

Étude de cas

SYSTÈMES DE COMMANDE VOCALE (*VOICE-PICKING*) EN LOGISTIQUE : ÉVALUATION DE L'EXPOSITION AUX BRUITS ET SOLUTIONS DE PRÉVENTION

NICOLAS TROMPETTE
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Les entreprises de logistique équipent de plus en plus les préparateurs de commandes avec des systèmes dits de «*voice-picking*» (commande vocale), qui permettent de guider ces préparateurs au moyen d'informations auditives et de recueillir les données permettant de vérifier le bon déroulement des commandes par reconnaissance vocale.

Les commandes et leurs circuits d'élaboration – c'est-à-dire le parcours du préparateur dans l'entrepôt logistique – sont planifiés par un système informatique, qui les communique par voie auditive au préparateur par ondes radio *via* un boîtier électronique porté à la ceinture et relié à un casque monaural ou binaural, selon les cas. Le boîtier électronique transforme donc d'abord les consignes de préparation en phrases intelligibles (synthèse vocale). Une fois la consigne exécutée (en général, la localisation et le nombre des colis à prélever), le préparateur l'indique oralement au moyen d'un microphone à la machine (reconnaissance vocale), qui lui transmet alors la consigne suivante. Ce descriptif est générique, certains systèmes couplant par exemple le *voice-picking* pour la transmission des consignes à un scanner de code-barres pour la validation de leur réalisation, d'autres systèmes privilégiant un affichage électronique des colis à prélever sur l'emplacement, etc.

L'effet sur la santé des préparateurs de ces dispositifs a été étudié [1]. Plusieurs risques ont été identifiés, notamment les risques de troubles musculo-squelettiques (TMS) liés à une intensification de la charge physique de travail et à de plus nombreux réagencements de la palette; et les risques psycho-sociaux (RPS), inhérents entre autres à l'augmentation de la charge mentale, à la dépendance à la machine et à l'isolement accru. Le risque qui nous intéresse ici est

le bruit. En effet, dans le secteur de la logistique, les préparateurs de commandes sont déjà soumis au bruit ambiant, comme celui des transpalettes et des chariots ou des groupes froid (produits frais ou surgelés). Or, les systèmes de *voice-picking* ajoutent à ce bruit ambiant les sons émis par le casque. Le risque d'exposition à des niveaux sonores lésionnels est donc augmenté. L'évaluation de l'exposition au bruit des préparateurs passe de ce fait par la mesure du niveau sonore délivré par le casque. Cette mesure particulière (le casque/la source sonore étant proche de l'oreille) pose un problème métrologique difficile à résoudre. De plus, quand l'exposition ambiante quotidienne dépasse les seuils réglementaires, la présence du casque rend plus difficile la protection individuelle des préparateurs. L'INRS a donc été sollicité à plusieurs reprises par les services prévention des Carsat ou par les industriels eux-mêmes pour, d'une part, réaliser l'évaluation de l'exposition au bruit des préparateurs et, d'autre part, identifier des solutions de prévention. Cet article vise à détailler les différentes solutions potentielles mises en œuvre pour résoudre cette problématique nouvelle en entreprise.

→ **LA RÉPONSE DE L'INRS:**

Évaluation de l'exposition au bruit

Le contexte réglementaire

Le Code du travail exige de l'employeur qu'il évalue l'exposition au bruit et qu'il la mesure si cela est nécessaire. Dans le cas où la mesure est jugée nécessaire, elle est alors réputée conforme si elle est réalisée suivant la norme ISO 9612 [2] qui, elle-même, dans le cas de «sources sonores placées à proximité de l'oreille», renvoie vers les normes ISO 11904 – Parties 1 et 2 [3, 4].

Dans les cas rapportés ici, l'exposition au bruit a été seulement évaluée: la mesure acoustique est bien conforme à la norme mais ses autres exigences, notamment sur l'échantillonnage, ne sont pas respectées. De ce fait, on ne peut pas parler d'un mesurage de l'exposition au bruit (au sens de la réglementation).

Cette démarche a permis de simplifier la méthodologie. Chaque fois que l'évaluation a révélé un risque d'exposition au bruit, des mesures de prévention ont été mises en place et l'évaluation réitérée, afin de démontrer leur efficacité.

