

Apport de la cardiofréquencemétrie sur des chantiers de désamiantage sous contrainte thermique

Retour d'expérience

Le travail de désamiantage en ambiance chaude est une activité pénible entraînant une forte astreinte cardiaque. Dans le cadre de la surveillance médicale des opérateurs, un protocole utilisant la cardiofréquencemétrie a été mis en place dans une entreprise. Cette étude présente l'analyse rétrospective des courbes et l'apport de ce protocole pour l'évolution de la prévention dans ces chantiers particuliers.

En résumé

Cette étude restitue les résultats de cardiofréquencemétrie enregistrée sur des chantiers de désamiantage en conditions particulièrement difficiles d'ambiance thermique et de contraintes spécifiques.

Après avoir rappelé la bibliographie sur le travail à la chaleur, elle expose le protocole de surveillance de la fréquence cardiaque établi pour les chantiers. Elle précise les indicateurs retenus pour l'interprétation directe des courbes et la surveillance sur le terrain des opérateurs.

Cette étude descriptive, rétrospective, concerne 173 courbes montrant que le travail de désamianteur est à charge physique et charge thermique élevées surtout au-delà de 45 °C. Différents critères de modification de la fréquence cardiaque ont été observés et décrits.

L'évaluation des risques en temps réel sur le terrain se révèle surtout riche en facteurs de prévention, tant sur le plan individuel de formation et de sécurité des opérateurs, que pour la recherche constante et collective de réduction des astreintes.

ambiance chaude, voire très chaude (jusqu'à 60 °C), travail en sous sol à une profondeur de 4 à 8 m, accès par échelle droite, éclairage installé par guirlandes, galeries plus ou moins longues (jusqu'à 100 m), espace souvent exigü, accès au calorifuge amianté parfois difficile.

Les premiers chantiers de désamiantage concernaient les zones les moins chaudes ; les opérateurs étant confrontés alors à la température ambiante et au rayonnement des tuyaux. Puis, au fur et à mesure, les ouvrages de plus en plus chauds ont été traités. Le recours à la fréquencemétrie est systématique depuis 1999 pour évaluer les durées maximales de travail.

L'analyse rétrospective des courbes enregistrées lors des derniers chantiers de 2003 à 2005, les plus difficiles en terme de contrainte thermique, est présentée ici. Elle a pour objectifs d'évaluer les procédures mises en place, d'identifier les pénibilités et de réfléchir à d'autres pistes d'amélioration des conditions de travail.

S. LAROUDIE *
M. VUILLAUME **

* ergonomiste, Institut EFOM Boris Dolto, Paris

** médecin du travail, la Compagnie parisienne de chauffage urbain, Paris

Protocole de surveillance

ÉVALUATION DE L'ASTREINTE THERMIQUE

L'exposition à la chaleur est marquée par une double réaction de vasodilatation cutanée et d'augmentation du débit cardiaque. Les références existantes pour établir des temps d'exposition à la chaleur utilisent le calcul de l'indice WBGT (évaluation de la contrainte thermique) [1] et l'indice de sudation requise [2 à 6].

Dès 1980, une entreprise de production et de distribution de vapeur d'eau surchauffée s'est préoccupée du problème de désamiantage de ses canalisations calorifugées.

L'enlèvement du calorifuge sur un réseau de vapeur en fonctionnement, les équipements de protection étanches et les protections respiratoires conduisent à des conditions de travail extrêmement difficiles :

Toutefois, ces références ne peuvent être utilisées lors du port de combinaisons étanches. En effet, l'étanchéité des combinaisons empêche l'évaporation de la sueur et les phénomènes de convection et de conduction. L'astreinte thermique entraîne alors relativement rapidement une augmentation de la température centrale. Meyer, en 1997 [7], propose des durées limites de sécurité, acceptables pour 95 % de la population (*tableau I*). Cependant, l'auteur conclut que dans certaines conditions – métabolisme énergétique ou rayonnement thermique élevés –, pour déterminer les durées limites d'exposition (DLE), il est intéressant d'utiliser la fréquence cardiaque dans la mesure où l'élévation de celle-ci est un excellent indicateur du travail cardiaque lié à la lutte contre l'élévation de la température.

