourd occasionne une gêne très marquée pour les occupants. L'analyse met en évidence l'origine du problème : c'est un son « pur » à 50 Hz provenant d'un bol vibrant ; celui-ci est encoffré mais c'est la lame d'air interne à l'encoffrement qui amplifie l'excitation acoustique.

Réalisation

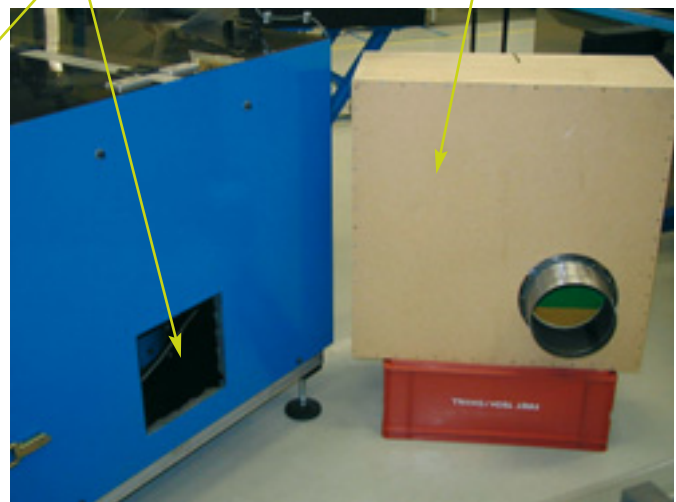
Mise en place d'un résonateur d'Helmholtz sur la face latérale de l'encoffrement (sans contact), accordé sur 50 Hz et garni d'absorbant.



Bol vibrant encoffré

orifice de communication
avec le résonateur

résonateur



Résonateur à positionner contre le bol vibrant

Gain

L'effet est nettement ressenti dans les bureaux jouxtant l'atelier (-12 dB(A) à 50Hz) ; l'impact sur le niveau sonore global de l'atelier est négligeable.

Remarques

Un son « pur » (dominant sur une fréquence « unique ») a un effet concentré qui amène une gêne bien supérieure à la proportion de son énergie sonore. Le résonateur d'Helmholtz est une solution tout à fait adaptée à ce type de phénomène et comporte en outre l'intérêt d'être efficace même en très basses fréquences. Son application nécessite que la source soit aérienne et confinée. C'est le cas de certains encoffrements ; cet exemple met d'ailleurs en évidence qu'une telle installation peut aussi être une source de bruit.

Traitement d'un échappement d'outil pneumatique

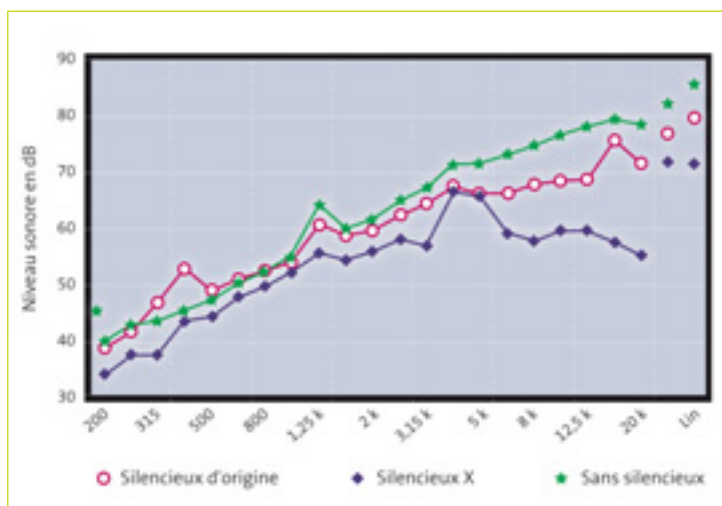
- **Solution** : silencieux sur outil portatif **SI**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; découpe de poisson

Problème

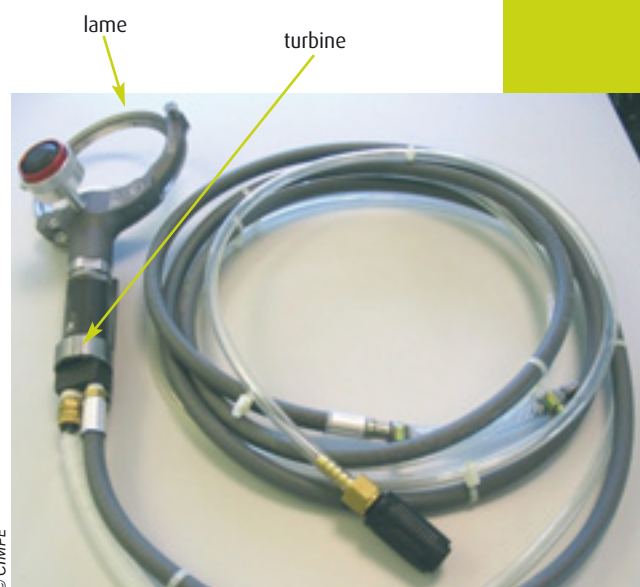
Paradoxalement sur site (matériels en exploitation), les couteaux pneumatiques à lame tournante sont moins bruyants lorsqu'on retire le silencieux d'échappement (4 à 7 dB(A)). Un objectif de 8 à 10 dB(A) était recherché.

Réalisation

En complément des mesures sur site, réalisation de mesures en chambre sourde avec deux types de couteaux : matériel neuf prêté par le fournisseur et matériel neuf en remplaçant le silencieux d'origine par un silencieux d'un autre modèle (x).



Analyse spectrale par bandes de tiers d'octave



Couteau de découpe avec son flexible

Gain

- Le gain est positif (5,5 dB(A)) avec le matériel neuf et le silencieux d'origine. Son effet néfaste constaté sur site montre que l'utilisation du couteau annihile ses performances (colmatage ?).
- Le gain est de 10,5 dB(A) avec le matériel neuf et le nouveau silencieux. Le choix d'un silencieux plus adapté permet un accroissement des performances.

Remarques

- Le choix des silencieux doit obéir aux contraintes de fortes projections d'eau.
- Avec le nouveau silencieux, le couteau est plus efficace qu'avec le silencieux d'origine. En effet, la perte de charge étant plus faible, l'outil tourne plus vite et donc coupe mieux.
- Une meilleure solution consiste à installer un réseau de collecte d'échappement des couteaux débouchant à l'extérieur du local de travail et supprimant ainsi le bruit en bout de flexible.
- La différence de performance du silencieux d'origine entre le laboratoire et le site montre la nécessité de prendre en compte les contraintes industrielles dans l'évaluation des performances.

Conception d'un silencieux de vidange sur un accumulateur

► **Solution** : silencieux **SI**

► **Domaine industriel** : production et distribution d'électricité, gaz et chaleur ; électricité

Problème

Il s'agit d'accumulateurs oléopneumatiques de robinets sphériques 7,9 m³ à 44 bars. Ils sont vidangés par une pression d'air comprimé.

Réalisation

Un silencieux est conçu et mis en place à la source.

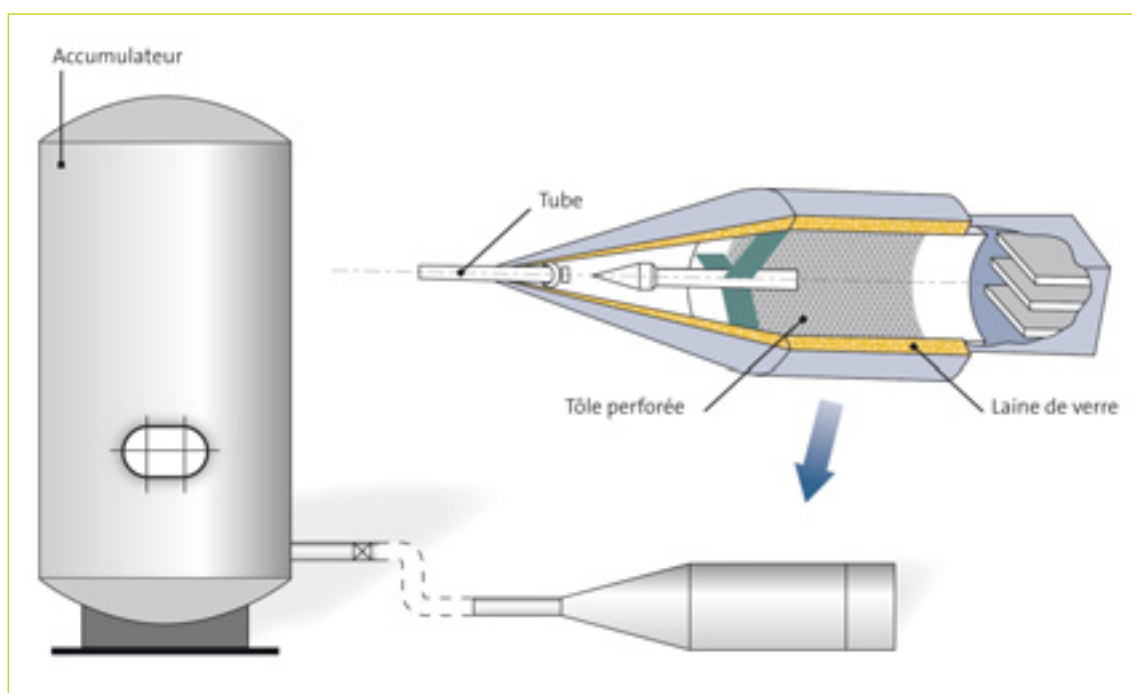


Schéma de principe de silencieux

Gain

Le niveau sonore passe de 131 à 93 dB(A).

Remarques

Le gain apporté est à mettre en relation avec la (relativement) faible perte de charge : le débit a été réduit seulement de 0,54 m³/s sous 43 bars.

Silencieux peu encombrant sur le refroidissement d'une extrudeuse

- **Solution** : silencieux à l'aspiration **SI**
- **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; plasturgie

Problème

Bruit aéraulique sur le refroidissement d'une extrudeuse. Problème d'encombrement, donc très peu de place pour réaliser la solution.

Réalisation

Mise en place d'un dispositif plat au niveau de l'aspiration. Il est composé de deux flasques cylindriques dont l'intérieur est garni de laine de verre protégée par une tôle perforée. L'air circule entre les deux flasques.

circulation d'air entre les deux flasques



Aspect du silencieux



Aperçu de l'encombrement

Gain

5 à 8 dB(A) suivant les vitesses d'air.

Remarques

- Le gain de ce type de silencieux est proportionnel à ses dimensions.
- Le rapport gain/encombrement est ici intéressant.

- **Solution** : silencieux (louvres) **SI**
- **Domaine industriel** : tous secteurs

Problème

Pour des questions de ventilation, un local de compresseurs doit comporter des ouvertures. Il faut donc traiter celles-ci tout en respectant l'encombrement.

Réalisation

Pose de louvres, silencieux à baffles inclinées, traitées acoustiquement dans ce contexte, pour l'entrée et l'extraction d'air naturel.



Vue des louvres

Gain

L'atténuation est de 11,5 dB(A).

Remarques

- Système modulaire qui allie esthétique et faible encombrement.
- Pas de vitesse > à 3,5 m/s entre les lames sinon régénération de bruit.
- Ce système permet de diminuer les nuisances sonores de voisinage.

Choix de cloueur moins bruyant

- **Solution** : silencieux **SI**
- **Domaine industriel** : tous secteurs

Problème

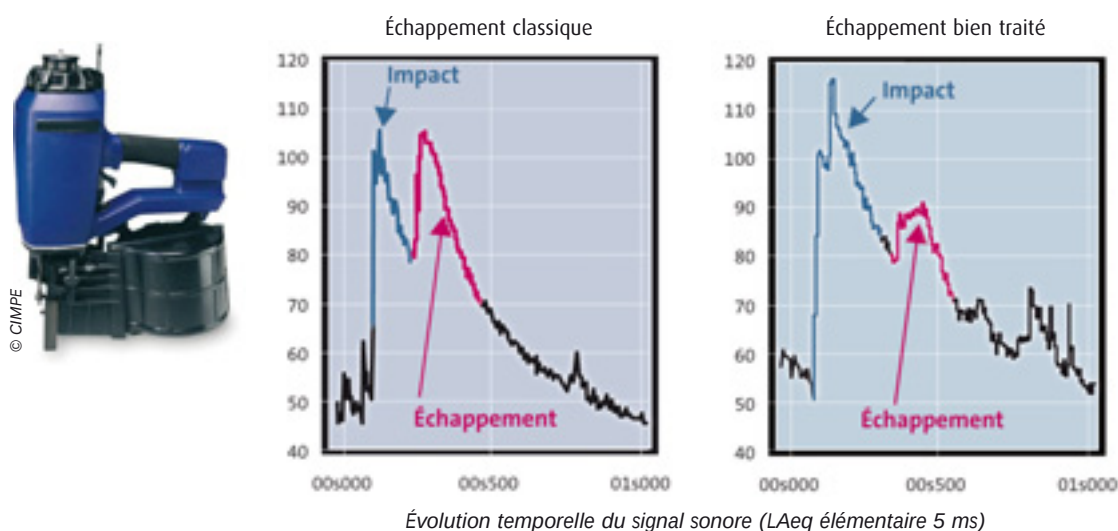
Les cloueurs pneumatiques sont des outils particulièrement bruyants. Le bruit généré est de deux natures :

- un bruit d'impact correspondant à l'enfoncement du clou et du choc en fin de course du piston,
- l'échappement pneumatique correspondant à la décharge du volume d'air comprimé de la chambre du piston dans l'air ambiant.

L'exposition sonore qui dépend du nombre de clouages effectués est généralement supérieure à 90 dB(A) en raison du grand nombre de clouages par jour. L'opérateur est à proximité immédiate de la source de bruit ; sa tête est souvent très proche de l'échappement pneumatique.

Réalisation

Des mesures de qualification de différents cloueurs montrent qu'un bon traitement acoustique de l'échappement réduit sensiblement le bruit généré et plus particulièrement celui émis en direction de l'opérateur.



Gain

On utilise l'indice S_{EL} qui donne le niveau sonore équivalent, pour une durée de l'événement ramenée à une seconde.

Globalement, l'écart de niveau sonore entre les cloueurs atteint 5 dB(A) dans le cadre d'essais prenant en compte plusieurs points de mesure. Cet écart atteint presque 10 dB(A) au niveau de la tête de l'opérateur (105,5 dB(A) contre 96 dB(A)).

Nota : pour le cloueur comportant un échappement bien traité, l'énergie sonore de l'échappement est 14 dB(A) inférieure à celle de l'impact. Pour un cloueur classique, l'échappement et l'impact sont équivalents

Remarques

- Pour réduire davantage l'exposition sonore, la réduction du bruit d'impact est nécessaire. Le rayonnement sonore de la structure clouée et de son éventuel support peut amplifier significativement le bruit d'impact.
- Le cloueur réduisant l'exposition de l'opérateur de 10 dB(A) permettra de clouer 10 fois plus pour une dose de bruit équivalente.

► **Solution** : silencieux **SI**

► **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; plasturgie

Problème

Pour limiter la pollution de l'air dans l'atelier, nuisible à la qualité des granulés, les moteurs des extrudeuses ont été équipés de filtres. Ceux-ci sont connectés rigidement au moteur au niveau des ouvertures des anciennes grilles de prise d'air. Le bruit à proximité de ces filtres anti-pollution atteint 89 dB(A), ce qui n'était pas le cas avant.

Réalisation

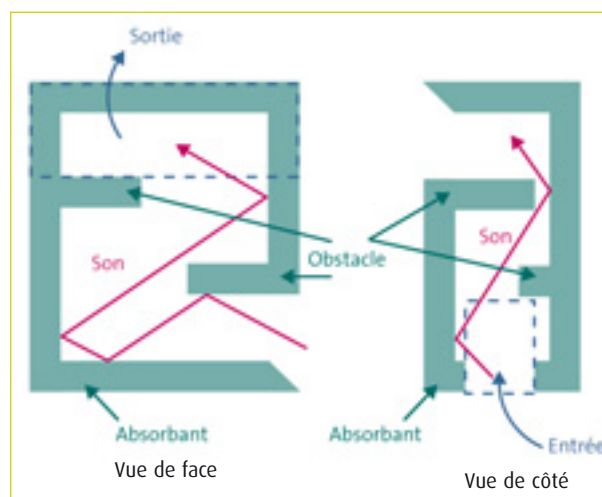
À l'aide de laine de verre et de panneaux, un piège à son a donc été réalisé artisanalement sur un des filtres sur le principe d'une «chicane absorbante».



Vue globale de l'extrudeuse



Filtre à air du moteur
en cours d'élaboration
derrière l'extrudeuse



Vue du filtre avec absorbant à l'intérieur

Gain

Il est de 9 dB(A) en global.

Remarques

Le gain a été mesuré par intensimétrie afin de s'affranchir du bruit parasite des machines environnantes.

Traitement des entrées-sorties d'un local de tri de pierres

- **Solution** : silencieux (tunnel acoustique) **SI**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; tri de pierres

Problème

L'acheminement de galets en entrée et sortie dans une cabine de tri provoque des chutes génératrices de bruit. Il s'agit d'atténuer le bruit généré par les chocs induits au niveau des opérateurs situés dans la cabine.

Réalisation

Un tunnel acoustique est mis en place à l'entrée et la sortie de la cabine : ses parois sont revêtues de matériau absorbant (à l'image d'un silencieux) et l'ouverture est close par un rideau de lanières « lourdes ».



Alimentation de la cabine par bandes transporteuses



Tunnel acoustique aux entrées-sorties



Chute des galets

Gain

Il est difficile d'évaluer le gain dû uniquement au tunnel, car d'autres améliorations ont été faites dans la cabine (voir fiche 70). Il peut toutefois être estimé aux environs de 5 dB(A).

Remarques

- La porte d'accès à la cabine était située sur la paroi côté entrée du produit ; elle a été placée sur la paroi longitudinale afin de l'éloigner de la source sonore.
- Cette disposition atténue également la propagation du bruit intérieur vers l'extérieur, ce qui peut être utile dans certaines situations de protection du voisinage.