La méthodologie de mesure

→ Hypothèses de base

Les hypothèses généralement vérifiées sont que :

- La préparation d'une commande est la seule tâche bruyante à laquelle le préparateur de commande est affecté. Cette tâche est très répétitive;
- Lors de cette tâche, le préparateur de commandes est soumis à la fois au bruit ambiant et au bruit dû aux informations délivrées par le casque d'écoute.

Les préparateurs observés sont représentatifs de groupes réalisant le même type de commandes. Au moins deux préparateurs sont observés sur chaque site et ils sont choisis parmi ceux manipulant un nombre élevé de colis par jour. C'est un principe de conservation, le nombre d'informations délivrées par le casque d'écoute, et donc le niveau de bruit délivré, est lié au nombre de préparations effectuées dans la journée.

L'évaluation de l'exposition au bruit du groupe passe alors simplement par le cumul des niveaux sonores mesurés, dus aux ordres délivrés par le casque et au bruit ambiant.

→ Instrumentation

La mesure du bruit dû aux ordres délivrés par les casques d'écoute est effectuée à l'aide d'un simulateur de tête et torse, équipé d'une oreille artificielle (ou HATS «*Head And Torso Simulator*»), sur lequel on installe le casque d'écoute. Cette instrumentation est conforme à une des deux normes de référence pour ce type de mesure (selon la norme ISO 11904-2[4]). Le torse n'ayant pas d'utilité pour une source placée sur l'oreille, il peut éventuellement être retiré (cf. photo 1). Cette mesure est effectuée dans un bureau au calme et non pas dans le hall de préparation de commandes.

La mesure du bruit ambiant est effectuée dans le hall de préparation de commandes de l'entreprise au moyen d'exposimètres ou de sonomètres.

→ Mode opératoire

La mesure du bruit dû aux ordres délivrés par le casque d'écoute, telle qu'elle est actuellement réalisée avec le HATS, est compliquée. En effet, pour



© Nicolas Trompette / INRS

réaliser une commande, le préparateur a besoin d'entendre les ordres et la machine doit recevoir ses réponses. Lorsqu'il arrive à un emplacement, l'opérateur donne le numéro de code détrompeur de cet emplacement à la machine, afin qu'elle vérifie qu'il est au bon endroit. Or, pour la mesure, c'est le HATS qui doit porter le casque et la mesure s'effectue en dehors du hall de commande, sur une préparation simulée. Il a donc fallu trouver des solutions et plusieurs options se sont révélées possibles selon les cas traités:

- Certains installateurs de systèmes de *voice-picking* savent enregistrer informatiquement les ordres envoyés lors des commandes. Il suffit alors de les répéter dans l'oreille du HATS avec le niveau sonore réglé au maximum¹ et en respectant les temps de réponse des opérateurs, afin de mesurer la dose de bruit maximum reçue. Il faut ensuite équiper plusieurs préparateurs avec des exposimètres pour mesurer le bruit ambiant, puis cumuler les deux quantités mesurées;
- Il est aussi possible de programmer des commandes fictives. La mesure de la dose de bruit maximum reçue par les opérateurs est faite en

Photo 1. Simulateur de tête et torse (HATS) équipé d'un casque d'opérateur.



**ENCADRÉ
UNE MÉTROLOGIE ALTERNATIVE**

Les mesures actuelles exigent une organisation assez lourde et la division des mesures en deux phases : 1°) la mesure du bruit délivré par le casque et 2°) la mesure du bruit ambiant, puis le cumul des deux résultats.

Aussi, un exposimètre bi-voies spécialement adapté pour accueillir sur une de ses voies de mesure un microphone miniature a été développé. Ce microphone peut être placé sous le casque d'écoute du préparateur, à l'entrée du conduit auditif. Il permet ainsi la mesure de son exposition au bruit en conditions réelles (cf. photos 2).