Brouha [8, 9] a introduit en physiologie du travail le concept de coût cardiaque (CC) par analogie avec le coût énergétique d'une tâche. Il correspond à la différence entre la fréquence cardiaque lors du travail et celle de repos. Pour une journée de travail, le coût cardiaque moyen, en battements par minute (bpm), ne devrait pas dépasser 30 à 35 bpm. Il peut atteindre, pour de courtes périodes d'activité, 45 à 50 bpm.

Monod et Kapitaniak [10] proposent une évaluation de l'astreinte thermique en fonction du coût cardiaque (*tableau II*).

Vogt [11 à 14] montre que l'on peut différencier les extra-pulsations cardiaques métaboliques, liées au travail, des extra-pulsations cardiaques thermiques (ECPT), liées à l'ambiance, en mesurant la fréquence cardiaque au repos, et après le travail, en position assise pendant 5 mn. Les EPCT sont la moyenne des fréquences cardiaques à la 3^e, 4^e et 5^e minutes de récupération (juste après l'effort) diminuée de la fré-

quence de repos. Ces EPCT sont les pulsations nécessaires pour la régulation thermique. En moyenne, 31 bpm d'ECPT sont associées à une augmentation de 1 °C de la température centrale.

Ainsi, l'évolution de la fréquence cardiaque pendant le travail et la récupération permet d'évaluer la pénibilité due à l'ambiance thermique [15].

ÉVOLUTION DES CHANTIERS

Les premiers chantiers de désamiantage concernaient les zones les moins chaudes du réseau. L'avancement des chantiers vers des zones de plus en plus chaudes a nécessité la mise en place de préconisations médicales spécifiques :

- à partir de 1996, les temps d'exposition avec combinaison étanche déterminés par les travaux de Meyer [7] sont appliqués, compte tenu des températures voisines de 40 °C ;
- à partir de 1999, mise en place d'une surveillance physiologique de la fréquence cardiaque réalisée, en accord avec la CRAMIF et l'entreprise, par un cabinet de consultants en ergonomie compétent en métrologie, permettant l'élaboration d'une note technique [16], à destination des entreprises, sur les conditions spécifiques d'intervention de travail sur l'amiante en ambiance chaude ;
- jusqu'en 2003, le désamiantage est réalisé pendant le fonctionnement de l'entreprise, avec la circulation de vapeur et du retour d'eau chaude dans les tuyaux, car l'arrêt de la vapeur entraîne de lourdes contraintes techniques, tant pour la fourniture de chaleur aux

TABLEAU I

Durées limites d'exposition en fonction de la température du local de travail et pour une dépense énergétique estimée à 240 Watts (d'après [7]).

Ta (°C)	20	25	30	35	40	45	50
DLE 95 % (min)	213	130	80	49	30	18	11

Ta : Température ambiante du local.

DLE 95 % : Durée de sécurité acceptable pour 95 % de la population exposée.

TABLEAU II

Évaluation de l'astreinte cardiaque en fonction du coût cardiaque.

Astreinte cardiaque	CC pour un travail continu (bpm)	CC pour un travail occasionnel < 30mn (bpm)
Repos	0	0
Faible	20	30
Modéré	35	50
Élevé	50	70
Très élevé	70	90

clients que pour les opérations de remise en vapeur. Le refroidissement au poste de travail reste possible avec des groupes froids. Les enregistrements de fréquence cardiaque restent effectués pour les températures supérieures à 40 °C ;

- à partir de 2003, il reste les chantiers les plus chauds, le refroidissement ne suffisant plus à diminuer les températures en dessous de 50 °C. L'arrêt du circuit vapeur, bien que posant de nombreux problèmes techniques, est réalisé. Son association avec l'utilisation de combinaison ventilée prototype, ainsi qu'avec l'augmentation des performances des groupes froids, permet de réaliser des chantiers dans des conditions recommandées par la note technique. Lors du dernier chantier, l'arrêt du retour d'eau a permis de réaliser le désamiantage en dessous de la température seuil de 40 °C.

