

NUISANCES PHYSIQUES DANS LES CHANTIERS DE CREUSEMENT DE TUNNELS



ÉVALUATION DES RISQUES ET MESURES DE PRÉVENTION

CONTACTS

Pascal Sergi :

Ingénieur Conseil BTP - Pilote de l'action régionale Tunnels - Tél. 04 79 70 76 06 - pascal.sergi@carsat-ra.fr

Michel Lebrun :

Ingénieur Responsable CIMPA - Tél. 04 73 42 70 10 - michel.lebrun@carsat-auvergne.fr

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	5
NIVEAUX DE RISQUES MESURÉS	6
Niveaux de bruit	6
EXCAVATION TRADITIONNELLE	6
TUNNELIER	6
L'exposition aux vibrations	7
EXCAVATION TRADITIONNELLE	7
TUNNELIER	7
Les conditions d'éclairage	8
EXCAVATION TRADITIONNELLE	8
TUNNELIER	8
L'AMPLIFICATION DU RISQUE	9
BRUIT	9
VIBRATIONS	9
ECLAIRAGE	10
MESURES DE PRÉVENTION	10
Le bruit	10
EXCAVATION TRADITIONNELLE	10
TUNNELIER	10
Les vibrations	11
POUR LES ENGINS ROULANTS	11
POUR LES OUTILS PORTATIFS	12
LES POSTES DE TRAVAIL FIXES EN TUNNELIER	12
L'éclairage	12
GÉNÉRALITÉS	12
EXCAVATION TRADITIONNELLE	13
TUNNELIER	14
BIBLIOGRAPHIE	15

PRÉAMBULE

Dans le cadre de son projet d'action régionale « tunnels », la Carsat¹ Rhône-Alpes a conduit une série d'études sur les conditions de travail lors de creusement de tunnels.

Le CIMPA² y a apporté son expertise et ses moyens d'analyses sur la problématique des ambiances physiques.

Des campagnes de mesures ont regroupé les nuisances suivantes :

- bruit,
- vibrations (corps entiers et mains bras)
- éclairage (éclairage et luminance).



Entrée du tunnel de Fréjus

© CIMPA - Carsat Auvergne

Elles ont été entreprises au cours de l'année 2011, sur des chantiers de travaux souterrains de la région Rhône-Alpes. Cette brochure constitue une synthèse de ces études.

Si ces nuisances physiques sont largement présentes dans la plupart des chantiers de terrassement, cette campagne a visé la quantification de l'aggravation potentielle des risques dus au confinement et à l'exiguïté des espaces de travail rencontrés dans ce domaine spécifique des travaux souterrains.

En coordination avec la Carsat Rhône-Alpes, l'étude du CIMPA a porté sur des excavations de tunnels dites traditionnelles (à l'explosif) et aux tunneliers en mode fermé (à pression de boue) et en mode ouvert (marinage par convoyeur).

Les mesurages réalisés ont consisté à évaluer, par postes les plus représentatifs de l'activité de travaux en souterrain, les risques liés à ce type de nuisances.

Des mesures de prévention sont proposées pour chacune des nuisances afin de réduire l'exposition des salariés aux risques qu'elles font encourir.

Jérôme Chardeyron

Directeur de la Prévention des Risques Professionnels
Carsat Rhône-Alpes

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Chardeyron'.

Philippe Trouvet

Ingénieur Conseil Régional
Carsat Auvergne

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Trouvet'.

¹ Caisse d'assurance retraite et de santé au travail

² Centre Interrégional de Mesures Physiques Auvergne, de la Carsat Auvergne

NIVEAUX DE RISQUES MESURÉS

Niveaux de bruit

EXCAVATION TRADITIONNELLE

Les niveaux sonores présents sur ce type de chantier sont dans l'ensemble très importants ; ils sont compris entre 80 dB(A) et 106 dB(A) hors cabines de conduite d'engin, où les niveaux sonores sont souvent inférieurs à 80 dB(A) (dans le cas de cabines correctement étanches acoustiquement). Le risque potentiel d'atteinte du système auditif de 80 dB(A) sur 8 heures (sans protecteur individuel contre le bruit) peut être atteint en fonction de la durée d'exposition. Hormis les tirs, les principales nuisances sonores proviennent des engins de foration, de purge et de marinage.