Modification d'outillage à main dans un atelier de tonnellerie

- **Solution** : action sur l'effort généré par l'outillage **FO**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; tonnellerie

Problème

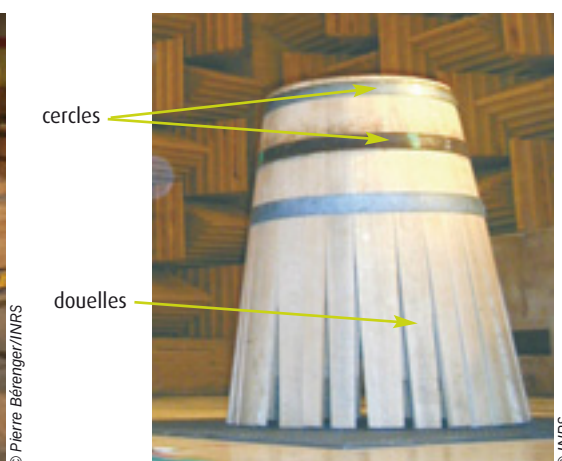
La fabrication des tonneaux passe par une phase de martelage de cercles utilisés pour l'assemblage des douelles. L'impact du marteau est transmis au cercle métallique de montage par l'intermédiaire d'une chasse. Cette opération génère des niveaux sonores atteignant 102 dB(A).

Réalisation

Les actions ont porté sur plusieurs dispositifs : modification de la chasse pour modifier la force d'impact, amortissement des cercles de travail, amortissement du support des tonneaux.



Phase de martelage des cercles sur les tonneaux



Tonneau en cours de montage



Chasse en bois d'origine



Deux modèles de chasses « amortissantes »

Gain

Le gain atteint 3 à 5 dB(A) selon les chasses amortissantes.

Les accélérations crête à crête moyennes mesurées sont respectivement de 2,2 m/s² avec la chasse en bois et elles vont de 0,4 à 1,4 m/s² avec celles en polyéthylène selon le modèle. La force d'impact a été parfaitement conservée.

Remarques

La solution de chasse amortissante permet également de réduire les niveaux vibratoires générés par les chocs, ce qui est favorable pour diminuer les risques de troubles musculosquelettiques.

Ce type de solution nécessite d'impliquer les opérateurs dans les développements afin qu'ils intègrent effectivement de nouvelles manières de travailler dans leur activité de spécialistes.

Modification d'un mécanisme de transmission

- **Solution** : modification de l'effort **FO**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; boyauderie

Problème

La ligne à menus est l'étape de pressage des boyaux dans les boyauderies ; elle y constitue la principale source de bruit : 90 dB(A).

Un nombre souvent important d'opérateurs est exposé au bruit de fonctionnement de cet équipement de travail qui, de plus, est généralement implanté dans un atelier réverbérant.

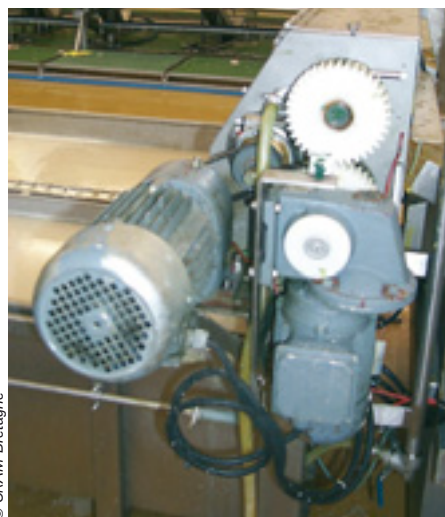
Réalisation

Les photographies ci-après illustrent les modifications apportées au mécanisme d'entraînement des cylindres de la ligne à menus, à savoir :

- réduction du nombre d'engrenages et de renvois d'angle, diminution du nombre d'efforts d'engrènement par l'ajout d'un deuxième moteur,
- utilisation de roues dentées en matériau synthétique au lieu du métal (amortissement des efforts d'engrènement).



Avant modification



Après modification

Gain

5 dB(A) à 1 mètre du système d'entraînement.

Remarques

Les niveaux mesurés varient avec la cadence. Le gain doit être évalué pour une cadence donnée.

Freinage de rouleaux de convoyeur

► **Solution** : action sur l'effort **FO**

► **Domaine industriel** : services auxiliaires des transports ; préparation des commandes

Problème

La descente des colis en carton sur les convoyeurs à rouleaux inclinés est la principale source de bruit sur les plates-formes de préparation des commandes ; les niveaux sonores aux postes de travail peuvent atteindre 80 à 92 dB(A) selon la masse des colis.

Réalisation

Une brosse fixée sous les convoyeurs est en contact avec les rouleaux de manière à freiner ces derniers après le passage du colis. Ainsi la durée pendant laquelle chaque rouleau du convoyeur est animé d'un mouvement de rotation se trouve considérablement réduite par rapport à la situation initiale (rouleau non freiné).



Cheminement des cartons



Broches

Gain

- De 5 dB(A) aux postes de travail pour les colis les plus lourds.
- De 13 dB(A) aux postes de travail pour les colis de faible masse.

Remarques

C'est la diminution de la durée du bruit et non pas du niveau du bruit qui fait baisser l'exposition.

Action sur l'amenée de profilés de charpentes métalliques

- **Solution** : action sur la structure de l'équipement **FO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; charpentes métalliques

Problème

L'entreprise est spécialisée dans la fabrication de charpentes métalliques.

Avant sciage, les profilés sont chargés sur un convoyeur à rouleaux. Préalablement au chargement, on fait glisser ces profilés sur des rails transversaux sur une longueur de quelques mètres. Cette opération, appelée ripage, génère de forts niveaux sonores du fait du frottement métal sur métal.

Les niveaux sonores mesurés à 3 mètres environ du banc de ripage sont de l'ordre de 103 dB(A).

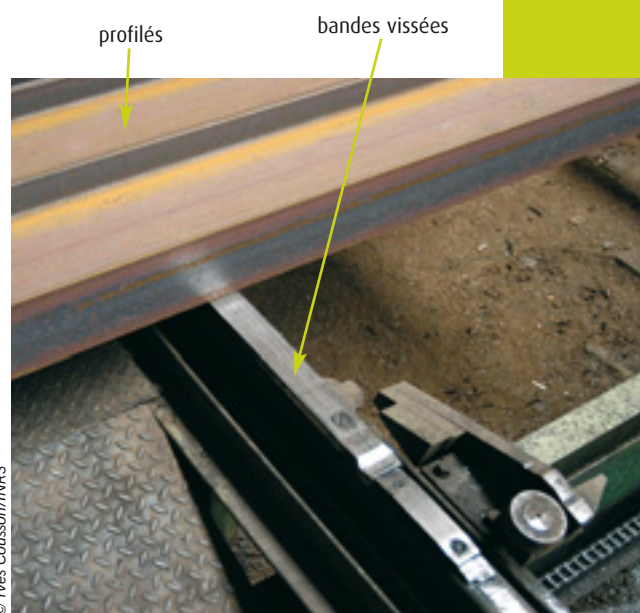
Réalisation

La réalisation a consisté à revêtir les rails transversaux du banc de ripage de plaques de matériau plastique résistant à base de polyamide.

Les plaques ont une épaisseur de 2 cm environ ; elles sont collées et vissées sur les rails du banc de ripage.



Vue d'ensemble du convoyeur à rouleaux



Gros plan sur les bandes vissées

Gain

- Les niveaux sonores mesurés après réalisation sont compris entre 73 dB(A) et 79 dB(A).
- Cette réalisation permet donc une réduction des niveaux sonores dans l'environnement de ce banc de ripage comprise entre 24 dB(A) et 30 dB(A).

Remarques

Il est nécessaire que l'entreprise procède régulièrement au changement des plaques qu'il faut considérer comme des consommables.

- **Solution** : action sur l'effort **FO**
- **Domaine industriel** : récupération ; tri de gravats

Problème

Des gravats transportés sur un tapis roulant sont triés manuellement et basculés dans des goulottes de récupération. Les chocs générés par la chute des gravats dans la goulotte sont source de niveaux sonores importants.

Réalisation

Les parois intérieures des goulottes ont été recouvertes de matériau viscoélastique (du type bitume).



© CRAM Ile-de-France

Vue globale de l'atelier avec des goulottes traitées et non traitées



© CRAM Ile-de-France

Avant : matériau sandwich complexe bitume/bois



© CRAM Ile-de-France

Après : doublage par matériau viscoélastique

Gain

Réduction de 4 à 5 dB(A) selon les emplacements par rapport aux anciennes goulottes non traitées. Les niveaux d'exposition qui étaient compris entre 88 et 90 dB(A) aux postes de travail sont descendus en dessous de 85 dB(A) (de 83 à 85 dB(A)).

Remarques

Des solutions simples peuvent avoir un impact significatif sur l'exposition sonore. Le choix du revêtement doit prendre en compte les contraintes physiques du procédé : résistance aux impacts, température, hygrométrie.

Modification de l'avancée d'un outil de presse

- **Solution** : action sur la force **FO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; tôlerie

Problème

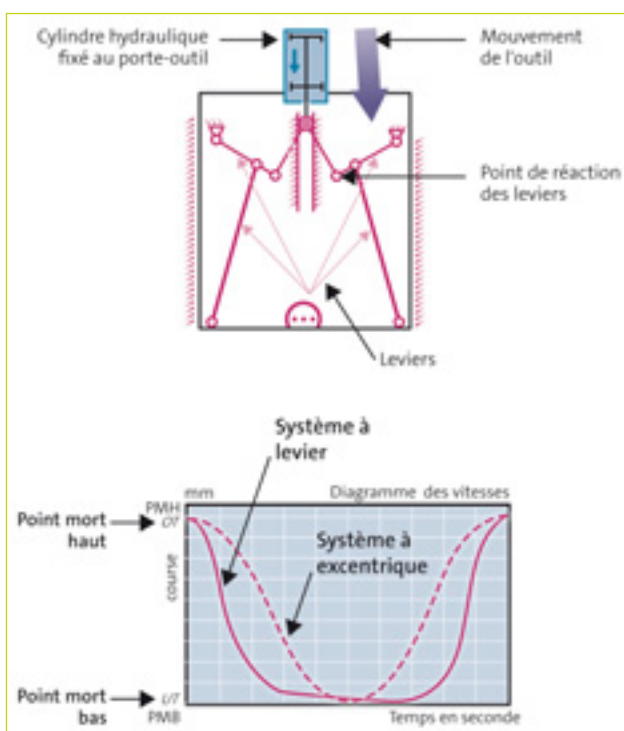
Une presse hydraulique découpe et forme des feuillards ; le fabricant cherche à diminuer les niveaux sonores émis.

Réalisation

Le système d'avancée de l'outil est modifié : le fonctionnement « classique » à excentrique est remplacé par un système différentiel à leviers. Ceci permet d'obtenir une vitesse du coulisseau minimale au contact du feuillard. La diminution de l'énergie de choc obtenue réduit le niveau sonore.



Presse hydraulique



Évolution de la vitesse de l'outil pendant le cycle de travail

Gain

Le niveau sonore est de 70 dB(A) au poste de travail. Sur des machines « classiques » et pour une même cadence, il est en général supérieur à 85 dB(A).

Remarques

L'implication du constructeur permet une modification interne à la machine aboutissant à un gain élevé.

Réduction du bruit dans un atelier de tonnellerie

- **Solution** : action sur l'effort généré par l'outillage **FO**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; tonnellerie

Problème

On rencontre dans les ateliers de fabrication de barriques des niveaux d'exposition sonore quotidienne supérieurs à 102 dB(A). Les opérations de cerclage ont une part dominante dans ces niveaux : des cercles métalliques de « travail » sont montés par martelage pour la mise en forme des tonneaux. À la mise en place des fonds, ils sont remplacés par des cercles définitifs et empilés. Les sources de bruit sont essentiellement le bruit de chute des cercles de travail à l'empilage et les impacts générés par le martelage des cercles pendant le montage.

Réalisation

Différentes solutions sont mises en œuvre :

- mise en place d'un tapis amortissant sous le tonneau pour diminuer la propagation solidienne du bruit vers le sol et diminuer le rayonnement de la barrique,
- montage d'un matériau amortissant sur les cercles de travail pour diminuer leur vibration à l'empilage.

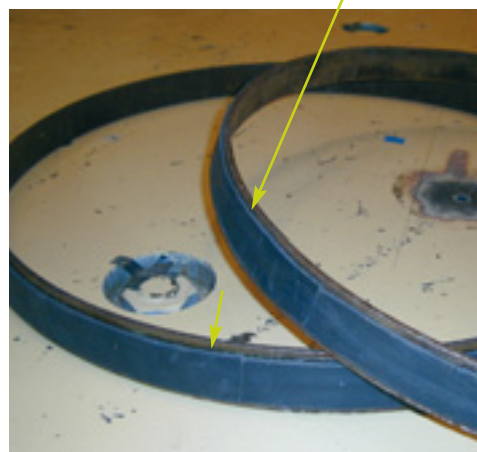


Atelier de fabrication



tapis amortissants
sous les barriques
travaillées

matériaux amortissants sur les cercles de travail



Cercles de travail amortis

Gain

- La mise en place entre le sol et la barrique d'un tapis amortissant de dureté voisine de 62 shore procure pour sa part un gain d'environ 2 dB(A).
- Le gain apporté par l'amortissement des cerclages est difficilement estimable en termes d'exposition quotidienne ; le bruit d'impact est cependant très fortement diminué.

Remarques

Une solution différente serait d'éviter les chocs d'empilement des cerclages en envisageant non plus de les empiler mais de les suspendre verticalement.

Diminution du bruit de vibrage du béton

- **Solution** : action sur l'effort (rayonnement) **FO**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; béton

Problème

Dans une usine de fabrication de cuves en béton, les moules sont posés sur des poutres métalliques sous lesquelles sont fixés des vibrateurs. Ils excitent les poutres et le moule pendant leur remplissage afin d'homogénéiser le produit et de le répartir uniformément. Les niveaux de pression acoustique peuvent aller jusqu'à 111 dB(A) en phase vibratoire et l'exposition sonore est estimée à 103 dB(A).

Réalisation

- Le système de vibration des moules est constitué de poutres métalliques supportant des moteurs à balourd. La solution consiste à immerger ce système dans une fosse remplie d'eau.
- Par ailleurs, la surface de contact entre le moule et son chevalet a été maximisée par le soudage d'une plaque métallique sous le moule. Ceci permet d'accroître la cohésion entre les deux pièces.

© Yves Cousson/INRS



Moule rempli de béton

© Yves Cousson/INRS



Fosse remplie d'eau
prête à recevoir le moule

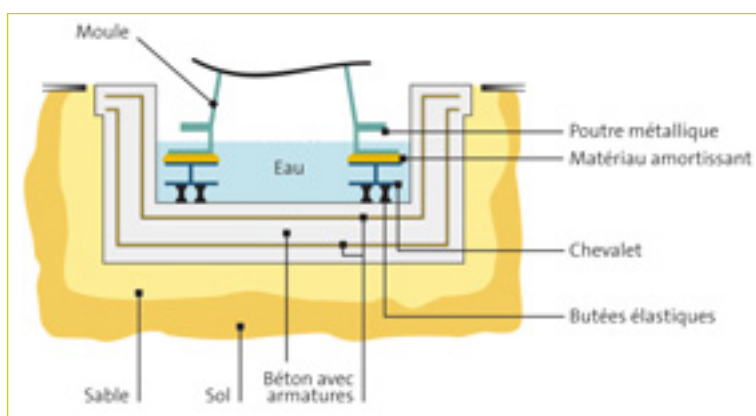


Schéma de principe

Gain

20 dB(A) au poste de travail quel que soit le type de moule fabriqué.

Remarques

- Les temps de cycle de production ne sont pas augmentés.
- L'origine de cette solution provient des services internes de l'entreprise.
- Le contrôle et la vérification des installations électriques doivent être renforcés.

Réduction du bruit d'une machine de découpe par l'optimisation des réglages

► **Solution** : action sur l'effort **FO**

► **Domaine industriel** : industrie du papier et du carton ; fabrication, cartonnage

Problème

Dans un atelier de transformation et d'impression de plaques cartonnées, deux mitrailleuses sont utilisées pour le débit des plaques. L'opérateur engage une plaque de carton ondulé dans un train de cylindres entraîneurs qui pousse la plaque dans un train de cylindres équipés de couteaux. La plaque découpée en bandes est évacuée par l'arrière.

Ces machines comptent parmi les plus bruyantes de cet atelier, notamment si le réglage est mal ajusté au type de carton découpé. Le niveau sonore au poste de travail en entrée de machine est de 97,5 dB(A) pour du carton double cannelure d'épaisseur de 6,5 mm.

Réalisation

Aucun aménagement n'est nécessaire. Un réglage adapté de l'écartement du train de rouleaux entraîneurs par rapport à l'épaisseur du carton à découper suffit.



Mitrailleuse vue du côté poste d'alimentation

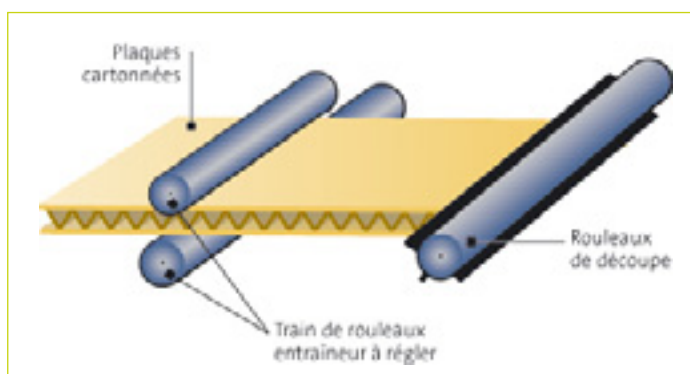
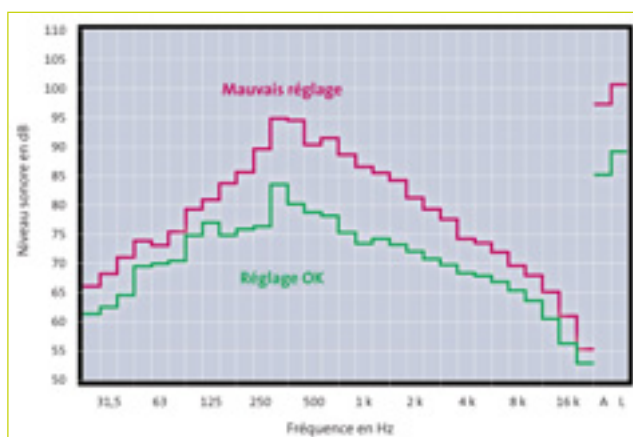


Schéma de principe de la machine



Analyse spectrale par bandes de tiers d'octave

Gain

Le niveau sonore lors des coupes pour du carton identique est de 85,5 dB(A) soit un gain de 12 dB(A) (voir le spectre ci-dessus).