Cette mesure pourrait remplacer la procédure décrite dans l'article car elle serait conforme à l'autre norme de référence (ISO 11904-1 [3]). Cependant,

le microphone miniature utilisé n'est pas de la classe de précision spécifiée par la norme (classe 2 minimum). Pour valider l'applicabilité et la précision de ce nouveau moyen de mesure, nous l'avons utilisé en parallèle de la métrologie habituelle lors des trois dernières interventions. Les résultats, présentés dans le tableau 1, sont cohérents, mais légèrement inférieurs à ceux obtenus avec la métrologie habituelle. La différence s'explique principalement par le fait que le casque est positionné de la façon la plus défavorable possible sur le mannequin (c'est-à-dire dans l'axe du conduit auditif, ce qui engendre la pression sonore au niveau du tympan la plus élevée possible). Ce n'est pas forcément le cas pour les opérateurs.



© Nicolas Trompette / INRS



© Nicolas Trompette / INRS

Photos 2. Exposimètre avec microphone miniature et dispositif support en place sur une oreille.

équipant le HATS avec le casque d'écoute du préparateur et le préparateur avec un autre casque appelé casque superviseur (ce qui suppose que le boîtier du voice-picking dispose de deux sorties audio), en lui fournissant préalablement les numéros de code des emplacements pour qu'il puisse répondre à la machine. La durée de réalisation est faussée, puisque l'opérateur ne se déplace pas. Il faut donc diviser la dose de bruit émis par le casque d'écoute par le nombre de colis de la commande, puis évaluer la dose de

bruit émis par les casques d'écoute et reçue quotidiennement par les préparateurs, à partir du nombre de colis manipulés par jour par le préparateur et de la dose de bruit/colis. De plus, en parallèle, il faut mesurer le bruit ambiant à l'aide d'exposimètres.

- Une troisième possibilité est d'éditer des commandes sur papier (numéros d'emplacement/ nombre de colis) et de les réaliser à la main, en notant les numéros d'emplacements, « à l'insu de la machine », en quelque sorte. Puis, de réaliser à nouveau fictivement ces commandes, en dialoguant avec la machine dans un bureau, le HATS équipé du casque et le préparateur répondant à la machine par le microphone du casque. À nouveau, la durée de réalisation est faussée, puisque l'opérateur ne se déplace pas et il faut donc calculer la dose de bruit émis par les casques d'écoute et reçue par les préparateurs à partir du nombre de colis/jour et de la dose de bruit/colis. Et il faut par ailleurs mesurer le bruit ambiant avec des exposimètres.
- Une quatrième possibilité, que nous n'avons pas explorée, mais qui a été testée par d'autres préventeurs, est de fixer le mannequin équipé du casque sur le transpalette, d'équiper le préparateur avec un casque superviseur et de réaliser normalement la commande. L'avantage est que le mannequin mesure également le bruit ambiant. L'installation du HATS sur le transpalette est en revanche très lourde et il faut que le système de *voice-picking* soit prévu pour deux casques et une écoute simultanée.

Toutes ces options exigent une préparation en amont de l'intervention par les services internes de l'entreprise et par l'installateur du système de *voice-picking*. Elles exigent aussi une participation volontaire des préparateurs, à qui l'entreprise devra dégager du temps.

En ce qui concerne l'échantillonnage, dans toutes les entreprises dans lesquelles nous sommes intervenus, entre 2 et 6 heures de durées de commande ont été mesurées avec le HATS et au moins deux préparateurs ont été équipés d'exposimètres sur une demi-journée de travail. Les durées d'échantillonnage avec le HATS peuvent être réduites car la voix étant synthétique, nous avons constaté que le niveau sonore ne changeait pas. Entre 30 minutes et 1 h d'enregistrement – incluant des démarrages et fins de commandes – ces durées sont suffisantes pour obtenir une bonne évaluation du niveau sonore délivré par les casques.