© CIMPA - Carsat Auvergne

Foration pour mise en place explosifs au Robofore Tunnel de Chalosset



© CIMPA - Carsat Auvergne

Ventilateur et front de taille - Tunnel de la Bussière

Cependant, l'organisation de ces chantiers fait apparaître des ambiances sonores très fluctuantes, en fonction de la phase d'avancement du chantier. Par exemple, la phase de foration (exemple : au Robofore) est génératrice de bruit important, jusqu'à 106 dB(A) autour de l'engin, alors que l'ambiance sonore autour des nacelles de boulonnage ou plus généralement dans les tunnels (sans activité spécifique) est de l'ordre de 80 dB(A). Il faut néanmoins noter que le système de ventilation, notamment en front de taille, génère un niveau sonore élevé (pouvant aller jusqu'à 91 dB(A) à proximité des caissons de ventilation).

TUNNELIER

Les niveaux sonores présents sur ce type de chantier sont, comme pour les chantiers traditionnels, dans l'ensemble très importants ; ils sont compris entre 87 dB(A) et 102 dB(A) hors cabines de pilotage du tunnelier, où les niveaux sonores sont souvent inférieurs à 70 dB(A) (dans le cas de cabines correctement étanches acoustiquement).

Le risque potentiel d'atteinte du système auditif de 80 dB(A) sur 8 heures (sans protecteur individuel contre le bruit) peut ainsi être atteint en fonction de la durée d'exposition à de nombreux postes de travail.

L'homogénéité de l'ambiance sonore dépend de la technologie du tunnelier ; en effet, l'ambiance sonore dans un tunnelier à pression de boue est stable et quasi identique en niveau en tout point du tunnelier, du fait du transport hydraulique quasi continu du marin et bentonite en tuyauteries ainsi que des pompes associées. En revanche, l'ambiance sonore d'un tunnelier à marinage par convoyeur dépend de la phase d'avancement du chantier (en phase de creusement, le niveau sonore ambiant est beaucoup plus important et homogène qu'en phase de pose de voussoirs).

Pose des voussoirs - Tunnel de Gerland



© CIMPA - Carsat Auvergne

Exposition aux vibrations

EXCAVATION TRADITIONNELLE

Les postes de travail soumis à ces vibrations sont les postes de conduite des engins, notamment engins de purge, chargeuses et tombereaux ainsi que les postes utilisant des outils portatifs de perçage ou de serrage.

Comme pour le bruit, le risque potentiel d'atteinte à la santé, représenté par la valeur d'action (de $0,5 \text{ m/s}^2$ pour les vibrations transmises au corps entier et de $2,5 \text{ m/s}^2$ pour les vibrations transmises au système mains-bras) peut être atteint en fonction de la durée d'exposition.



Perforateur
Tunnel de la Bussière

© CIMPA - Carsat Auvergne



Marinage en front de taille - Tunnel de la Bussière

© CIMPA - Carsat Auvergne



Purge - Tunnel de Fréjus

© CIMPA - Carsat Auvergne

TUNNELIER

Les vibrations transmises par le sol du tunnelier (vibrations corps entier) dépendent, comme pour le bruit, de la technologie de marinage du tunnelier. Lors du creusement pour un tunnelier à marinage par convoyeur, les amplitudes vibratoires peuvent être très importantes, notamment sur certaines plates-formes ($>$ à 1 m/s^2 - vibrations corps entier). En revanche, pour un tunnelier à pression de boues, les amplitudes vibratoires sont faibles en tout point du tunnelier et sont de l'ordre de $0,2 \text{ m/s}^2$.

Les valeurs vibratoires présentes sur le sol des cabines de pilotage sont par contre quasi identiques quelque soit le type de tunnelier. Assez réduites, elles ne dépassent pas $0,2 \text{ m/s}^2$.

En revanche, les amplitudes vibratoires présentes sur les clés à choc utilisées pour le vissage des tire-fonds fixant les voussoirs sont très élevées et peuvent dépasser les 20 m/s^2 (vibrations mains-bras).

Les Trains Sur Pneus (TSP) utilisés pour le transport du personnel sont susceptibles de générer des niveaux vibratoires pouvant dépasser le seuil d'action de $0,5 \text{ m/s}^2$. Ce fait est notamment sensible lorsque ces engins ne sont pas des équipements spécifiquement conçus pour le transport de personnes, mais résultent d'un aménagement des trains initialement prévus pour l'alimentation du tunnelier en voussoirs.