Sur ces chantiers, la contrainte thermique est provoquée essentiellement par le rayonnement du tuyau vapeur en fonctionnement (température de surface 150 °C), en partie par le tuyau de retour d'eau et par l'inertie des parois des galeries si la vapeur est arrêtée. Elle est majorée par le confinement et le port des équipements de protection (combinaison et appareil de protection respiratoire).

D'autres contraintes interviennent également : posturale car le travail s'effectue dans des postures parfois difficiles ; mentale due aux incidents perturbant l'activité et au stress lié aux risques vapeur et temporelle car les temps d'intervention sont calculés au plus juste.

La charge globale de travail chez les opérateurs de maintenance avait été étudiée auparavant et montrait que certaines tâches généraient des coûts cardiaques élevés (comme par exemple un CC de 59 bpm pour la remontée d'échelle).

PROTOCOLE MIS EN PLACE DANS L'ENTREPRISE

Tous ces éléments ont incité le service médical à mettre en place un suivi particulier de ces travailleurs.

Avant le chantier

La procédure retenue pour déterminer l'aptitude médicale à la chaleur comporte :

- un examen médical, étayé d'examen complémentaires (ECG et test d'effort pour dépister des pathologies sous jacentes, glycémie et créatinine, éventuellement d'autres examens selon l'avis du médecin, en tenant compte du port de protection respiratoire, du travail en profondeur, du stress et du travail physique),
- une mesure de fréquence cardiaque après 15 mn de repos,

- des échanges avec les services médicaux des entreprises intervenantes et utilisatrices (aptitudes, résultats des tests d'effort et des comptes rendus des enregistrements),

- une information sur les risques pour la santé : crampes, syncopes, nausées, coup de chaleur par déséquilibre du bilan thermique.

Pendant le chantier

Trois situations sont envisagées :

- la température mesurée ⁽¹⁾ est inférieure à 40 °C : l'entreprise respecte les durées limites d'exposition proposées par Meyer (*tableau I*) avec un maximum de deux heures (réglementation des chantiers de désamiantage) et un temps de récupération minimum d'une heure après chaque vacation ⁽²⁾. Dans ce cas là, il n'est pas fait de cardiofréquencemétrie ;

- la température est supérieure à 40 °C : une surveillance de la fréquence cardiaque pendant la durée du travail est obligatoire par une personne qualifiée sous l'autorité du médecin du travail. Cette surveillance permet d'ajuster les durées de sécurité individuellement ;

- la température est supérieure à 50 °C : pas d'intervention de l'opérateur.

Les mesures de la fréquence cardiaque sont réalisées pendant des périodes de travail avec des cardiofréquencemètres POLAR TEAM®, installés par un ergonome sur les opérateurs à leur arrivée sur le chantier. Les électrodes de contact sont insérées sur une ceinture thoracique permettant un enregistrement direct sans émission radio, ce qui évite le port d'un récepteur au poignet et met à l'abri des parasites créés par l'environnement.

La fréquence cardiaque, instantanée et moyenne, est mesurée :

- au repos, pendant 5 min en position assise avant le travail,
- pendant l'activité,
- après le travail, au moins pendant 10 mn en position assise. C'est la récupération.

L'analyse se fait directement sur ordinateur.

Sont pris en compte pour autoriser la poursuite du travail les éléments suivants :

- les valeurs moyennes de fréquence cardiaque sur la période de travail considérée, qui donnent une estimation de la charge moyenne de travail imposée au cœur, liée à un effort physique, à une chaleur excessive ou à une réaction émotive,
- le coût cardiaque sur la période travaillée,
- les pics d'accélération qui rendent compte du risque ponctuel subi par le cœur,
- la pente de la courbe, liée à l'augmentation progressive de la fréquence cardiaque, qui est significative de l'astreinte thermique,

(1) La température est mesurée à 30 cm du tuyau, à la hauteur de son axe.

(2) Une vacation comprend la descente dans le réseau, le travail en lui-même de désamiantage, la remontée en surface.