Remarques

- Le niveau de 85,5 dB(A) est mesuré lors de coupes de plaques dont les cannelures sont perpendiculaires aux couteaux (sens le plus défavorable).
- La découpe ne correspond pas à la totalité de l'exposition au poste « mitrailleuse » ; l'exposition sur 8 heures est donc inférieure et atteint environ 82 dB(A).

Modification d'une machine textile

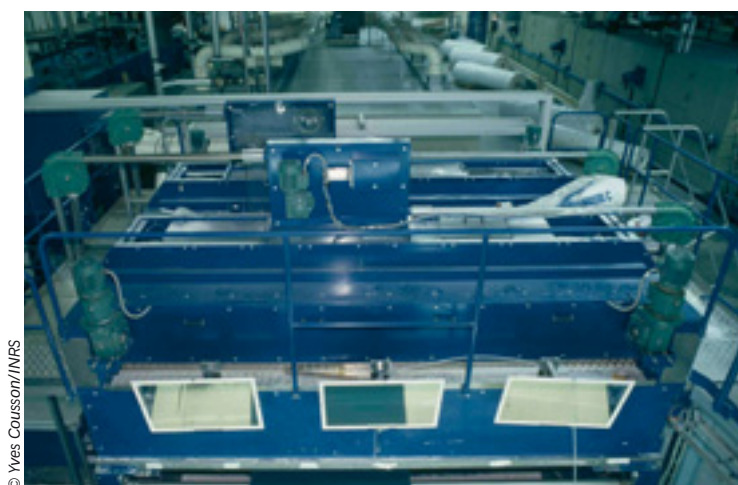
- **Solution** : action sur la force **FO**
- **Domaine industriel** : industrie textile ; tissus techniques

Problème

Les postes de travail situés à proximité des machines de flochage sont exposés à des bruits supérieurs à 85 dB(A). Le flochage consiste à déposer sur un tissu enduit d'adhésif de la matière duveteuse ; la répartition de ces « flocs » est assurée par un battage du tissu.

Réalisation

À l'occasion de l'approvisionnement d'une nouvelle machine, une modification de son procédé de battage est mis au point en concertation avec le fournisseur. La source dominante de bruit est constituée par les chocs entre le tapis de battage et le tissu. Ce système est remplacé par une série de poutres vibrantes indépendantes, montées avec isolation vibratoire sur le bâti de la machine.



Machine de flochage



Tissu floqué en sortie de machine

Gain

Le niveau sonore à proximité de la machine passe de 90 à 79,5 dB(A) (comparaison avec l'ancien équipement).

Remarques

Cette action à la source a permis d'éviter une solution d'encoffrement qui se serait avérée beaucoup plus onéreuse.

Diminution d'un bruit de chantier par actions ponctuelles

- **Solution** : action sur la force **FO**
- **Domaine industriel** : construction ; chantier

Problème

Des actions sont entreprises pour réduire le bruit d'un chantier et protéger son environnement.

Réalisation

De nombreuses actions ponctuelles sont mises en place :

- limitation de l'utilisation des outils pneumatiques (remplacement lorsque possible par des outils électriques) ;
- équipement des godets de la centrale à béton avec des plaques caoutchoutées ;
- modification du système de serrage des banches : les papillons débloqués à coup de marteau sont remplacés par des écrous serrés et desserrés à la clef.



Plaques caoutchouc sur les godets



Serrage des banches à la clef

Gain

Ces actions ponctuelles ont été complétées par des actions d'organisation liées à l'approvisionnement du béton, l'organisation du travail...

L'augmentation du niveau sonore dans le voisinage provoquée par les travaux a été limitée à 10 dB(A).

Remarques

- Des actions ponctuelles simples sont souvent efficaces.
- Les objectifs d'environnement et de bruit au travail peuvent être complémentaires.

Réalisation d'un tamis à faible bruit

- **Solution** : action sur la force **FO**
- **Domaine industriel** : industrie extractive ; alluvions

Problème

Une nouvelle unité de concassage est mise en place. La réduction des niveaux sonores est prévue dès la conception.

Réalisation

Les différents étages des cribles sont équipés de tamis en polyuréthane. Les bruits de chocs entre les éléments minéraux et le tamis sont diminués ainsi que le rayonnement de ce dernier.



Tamis en polyuréthane

Gain

Le gain peut être estimé en moyenne entre 10 et 15 dB(A).

Remarques

Sur ce type d'installations, la résolution de ces problème de bruit a des effets positifs aussi bien au niveau de la protection des employés que sur l'environnement (bruits de voisinage).

Utilisation de lames silencieuses pour scies circulaires à table

- **Solution** : action sur la structure (amortissement) **ST**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; transformation

Problème

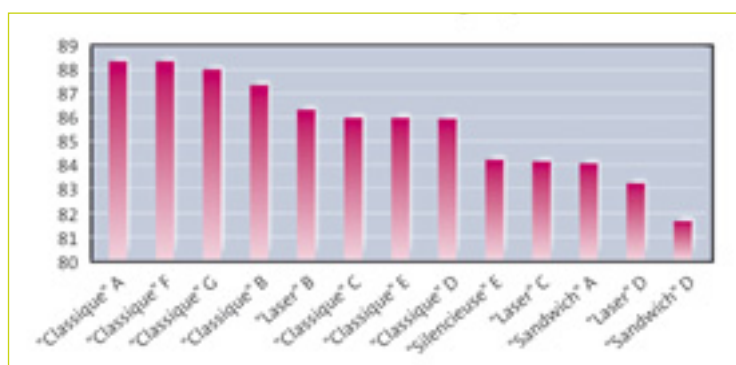
Les lames de scie circulaire à table sont des contributeurs majeurs à l'exposition sonore des employés dans l'industrie du bois.

Réalisation

Afin de réaliser une classification acoustique des différentes lames existant sur le marché, des essais ont été réalisés sur 13 types de lames différents. Leur émission sonore au poste de travail (L_p, A) a été mesurée dans des conditions normalisées et reproductibles. Différents types de technologie sont comparés : deux dites « silencieuses » (« découpe laser » et « lames sandwich ») et des lames sans traitement acoustique particulier.



découpe laser : des fentes spécifiques rajoutées



Bruit des lames en charge (L_p , dB(A))

Lame à découpe laser

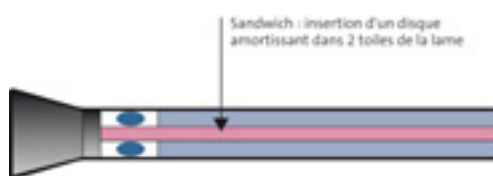


Schéma d'une lame sandwich

Gain

Les résultats montrent des différences de niveaux sonores importants, pouvant atteindre 7 dB(A) en charge (configuration défavorable) et 9 dB(A) à vide. Les technologies silencieuses, et en particulier les lames « sandwich », s'avèrent effectivement plus performantes ; elles sont opérationnelles et disponibles sur le marché.

Remarques

- Des gains acoustiques élevés peuvent être obtenus en mettant en œuvre des solutions simples (utiliser des lames silencieuses), sans contraintes sur l'organisation du travail et du procédé de fabrication.
- Les technologies « silencieuses » diminuent les vibrations des lames, ce qui augmente leur durée de vie et améliore la qualité de l'usinage.

Amortissement d'impacts par rajout de supports flexibles

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; transformation de pièces métalliques

Problème

Le poinçonnage de tôles génère des niveaux sonores élevés au contact de l'outil et de la tôle. Lors d'une phase de refendage avec outil de 50 x 6 mm, 210 cp/min, tôle électro zinguée de 20/10, on relève un Leq de 90 dB(A) sur une machine non traitée.

Réalisation

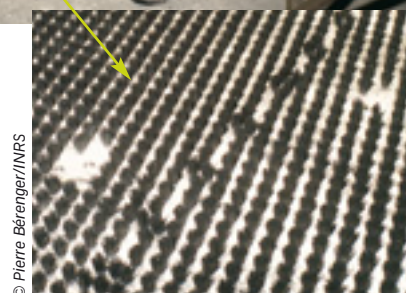
Des pinceaux sont mis en place en support de la tôle ; celle-ci est alors isolée du châssis de la machine et ne lui transmet pas l'effort reçu.



Vue d'ensemble de la machine



Pinceaux



Gain

Sur une autre poinçonneuse du même type, pour une même tôle, un même outil mais une cadence de 120 cp/min (inférieure), le Leq est de 78 dB(A).

Remarques

Ce type de montage nécessite que la tôle ne soit pas trop lourde et que la découpe soit possible malgré la souplesse de l'appui de la tôle. On peut considérer qu'il est valable pour des plaques de tôles < à 3 mm.

Isolation phonique d'une conduite sous pression

► **Solution** : action sur la structure **ST**

► **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; fabrication de dérivés alimentaires

Problème

Rayonnement sonore d'une conduite d'alimentation en gaz sous pression (jusqu'à 8500 m³/h sous 1,6 bar et 35°C environ) pour des mélangeurs d'une unité de fermentation composée de deux tours de mélange implantées sur 4 niveaux + rez-de-chaussée.

Réalisation

Isolation phonique de type calorifugeage (laine de roche cerclée par de la tôle) des conduites d'amenée d'air et des détendeurs.



© CRAM Nord-Picardie

Exemple d'une conduite traitée

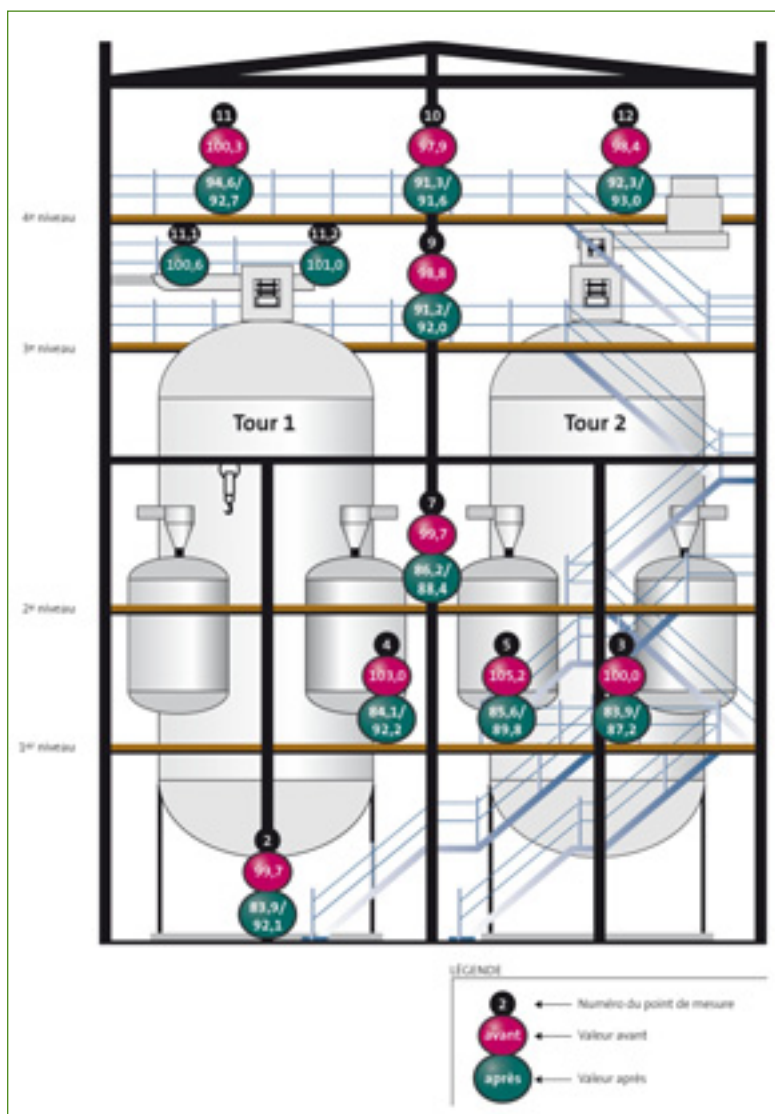


Schéma complet de l'installation

Gain

En fonction des niveaux (étage), on obtient un gain de :

- au 1^{er} niveau, dans l'environnement des conduites traitées : 16 à 20 dB(A),
- au rez-de-chaussée et 2^e niveau : 13 à 16 dB(A),
- aux 3^e et 4^e niveaux : 6,5 à 9 dB(A).

Remarques

C'est une solution simple à mettre en œuvre.

Traitement acoustique d'une tuyauterie d'amenée de granulés

► **Solution** : action sur la structure **ST**

► **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; plasturgie

Problème

Des granulés fabriqués par des extrudeuses sont transportés via des tuyauteries métalliques. Celles-ci génèrent un niveau de bruit de 90 dB(A). Ce phénomène est dû au rayonnement de la structure métallique (des tuyaux acier ou inox) excitée par les chocs des granulés.

Réalisation

La solution classique, afin d'éliminer le rayonnement de la structure métallique, est de remplacer les tôles en acier ou en inox par des tôles dites « multicouches » constituées d'un assemblage d'acier/élastomère/acier.

Afin de reproduire ici la configuration d'une tôle multicouche, les tuyaux sont emballés dans un complexe (aluminium 4/10° - élastomère 3,5 mm), suffisamment ductile pour être enroulé autour de la tuyauterie, face élastomère à l'intérieur. Le multicouche obtenu est l'ensemble tuyaux/élastomère/aluminium.



Gain

Les mesures ont été réalisées à 0,5 m des tuyaux. Le gain global est de 6 à 7 dB(A).

Remarques

Quelle que soit la solution, il faut recouvrir entièrement la tuyauterie sinon les zones non traitées rayonnent et masquent le gain.

Réduction du bruit émis par des profilés pendant l'usinage

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; découpe de profilés

Problème

La machine la plus bruyante de l'atelier est une scie de découpe à lame circulaire. Elle comporte deux lames de scie qui découpent simultanément à 45° les profilés de 6 mètres maintenus par un vérin. Le bruit au poste de travail est de 101 à 102,3 dB(A) et décroît le long du profilé pour arriver à 95 dB(A). Le bruit prépondérant provient des lames de scie mais le profilé qui repose sur la table à rouleaux rayonne également.

Réalisation

Le bruit du profilé est diminué en le calant entre deux plaques d'un viscoélastique. Il est maintenu par un vérin supplémentaire. Le patin de serrage existant déjà maintient le profilé sur la cale qui a été rajoutée afin d'augmenter son contact avec la table de la machine.



Poste d'origine

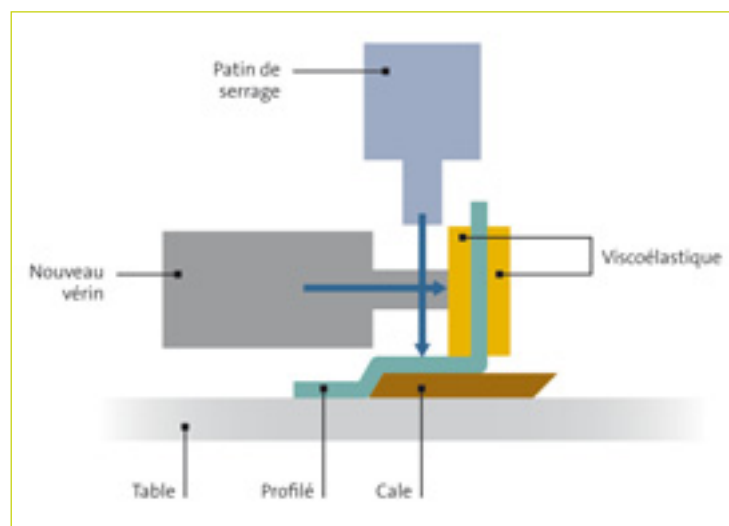


Schéma de montage du système de maintien du profilé

Gain

Le gain est de 4 à 5 dB(A).

Remarques

- Le système de prise de vérin est automatisé.
- Un gain supplémentaire de 3 à 5 dB(A) a été obtenu en colmatant le capotage de l'aspiration d'air au-dessus des lames.
- Un gain supplémentaire peut être obtenu par l'emploi de lame « silencieuse » mais toutes les technologies ne donnent pas des gains identiques.

Traitement d'une résonance de plaque de bol vibrant

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; embouteillage

Problème

Dans une entreprise de production de spiritueux, des mignonettes sont distribuées par un bol vibrant vers une ligne de remplissage. On relève à proximité de l'installation un niveau sonore de 85 dB(A). L'analyse spectrale révèle la nette prédominance de la fréquence 100 Hz dans les niveaux sonores. Des mesures de fréquence propre montrent la présence d'une résonance de la plaque du bol à cette fréquence.

Réalisation

Un « pied » est ajouté au centre de la plaque ; cette modification amène un déplacement de la fréquence propre et la coïncidence avec le 100 Hz d'excitation du bol est évitée.



Bol vibrant sans traitement

plaque en cause

pied ajouté sous la plaque



Bol vibrant avec traitement

Gain

Environ 15 dB(A).

Remarques

- La modification de la structure peut être réalisée par modification de masse ou de raideur ; il faut cependant s'assurer au préalable qu'il s'agit bien d'un problème de résonance.
- La fréquence fondamentale de fonctionnement du bol est de 50 Hz ; le 100 Hz rencontré est son deuxième harmonique. La génération d'harmoniques est typique d'un équipement à mouvements périodiques à va-et-vient ; cependant, le fonctionnement de toute machine génère toujours une infinité de fréquences différentes de sa fondamentale.

Utilisation de matériaux amortissants pour une goulotte à déchets alimentaires

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; découpe de viande

Problème

L'évacuation des déchets dans une goulotte commune à trois ateliers pollue acoustiquement l'environnement. Les chocs (têtes, os...) contre les parois dans la benne entraînent la vibration des tôles inox qui la constituent et sont à l'origine de ces nuisances ; la valeur mesurée est de 87,5 dB(A).