Il peut ainsi exister un risque pour la santé des conducteurs. Par contre, et bien que les sièges des cabines passagers soient dépourvus de suspensions, compte tenu de la durée et de la fréquence des trajets, la nuisance vibratoire se limite à une forte gêne pour les passagers.



Pose des voussoirs passerelle supérieure
Tunnel du Fréjus

© CIMPA - Carsat Auvergne



TSP - Tunnel du Fréjus

© CIMPA - Carsat Auvergne

Conditions d'éclairage

EXCAVATION TRADITIONNELLE

L'éclairage des chantiers de percement de tunnel à l'explosif est caractérisé par une hétérogénéité importante entre les zones d'activité et les zones de circulation.

L'éclairage des zones de travail réalisé au moyen de projecteurs ne permet pas d'obtenir des éclairagements satisfaisants : aux emplacements de travail, des valeurs moyennes comprises entre 50 et 90 lux ont été mesurées, pour un minimum recommandé de 200 lux.

L'éclairage des zones de circulation assuré par des luminaires à tubes fluorescents permet d'obtenir l'éclairage minimum recommandé de 40 lux.



Galerie - Chantier banquettes
Tunnel de la Bussière

© CIMPA - Carsat Auvergne



Galerie creusée - Tunnel de la Bussière

© CIMPA - Carsat Auvergne

Mais le point le plus pénalisant est l'éblouissement et la gêne, pour le personnel évoluant dans ces zones de travail, provenant des installations d'éclairage. Les déplacements des engins et des piétons sont en effet soumis à la vision directe des projecteurs lorsqu'ils s'éloignent de la zone d'activité (front de taille, chantier de pose de banquettes ...). Ceci induit une forte gêne, peut masquer de nombreux obstacles, présente un risque important d'accident aussi bien pour les engins que pour les piétons et rend critique les interactions engins piétons. Il en va de même, mais dans une moindre mesure, des dispositifs d'éclairage de circulation installés dans les galeries déjà percées.

TUNNELIER

L'éclairage des tunneliers est réalisé au moyen d'un ensemble de luminaires à tubes fluorescents répartis sur toute la longueur de la machine. Toutefois, la répartition de ces luminaires n'étant pas régulière et l'encombrement des structures et de la machinerie du tunnelier provoquant de nombreux obstacles, l'éclairage qui en résulte est fort peu homogène. Certaines zones sont ainsi très correctement éclairées alors que d'autres présentent des niveaux d'éclairage très inférieurs aux valeurs recommandées.

Sur les passerelles de cheminement, si la valeur recommandée de 40 lux (ou de 60 lux dans les escaliers) est en moyenne globalement atteinte, certaines portions présentent des zones où l'éclairage peut chuter à 30 lux, voire même à moins de 15 lux.



Poste injecteur - Tunnel de Fréjus

© CIMPA - Carsat Auvergne

Sur le tunnelier « mode ouvert » à marinage par convoyeur, l'éclairage des plateformes utilisées pour l'injection de la gravette s'établit à une moyenne de 40 lux avec des variations comprises entre 10 et 65 lux pour une moyenne recommandée de 200 lux.

Les passerelles dédiées à la mise en place des voussoirs sont généralement très mal éclairées : des valeurs de 5 à 70 lux y ont été relevées. Les voussoirs en cours de pose ou de boulonnage présentent des éclairagements compris entre 40 et 80 lux en paroi latérale et de l'ordre de 15 à 25 lux en plafond, valeurs très inférieures au minimum requis de 200 lux.



Pose de voussoirs - Tunnel de Gerland

© CIMPA - Carsat Auvergne



Cabine de pilotage - Tunnel de Gerland

Les cabines de pilotage des tunneliers offrent par contre un très bon éclairage fournissant de 400 à 600 lux avec la possibilité très appréciable de pouvoir être aisément modulé par les opérateurs au moyen d'un variateur.

Peu d'emplacements de travail présentent des problèmes d'éblouissement. L'encombrement de la machine cache généralement la vision directe des luminaires et l'équilibre des luminances est ainsi assez bien respecté.

© CIMPA - Carsat Auvergne

L'AMPLIFICATION DU RISQUE

BRUIT

Les mesures de bruit réalisées dans les tunneliers montrent que la majorité des niveaux sonores des zones ou postes de travail sont importants.