– le temps de récupération de la fréquence cardiaque de repos après la vacation. La récupération a été considérée efficace si après 10 minutes de repos la fréquence cardiaque n'excédait pas celle de repos de 15 bpm.

Les tracés de la fréquence cardiaque, superposés avec le relevé de l'activité des opérateurs, permettent de calculer les coûts cardiaques de chaque vacation. En fonction des résultats, l'ergonome donne le temps de repos nécessaire et permet ou non à l'opérateur de redescendre. Un opérateur qui présente une courbe ascendante avec une moyenne supérieure à 160 bpm pendant la vacation et qui ne récupère pas sa fréquence de repos dans les 10 minutes ne redescend pas. Les pics supérieurs à 180 bpm sont relevés. Hormis la remontée à l'échelle qui génère toujours un pic, les pics répétés sont un indicateur de risque.

Deux exemples de tracé enregistrés montrent une intervention avec récupération efficace, sans pente (*figure 1*), et une intervention avec pente et sans récupération (*figure 2*).

Parallèlement à l'enregistrement, sont recueillies des informations sur l'âge, le poids, la taille, le tabagisme, l'activité sportive et les résultats des tests d'effort et également sur les temps de repos, de transport et la fatigue de la veille.

Analyse des cardiofréquencemétries

Entre 2003 et 2005, 11 chantiers, réalisés par 6 entreprises intervenantes différentes ont permis de recueillir 173 courbes exploitables de cardiofréquencemétrie (sur 179 effectuées). L'analyse descriptive de ces courbes met en évidence un certain nombre d'éléments.

Fig. 1 : Exemple de courbe avec récupération efficace.

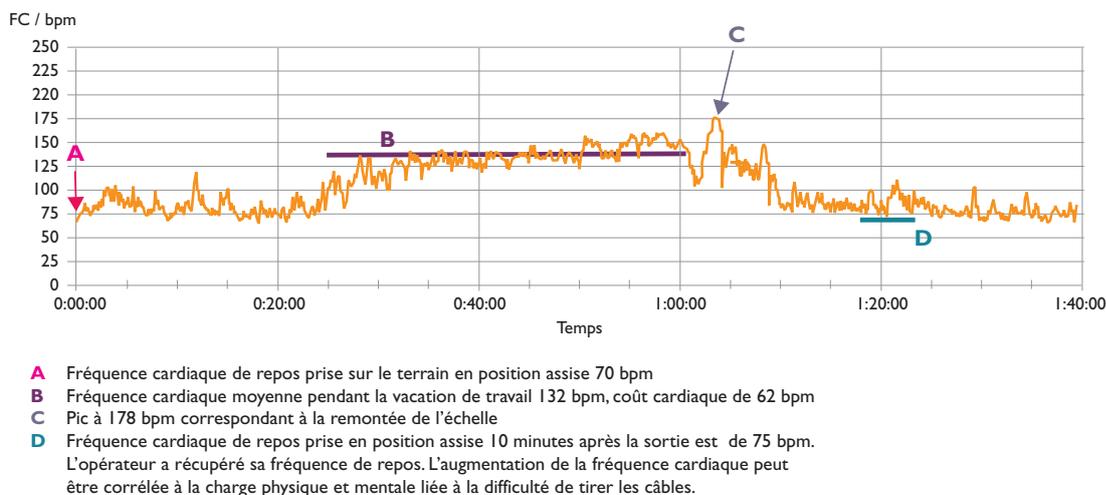
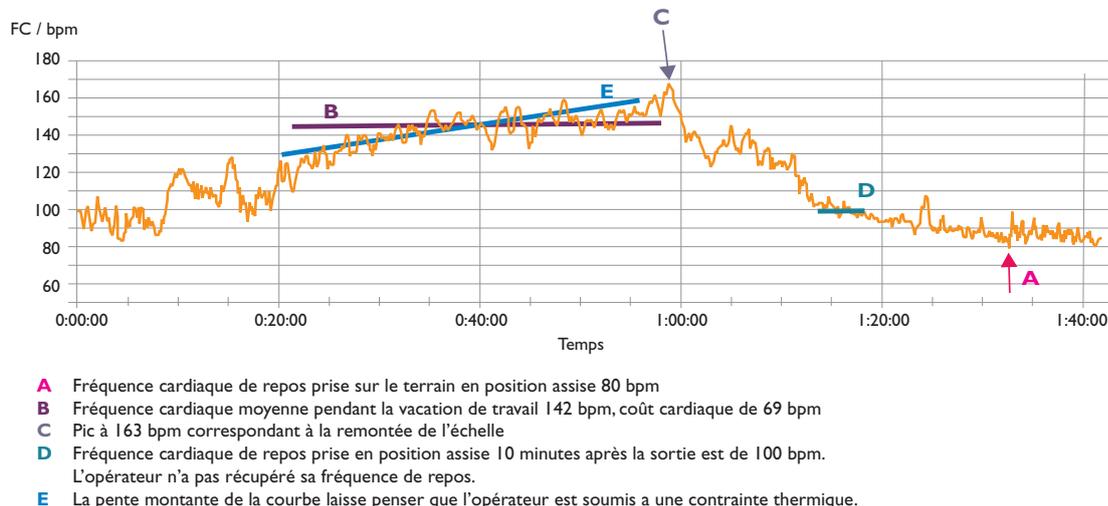