Les résultats des évaluations

Les interventions se sont déroulées sur huit sites différents, avec deux interventions sur le même site (n° 1 ; cf. tableau 1). Ce tableau présente les expo-

| SITE INDUSTRIEL n° | ACTIVITÉ | BRUIT AMBIANT dans l'entrepôt | BRUIT DÉLIVRÉ PAR LES CASQUES (niveau maximum) | CUMUL (Exposition au bruit) | EXPOSITION AU BRUIT évaluée avec le microphone miniature sous le casque (niveau maximum) | MESURES DE PRÉVENTION |
|--------------------|---|-------------------------------|--|-----------------------------|--|---|
| 1 | Fabrication et vente surgelés | 82 dB(A) | 89 dB(A) | 89 dB(A) | Non fait | Correction de 8 dB du niveau du casque et protections moulées individuelles : exposition ramenée à 82 dB(A) |
| 2 | Entreposage et stockage épicerie et frais | 77 dB(A) | 82 dB(A) | 83 dB(A) | Non fait | Pas de constat de l'effet des éventuelles corrections |
| 3 | Entreposage et stockage surgelés | < 70 dB(A) | 81 dB(A) | 81 dB(A) | Non fait | Pas de constat de l'effet des éventuelles corrections |
| 4 | Stockage et transport Épicerie | 75 dB(A) | 87 dB(A) | 87 dB(A) | Non fait | Pas de constat de l'effet des éventuelles corrections |
| 5 | Stockage et transport Épicerie | 73 dB(A) | 87 dB(A) | 87 dB(A) | Non fait | Pas de constat de l'effet des éventuelles corrections |
| 6 | Logistique de chaîne de supermarché | 77 dB(A) | 79 dB(A) | 81 dB(A) | Non fait | Pas de constat de l'effet des éventuelles corrections |
| 1 | Fabrication et vente surgelés | 75 dB(A) | 92,5 dB(A) | 92,5 dB(A) | 90,5 dB(A) | Changement pour un casque moins puissant et diminution du bruit ambiant : exposition ramenée à 76 dB(A) |
| 7 | Logistique de chaîne de supermarché | < 70 dB(A) | 80 dB(A) | 80 dB(A) | 78 dB(A) | Correction de 2 dB du niveau du casque |
| 8 | Fabrication et vente de produits médicaux | 70 dB(A) | 79 dB(A) | 79 dB(A) | 77 à 79 dB(A) | Corrections non nécessaires |

↑ TABLEAU 1 – Bilan des différentes interventions.

sitions au bruit dans la chronologie des interventions. Il s'agit d'évaluations, l'incertitude de mesure n'a donc pas été ajoutée. De plus, seule la valeur maximale obtenue pour les préparateurs observés est présentée.

À l'exception de la première intervention sur le site n° 1 (du fait de groupes froid très bruyants), le bruit ambiant est relativement faible et contribue assez peu (dans deux cas), voire pas du tout (dans cinq cas) à l'exposition. En revanche, le bruit délivré par les casques d'écoute est très variable d'un site à l'autre et peut générer une exposition élevée, parfois largement supérieure aux limites réglementaires. Quel que soit le site, la valeur maximale d'exposition a été obtenue alors que le casque d'écoute était réglé à son niveau maximum. C'est réaliste, car le réglage maximum est adopté par la grande majorité des préparateurs (environ 70 % des personnes observées). Cela leur permet de comprendre

à coup sûr les consignes données par la machine, d'éviter les répétitions et erreurs et de préserver leur productivité.

Prévention de l'exposition au bruit

Pour sept des huit sites étudiés, les évaluations ont montré que l'exposition au bruit était susceptible de dépasser les limites réglementaires et des mesures de prévention ont été préconisées. Dans les trois sites où ces préconisations ont effectivement été mises en place et validées par l'INRS, elles ont consisté en (cf. tableau 1) :

- La limitation du niveau sonore des consignes (sites n°s 1, 7 et 8). C'est une mesure très facile à mettre en place car, la voix étant synthétisée, la baisse du niveau d'émission de la voix numérique se traduit bien entendu par une diminution effective équivalente du niveau sonore délivré. De plus, les installateurs maîtrisent cette possibilité.



- La mise en place de bouchons moulés individuels avec filtre plat en fréquence, portés sous le casque d'écoute (site n° 1). Cette mesure complémentaire à la limitation du niveau sonore des consignes s'est révélée nécessaire sur ce site car le bruit ambiant dépassait 82dB(A).
- La correction du bruit ambiant (site n° 1 toujours). Cette diminution a exigé un travail important et un délai très long, avec le déplacement des groupes froid et surtout le changement de leur alimentation électrique, d'où la mise en place d'emblée de bouchons moulés individuels avec filtre plat. La solution collective (action sur les groupes froid) a permis de diminuer de 7dB(A) le bruit ambiant et pratiquement d'autant l'exposition au bruit.