Ils sont amplifiés par la réverbération sur les parois du tunnel.

Ceci est particulièrement sensible dans les creusements par tunnelier où le tube entièrement recouvert de voussoirs en béton constitue une surface extrêmement réverbérante. Dans les chantiers traditionnels, la réverbération sur les parois (un peu amoindrie en cas d'absence de radier bétonné) propage les bruits des engins de foration, de purge et de marinage.

Il s'en suit une amplification et une grande homogénéité des niveaux sonores ainsi qu'une propagation du bruit très loin des sources, ce qui élargit fortement la zone de risque pour l'audition par rapport à un chantier extérieur. Dans un tunnel, la réverbération conduit à une décroissance des niveaux sonores (exemple calculé par simulation sur tunnel roche dure ou voussoir béton) de l'ordre de 2dB par doublement de distance, alors que celle-ci est de 6dB en extérieur.

Par exemple, si le niveau sonore à 1m d'un engin est de 100dB(A), à une distance de 30m de l'engin le niveau sonore sera encore de 90dB(A) en tunnel et de seulement 70dB(A) en extérieur. Une étude spécifique à la réverbération en tunnel avec prise en compte de différents revêtements pourrait être menée ultérieurement.

VIBRATIONS

Dans les creusements traditionnels, l'exposition des conducteurs d'engins de marinage aux vibrations est amplifiée par les irrégularités des chemins de roulements (présence de nombreux trous, impossibilité d'utiliser facilement une niveleuse comme sur les chantiers extérieurs) et par les distances souvent importantes qu'ils ont à parcourir (éloignement du front de taille).

ÉCLAIRAGE

L'éclairage, indispensable dans ces espaces fermés, revêt une importance primordiale. Mais il est encore plus difficile à réaliser que sur un chantier nocturne extérieur.

L'exiguïté de l'espace empêche de recourir à des luminaires suspendus à des hauteurs importantes, hors du champ visuel des opérateurs. Les systèmes d'éclairage sont souvent présents dans l'angle de vision normal et procure une gêne.

De plus, dans les chantiers traditionnels, les parois généralement sombres ne permettent pas de bénéficier d'une réflexion sur les parois. Dans les tunneliers, même si les parois en béton sont un peu plus claires, la réflexion reste limitée et largement entravée par l'encombrement de la machinerie.

MESURES DE PRÉVENTION

Le bruit

EXCAVATION TRADITIONNELLE

De par l'activité, il est difficilement envisageable de prévoir une diminution du bruit généré par les équipements de travail susceptibles de mener à des niveaux sonores inférieurs à 80dB(A). Cependant, dans la mesure du possible, nous recommandons de privilégier l'utilisation de technique ou de matériel générant le moins de bruit possible, comme par exemple de limiter l'utilisation du marteau pour serrer les écrous papillons des tire-fonds de fixation des banquettes, de développer l'insonorisation des moteurs.....

Il convient également d'entretenir régulièrement le matériel, notamment au niveau de l'étanchéité acoustique des cabines (joints de fermeture, remplacement de parebrise fendu...).

Les systèmes de ventilation sont des sources de bruit non négligeables. Il convient d'apporter un soin tout particulier à l'insonorisation des centrales de soufflage installées en tunnel et de munir impérativement les orifices de soufflage et d'aspiration de silencieux performants adaptés à l'environnement des chantiers de creusement à l'explosif (poussière, humidité, gaz).



Cabine engin - Tunnel de la Bussière

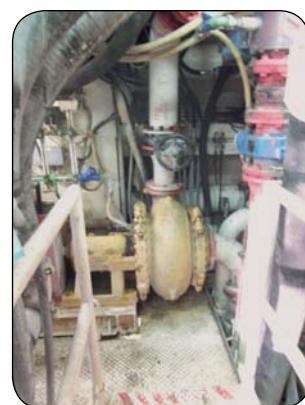
© CIMPA - Carist Auvergne

TUNNELIER

De par la technologie des tunneliers employés, il est difficilement envisageable à l'heure actuelle, de prévoir une diminution du bruit généré par l'ensemble des équipements de travail, sans une profonde réflexion à la source menée par le fabricant lui-même.