Fig. 2 : Exemple de courbe avec récupération inefficace.



Influence de l'indice de masse corporelle (IMC).

	IMC ≤ 25	IMC > 25	
■ Courbes interprétables	87	81	
■ Coût cardiaque moyen	45 bpm	50 bpm	p = 0,058
■ Récupération correcte	70 %	50 %	
■ Pente	50 %	25 %	

TABLEAU III

Coût cardiaque, test à l'effort et durée de vacation.

Valeur atteinte au test d'effort	< 180 Watts	≥ 180 Watts
■ Courbes interprétables	31	98
■ Temps moyen de vacation	39 min	46 min

TABLEAU IV

Influence de l'expérience des opérateurs.

	Opérateurs expérimentés	Opérateurs non expérimentés
■ Courbes interprétables	55	118
■ Coût cardiaque moyen	52 bpm	46 bpm
■ Récupération correcte	80 %	60 %
■ Temps moyen de vacation	58 min	37 min

TABLEAU V

DESCRIPTION DE LA POPULATION.

Sont concernés 32 opérateurs. La moyenne d'âge est de 33,6 ans (20 à 52 ans).

Vingt pour cent d'entre eux font régulièrement du sport.

Cinquante-six pour cent des opérateurs déclarent être fumeurs. Il y a plus de fumeurs que dans la population générale.

DONNÉES GLOBALES

La température ambiante moyenne est de 42 °C (28, 55).

Les pics de fréquence cardiaque se retrouvent essentiellement lors la remontée des échelles (par exemple 162 bpm ou 182 bpm) ou lors des problèmes techniques (panne sur tuyau d'air, remontées de sacs).

Le coût cardiaque moyen est de 48 bpm (17, 100). Pour 30 courbes, il est inférieur à 35 bpm.

Pour une température moyenne de 42 °C, le CC est de 49 bpm chez les moins de 40 ans et de 42 bpm chez les plus de 40 ans.

Soixante-trois pour cent des courbes montrent une récupération efficace de l'opérateur après intervention.

Trente pour cent des courbes montrent une pente liée à l'astreinte thermique.

Le temps moyen des vacations est de 44 min (20 à 120 min).

INFLUENCE DES HABITUDES DE VIE

Le coût cardiaque moyen chez les sportifs est de 48 bpm, il ne diffère pas du non sportif.

Le poids semble influencer le coût cardiaque, puisque celui-ci augmente avec l'indice de masse corporelle (IMC) et la récupération diminue avec l'IMC ([tableau III](#)).

Les coûts cardiaques des opérateurs ayant dépassé 180 Watts lors de l'épreuve d'effort sont plus élevés que ceux n'ayant pas atteint 180 watt, et la durée moyenne de leur vacation est plus longue ([tableau IV](#)).