Réalisation

La goulotte a été totalement remplacée par une nouvelle constituée de 15 mm de polyéthylène côté extérieur, d'une mousse isolante de 10 mm et enfin de 10 mm de polyéthylène côté intérieur. C'est l'équivalent d'une structure sandwich.



Goulotte en inox avant traitement



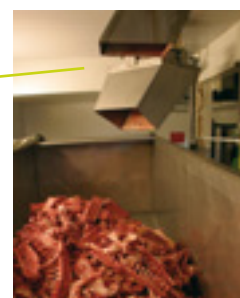
Goulotte en structure sandwich après traitement



© Charles Crié/INRS



© Charles Crié/INRS



© Charles Crié/INRS

Gain

5 dB(A) à 1 mètre de la goulotte ; la valeur mesurée est de 82,5 dB(A).

Remarques

Conception de cette goulotte avec des matériaux compatibles avec les contraintes d'hygiène de l'industrie agroalimentaire et insertion d'une porte d'accès pour assurer le nettoyage.

Atténuation d'impact de marteau sur une tôle

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; poinçonnage

Problème

Pour désolidariser les prédécoupes de la tôle, l'opérateur chargé du « dégrappage » frappe la plaque découpée sur une table équipée d'un plan métallique. Le fracas métal contre métal est important.

Réalisation

Une tôle sandwich (tôle/viscoélastique/tôle) a été soudée sur les plans de travail (métallique) des deux tables.



© CRAM Ile-de-France

Plans de travail modifiés

Gain

L'atténuation lors de l'opération de dégrappage est de 10 dB(A).

Remarques

- C'est une opération qui est réalisée après le poinçonnage.
- L'énergie utilisée lors de la frappe de la tôle ne change pas.

- **Solution** : action sur la structure **ST**
- **Domaine industriel** : fabrication de machines et équipements

Problème

Pendant leur processus de nettoyage, des pièces métalliques sont manipulées et elles chutent dans un bac de stockage temporaire. Le bruit de chute de pièces de 0,5 kg dans un bac acier de tôle pleine d'épaisseur 3 mm peut dépasser 110 dB(A) à 1 mètre du bac.

Réalisation

Utilisation des bacs grillagés.



vue des bacs grillagés

Opérateur à son poste de travail

© Yves Cousson/INRS

Gain

Le gain obtenu est de l'ordre de 14 dB(A).

Remarques

Si le procédé nécessite l'utilisation d'un bac de tôles pleines, l'utilisation d'une goulotte d'amenée en plastique posée sur le bord du bac peut permettre d'obtenir un gain de 6 dB(A).

Les actions sur la propagation

Types de solution

Cas de la propagation solidienne

- isolation vibratoire

Cas de la propagation aérienne

- traitement du local
- cloisonnement du local
- encoffrement d'équipements
- mise en place d'écran

Agir sur la propagation du bruit consiste à insérer entre la machine et le salarié exposé des dispositifs permettant d'atténuer le niveau du bruit au cours de son trajet. Le préalable à tout choix de solution consiste à déterminer si cette propagation est aérienne (le son se propage dans le volume du local) ou solidienne (le son se propage via des éléments de structures tels que la dalle, les parois, les charpentes...). Les solutions de chaque cas sont différentes.

Il est difficile de classer les actions sur la propagation aérienne en les différenciant de manière absolue. En toute rigueur :

- un cloisonnement est une paroi hermétique jointive sur tous ses bords,
- un encoffrement est une « boîte » avec cinq parois (le sol faisant la sixième paroi),
- un écran est une cloison parfois mobile libre sur trois bords,
- l'absorption du local est augmentée en recouvrant ses parois de matériaux ou dispositifs absorbants.

Dans la réalité, on rencontre très souvent des constructions hybrides : cloison non jointive sur un bord, encoffrement ouvert sur un côté, traitements absorbants en cloison ou en ouverture...

Nous avons classé les exemples de cette partie du recueil par rapport à l'effet dominant que nous supposons sur le dispositif mis en œuvre, sachant que le cloisonnement et l'encoffrement jouent sur des effets d'isolation acoustique, l'écran sur un effet de trajet sonore (et de diffraction) et l'absorption du local sur la diminution de son amplification sonore.

Un point particulier est à préciser en ce qui concerne le traitement en absorption d'un local. Celui-ci a pour but de diminuer son amplification des niveaux sonores. La performance de ce traitement est quantifiée par différents paramètres. Certains sont évoqués dans les fiches d'exemple pour évaluer le gain apporté dans le traitement présenté. Il s'agit de :

- la durée de réverbération notée « Tr » (anciennement appelée « temps de réverbération »). Elle se mesure en secondes. C'est le temps que met le niveau sonore, une fois interrompu, pour décroître de 60 dB. Plus le Tr est faible, plus le local est performant,
- la décroissance sonore par doublement de distance, notée DL. Elle se mesure en dB. Elle caractérise la diminution du niveau sonore lorsqu'on s'éloigne d'une source, et correspond à la diminution du nombre de dB lorsque la distance par rapport à la source est doublée. Plus la DL est grande, plus le local est performant.



La propagation du son nécessite la présence d'un milieu ambiant qui permette la transmission des variations de pression : ainsi, contrairement à ce que laisseraient penser certains films de science-fiction, il n'y a pas de bruit dans le vide, donc dans l'espace...

Les lois physiques de cette propagation dépendent ensuite du milieu. La propagation dans un milieu solide est illustrée par de nombreuses images populaires : ainsi, l'indien écoutant l'arrivée d'un train sur un rail montre que la propagation du son est plus rapide dans l'acier que dans l'air ; la communication entre prisonniers par chocs sur des tuyauteries correspond à un « chemin solidien »... Cette caractéristique de propagation solidienne a été à l'origine, en 1667, de la réalisation par l'anglais Robert Hooke d'un « téléphone à ficelle ».

Modification des suspensions d'une table vibrante

- **Solution** : isolation vibratoire **IV**
- **Domaine industriel** : fabrication de meubles ; fonderie

Problème

Une table à décocher à grille vibrante est utilisée pour séparer une pièce coulée de son moule en sable compacté. Les pièces concernées ici sont des cadres de piano.

Réalisation

La suspension d'origine est à ressorts ; elle est remplacée par une suspension pneumatique.

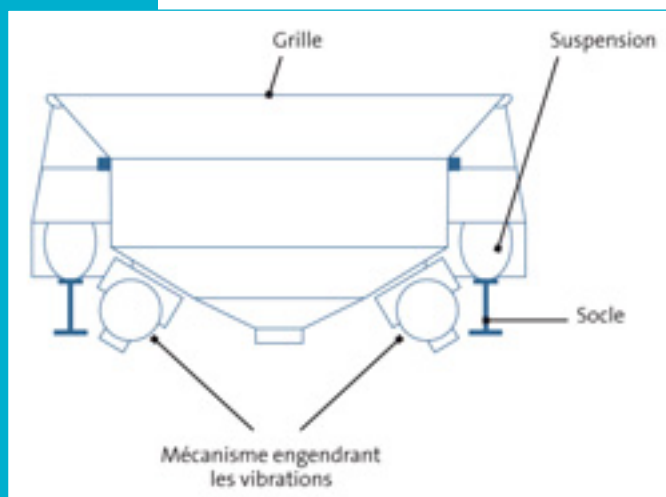
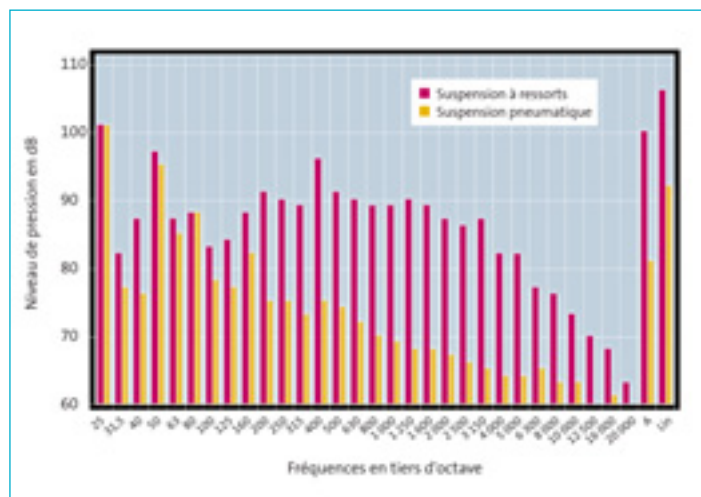


Schéma de principe de la table à décocher



Relevés en tiers d'octave des niveaux de pression acoustiques

Gain

Le bruit à vide passe de 81 à 66 dB(A) ; il varie peu en charge où la vibration de la pièce sur la grille génère le bruit dominant (il fluctue entre 78 et 102 dB(A)).

Remarques

Le gain est appréciable car l'équipement fonctionne entre 50 et 65 % du temps à vide pendant la manutention des moules.

Cette solution illustre l'attention à porter pour choisir ou dimensionner des solutions d'une même nature (ici la suspension).

Amélioration de la performance d'une isolation vibratoire

► **Solution** : isolation vibratoire **IV**

► **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; plasturgie

Problème

Des vibrations sont retransmises dans les bureaux voisins. Elles proviennent d'un élévateur hélicoïdal vibrant alimentant une extrudeuse.

Cet élévateur est fixé rigidement à la dalle. Il supporte, par l'intermédiaire de plots élastiques, une gouttière hélicoïdale. Sur la gouttière, deux moteurs à balourds sont montés rigidement et en opposition. Les moteurs font osciller en translation et en rotation l'hélicoïde, ce qui provoque la montée des granulés.

Réalisation

Changement des plots existants pour des plots plus souples permettant un meilleur découplage.



© CRAM Auvergne



© CRAM Auvergne

Élévateur fixé sur la dalle

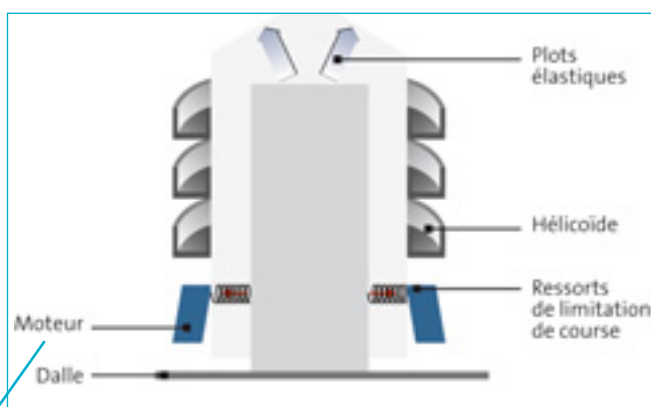
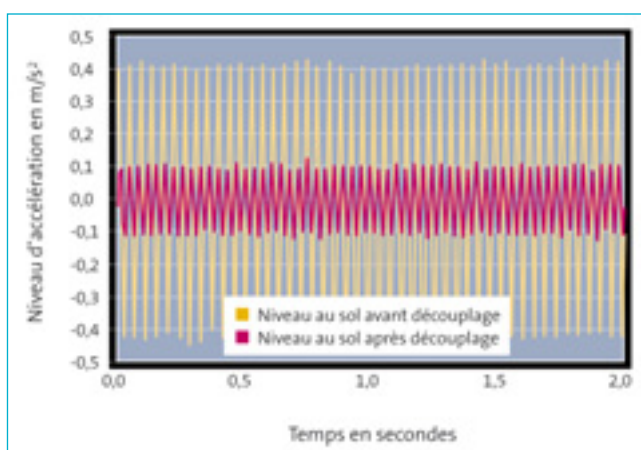


Schéma de principe de l'élévateur



Mesure des vibrations au sol avec et sans découplage

Gain

Le gain est conséquent : division par 4 des vibrations (voir la figure ci-dessus).
On supprime ainsi les vibrations dans les bureaux.

Remarques

- Une pièce d'interface a été réalisée afin de permettre le montage des nouveaux plots.
- La gêne vibratoire est basse fréquence et donc affecte peu le niveau global de bruit.

Isolation acoustique et vibratoire d'une poinçonneuse

- **Solution** : isolation vibratoire **IV**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; platines et chassis

Problème

Deux poinçonneuses numériques sont approvisionnées dans le cadre d'une automatisation de procédé. Les niveaux sonores sont de 95 dB(A), avec des pics à 106 dB(A). Un début de déficience auditive est constaté chez un salarié.

L'exiguïté de l'atelier rend malaisée la réalisation d'un encoffrement standard ; par ailleurs, le caractère basses fréquences du bruit est à considérer.

Réalisation

Un encoffrement spécifique et démontable est conçu. Il est traité en absorption acoustique et ventilé. Le fonctionnement de la machine est asservi à la fermeture de ses portes. La machine est montée sur des plots d'isolation vibratoire afin d'atténuer la propagation des basses fréquences.



Ouverture de l'encoffrement



Plot d'isolation vibratoire

Gain

Le gain est de 33 dB(A) au poste de commande.

Remarques

- Une isolation vibratoire est souvent préconisée sur une machine à fonctionnement par « chocs » et générant des basses fréquences comme celle-ci.
- La résolution du problème d'exposition des salariés a également réglé le problème de bruit de voisinage.
- Lors d'achat de nouveaux équipements, penser à intégrer des critères acoustiques au cahier des charges.

Traitement acoustique de locaux de très grandes dimensions

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; construction navale

Problème

Les locaux anciens de très grand volume sont très réverbérants. Le coût que représente leur insonorisation est élevé compte tenu de la surface des parois qu'il est nécessaire de doubler à l'aide d'un matériau possédant de bonnes propriétés d'absorption acoustique.

Réalisation

Les panneaux acoustiques sont posés en damier « alterné » (une case vide, une case avec panneau). Le damier est décalé d'au moins 0,5 mètre des parois, ce qui permet d'obtenir une absorption globale satisfaisante puisque le bruit est atténué par les deux faces du matériau absorbant.



Vue d'ensemble du local traité

Gain

Les gains acoustiques aux postes de travail dépendent des positions relatives sources-opérateurs et peuvent aller jusqu'à 8 dB(A).

Remarques

- Prévoir un espacement suffisant entre la paroi et le matériaux absorbant.
- La surface traitée peut être optimisée par un calcul prévisionnel.
- L'alternance des matériaux permet d'assurer un éclairage naturel au travers des ouvertures.

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : hôtels et restaurants ; cantine

Problème

Le local est considéré comme « réverbérant » suite aux mesures de T_R réalisées.

Il s'agit ici de qualifier la qualité acoustique de la salle à manger. Le paramètre utilisé est la durée de réverbération T_R , qui caractérise la durée de la décroissance sonore après arrêt d'une source. À l'état initial, le T_R trouvé est de 2,3 s, ce qui correspond à un local réverbérant.

Réalisation

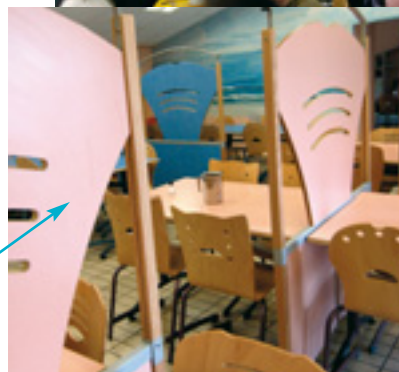
En sous face des plafonds, des panneaux absorbants (18 mm d'épaisseur), composés de laine de roche de forte densité avec face apparente revêtue d'un voile minéral peint, ont été mis en place. Le mobilier a été changé et des cloisonnettes ajourées de type claustra en bois de faible hauteur ont été mises en place.



Avant traitement



Après traitement



cloisonnette
en bois

Après traitement

Gain

Le traitement effectué (plafonds et agencement mobilier) donne un résultat satisfaisant. Le local initialement classé « réverbérant » est maintenant classé « assourdi ».

- Avant : T_R mesuré à 2,3 s → local « réverbérant ».
- Après : T_R mesuré à 0,5 s → local « assourdi ».

Remarques

Le paramètre réglementaire de référence pour les locaux industriels est en principe la DL, décroissance dans les locaux.

Dans certains cas particuliers (locaux de faible volume, réglementation spécifique due à l'utilisation du local), c'est le T_R qui est utilisé.

Correction acoustique partielle de local

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; découpe de tubes

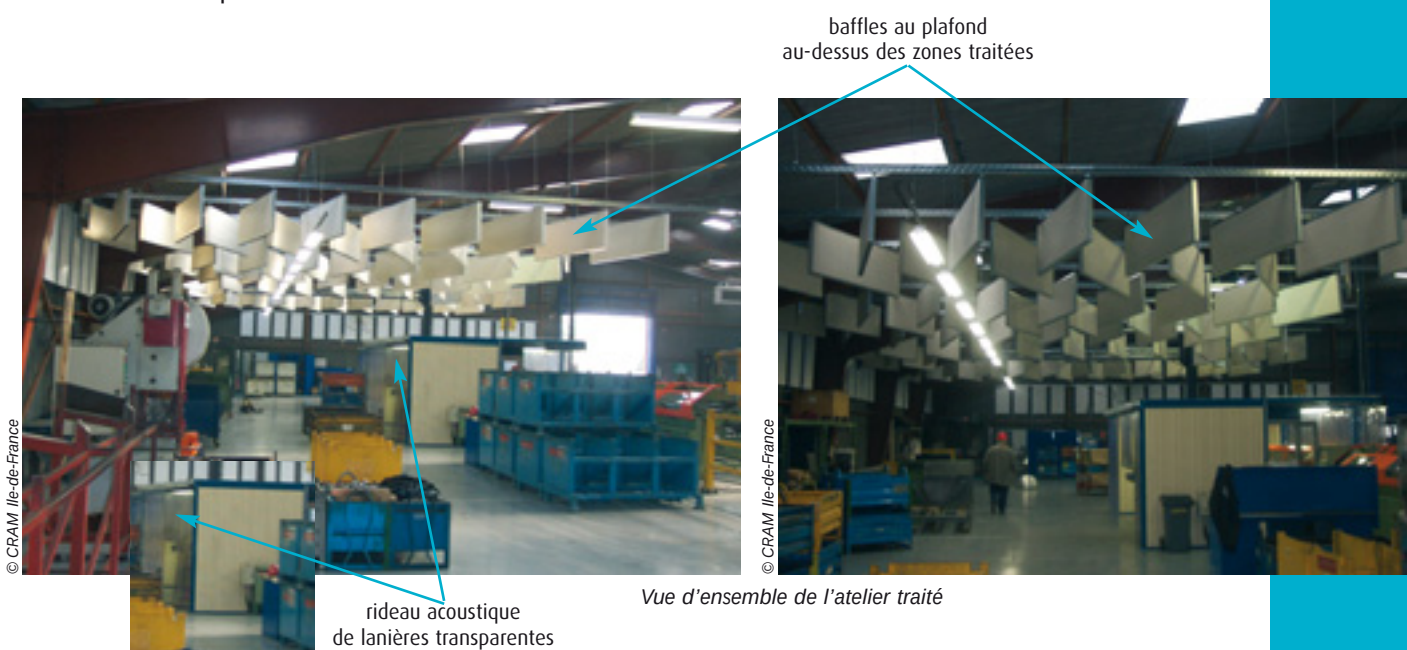
Problème

Diminuer le niveau sonore dans une partie de l'atelier où se situent les postes les plus exposés.