Cependant, dans la mesure du possible, nous recommandons de mener une réflexion sur la possible insonorisation des équipements annexes comme par exemple :

- L'encoffrement des pompes de transfert,
- L'utilisation de tuyauteries traitées acoustiquement pour le marinage des tunneliers à pression de boue (canalisation en tôles sandwich métal-élastomère-métal, dites isosoniques ou recouvertes d'une coque isolante),
- Isolation acoustique de la zone de bouclier et de la chambre d'abattage,
- Insonorisation des locaux destinés au personnel (base vie...) ...



Pompe - Tunnel de Gerland

© CIMPA - Carist Auvergne

Par ailleurs, il reste impératif de mettre à disposition des opérateurs des protections individuelles contre le bruit dès que les niveaux sonores atteignent 80 dB(A). Leur port doit être rendu obligatoire lorsque les niveaux sonores dépassent 85 dB(A).

Les vibrations

POUR LES ENGINS ROULANTS

Vérifier l'état des sièges à suspension et les remplacer si nécessaire. **Sensibiliser les conducteurs au réglage de poids des sièges.** Nous rappelons qu'un siège correctement réglé permet d'amortir les vibrations suivant l'axe vertical. Ce réglage, pour un siège mécanique ou même pneumatique, doit être effectué par chaque nouvel occupant car il permet à la suspension d'être positionnée à mi-course. Elle peut ainsi absorber correctement les vibrations verticales et limiter les transmissions des vibrations à la colonne vertébrale du conducteur. La plage de réglage, proposée par les constructeurs de siège, est généralement de 50 à 130 kg. Il est également important de penser à le réajuster après roulement s'il talonne.



Réglage du siège à suspension
© INRS

Ce réglage de poids ne doit pas être confondu avec le réglage en hauteur. Ainsi la présence d'un réglage de hauteur du siège séparé est fortement souhaitable. Les sièges existants permettent un réglage de hauteur sur une plage d'environ 80 mm.

L'objectif principal de ces réglages est d'assurer une position de conduite de la machine et de ses outils la plus confortable possible et adaptée à la morphologie des conducteurs.

Lors de la démarche globale d'acquisition de siège (pour l'achat ou la location d'engins), il est important de pouvoir recueillir l'avis des conducteurs car chaque siège présente ses avantages et inconvénients quant aux réglages (disponibilité, accessibilité, compréhension des symboles,...).

Par ailleurs, il est important de maintenir dans un état de fonctionnement correct les suspensions des sièges. Pour cela :

- Ne pas laisser des objets à proximité de la suspension (bouteille d'eau, outils, sacs ...) afin de ne pas gêner empêcher le système de fonctionner correctement.
- Vérifier régulièrement les réglages, la suspension et la qualité des fixations,
- Remplacer les pièces usagées
- Réparer et changer la sellerie
- Lubrifier tous les organes mobiles.

En ce qui concerne les cellules de transport du personnel, leurs sièges devront également être équipés de suspensions adéquates, à moins que cette partie de l'engin ne soit elle-même équipée de suspensions efficaces.

Autant que faire se peut, il convient d'entretenir les chemins de roulement des engins, notamment en comblant les ornières qui peuvent être creusées par le passage répété des engins de terrassement dans le cas des chantiers à l'explosif, en éliminant les gravats et en réparant les éventuels nids de poule pouvant apparaître sur les zones de roulements des TSP.

La vitesse de conduite des engins doit être modérée, de même que l'entretien des pistes (nivelées, compactées..) doit être suivi. Ce sont des facteurs aggravants sur l'exposition aux vibrations.

POUR LES OUTILS PORTATIFS

Utiliser des machines moins vibrantes. Cela peut se traduire par le changement de certaines machines par d'autres disposant d'un système antivibratile ou limitant les efforts de préhension.

Agir sur l'organisation du travail pour limiter l'utilisation des machines vibrantes. Cette réflexion (le plus en amont possible) doit servir à mieux préparer chacune des actions nécessaires à la réalisation des travaux. De manière plus générale, prendre en compte les durées limites d'expositions (DLE) en associant plusieurs opérateurs pour le même type d'activité utilisant le même équipement de travail.

Chercher à limiter le refroidissement des mains occasionné soit par les éjections d'air comprimé des machines soit par la température ambiante, notamment en hiver.

Entretenir plus régulièrement les machines mais également leurs outils ; non seulement les machines vibreront moins mais en plus elles se détérioreront moins rapidement.