INFLUENCE DES CONDITIONS DE TRAVAIL

Les opérateurs sont considérés comme expérimentés dès la deuxième semaine de chantier ; cette caractéristique diffère un peu de l'acclimatement, puisque les chantiers ne se succèdent pas forcément dans le temps. Les CC des opérateurs expérimentés sont un peu plus élevés que ceux des non expérimentés, mais leurs temps de vacation sont également plus élevés ([tableau V](#)).

Pour les températures supérieures à 45 °C, le CC moyen est de 49. L'astreinte thermique se constate par la moindre récupération et la présence des pentes de

façon statistiquement non significative. Le temps de vacation est de 30 min en moyenne (**tableau VI**).

En général, les opérateurs font trois vacations par journée de travail, entrecoupées de périodes de récupération d'au moins 1 heure dans un local ventilé et si nécessaire climatisé (température de 18 à 22 °C), avec des boissons fraîches à disposition. Le CC évolue peu (de 46 à 48 en moyenne) entre la première et la troisième vacations. Il en est de même pour la récupération. Les pentes sont présentes dans 25 % des courbes de première vacation et dans 20 % des courbes de troisième vacation.

L'influence du travail avec ou sans vapeur sur le coût cardiaque n'a pas été évaluée. En revanche, lors des entretiens quand les courbes sont montrées aux opérateurs, il a été constaté que le travail sans vapeur circulante est manifestement moins anxiogène. La chaleur liée à l'inertie thermique des parois des galeries n'élimine pas la contrainte thermique, mais le risque de brûlures et le stress du risque vapeur sont éliminés.

INFLUENCE DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION

La combinaison habituelle en Tyveck® entraîne une augmentation de 6 °C par rapport à la température ambiante. Un prototype de combinaison ventilée et réfrigérée a été testé pour réduire la contrainte thermique.

Le port de ces combinaisons ventilées concerne 34 % des courbes interprétables.

Indépendamment de la température ambiante et pour des temps moyens de vacation similaires, le CC moyen est plus élevé avec la combinaison ventilée qu'avec les combinaisons Tyveck® mais la récupération est meilleure et les pentes thermiques moins fréquentes.

En tenant compte des températures ambiantes, au dessus de 45 °C, le CC est légèrement moins élevé avec la combinaison ventilée mais avec une durée d'intervention plus longue (**tableau VII**).

BILAN ET PERSPECTIVES

Aucun accident n'a été déploré sur toute la période d'enregistrement ; seuls une dizaine d'arrêts de descente et une inaptitude médicale pendant le chantier ont été prescrits.

La lecture des courbes en direct est un facteur de prévention individuelle et collective (connaissance du risque, évaluation de la fatigue).

Le travail de désamiantage en zone chaude est un travail à charge physique élevée, en particulier au dessus de 45 °C. La mesure systématique des températures en zone de travail effectif permet l'évaluation du risque autrement que par le ressenti. Des télésures pourraient être un apport par l'observation en temps réel.

Parmi les caractéristiques individuelles, l'indice de masse corporelle semble influencer la récupération.

L'étude ne permet pas de décrire un effet âge ; pourtant d'après le ressenti des opérateurs, il semble que ce travail soit plus difficile au-delà de 40 ans. L'expérience des opérateurs semble être un facteur favorable pour une récupération efficace.

TABLEAU VI

Influence de la température.

	Température < 45 °C	Température ≥ 45 °C	
■ Courbes interprétables	123	52	
■ Coût cardiaque moyen	47 bpm	49 bpm	
■ Récupération correcte	67 %	57 %	
■ Pente	24 %	44 %	NS (p = 0,98)
■ Temps moyen de vacation	50 min	30 min	NS (p = 0,12)

TABLEAU VII

Influence des combinaisons ventilées et de la température sur le coût cardiaque.