Réalisation

Les postes de travail de brossage ont été cloisonnés sur trois côtés ; les cloisons sont revêtues intérieurement de matériau absorbant. L'accès aux pièces s'effectue au travers d'un rideau acoustique de lanières transparentes sur le 4^e côté.

La réverbération locale de l'atelier a été traitée par la mise en place de baffles absorbants en plafond, dans la zone des postes traités.



Gain

Le traitement a permis de gagner 13 dB(A) au poste de travail.

La DL à 12 mètres mesurée après traitement est de 4,1 dB(A) ce qui est conforme à la réglementation pour ce type de local.

Remarques

- Un traitement partiel de local permet de réaliser des économies significatives et s'avère parfois suffisant par rapport au problème.
- Des simulations de traitements à l'aide de logiciels adaptés permettent d'optimiser le rapport quantité de traitement/gain acoustique.
- Le cloisonnement n'étant pas jointif, la propagation sonore est possible via les bords « libres ». La solution acoustique se rapproche donc d'un écran.

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : construction ; nettoyage

Problème

Il s'agit de traiter des postes de travail de nettoyage de banches de béton (plaques) nettoyés par disquetteuse : protéger un poste par rapport à l'autre, et l'atelier environnant par rapport aux postes.

Réalisation

Les postes de travail sont cloisonnés sur trois côtés ; le box ainsi obtenu est traité en absorption en recouvrant l'intérieur des cloisons par un complexe de laine minérale protégée par une tôle perforée et la mise en place de baffles suspendus en plafond au droit des box.



© CRAM Ile-de-France



© CRAM Ile-de-France

Locaux après les travaux

Gain

- La transmission sonore d'un poste à l'autre est atténuée de 20 dB(A).
- Elle est atténuée de 11,5 dB(A) entre le poste et l'atelier de l'autre côté de la cloison.
- Le Tr est inférieur à une seconde dans les box.

Remarques

- Un aménagement en box nécessite un traitement absorbant intérieur, afin de ne pas amplifier l'ambiance sonore au sein même du box.
- Les baffles font de plus office de « silencieux » sur la transmission du bruit entre box voisins.
- Le gain d'isolation par rapport au poste voisin est maximum aux moments où le poste protégé n'est pas en phase bruyante ; dans le cas contraire, le bruit du poste lui-même est prédominant. La protection de l'atelier environnant reste cependant effective dans tous les cas.

Réaménagement d'un local existant non traité

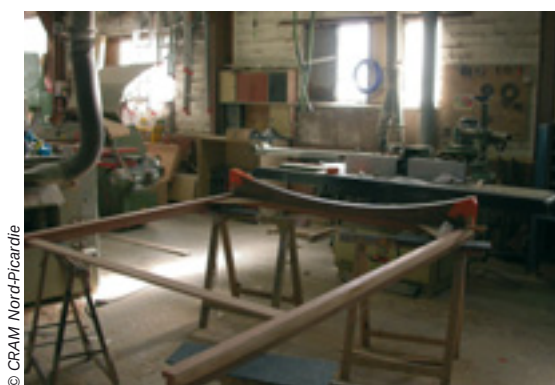
- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; fabrication d'équipement d'agencement

Problème

Prise en compte du bruit de l'ancien atelier (construction de type plafond en fibrociment et murs en briques) lors du transfert d'activité dans un bâtiment à réaménager.

Réalisation

- Traitement du local par faux-plafond absorbant et retombée murale absorbante sous les fenêtres (tôle perforée devant matelas fibreux absorbant).
- Actions sur l'organisation : des zones machines et montage distinctes, une implantation aérée des machines à bois en fond d'atelier.



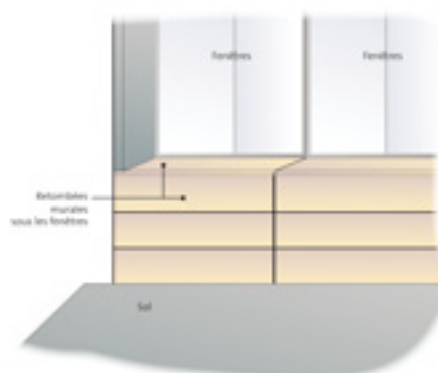
Ancien local de 300 m² réverbérant



Nouveau local de 800 m² non réverbérant

Gain

- La nouvelle décroissance mesurée est conforme au règlement : - 4,8 dB(A).
- Dans la zone de montage, l'incidence des machines en fonctionnement est négligeable : le niveau mesuré est inférieur à 70 dB(A).



Retombées murales

Remarques

Le traitement participe favorablement à l'amélioration de l'ambiance lumineuse et au confort thermique.

- **Solution** : traitement du local **LO**
- **Domaine industriel** : santé et action sociale ; hall d'accueil

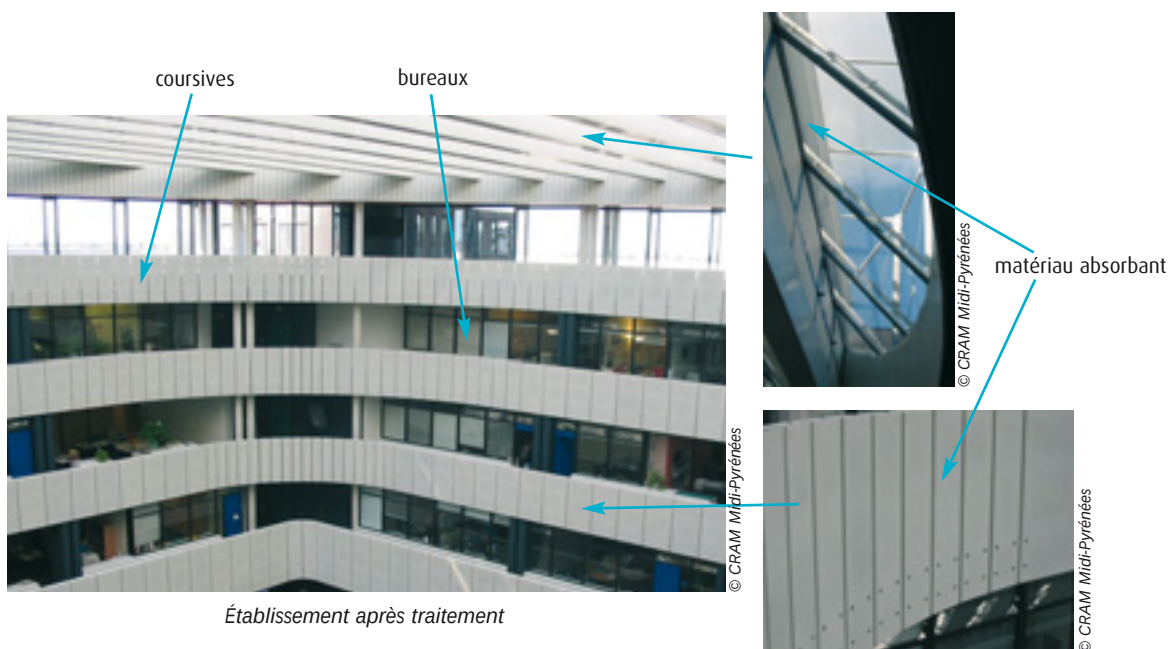
Problème

Un établissement accueille le public dans un hall d'entrée de 18 000 m³ ; les bureaux sont ouverts sur les passages circulaires surplombant le hall (coursives). L'éclairage est assuré en lumière naturelle par un plafond vitré.

Le volume important et la présence d'un plafond vitré sont des éléments favorables à une réverbération importante. L'accueil du public et l'intelligibilité nécessaire aux bureaux périphériques demandent au contraire des caractéristiques acoustiques performantes qui nécessitent une conception soignée du local.

Réalisation

Le vitrage du plafond est disposé en « sheds » (dents de scie) où la paroi en vis-à-vis du vitrage incliné est recouverte d'absorbant. Les rambarde des coursives sont recouvertes de matériau absorbant.



Gain

La durée de réverbération du hall est mesurée ; elle atteint 1,16 s, ce qui classe le local entre les critères « normal » et « assourdi ».

Remarques

Un traitement acoustique bien conçu permet d'associer une esthétique réussie à un bon résultat technique.

Traitement d'un local de tri de pierres

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; tri de pierres

Problème

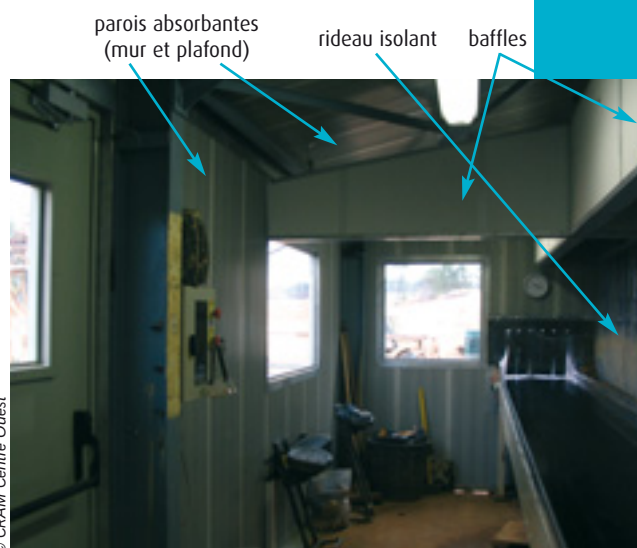
Une cabine de triage de galets présente des niveaux sonores atteignant 90 dB(A) aux postes de travail. Le bruit est généré essentiellement par les chutes des galets, en particulier au moment de leur tri où ils sont évacués et jetés manuellement.

Réalisation

- Un traitement absorbant est mis en place sur les murs et le plafond du local.
- Au niveau des goulottes, un rideau plastique amortissant est fixé sur la paroi recevant les galets jetés.



Local avant traitement : les galets triés sont jetés entre les deux tapis



Local après traitement

Gain

- Les niveaux sonores au poste de travail sont ramenés à 82 dB(A).
- La durée de réverbération est passée de 0,5 à 0,3 s.
- Ces solutions ont été accompagnées de traitements acoustiques des entrées-sorties des galets, autre source génératrice de bruit.

Remarques

Le traitement des goulottes recevant les chutes de galets permettrait d'apporter un gain supplémentaire.

Traitement acoustique optimisé d'une chaudronnerie

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; chaudronnerie

Problème

Ces locaux, particulièrement grands, sont extrêmement bruyants. Un double objectif est recherché :
– assurer un traitement acoustique efficace de l'atelier,
– limiter les coûts.

Réalisation

Afin d'économiser la quantité de matériaux absorbants, on envisage de ne pas recouvrir la totalité du plafond et des murs. Des panneaux absorbants sont posés par bandes en toiture mais aussi sur une partie des parois latérales.

Ces panneaux sont décalés de 40 cm des parois ce qui augmente leur pouvoir absorbant en faisant participer les deux faces.



Local traité dans son ensemble



Gros plan sur les parois latérales

Gain

- Décroissance sonore avant traitement = 2,7 dB(A).
- Décroissance sonore après traitement = 4,5 dB(A).

Remarques

Ce traitement acoustique a fait l'objet d'une étude préalable par un bureau d'études spécialisé afin d'optimiser les surfaces à traiter et, par conséquent, limiter les coûts. Ce bureau d'études s'engageait, par ailleurs, après traitement à ce que la décroissance sonore soit supérieure à 4,4 dB(A).

Traitement acoustique d'une piscine thermique

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : santé et action sociale ; piscine thermique

Problème

Les personnels soignants et les curistes d'un établissement de soin se plaignaient de la mauvaise acoustique de la piscine thermique.

La mezzanine sur laquelle les curistes doivent se reposer après les séances en piscine est très peu fréquentée à cause du brouhaha ambiant.

Suite aux mesures réalisées, la durée de réverbération de 3 secondes classe ce hall comme local réverbérant.

Réalisation

Le hall de la piscine thermique est traité par la pose de matériaux acoustiques :

- baffles en matériaux absorbants suspendus au plafond,
- panneaux plaqués sur les murs (solution de type membrane).



Centre thermal traité



Gros plan sur le plafond

Gain

Après la mise en place des matériaux absorbants, le temps de réverbération passe à 0,7 seconde ; le hall peut maintenant être classé comme local assourdi.

Remarques

- Suite à ce traitement acoustique, des transats supplémentaires ont été ajoutés en mezzanine pour satisfaire la demande des curistes.
- Les « membranes » ont pour particularité d'assurer une absorption en basses fréquences où les solutions de type laine minérale sont peu efficaces.

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; poinçonnage

Problème

Une étude menée par la médecine du travail révèle des pertes auditives supérieures à la moyenne dans un atelier de chaudronnerie. Les sources principales de bruit sont des poinçonneuses : on relève un niveau sonore de 90 dB(A) à 10 m de distance. Un plan d'action est mis en œuvre ; la solution de l'encoffrement est écartée car le procédé implique des accès aux machines toutes les 90 minutes environ.

Réalisation

Les poinçonneuses sont regroupées dans un emplacement « cloisonné » de manière à protéger le reste de l'atelier ; les opérateurs des poinçonneuses sont protégés du bruit des machines voisines par des écrans de même fabrication que les cloisons. Le passage des ponts roulants est assuré en limitant la hauteur de ces parois ; le plafond est donc traité en absorption par la mise en place de baffles suspendus. Les machines sont suspendues sur des plots d'isolation vibratoire.



Zone de poinçonnage cloisonnée



Écrans de séparation des postes

Gain

- Le niveau sonore en dehors de la zone de poinçonnage a baissé de 20 dB(A).
- Les écrans à l'intérieur de la zone apportent un gain de 3 dB(A).

Remarques

- Par rapport à un traitement de plafond en couverture, la mise en place de baffles suspendus permet d'assurer une plus grande surface absorbante et libère le passage de la lumière en provenance de la toiture.
- Le gain des écrans est faible car les opérateurs sont dans le champ direct de leur propre machine.
- L'effet psychologique de l'écran peut cependant être également pris en compte.

Insonorisation d'une presse à agglomérés

- **Solution** : traitement des locaux **LO**
- **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; fabrique d'agglomérés

Problème

Le bruit dans un atelier comportant une grosse presse à parpaings en agglomérés est devenu tel qu'aucune discussion entre le personnel, ni même une alerte en cas de situation dangereuse, n'est possible. Des pointes à 110 dB(A) autour de la presse sont notées. De plus, l'entreprise est située non loin d'un centre ville.

Réalisation

- La presse est encoffrée et les ouvertures traitées.
- Le poste de commande est isolé de la presse et protégé par un double vitrage. Depuis cette pièce, l'opérateur contrôle la centrale à béton.
- Des panneaux absorbants microperforés sont intégrés au mur extérieur de l'encoffrement.



Vue de la centrale

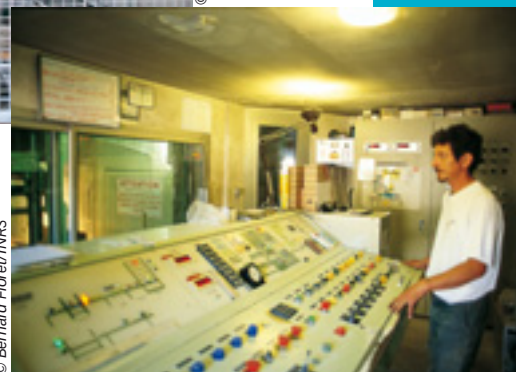


© Bernard Floret/INRS



© Bernard Floret/INRS

Panneaux absorbants



© Bernard Floret/INRS

Poste de commande

Gain

Les travaux sur les installations ont permis d'abaisser le niveau sonore sous 90 dB(A).

Remarques

- La presse a également été sécurisée.
- Le niveau de productivité n'a pas changé.
- D'autres presses à agglomérés ont été insonorisées depuis dans la région.

Cloisonnement ouvert dans un atelier

- **Solution** : cloisonnement **CL**
- **Domaine industriel** : métallurgie ; chaudronnerie

Problème

Création d'une cloison de séparation afin de préserver la zone à forte concentration d'opérateurs (montage) de la zone où les machines les plus bruyantes sont implantées.

Réalisation

La cloison mise en place est absorbante du côté des machines bruyantes. Il s'agit d'un bardage double peau (perforé) dont l'indice d'affaiblissement au bruit rose est de 33 dB(A).



Nouvelle cloison acoustique

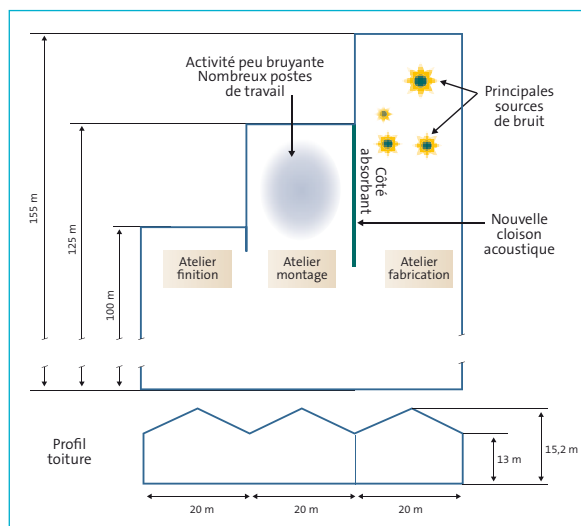
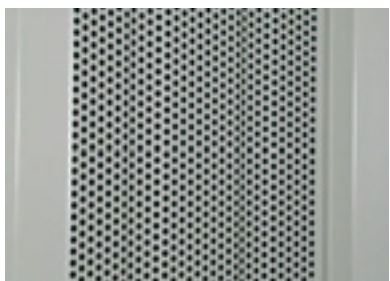


Schéma d'implantation de l'atelier



Zoom sur bardage perforé de la cloison

Gain

L'atténuation apportée par la cloison (mesure avec une source sonore de référence) est de 20,5 dB(A).