Envisager des études ergonomiques des postes de travail, afin de limiter certaines contraintes posturales ou des efforts de préhension de la machine.

LES POSTES DE TRAVAIL FIXES EN TUNNELIER

La réduction des vibrations dans le tunnelier ne passera également, comme pour la problématique bruit, que par une réflexion en amont avec le fabricant lui-même.

Une modification de la structure du tunnelier peut éviter la transmission des vibrations générées par la tête de coupe à l'ensemble du tunnelier et notamment aux éléments dédiés aux emplacements de travail ou à la circulation des opérateurs : désolidarisation et adaptation d'une suspension suffisamment filtrante de toutes les passerelles et plateformes de travail.

La vitesse de conduite des engins doit être modérée, de même que l'entretien des pistes (nivelées, compactées..) doit être suivi. Ce sont des facteurs aggravants sur l'exposition aux vibrations.

L'éclairage

GÉNÉRALITÉS

L'article R 4.223-4 du Code du Travail définit les niveaux d'éclairage minimums que doivent respecter les locaux de travail. Ainsi, les valeurs minimales d'éclairage réglementaires à respecter en tout point sont :

- | | |
|--|---------|
| ● Zones et voies de circulation extérieures | 10 lux |
| ● Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent | 40 lux |
| ● Voies de circulation intérieures | 40 lux |
| ● Escaliers et entrepôts | 60 lux |
| ● Locaux de travail, vestiaires, sanitaires | 120 lux |
| ● Locaux aveugles affectés à un travail permanent | 200 lux |

Ces valeurs réglementaires ont été définies pour des locaux de travail « classiques » constitués d'un bâtiment plus ou moins fermé et de son environnement.

De plus, ces niveaux d'éclairage minimums concernent l'éclairage général et ne sont suffisants que pour les tâches ne nécessitant pas la perception de détails. Des niveaux d'éclairage spécifiques doivent être adaptés à la nature des tâches réalisées.

En ce qui concerne les chantiers de travaux souterrains tels que les creusements de tunnel, il n'existe pas de valeurs spécifiquement recommandées.

En se basant sur la recommandation CRAMIF n° 19 « Eclairage provisoire des chantiers de bâtiment et de génie civil » qui se réfère aux niveaux réglementaires cités au début de ce paragraphe, et sur la norme européenne NF EN 12464-1 « Eclairage des lieux de travail – Partie 1 – Lieux de travail intérieurs », on retiendra les valeurs suivantes :

● Zones et voies de circulation extérieures à la galerie	10 lux
● Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40 lux
● Circulation en galerie, cheminements sur le tunnelie	40 lux
● Escaliers et zone d'entreposage du matériel en galerie	60 lux
● Vestiaires, sanitaires, locaux de pause en galerie	120 lux
● Postes de travail en galerie	200 lux
● Cabine de pilotage	200 à 500 lux

EXCAVATION TRADITIONNELLE

Les cheminements piétons devraient être systématiquement placés sur le côté opposé de la galerie par rapport au côté où sont implantés les luminaires : ceci réduira les éblouissements pour les piétons et permettra au conducteurs d'engins de mieux voir les piétons (ceux-ci pourraient sinon être masqués aux conducteurs par l'éblouissement dû à une vision directe des luminaires).

Les obstacles fixes comme les zones de croisements ou les intersections avec les galeries d'interconnexion seront avantageusement éclairés avec des lampes d'une couleur différente de manière à les signaler nettement à la vue des conducteurs d'engins.

Le manque d'éclairage des zones de travail (front de taille, chantier de pose de banquettes ...) ne se traduit pas forcément par un mauvais confort visuel pour les conducteurs des engins (Robofores, poste de projection de béton ...).

Mais le point le plus pénalisant est la source d'éblouissement et de gêne que peuvent représenter les projecteurs pour le personnel évoluant dans ces zones de travail. Les conducteurs des engins et les piétons sont en effet soumis à la vision directe de ces luminaires lorsqu'ils s'éloignent de la zone d'activité. Cela peut masquer de nombreux obstacles, présente un risque important d'accident aussi bien pour les engins que pour les piétons et rend critique les interactions engins piétons.

Afin d'améliorer les conditions d'éclairage des chantiers installés en galerie, il devrait être fait appel à des systèmes d'éclairage moins concentrés.