	Température < 45 °C		Température ≥ 45 °C	
	Combinaison ventilée et réfrigérée	Combinaison Tyveck®	Combinaison ventilée	Combinaison Tyveck®
■ Courbes interprétables	45	75	14	39
■ Coût cardiaque moyen	53 bpm	43 bpm	48 bpm	50 bpm
■ Temps moyen de vacation	46 min	45 min	39 min	27 min

L'évaluation de la charge physique par l'observation directe n'a pas été possible ; cependant les plus jeunes semblent effectuer les tâches les plus lourdes en terme de stratégie opératoire.

L'usage des combinaisons ventilées et réfrigérées a permis une augmentation progressive, sous surveillance, du temps de vacation, surtout pour des températures inférieures à 45 °C, qui a pu dépasser de 12 min celui pratiqué lors de l'usage de combinaison Tyveck®. Ceci peut être intéressant compte tenu des difficultés liées à la descente et à la remontée d'échelles. Les habillages et déshabillages restent cependant difficiles et la transpiration a posé des problèmes d'entretien et d'hygiène. Par ailleurs, le ressenti du travail reste pénible du fait d'une sudation importante liée à l'étanchéité des combinaisons malgré la ventilation.

La diminution du stress chez le personnel est particulièrement perceptible à chaque chantier. La lecture individualisée des tracés après chaque remontée permet une information directe des risques liés à la chaleur et aux autres facteurs ; la reconnaissance de la charge de travail au travers des courbes des opérateurs, des pics, des pentes, de la récupération, est l'occasion de verbaliser leurs sensations et de mieux connaître leurs limites.

Au fil du temps, la connaissance du métier et de ses contraintes, y compris organisationnelles, s'est enrichie. Les recherches de solutions ont été menées de manière collégiale : air refroidi, isolation des tuyaux d'air, matériel de manutention, combinaison ventilée puis réfrigérée, désamiantage « à froid » donc sans les risques vapeur, coupure du retour d'eau, moyens de communication avec la surface...

Conclusion

L'analyse rétrospective des courbes de cardiofréquencemétrie montre que le protocole mis en place est globalement adapté à ces situations de travail. La sensibilisation au risque chaleur a eu des répercussions pour les travaux hors désamiantage : prise en compte des mesures hygiéno-diététiques dans le suivi médical, évaluation des situations particulières avant le chantier pour détermination des durées limites d'exposition, information des entreprises extérieures, liaisons avec leurs médecins du travail afin d'établir des plans de prévention.

Des modifications techniques ont eu lieu : ventilation des nouveaux ouvrages pour réduire les contraintes thermiques, prise en compte des contraintes posturales dans la conception des nouveaux ouvrages. Enfin, l'entretien des calorifuges de-

vient une préoccupation constante pour le personnel de maintenance.

Toutefois, la réflexion est à poursuivre, notamment concernant :

- le test d'effort : peut-il être prédictif d'une meilleure tolérance selon le niveau atteint ?
- les effets à long terme de la contrainte thermique sur le vieillissement,
- l'intérêt de la télémétrie dans la mesure où actuellement, le coût cardiaque se calculant après l'intervention, les temps d'exposition sont évalués a posteriori,
- les possibilités de mettre en place une observation directe de la charge physique, celle-ci étant actuellement évaluée par interrogatoire.
- l'adaptation des équipements de protection, notamment les combinaisons, aux différentes contraintes (chaleur, amiante, soudure, port de charges...),
- l'adaptation du matériel (poids des purgeurs, trappes d'accès, insonorisation des moteurs...) aux conditions de travail exigées.

Remerciements aux :

- Dr J.P. Meyer (département Homme au travail, INRS) pour son aide et sa relecture attentive ;
- Dr B. Kapitaniak (Laboratoire de physiologie du travail, La Salpêtrière) pour ses conseils et accompagnement.

Points à retenir

Le travail de désamiantage en ambiance chaude et sous contraintes techniques spécifiques est un travail à charge physique élevée.

La cardiofréquencemétrie, en évaluant le coût cardiaque, permet de surveiller les opérateurs dans les situations où le travail en combinaison étanche s'effectue à des températures supérieures à 40 °C. Dans ces conditions, la durée limite d'exposition est inférieure à 30 mn.

