

Études & Recherche

2013/2014





- **Directeur de publication**
Stéphane Pimbert
- **Rédacteurs en chef**
Didier Baptiste et Stéphane Vaxelaire
- **Direction rédactionnelle et coordination générale**
Patricia Bernard et Pascal Wild
- **Photographies**
Jean-Pierre Dalens/INRS, Serge Morillon/INRS,
Sandrine Pierrat/INRS et Départements IET, IP, MP
- **Recueil de données "études et recherche"**
Catherine Aubry, Nicole Renaut et Chantal Rolin
- **Traduction**
James Francey, Stephen Walsh et Michel Talarmin
- **Ont également contribué à la publication**
Les responsables d'études de l'INRS
- **Conception et direction artistique**
Trait d'Union - www.traitdunion-com.fr



Sommaire

■ Avant-Propos	
Éditorial du Directeur scientifique de l'INRS	4
Commission scientifique de l'INRS	6
Groupes de suivi	7
Activités "Études et recherche" des départements de l'INRS	10
Entretien avec le Délégué régional Centre-Est du CNRS et le Vice-président en charge des partenariats socio-économiques et de l'international à l'Université de Lorraine	12
Bilan d'activité 2013 "Études et recherche"	14
■ Programme "Études et recherche" 2013 / 2014	
Accidentologie, perception et acceptabilité des risques professionnels	15
Allergies professionnelles	18
Bruits, vibrations, champs électromagnétiques et rayonnements optiques	20
Conception des équipements, des lieux et des situations de travail	27
Déchets et recyclage	31
Multi-expositions : produits chimiques et bruits	34
Nanomatériaux manufacturés	37
Organisation, santé et sécurité au travail	40
Prévention des cancers professionnels	41
Reproduction et travail	42
Risques biologiques	44
Risques chimiques	45
Risques mécaniques et nouvelles technologies pour la prévention d'accidents	60
Risques psychosociaux	65
Risque routier professionnel	72
Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis	74
Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle	75
■ Partenariats	76
■ Communication et publications de l'année 2013	82





Prof. Didier Baptiste
Directeur scientifique de l'INRS

Éditorial du Directeur scientifique

L'INRS vous propose chaque année ce rendez-vous avec les études et la recherche qu'il conduit au profit de la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. Pour faire progresser la santé et la sécurité au travail, les équipes scientifiques et techniques de l'Institut développent des connaissances faisant appel à des compétences variées, d'ingénierie, de toxicologie, d'ergonomie... qui couvrent l'ensemble des risques professionnels, qu'ils soient chimiques, physiques, psychosociaux, mécaniques... Des partenariats sont également initiés avec des organismes (universités, CNRS, Instituts homologues) impliqués dans le domaine de la santé et sécurité au travail en France et à l'étranger. Une politique dynamique d'accueil de doctorants accompagne ces partenariats. Issues des résultats de l'ensemble de ces travaux, des solutions et des méthodes sont ensuite transposées en actions de formation, d'information, d'assistance, largement diffusées dans les entreprises. Cette complémentarité forte de l'INRS entre acquisition de connaissances et mise à disposition d'outils est essentielle à la réponse aux besoins du terrain, aux experts de la prévention notamment.

En 2013, les études et la recherche ont contribué au développement de nouveaux savoirs pour identifier ou caractériser des risques émergents, à effets différés, ou multifactoriels...

Dans ce sens, l'utilisation croissante dans différents secteurs industriels de nanomatériaux est un sujet qui mobilise l'INRS depuis plusieurs années, pour apporter des réponses aux questions sur les risques pour la santé des salariés et les moyens de les prévenir. Même si les premiers résultats d'études montrent que les systèmes de protection conventionnels utilisés pour les aérosols (sorbonnes, protection respiratoire) permettent de réduire l'exposition de manière satisfaisante, l'important potentiel d'innovation technologique et l'augmentation des applications, font que les nanomatériaux manufacturés restent une priorité de recherche de l'INRS pour les cinq années à venir. Le 4 octobre 2013, l'Institut inaugure en présence de personnalités du monde scientifique et socio-économique son nouveau pôle de recherche nano. Ce dernier dispose notamment d'un ensemble de moyens pour réaliser des études de toxicité par inhalation, principale voie de contamination suspectée en milieu de travail. La caractérisation des nanoaérosols présents au poste de travail est un axe important de ce pôle. Une instrumentation adaptée à ces mesures se développe rapidement et nécessite une caractérisation fine des performances de

ces nouveaux appareils. Ce pôle nano permet également de conduire des travaux sur les équipements de protection collective, et sur l'efficacité des appareils individuels de protection respiratoire. Six études se poursuivent d'ailleurs sur ces sujets en 2014. L'INRS compte ainsi contribuer à faire évoluer et à partager les connaissances dans ce domaine, par exemple au sein du projet européen NanoReg 2013-2017, qui réunit une soixantaine d'organismes originaires de 16 pays. Une seconde collaboration d'envergure, le projet Nanogenotox (16 instituts de 11 États européens), s'est conclue en février 2013 par une conférence organisée à Paris, dont les résultats intégreront la base de données de l'OCDE pour aider à l'évaluation de la dangerosité des nanomatériaux.