Remarques

Cette atténuation est bien inférieure à l'indice d'affaiblissement du bardage mis en œuvre : la séparation est donc partielle, le bruit « contourne » la cloison. Elle est cependant suffisante pour garantir les niveaux de bruit provenant de la zone fabrication inférieurs à 80 dB(A).

Cloisonnement d'un poste de contrôle

- **Solution** : cloisonnement **CL**
- **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

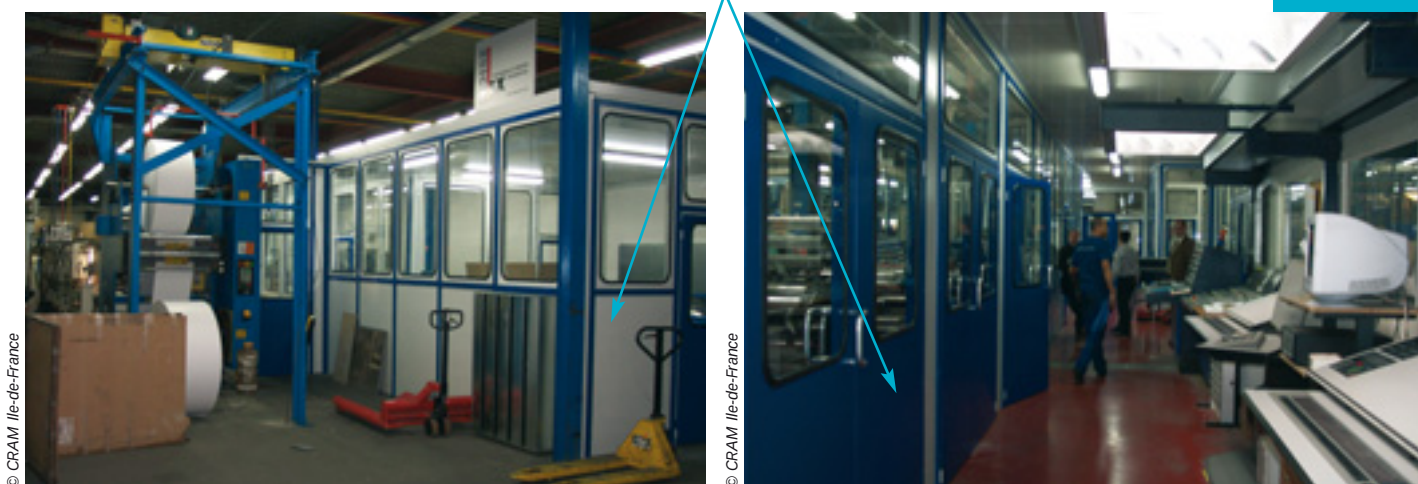
Problème

Il s'agit de diminuer l'exposition sonore aux postes de commande de lignes offset ; les opérateurs doivent néanmoins pouvoir suivre les opérations tout au long de la ligne.
Dans la zone des machines, le L_{eq} est de 92 dB(A).

Réalisation

Un cloisonnement a été effectué autour de la zone du poste de commande, le long de la machine. Des vitrages acoustiques sont placés sur toute la longueur.

nouveau cloisonnement



Vue d'ensemble de l'atelier traité

Gain

Le niveau relevé au poste de commande va de 75 dB(A) à 72 dB(A) selon les emplacements.

Remarques

L'ajout de cloisons modifie la réverbération du local (changement de géométrie, vitrages...) ; le niveau de bruit ambiant a augmenté de 1 à 2 dB(A) selon l'endroit.

Cloisonnement raccordé en toiture pour équipements d'imprimerie

► **Solution** : cloisonnement **CL**

► **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

Problème

Emission sonore prédominante de 88 à 97 dB(A), selon la cadence, à 1 mètre des bâtis d'impression d'une rotative offset (cadence 35 000 à 65 000 ex/h).

Réalisation

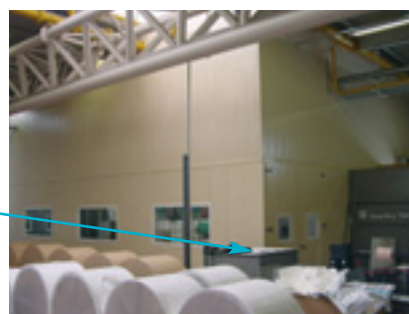
Cloisonnement (ou encoffrement) des bâtis d'impression et de gommage. La cloison acoustique est en bardage plein doublé d'un absorbant intérieur protégé par une structure perforée. Elle se raccorde de façon « étanche » jusqu'en toiture du bâtiment.



Avant traitement

© CRAM Nord-Picardie

pupitre de commande



Après traitement

© CRAM Nord-Picardie

Gain

Niveaux sonores inférieurs à 80 dB(A) au pupitre de commande et sur l'ambiance environnante (gain minimum de 8 à 10 dB(A)).

Remarques

L'étanchéité du dispositif a nécessité un renforcement de la ventilation après réalisation.

Protection de poste de travail sur une ligne de production de textile

- **Solution** : cloisonnement **CL**
- **Domaine industriel** : industrie textile ; teillage

Problème

Les opérateurs d'étalage des balles de lin en alimentation des lignes de teillage et ceux des postes réception des écheveaux sont exposés aux bruits dominants des broyeurs et batteurs intermédiaires.

Réalisation

Isolation des broyeurs et teilleurs des postes de travail en début et fin de lignes par l'élévation de cloisons acoustiques séparatives.

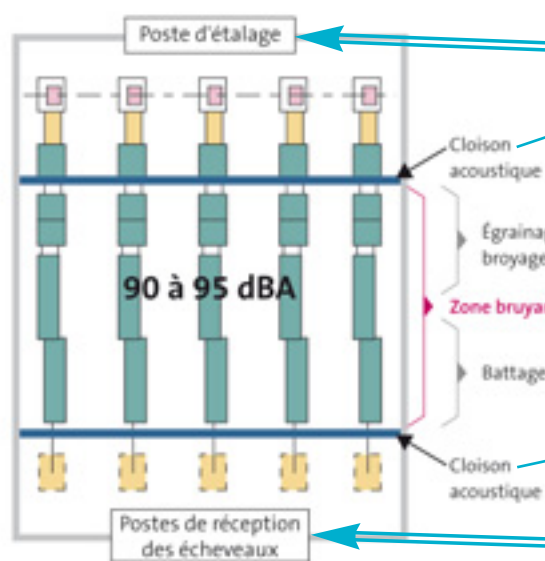
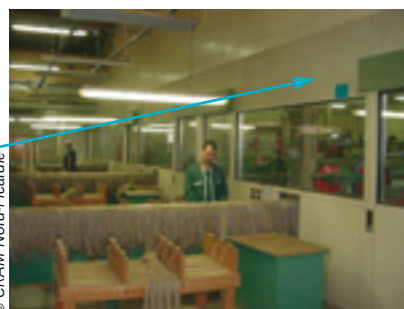


Schéma d'implantation de l'atelier



Poste d'étalage



Poste de réception des écheveaux

Gain

- 3 à 4,5 dB(A) aux postes d'étalage : les niveaux sont inférieurs à 84 dB(A).
 - 12,5 à 16,5 dB(A) aux postes de réception des écheveaux : les niveaux sont inférieurs à 78 dB(A).
- Note : gain plus faible côté étalage lié à la présence de sources secondaires : réseaux de ventilation, égraineuse, convoyeur.*

Remarques

- Conception fonctionnelle des cloisons (vitrages, portes à fermeture automatique par gravité).
- Interventions peu fréquentes en ambiance bruyante.
- Nombre de personnes protégées : 5 à l'échalage, 10 en réception.

Confinement d'utilités dans un local d'imprimerie

► **Solution** : cloisonnement **CL**

► **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

Problème

Les utilités (ventilation, pompes à vide) sont placées dans l'atelier même d'une petite imprimerie. On relève 82 dB(A) au niveau des pompes. L'atelier est de faibles dimensions et les postes de travail sont situés à proximité des machines.

Réalisation

Une cloison acoustique est mise en place pour isoler les utilités.

ventilation
cloison acoustique
porte d'accès au local



Pompes à vide



Intérieur du local



Zoom sur le passage colmaté d'une gaine
à travers la cloison acoustique

Gain

Le niveau est de 44 dB(A) dans l'atelier au poste de travail (utilités seules en fonctionnement).

Remarques

- Cet aménagement de local séparé pourrait se prévoir dès la conception.
- Le colmatage du passage de gaines est impératif ; les «fuites acoustiques» faisant chuter très fortement l'isolation obtenue.

Isolation acoustique d'une zone d'atelier

- **Solution** : cloisonnement **CL**
- **Domaine industriel** : travail du bois ; fabrication d'articles en bois

Problème

Un atelier de fabrication d'articles en bois est équipé de deux centres d'usinage utilisés en continu. Les opérateurs situés à proximité sont soumis à des niveaux sonores dépassant 90 dB(A).

Réalisation

La zone bruyante de l'atelier a été cloisonnée à l'aide de parois isolantes acoustiquement, revêtues d'absorbant à l'intérieur. Une attention particulière a été portée au traitement des fuites (joints aux ouvrants, dispositifs d'aide à leur fermeture, colmatage des passages de tuyauteries...).



Atelier après aménagements

Gain

Les niveaux sonores ont été ramenés à 78 dB(A).

Remarques

Le cloisonnement permet également une protection de l'atelier à l'exposition aux poussières de bois. Il nécessite cependant un système d'aspiration et d'équilibre thermique et aéraulique : un plénum de compensation d'air. Ce système permet l'entrée d'air à vitesse réduite dans l'encoffrement pour compenser l'aspiration des poussières vers l'extérieur de l'encoffrement. Ce plénum doit également être traité acoustiquement (moussage interne).

Aménagement et cloisonnement d'un atelier textile

- **Solution** : cloisonnement **CL**
- **Domaine industriel** : industrie textile ; passementerie

Problème

Une nouvelle usine est conçue ; l'ancienne usine est prise en référence pour améliorer cette conception.

Réalisation

- Les ateliers les plus bruyants sont isolés : l'atelier des moulins, où les opérateurs ne pénètrent que pour recharger les machines, est cloisonné ; les compresseurs sont enfermés dans un local spécifique ; une cloison avec double vitrage sépare l'atelier « petits cordons » des ateliers de préparation.
- Les machines sont montées sur plots d'isolation vibratoire.
- Les activités hors production sont prises en compte de manière particulière : les bureaux sont installés à l'étage, séparés des ateliers par une dalle de 20 cm de béton ; une salle de repos isolée est aménagée.



Cloisonnement avec double vitrage



Aménagement d'une salle de repos

Gain

Les niveaux sonores sont inférieurs à 85 dB(A) sur les trois quarts de la surface des ateliers.

Remarques

Les critères de niveaux sonores sont, bien entendu, plus bas pour les bureaux, mais également pour les salles de repos. L'article 5 de la directive « Bruit » spécifie que « *le bruit dans [les] locaux [de repos] est réduit à un niveau compatible avec leur fonction et leurs conditions d'utilisation* ».

Aménagement de postes de finition de pièces

- **Solution** : écrans associés au traitement du local **EC**
- **Domaine industriel** : fabrication d'autres matériels de transport ; ponçage, meulage

Problème

Le meulage est réalisé à 30 000 tr/min et génère un niveau acoustique élevé ; la proximité des postes de travail génère une « pollution sonore » pour chacun.

Réalisation

Le local est traité acoustiquement (baffles suspendus) et des écrans sont placés entre les opérateurs.



Situation avant aménagement



Situation après aménagement

Gain

- Dans le local, en dehors des postes de meulage, les Leq sont baissées de 8 dB(A) et ramenées à 87 dB(A).
- Au niveau des postes, le gain n'est significatif que lorsque l'opérateur ne meule pas.

Remarques

La vitesse élevée des outils génère des fréquences médiums sur lesquelles les actions de correction sont particulièrement efficaces (par rapport aux basses fréquences).
L'efficacité des écrans est réelle du fait du traitement conjoint du local en absorption.

Utilisation d'écrans mobiles en chaudronnerie

- **Solution** : écrans EC
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; chaudronnerie

Problème

Prise en compte du bruit lors d'un transfert d'activité dans un nouveau bâtiment.

Réalisation

- Traitement du local avec murs et plafond en bardage acoustique (tôle perforée devant matelas fibreux absorbant) ; surface de l'atelier : 1300 m².
- Utilisation intermittente d'écrans mobiles en ceinturage de postes de travail lors de phases bruyantes d'activité.



Traitement antiréverbérant
du local

murs et
plafond traités



Utilisation des écrans mobiles



Gain

- Pente DL mesurée : - 4,24 dB(A) (pente DL réglementaire : - 4dB(A)).
- Compléments de gain par effet d'écrans : 5 à 6 dB(A) entre postes voisins avec un ceinturage discontinu (voir photos).
- Niveaux sonores inférieurs à 85 dB(A) aux postes des cisaille, plieuse, poinçonneuse, au pupitre derrière écran et de montage.

Remarques

- Souplesse d'utilisation des écrans mobiles.
- L'efficacité des écrans est fonction de la continuité du ceinturage des postes et de la qualité du traitement antiréverbérant du bâtiment (indispensable).

Communication entre cuisine et salle de restaurant

► **Solution** : écrans **EC**

► **Domaine industriel** : hôtels et restaurants ; salle à manger

Problème

Dans une cafétéria, le poste de lavage de vaisselle est en communication directe avec le restaurant par une ouverture permettant le passage des plateaux. On relève au poste de lavage vaisselle (dans la laverie) un niveau sonore de 80 dB(A). Il s'agit de protéger le personnel de service en salle et d'assurer le confort des convives pendant la pause du repas.

Réalisation

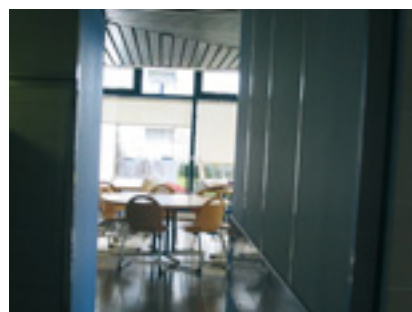
Les parois de la laverie sont traitées en absorption, renforcée par une cloison faisant écran à l'ouverture. On assure ainsi un « sas » acoustique.



Le « sas » entre la laverie et la salle de restaurant



Passage des plateaux (intérieur de la laverie)



La salle de restaurant vue du « sas »

Gain

On relève les niveaux suivants :

- dans le sas : 64 dB(A),
- dans le restaurant hors du sas : 60 dB(A).

Remarques

Le traitement absorbant doit pouvoir supporter les contraintes de la laverie (notamment l'humidité).

Protection par écran aménagé de poste de contrôle

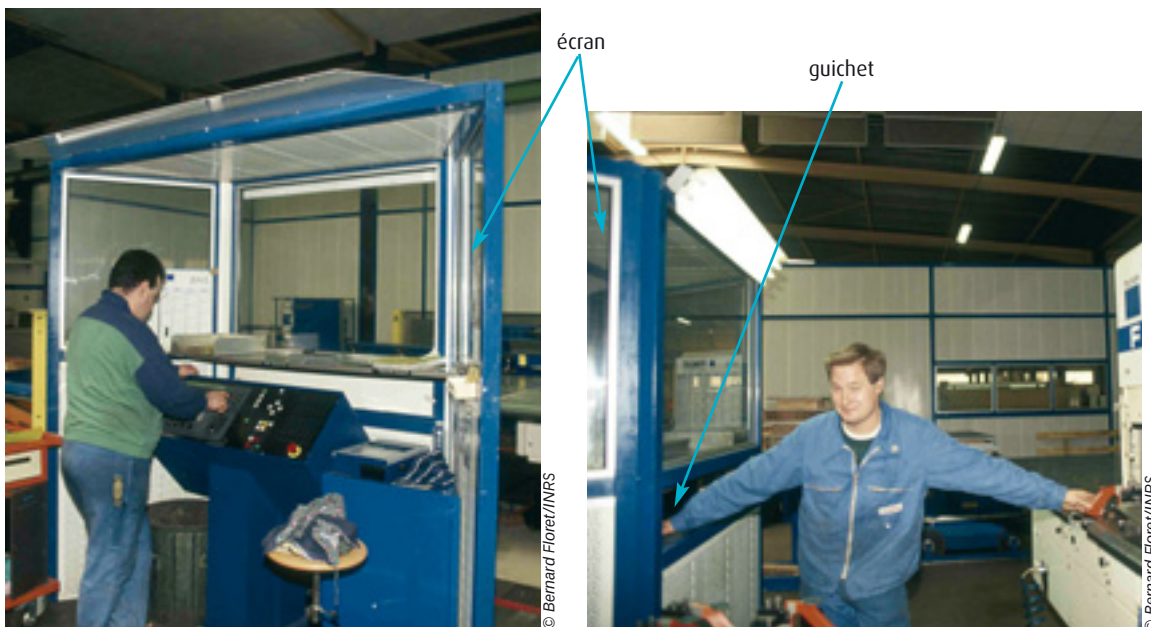
- **Solution** : écrans **EC**
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; tôlerie

Problème

Il s'agit de protéger les opérateurs de poinçonneuses ; leur poste de travail étant exposé à 91 dB(A). Pour des questions d'accès, les machines ne peuvent pas être encoffrées.