L'évaluation des risques en temps réel peut être un moteur efficace de prévention individuelle et collective, par le repérage des différents facteurs de pénibilité, physiques ou organisationnels.

L'interprétation des courbes permet d'évaluer la charge de travail, son évolution et la récupération. Restituée à l'opérateur et couplée à l'observation des conditions de travail, elle initie une réflexion collégiale pour réduire les différentes contraintes.

Bibliographie page suivante



Documents
pour le Médecin
du Travail
N° 116
4^e trimestre 2008

Bibliographie

- [1] Ambiances chaudes. Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir). Norme française homologuée NF EN 27243. ISO 7243. Février 1994. Indice de classement X 35-201. Paris-La Défense :AFNOR ; 1994 : 14 p.
- [2] Ergonomie des ambiances thermiques. Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue vestimentaire. Norme française homologuée NF EN ISO 9920. Novembre 2003. Indice de classement X 35-206. Saint-Denis La Plaine :AFNOR ; 2003 : 60 p.
- [3] Évaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques. Norme française homologuée NF EN ISO 9886. Juillet 2004. Indice de classement X 35-207. Saint-Denis La Plaine :AFNOR ; 2004 : 24 p.
- [4] **APTEL M** – Évaluation d'une ambiance thermique de travail : description des ambiances thermiques froides, présentation succincte des indices disponibles et proposition d'un modèle d'action. *Trav Hum.* 1997 ; 60 (4) : 337-61.
- [5] **MAIRIAUX P, MALCHAIRE J** - Le travail en ambiance chaude. Collection de monographies de médecine du travail 7. Paris : Masson ; 1990 : 172 p.
- [6] **MALCHAIRE J** - Travail à la chaleur. Encyclopédie médico-chirurgicale. Toxicologie, pathologie professionnelle 16-782-A-10. Paris : Editions scientifiques et médicales Elsevier ; 2004 : 14 p.,
- [7] **MEYER JP** - Astreinte physiologique lors d'opérations de retrait de l'amiante. *Ergonomie TL 21. Doc Méd Trav.* 1997 ; 69 : 19-26.
- [8] **BROUHA L** - Physiologie et industrie. Paris : Gauthier-Villars ; 1963 : 181 p.
- [9] **MONOD H** - Dépense énergétique chez l'homme., In : Scherrer J - Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. 2^e édition. Paris : Editions Masson ; 1981 : 107-38, 585 p.
- [10] **MONOD H, KAPITANIAK B** – Ergonomie. Paris : Masson ; 1999 : 282 p.
- [11] **VOGT JJ, METZ B** - Ambiances thermiques. In : SCHERRER J - Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. 2^e édition. Paris : Editions Masson ; 1981 : 217-63, 585 p. 217-63.
- [12] **VOGT JJ, FOEHR R, KIRSCH J, GOLLE F ET AL.** - Estimation des charges de travail et des charges de chaleur en situation réelle de travail : principes et applications d'une nouvelle méthodologie. *Trav Hum.* 1970 ; 33 (1-2) : 125-40.
- [13] **VOGT JJ, FERNANDEZ MH, MEYER-SCHWERTZ MT** - Analyse des variations rapides de fréquence cardiaque au début et à l'arrêt de l'exercice musculaire. Influence de l'ambiance thermique. *Arch Sci Physiol.* 1971 ; 25 (3) : 377-99.
- [14] **VOGT JJ** - L'ambiance thermique de travail. *Arch Mal Prof.* 1979 ; 40 (1-2) : 131-90.
- [15] **MEYER J P** - La fréquence cardiaque, un indice d'astreinte physique ancien servi par une méthodologie moderne. *Ergonomie TL 20. Doc Méd Trav.* 1996 ; 68 : 315-22.
- [16] Travail sur l'amiante en ambiance chaude. Retrait ou traitement de matériaux contenant de l'amiante dans un environnement chaud ou sur des installations chaudes. Note technique CRAMIF 23. DTE 151. Paris : CRAM Ile-de-France ; 2000 : 17 p.