Il convient de noter que, sur les trois sites où elle a été appliquée, la diminution du niveau sonore dans le casque n'a pas engendré de problèmes d'intelligibilité, pas plus que la mise en place de bouchons d'oreille sous le casque. Les préparateurs règlent donc leur casque au maximum par appréhension ou par confort, et non pas par réelle nécessité. D'après nos observations, un réglage du niveau global délivré par le casque au même niveau que celui du bruit ambiant suffit largement à assurer une bonne intelligibilité des consignes, car ces dernières sont familières à l'opérateur et le spectre du bruit ambiant est très différent de celui de la parole. À noter que nos mesures montrent que cela revient à limiter le niveau maximum délivré par le casque à 100dB-SPL (pour un temps d'intégration de 100ms).

La fiche pratique de sécurité ED135 de l'INRS[1] propose plusieurs autres pistes pour réduire l'exposition au bruit: la réduction du contenu des consignes (ce qui réduit la durée d'exposition), l'affichage de certaines informations pour éviter de les donner oralement (par exemple, certains

systèmes affichent le nombre de colis sur le lieu de prélèvement et ne transmettent oralement que l'endroit où se trouve le lieu de prélèvement). Dans les cas présentés, la réduction du nombre et de la durée des consignes n'était pas envisageable car elles étaient déjà très courtes, les préparateurs préférant des consignes succinctes. En revanche, le recours à l'affichage pour réduire le nombre des informations audio était déjà effectif sur certains sites. Une autre piste est la réduction du nombre de colis, elle a été proposée mais n'a pas été appliquée, car elle diminue la productivité. Par ailleurs, les interventions mettent en évidence deux autres possibilités. Il est envisageable de porter des protections individuelles sous le casque d'écoute, si ces dernières sont dotées d'un filtre plat, mais cela peut engendrer un certain inconfort physique. Et le bruit ambiant peut et doit être maîtrisé et ne pas dépasser 75dB(A), l'expérience prouvant que cette limite peut être respectée, quelle que soit l'activité, moyennant des mesures de réduction du bruit simples et connues.

En conclusion: La prévention de l'exposition au bruit pour les opérateurs de préparation de commandes dans les centres de logistique peut se résumer comme suit: le bruit ambiant ne doit pas dépasser 75dB(A) – ce qui est toujours réalisable – et le niveau sonore équivalent délivré par les casques sur une journée peut alors être limité à ce même niveau (soit une limitation du niveau sonore instantané à 100dB-SPL), sans affecter l'intelligibilité. Ces dispositions garantissent l'absence d'exposition au bruit au-dessus des limites réglementaires. ●

1. Toujours selon le principe de conservation évoqué plus haut. C'est de plus réaliste, car le réglage maximum est adopté par la grande majorité des préparateurs (environ 70 % des personnes observées).

BIBLIOGRAPHIE

[1] ED 135 – Préparation de commandes guidée par reconnaissance vocale. INRS, 2009, coll. Fiches pratiques de sécurité de l'INRS. Accessible sur : www.inrs.fr

[2] NF EN ISO 9612 – Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail – Méthode d'expertise. Paris, Afnor, mai 2009. Accessible sur : www.boutique.afnor.org (site payant).

[3] NF EN ISO 11904-1 – Acoustique – Détermination de l'exposition sonore due à des sources placées à proximité de l'oreille. Partie 1 : Technique du microphone placé dans une oreille réelle (technique MIRE). Genève, ISO, 2002. Accessible sur : www.boutique.afnor.org (site payant).

[4] NF EN ISO 11904-2 – Acoustique – Détermination de l'exposition sonore due à des sources placées à proximité de l'oreille. Partie 2 : Technique utilisant un mannequin. Genève, ISO, 2004. Accessible sur : www.boutique.afnor.org (site payant).

Colloque



Bruit et vibrations au travail

9.10.11 avril 2019

• Nancy - France •

Informations et inscription :

www.inrs-bvt2019.fr

Colloque organisé par l'Institut national de recherche et de sécurité