Réalisation

- L'opérateur est mobile : il doit fréquemment intervenir sur les machines pour les approvisionner ; une cabine n'est donc pas une solution adaptée. Des écrans sont mis en place, avec une baie vitrée permettant de surveiller le procédé. La forme concave de l'écran accroît sa performance d'isolation acoustique.
- L'accès simultané au pupitre de commande et à la machine est assuré par un « guichet » pratiqué dans l'écran.



Écran du poste de commande et son « guichet »

Gain

Le gain au poste de commande est de 11 dB(A).

Remarques

Le « guichet » doit être traité acoustiquement pour conserver l'isolation assurée par l'écran.

Encoffrement d'une imprimante

Fiche
86

- **Solution** : encoffrement EN
- **Domaine industriel** : auxiliaires financiers ; banque

Problème

Bruit généré par une imprimante qui imprime en continu les relevés bancaires et tableaux d'amortissement de prêts.

Réalisation

L'imprimante est équipée d'un encoffrement réalisé par le constructeur.
Une mesure du niveau sonore à environ 1 mètre permet d'évaluer le gain de ce système.



Capot ouvert : 83,8 dB(A)



Capot fermé : 60 dB(A)

Gain

Supérieur à 20 dB(A).

Remarques

Il s'agit d'un problème courant dans le secteur tertiaire ; il ne faut pas hésiter à consulter le fournisseur du matériel bruyant qui peut disposer de solutions toutes prêtes.

Encoffrement de l'ensemble d'une ligne de production de pièces métalliques

- **Solution** : encoffrement EN
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; semelles de sécurité anti-perforation

Problème

Il s'agit de réduire l'émission de bruit émis par une ligne de découpage de semelles anti-perforation en acier d'épaisseur de 0,4 mm.

Cette ligne comprend un dérouleur de feuillard, un redresseur, une presse de découpage, un conteneur de récupération des déchets et deux bols vibrants d'ébavurage et de séchage.

Réalisation

La réalisation a consisté à encoffrer toutes les sources de bruit y compris le conteneur à déchets.



Vue globale de l'encoffrement



Entrée du feuillard dans l'encoffrement

Gain

- Avant encoffrement, les niveaux sonores mesurés dans l'environnement proche de cette ligne de fabrication s'échelonnaient de 95 dB(A) à 102 dB(A).
- Après réalisation, les niveaux sonores mesurés à 1 m de l'encoffrement sont compris entre 72 dB(A) et 78 dB(A), soit un gain moyen de l'ordre de 25 dB(A) à 30 dB(A).

Remarques

L'encoffrement global de la ligne permet la suppression des sources de bruits parasites de type chute de pièces dans le conteneur, bruit de claquement du brin flottant du feuillard.

Encoffrement en lanières souples sur un convoyeur

- **Solution** : encoffrement **EN**
- **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; embouteillage

Problème

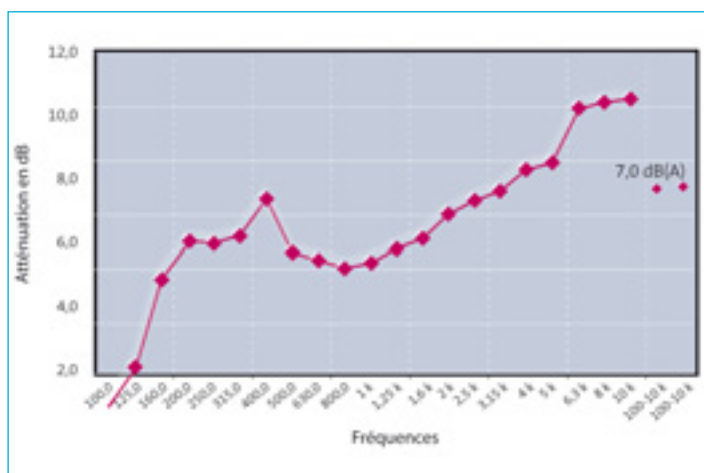
Un convoyeur de bouteilles en verre est la source principale de bruit. Les niveaux sonores mesurés dans l'atelier sont compris entre 85 et 93 dB(A). La longueur du convoyeur est très importante, mais seuls certains tronçons sont très bruyants (en entrée de machine et tables d'accumulation). Les opérateurs doivent pouvoir intervenir rapidement en tous points des convoyeurs. Tout doit être lavable au jet ainsi que le sol sous le convoyeur. Un objectif de réduction sonore d'environ 8 dB(A) est visé.

Réalisation

Mise en place d'un encoffrement autour du convoyeur, constitué d'un rideau en lanières souples transparentes de chaque côté et d'un toit en tôle inox. Chaque rideau est composé d'une double rangée de lanières en quinconce offrant un recouvrement total. L'épaisseur des lanières est de 1,5 mm. Pour un convoyeur unifilaire, la largeur de l'encoffrement est de 85 cm, la hauteur est de 200 cm.



Premier tronçon installé



Atténuation en tiers d'octaves après encoffrement

Gain

La mesure a été réalisée par intensimétrie en condition réelle de fonctionnement puis avec une source sonore de référence. L'atténuation mesurée par bandes de tiers d'octave (graphique ci-dessus) est identique dans les deux cas : elle est de 7 dB(A).

Remarques

Cet encoffrement permet aux opérateurs d'accéder aisément au convoyeur. Son efficacité acoustique est jugée suffisante pour cette application. La très faible épaisseur des lanières assure une bonne souplesse et une contrainte minimale pour l'opérateur lors du franchissement du rideau, mais ceci au détriment de la performance d'atténuation acoustique.

Encoffrement et aménagement d'évacuation de presses à métaux

► **Solution** : encoffrement partiel EN

► **Domaine industriel** : travail des métaux ; transformation de pièces métalliques

Problème

Niveau sonore élevé au poste de travail d'une presse à métaux. La presse est déjà encoffrée mais le niveau est généré par l'évacuation des pièces en sortie, qui s'effectue par chute dans un conteneur.

Réalisation

L'intérieur du conteneur est recouvert de matériau amortissant. De plus, un petit encoffrement mobile a été réalisé. On le positionne au-dessus du tapis d'évacuation et du conteneur pendant la phase de remplissage. Le dégagement est facilité par les roulettes afin d'intervenir sur le conteneur quand il est plein.



Encoffrement de la machine



Encoffrement mobile du conteneur

Gain

Mesure au niveau de l'évacuation de la presse : 85,2 dB(A) sans traitement et 77 dB(A) avec le traitement du conteneur et de l'encoffrement.

Remarques

Prévoir l'aménagement des tunnels entrée de matière et sortie de matière des encoffrements car ces zones génèrent beaucoup de bruit.

Isolement d'un ensemble de tresseurs par des encoffrements ouverts

- **Solution** : encoffrement **EN**
- **Domaine industriel** : industrie textile ; fabrication de tresses et câbles

Problème

- Emission sonore intense de tresseuses de 91 à 95 dB(A) en périphérie de machines.
- Niveaux moyens ambiants de l'ordre de 93 dB(A).

Réalisation

Le souci d'évacuation des calories ne permet pas d'encoffrements fermés, d'où la combinaison d'un traitement individuel des tresseuses et du local :

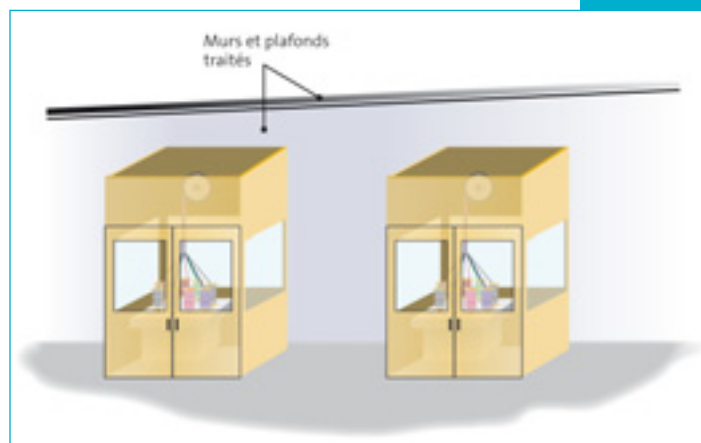
- encoffrement ouvert (sans plafond) des tresseuses pour le passage de fil,
- traitement du local avec murs et plafond en bardage acoustique (tôle perforée devant matelas fibreux absorbant) à cause de l'ouverture du plafond de l'encoffrement.



Tresseuse non traitée



Tresseuse traitée



Encoffrement ouvert sans plafond

Gain

- Niveaux sonores en ambiance dans les allées: 80 à 81,5 dB(A) (activité normale) d'où un gain d'environ 12 dB(A).
- Niveaux sonores en périphérie d'encoffrement (≤ 1 m): < 80 dB(A) (machine seule en service).

Remarques

- Protection simultanée contre les risques mécaniques.
- Gain sur l'amplification sonore du local :
 - anciens locaux, pente DL mesurée à $-2,2$ dB(A),
 - nouveaux locaux, pente DL mesurée à -5 dB(A).

Capotage escamotable en entrée de machine

- **Solution** : encoffrement (capotage) EN
- **Domaine industriel** : industrie textile ; tissage

Problème

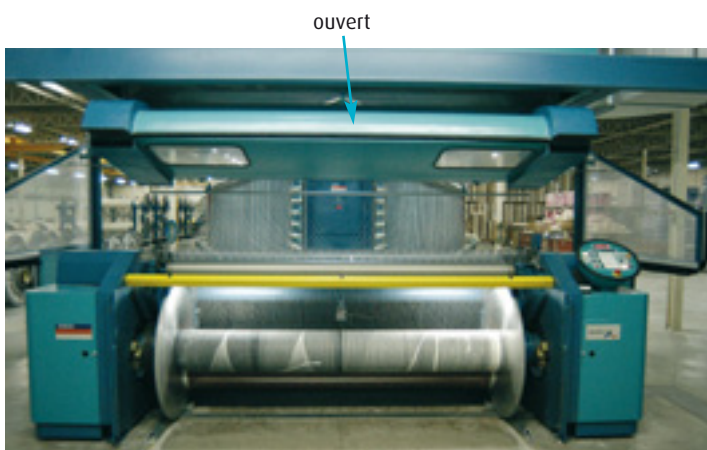
L'ourdissoir est la machine qui fabrique les grosses bobines de fil. Son moyeu (l'ensouple) émet des niveaux sonores élevés dans sa phase de rotation et de freinage.

Réalisation

Capotage escamotable de la zone avant contenant l'ensouple. Il faut pouvoir récupérer et avoir accès à la bobine.



Ourdissoir non capoté 78 à 82 dB(A)



Ourdissoir capoté 72 dB(A)

Gain

6 à 10 dB(A) ; retour sous 80 dB(A).

Remarques

- Fonction complémentaire de captage des poussières textiles pour cette activité.
- Protection simultanée contre les risques mécaniques (pas d'accès aux pièces en rotation).

Conception « silencieuse » d'un abri de crible en extérieur

- **Solution** : encoffrement de grandes dimensions EN
- **Domaine industriel** : autres industries extractives ; carrière

Problème

Un crible est abrité dans une structure de bardage en tôle métallique. Le bruit avoisine 108 dB(A) au pied de l'échelle.

Réalisation

Le système d'abri de l'installation est mis à profit pour diminuer le bruit émis.

Un nouvel encoffrement est mis en place. Il est constitué d'une ossature métallique et d'un remplissage à l'aide de panneaux d'isolation phonique modulaires constitués d'une tôle pleine de 0,63 mm, d'une laine de roche 100 kg/m³ d'épaisseur 60 mm et d'une tôle perforée de 0,63 mm.



© CRAM Ile-de-France

Installation actuelle

Gain

La perte d'insertion acoustique est de 20,5 dB(A).

Remarques

Il n'y a pas d'opérateur directement à proximité. Le gain est surtout appréciable dans l'environnement.

Conception « silencieuse » d'une soudeuse à ultrasons

► **Solution** : encoffrement (capotage) **EN**

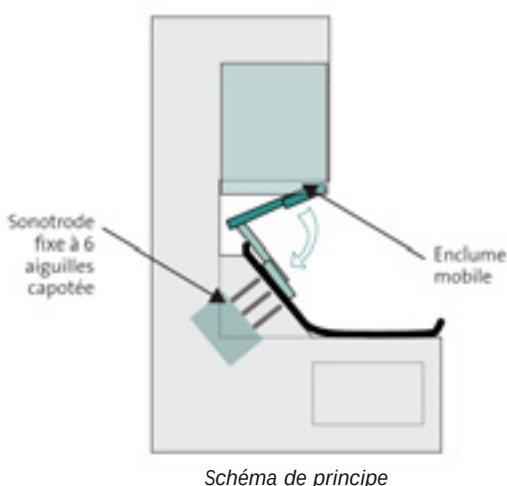
► **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; soudeuse

Problème

Emission ultrasonore intense lors des phases de soudure. Le niveau global équivalent est 113 dB(lin) à 20 kHz et 103 dB(A) dans l'audible.

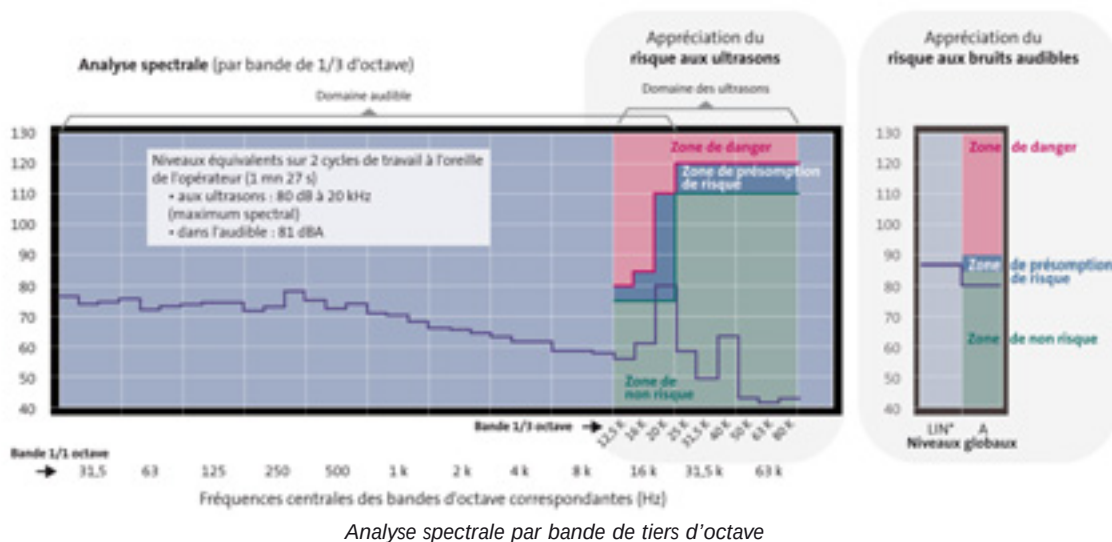
Réalisation

Dans ce procédé original de conception, les sources d'émission dominantes (la sonotrode et ses aiguilles) sont intégrées au bâti et montées en position inversée et fixe. Ceci favorise une insonorisation efficace. L'enclume mobile constitue une source secondaire pour laquelle le capot mobile asservi assure un complément d'efficacité (confinement du dispositif dans un volume étanche et absorbant).



Gain

Dans le cadre de la machine de nouvelle conception, le niveau global équivalent est de l'ordre de 80 dB(lin) à 20 kHz et de 80 dB(A) dans l'audible comme le montre l'analyse spectrale ci-dessous.



Remarques

Ce dispositif permet également d'atténuer l'exposition aux ultrasons émis par l'équipement.

Réalisation d'un encoffrement simple

- **Solution** : encoffrement **EN**
- **Domaine industriel** : industrie du caoutchouc et du plastique ; flaconnage

Problème

Des flacons de cosmétiques sont fabriqués par injection. Les équipements sont alimentés en air comprimé par des compresseurs qui génèrent des niveaux sonores atteignant 97 dB(A) au poste de travail le plus proche.

Réalisation

À partir de préconisations d'un spécialiste, l'entreprise réalise elle-même un encoffrement dont les parois sont composées d'une tôle et de laine minérale haute densité. L'arrivée d'air est prévue en dessous de l'encoffrement ; l'ouverture permet l'accès aux machines.



Encoffrement du compresseur



Ouverture de l'encoffrement



Intérieur de l'encoffrement

Gain

Le niveau sonore avec l'encoffrement est de 81 dB(A) au poste de travail, d'où un gain de 16 dB.

Remarques

- Dans de nombreuses situations, une solution simple peut être mise en œuvre par l'entreprise elle-même.
- Après sa validation, cette solution a été étendue aux sept machines de l'usine.

Encoffrement total d'une machine à commande numérique

- **Solution** : encoffrement EN
- **Domaine industriel** : travail des métaux ; découpe de profilés

Problème

L'usinage des profilés aluminium est une opération particulièrement bruyante. Le bruit est non seulement généré par l'outil lors de l'opération d'usinage, mais également par le rayonnement des barres.

Réalisation

Dans le cadre de l'acquisition d'une nouvelle machine à commande numérique, l'entreprise a également demandé à son fournisseur d'en assurer l'encoffrement en veillant à ce qu'au final, un objectif de résultats au pupitre de commande soit atteint. En l'occurrence, le niveau sonore à cet endroit ne devait pas dépasser 80 dB(A) lors de l'usinage de profilés habituellement employés dans l'entreprise.



Vue générale de l'encoffrement, capot ouvert



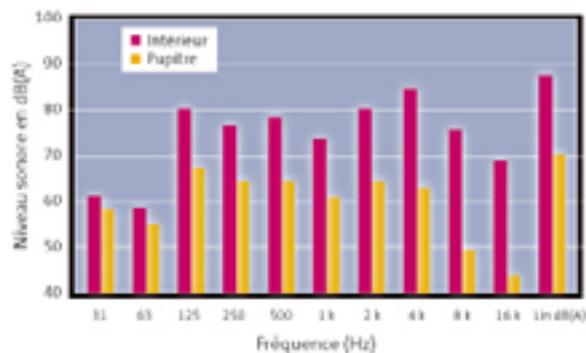
Vue générale de l'encoffrement, capot fermé

Pour un profil froid de 2050 mm :

- à 2 m de l'outil à l'intérieur de l'encoffrement, le niveau sonore est de 89 dB(A) ;
- au pupitre de commande lors de la même opération, il est de 72 dB(A) (voir spectre sur le graphique ci-contre).