Il pourrait par exemple être mis en place des éclairages à « ballon » du type de ceux qui sont utilisés pour les chantiers extérieurs, notamment les chantiers routiers ou autoroutiers.

Ceci obligera certainement à installer un nombre plus important de dispositifs, compte tenu d'une puissance unitaire moins élevée, mais permettra une répartition plus homogène de l'éclairage en générant des luminances beaucoup plus réduites.



Dispositif d'éclairage de chantier du type « Ballon »

© Eclairis Lumière & Communication

En ce qui concerne l'éclairage des cabines de pilotage des engins de foration, il conviendrait de disposer d'une modulation de l'intensité de l'éclairage du tableau de commande (comme pour les tableaux de bord automobiles), afin d'éviter la luminance trop élevée de certains voyants en condition d'éclairage ambiant réduit. Les cabines devront toutes être équipées de rideaux occultant la vitre arrière de la cabine.

Les projecteurs installés sur les engins en avant du poste de conduite, comme sur certaines nacelles de projection de béton, devront être équipés de volets de protection afin de réduire la luminance de leur pourtour.

TUNNELIER

Afin d'améliorer les conditions d'éclairage du tunnelier, les améliorations suivantes pourraient être apportées :

- **Homogénéiser l'éclairage.** Répartir les dispositifs d'éclairage des circulations le long du tunnelier de manière plus homogène en installant un nombre plus important de luminaires de puissance plus réduite que celle des luminaires existants (répartition de la puissance d'éclairage).
- **Éviter la gêne d'une vision directe des luminaires.** Employer des luminaires à répartition asymétrique (ou autrement dit « directionnels »), afin d'éclairer les circulations sans envoyer le flux lumineux dans la direction du regard des opérateurs (ou en réduisant fortement cette composante). A défaut, installer des caches ou des déflecteurs de manière à cacher la vision directe des luminaires les plus gênants.
- **Augmenter l'éclairage de la zone de pose des voussoirs.** Installer des luminaires supplémentaires pour éclairer cette zone. Etudier par exemple la faisabilité de fixer un dispositif d'éclairage sur le bras manipulateur des voussoirs : ceci aurait l'intérêt de suivre le déplacement du voussoir, d'éclairer la zone effective de travail et d'être positionné dans le dos de l'opérateur surveillant le positionnement du voussoir (regard vers la paroi), donc d'éviter son éblouissement.
- **Augmenter l'éclairage de la zone d'injection de la gravette.** Installer des luminaires supplémentaires pour éclairer cette zone, notamment la voute où se trouve les orifices d'injection de la gravette. Ceci pourrait être réalisé au moyen de luminaires orientés vers la voute.
- **Généraliser la modulation de l'éclairage des cabines de pilotage.** L'installation d'un variateur sur les luminaires de la cabine de pilotage permet une modulation de cet éclairage par les opérateurs et une situation mieux adaptée au ressenti de confort visuel.

BIBLIOGRAPHIE

Réglementation nuisances physiques. Une approche commune.

ED 6128. INRS, 2012.

Vibrations et mal de dos. Guide des bonnes pratiques en application du décret « Vibrations ».

ED 6018. INRS, 2012

Réduction des vibrations au poste de conduite des engins de chantier. Travailler sans secousse.

ED 6130. INR 2012.

Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit.

ED 6035. INRS, 2009.

**Valeurs limites d'exposition au bruit et port de protecteurs individuels.
Préconisations de l'INRS.**

ED 133. INRS, 2012.

Eclairage des locaux de travail. Aide-mémoire juridique.

TJ 13. INRS, 2009.

**Eclairage provisoire des chantiers de bâtiment et de génie civil. Recommandations CRAMIF n° 19.
DTE 133. Caisse Régionale d'Assurance Maladie Ile-de-France, 2000.**

Lumière et éclairage. Éclairage des lieux de travail. Partie 1 : Lieux de travail intérieurs.

NF EN 12464-1. AFNOR, Juillet 2011

Carsat Rhône-Alpes

Direction de la Prévention des Risques Professionnels

26, rue d'Aubigny 69436 Lyon cedex 03

Tél. 04 72 91 96 96 - Fax 04 72 91 97 09

Email : preventionrp@carsat-ra.fr - site internet : www.carsat-ra.fr

SP1183 - septembre 2014