Gain

17 dB(A).



Comparaison des niveaux sonores
entre l'intérieur de l'encoffrement et le pupitre

Remarques

- Pré-réception de l'encoffrement de la machine chez le fournisseur.
- Améliorations à apporter sur les parties basses de l'encoffrement pour limiter les fuites acoustiques.

Encoffrement d'une machine complexe

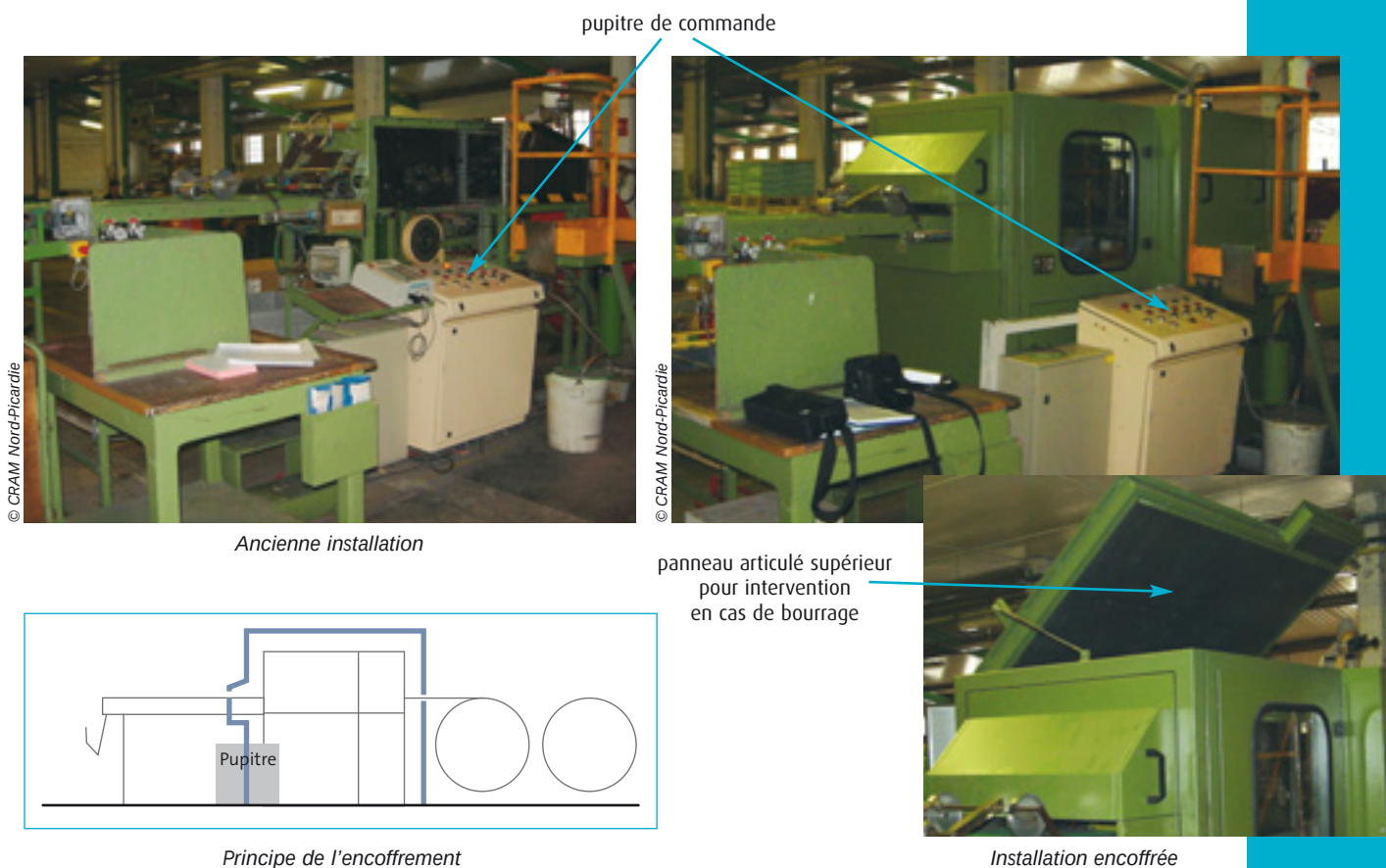
- **Solution** : encoffrement **EN**
- **Domaine industriel** : industrie du papier et du carton ; façonnage de cartons

Problème

Les opérations de coupe et de pliage de la feuille cartonnée sont bruyantes. L'exposition au bruit de l'opérateur présente un risque pour son audition et cette source dominante influence les postes environnants. Les niveaux sonores de chaque côté du pupitre de commande vont de 91 à 95 dB(A).

Réalisation

La machine est encoffrée tout en gardant les ouvertures nécessaires à son bon fonctionnement. Les accès sont ainsi traités afin de limiter au maximum les fuites acoustiques.



Gain

- Le niveau sonore au pupitre de commande est de 76 dB(A), soit un gain de 15 à 19 dB(A).
- Plus d'incidence aux postes voisins.

Remarques

Les solutions sont surtout fonctionnelles : porte avec oculus devant le pupitre de commande (renouvellements de bobine de toile), porte d'accès arrière, panneau articulé supérieur (en cas de bourrage), panneaux démontables.

Les actions sur la réception

Types de solution

- mise en place de cabines
- port du PICB

Les actions sur la réception concernent la protection individuelle des employés. À ce titre, et conformément aux principes généraux de prévention, elles ne doivent être envisagées qu'en dernier recours ; la réglementation précise en effet « *si d'autres moyens ne permettent pas d'éviter les risques dus à l'exposition au bruit* ».

Cette réserve est particulièrement pertinente dans le domaine du bruit : dans ce cas, la protection individuelle ne protège pas d'un accident éventuel mais vise à diminuer la dose de bruit reçue sur l'ensemble de la journée de travail. Or, le niveau de protection chute considérablement lorsque l'équipement est mal porté ou mal utilisé. De plus, le non-port de l'équipement, même pendant un temps très court, fait mathématiquement chuter l'atténuation apportée. Par exemple, lorsqu'un salarié est exposé à des niveaux de bruit élevés pendant huit heures, la non-utilisation de l'équipement pendant 5 minutes fait passer son efficacité globale sur la journée de 30 à 20 dB (ou, si l'on veut, le niveau d'exposition du salarié est augmenté de 10 dB).

Ce calcul est tout aussi valable dans le cas d'une cabine : si l'opérateur sort de la cabine sans être protégé pendant 5 minutes, son exposition augmentera également de 10 dB.



Un précurseur de l'utilisation de PICB fut Ulysse qui demanda aux marins de son équipage de se boucher les oreilles avec de la cire pour ne pas entendre le chant des sirènes... On pourrait même dire qu'il illustre la réticence au port de ces protections puisqu'il refusa pour lui-même cette solution qui l'empêchait d'entendre cette mélodie mystérieuse... mais il dut en contrepartie demander à ce qu'on l'attachât au mât du navire !

Protection d'un conducteur d'engin mobile

- **Solution** : isolation d'une cabine d'engin **CA**
- **Domaine industriel** : industrie chimique ; fabrication pharmaceutique

Problème

Atelier de purification d'argile bruyant, équipé de cribles, malaxeurs, convoyeurs et sécheurs. Le conducteur de la chargeuse est exposé à des niveaux de bruit élevés.

Réalisation

La chargeuse utilisée est équipée d'une cabine insonorisée. L'opérateur réalise le maximum des opérations de surveillance et d'approvisionnement à partir de celle-ci.



Vue de l'atelier



La chargeuse



Zoom à l'intérieur de la chargeuse

Gain

De l'ordre de 16 dB(A), le niveau de pression sonore mesuré dans la cabine de la chargeuse est égal à 70,5 dB(A) pour 87,6 dB(A) dans l'atelier.

Remarques

Outre le gain en niveau sonore, la cabine climatisée apporte un confort supplémentaire lors de la période estivale.

Isolement du poste de contrôle qualité

► **Solution** : cabine **CA**

► **Domaine industriel** : industrie alimentaire ; conditionnement de légumes frais

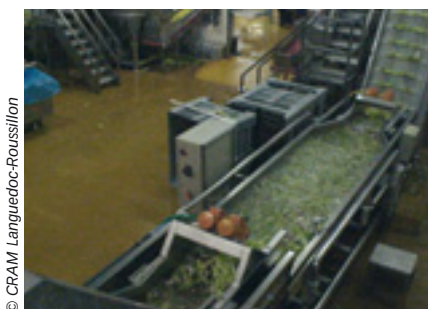
Problème

Le poste de contrôle qualité des produits de l'atelier de lavage des salades est soumis à des niveaux sonores très élevés.

Outre le risque auditif, la gêne provoquée amène des risques d'erreurs de jugement.

Réalisation

Une cabine insonorisée est créée, incluant trois postes de contrôle qualité.



Vue de l'atelier au rez-de-chaussée



Poste de contrôle d'origine à l'étage



Poste de contrôle dans la nouvelle cabine au rez-de-chaussée : on sort de la cabine pour prendre les salades

Gain

De l'ordre de 16 dB(A), le niveau de pression sonore mesuré dans la cabine est égal à 73,5 dB(A) pour 89,5 dB(A) dans l'atelier.

Remarques

- La diminution du niveau d'exposition sonore supprime le risque de surdité. Elle diminue également le stress et le risque d'erreurs en particulier à des postes qui demandent une certaine concentration.
- La construction de la cabine de contrôle au même niveau que les lignes de production limite également les risques de chute lors des déplacements par les escaliers (le poste de contrôle initial était situé à l'étage, sur une mezzanine).

Amélioration de l'efficacité d'une cabine acoustique

► **Solution** : cabine **CA**

► **Domaine industriel** : produits minéraux non métalliques ; verrerie

Problème

Une cabine insonorisée (commande du four de fusion) ne donne pas entièrement satisfaction. Le niveau sonore à l'intérieur est de 77,5 dB(A) avec un isolement acoustique de 19 dB(A) alors que l'objectif de l'entreprise était de réduire ce niveau à moins de 70 dB(A), soit un isolement acoustique d'au moins 30 dB(A). Le diagnostic acoustique met en évidence une multiplicité de problèmes : performance d'atténuation des parois trop faible (bardage et vitrage) ; réverbération interne importante ; nombreuses fuites et points faibles (luminaires encastrés traversant la toiture de la cabine, problèmes de finition). L'absence de transmission solidienne du bruit est cependant vérifiée.

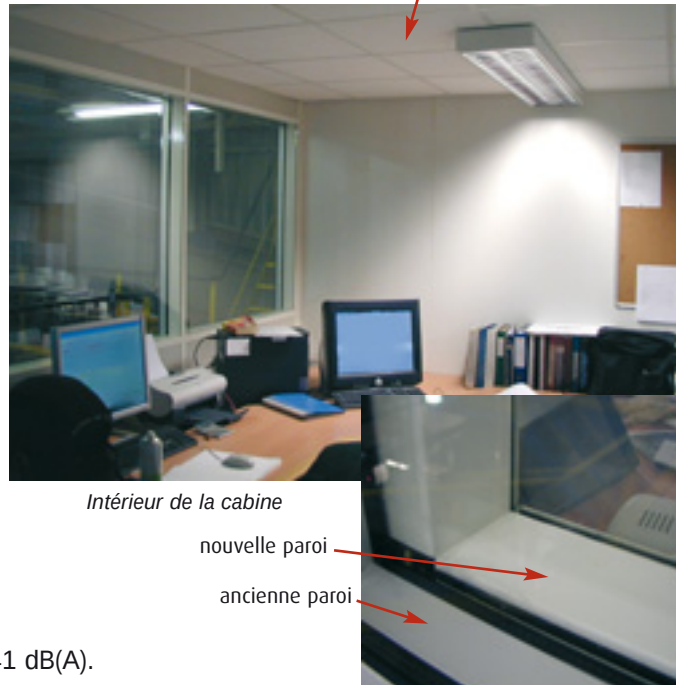
Réalisation

- Renforcement de l'isolation des parois par un doublage interne type plaque de plâtre 13 mm + laine minérale et simple vitrage épais.
- Renforcement de l'isolation de la toiture par un doublage extérieur (tôle 9/10 + laine minérale).
- Chasse aux fuites (remplacement des luminaires encastrés par des luminaires suspendus...).
- Réduction de la réverbération interne par l'installation d'un faux-plafond absorbant.



Implantation de la cabine dans l'atelier

© Gaél Kerbaol/INRS



Intérieur de la cabine

© Gaél Kerbaol/INRS

Gain

- L'isolement est passé de 19 dB(A) à 41 dB(A).
- Niveau dans la cabine : 62 dB(A) en rajoutant le fonctionnement de la climatisation.
- La durée de réverbération interne passe de 2,7 s à 0,6 s.

Cette cabine offre à présent de bonnes conditions de travail pour les opérateurs.

Remarques

C'est la conjugaison de tous les aménagements complémentaires réalisés qui a permis d'obtenir ces bons résultats. Le traitement acoustique de cette cabine a également amélioré son isolation thermique vis-à-vis de l'atelier, réduisant ainsi la charge des groupes de climatisation.

Aménagement d'un poste de conduite en imprimerie

► **Solution** : cabine **CA**

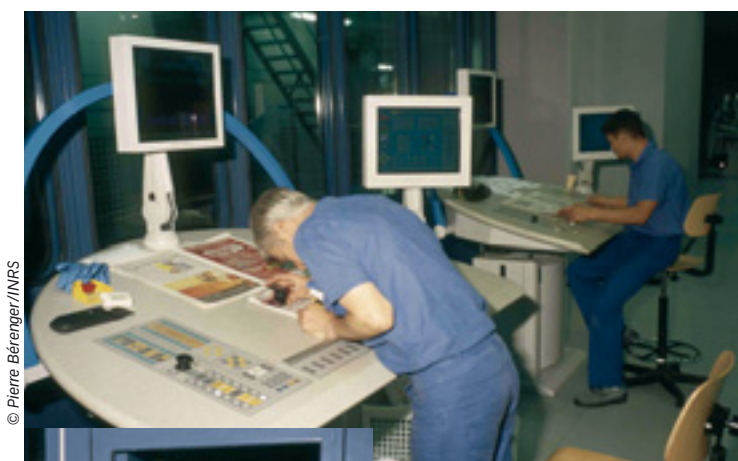
► **Domaine industriel** : édition, imprimerie, reproduction ; imprimerie

Problème

Une nouvelle imprimerie va être construite ; la vitesse élevée d'impression de la rotative laisse supposer des niveaux sonores importants. Une étude prévisionnelle est effectuée pour définir les aménagements à prévoir. Cet exemple présente la réalisation du poste de commande de la rotative.

Réalisation

Une large cabine est réalisée avec des cloisons à fort isolement acoustique ; une paroi de verre permet la surveillance de la machine. Les portes communicantes sont séparées par un sas d'isolation. Un dispositif « passe-plat » permet de prélever des journaux en sortie de presse sans quitter la cabine.



© Pierre Bérenger/INRS



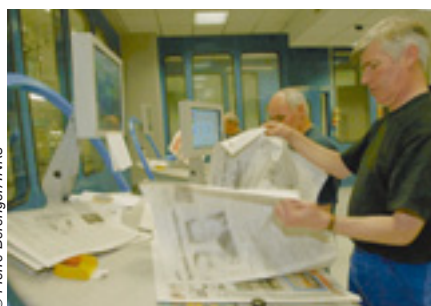
© Pierre Bérenger/INRS

« Passe-plat »



© Pierre Bérenger/INRS

Zone de contrôle



© Pierre Bérenger/INRS

Sas et paroi de verre



© Pierre Bérenger/INRS

La circulation des journaux

Gain

La cabine assure une isolation de 38 dB(A).

Remarques

L'étude prévisionnelle a permis de dimensionner des dispositifs de traitement acoustique dans l'ensemble de l'atelier : absorption du local, implantation des machines sur des massifs en béton désolidarisés...

Une telle étude permet une conception en amont qui traite l'ensemble des risques ; en particulier, la circulation a été traitée par la prévision de sens uniques, la séparation piétons/véhicules, l'aménagement des accès pour les opérations de maintenance.

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
BP 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@cram-alsace-moselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 89 21 62 20
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@cramaquitaine.fr

AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 76
fax 04 73 42 70 15
preven.cram@wanadoo.fr

BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre, 70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 32
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr

BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@cram-bretagne.fr
www.cram-bretagne.fr

CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrilles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@cram-centre.fr

CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
4 rue de la Reynie
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 79 00 64
doc.tapr@cram-centreouest.fr

ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne, 92 Hauts-de-Seine,
93 Seine-Saint-Denis, 94 Val-de-Marne,
95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 5
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@cram-lr.fr

MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
tél. 0820 904 231 (0,118 g/min)
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@cram-mp.fr

NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
service.prevention@cram-nordest.fr

NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@cram-nordpicardie.fr
www.cram-nordpicardie.fr

NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 0821 100 110
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme,
38 Isère, 42 Loire, 69 Rhône,
73 Savoie, 74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@cramra.fr

SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@cram-sudest.fr

Services prévention des CGSS

GUADELOUPE

Immeuble CGRR
Rue Paul-Lacavé
97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00
fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

GUYANE

Espace Turenne Radamonthe
Route de Raban,
BP 7015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04
fax 05 94 29 83 01

LA RÉUNION

4 boulevard Doret
97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00
fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31
05 96 66 51 32
fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr

Ce recueil de fiches présente des exemples de solutions de réduction du bruit en entreprise. Les exemples présentés correspondent tous à des applications industrielles réelles qui ont été mises en œuvre dans le cadre d'actions suivies par les centres de mesures physiques des services prévention des CRAM.

Les exemples choisis permettent d'illustrer la grande variété d'actions possibles et leur adaptation à un objectif de gain optimal. Ils se veulent simples et concis et illustrent une pratique concrète de la prévention en entreprise. Ils mettent en valeur les actions à privilégier qui sont de mise en œuvre facile et qui agissent sur la source de bruit.

Ce recueil se réfère à la brochure *Techniques de réduction du bruit en entreprise : quelles solutions, comment choisir*, dont il est l'illustration.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 997

1^{re} édition • décembre 2007 • 5 000 ex. • ISBN 978-2-7389-1636-5