L'INRS participe également au projet NanoCen pour contribuer à la normalisation des activités relatives aux nanotechnologies et nanomatériaux.

Vous trouverez, dans ce rapport scientifique, d'autres sujets d'attention, comme la recherche consacrée aux risques chimiques qui représente plus de 30 % de nos activités. L'Institut développe également des dispositifs et des méthodes pour lutter contre les risques mécaniques, agir en amont sur la conception de lieux de travail, réduire les risques psychosociaux, faire avancer la prévention des affections des membres et du rachis..., que les pages qui suivent vous permettront de mieux appréhender, je l'espère.

Enfin, ce rapport 2013-2014 est empreint d'un léger renouveau graphique au service d'un contenu toujours articulé autour des thématiques de notre plan stratégique, nos enjeux de recherche pour la santé et sécurité au travail.

Je vous souhaite une agréable lecture.



Direction scientifique

Elle a pour mission d'assurer l'orientation, l'animation et la coordination des activités d'études et recherche de l'INRS ainsi que l'analyse des tendances et évolutions pouvant avoir un impact sur l'environnement de la santé et sécurité au travail. Elle développe des partenariats scientifiques européens et internationaux.

Contact : ds@inrs.fr



Commission scientifique de l'INRS

L'INRS est doté d'une Commission indépendante qui assure l'expertise de ses travaux scientifiques et techniques. Celle-ci est chargée d'évaluer la pertinence et la validité des études que l'Institut conduit. Cette Commission comprend des personnalités particulièrement compétentes et reconnues dans les domaines disciplinaires de l'INRS. Les membres de cette Commission scientifique accompagnent chaque opération nouvelle et en suivent le déroulement jusqu'à la clôture, en étroite collaboration avec les spécialistes de l'Institut. Sa composition est votée par le Conseil d'administration pour une durée de quatre ans. Les président et vice-présidents de la Commission scientifique rendent compte de leurs avis au Conseil d'administration de l'Institut.

Président

Dominique CHOUDAT Groupe Hospitalier Cochin. Service de Pathologies Professionnelles Université Paris-Descartes, Paris (75).

Vice-présidents

Denis BOULAUD Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). Direction Environnement et Intervention, Le Vesinet (78).

Jean-Pierre LIBERT Faculté de Médecine. Laboratoire Peritox, Amiens (80).

Autres membres

Francis ALLARD Université de La Rochelle. Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-Industrie et Bâtiment (LEPTIAB), La Rochelle (17).

Christine CHAUVIN-BLOTTIAUX Université Bretagne-Sud. Centre de Recherche en Psychologie, Cognition et Communication (CRPCC), Lorient (56).

Alain DEGIOVANNI École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique (ENSEM). Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMETA), Vandœuvre-lès-Nancy (54).

Daniel EILSTEIN Institut de Veille Sanitaire (InVS), Saint-Maurice (94).

Nadine GABAS École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques (ENSIACET), Toulouse (31).

Robert GARNIER Hôpital Fernand-Widal. Centre Anti-Poison, Paris (75).

Pascal GAUDUCHON Groupe Régional d'Études sur le Cancer (GRECAN). Centre F. Baclesse, Caen (14).

Pascal GUENEL Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). Centre de Recherche en Épidémiologie et Santé des Populations (CESP), Villejuif (94).

Dominique HABAULT Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), Marseille (13).

Pascale LEVET Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT). Lyon (69).

Benoît MAUNIT Université d'Orléans. Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA). Orléans (45).

Alain PINEAU Faculté de Pharmacie. Laboratoire de Toxicologie. Nantes (44).

Jean-Claude SAGOT Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. Laboratoire Systèmes et Transports. Belfort (90).

Pascal UGHETTO Université Paris-Est. Laboratoire Territoires, Techniques et Sociétés (LATTS). Marne-la-Vallée (77).

David VERNEZ Institut Universitaire Romand de Santé au Travail. Lausanne (Suisse).

Elisabete WEIDERPASS VAINIO Cancer Registry of Norway. Institute of Population Based Cancer Research. Oslo (Norvège)

Groupes de suivi

Pour couvrir l'étendue des disciplines présentes à l'INRS la Commission scientifique s'appuie sur des sous-commissions, appelées groupes de suivi. Au nombre de six, chaque groupe est relié, par domaine de compétence, à un département scientifique et technique (voir présentation ci-après) du centre de Lorraine de l'INRS. Ces groupes examinent, pour chaque étude, les objectifs, la démarche suivie, les résultats, les retombées escomptées ou réalisées. Leurs membres se réunissent à l'INRS chaque année durant deux jours pour analyser les dossiers des études, échanger avec les chercheurs et établir leur rapport d'évaluation.

Membres du groupe de suivi département Épidémiologie en entreprise

Alain BERGERET	Institut Universitaire de Médecine du Travail. Institut Pierre-Mazel Université Claude-Bernard. Lyon (69).
Dominique CHOUDAT	Groupe Hospitalier Cochin. Service de Pathologies Professionnelles Université Paris-Descartes. Paris (75).
Pierre DUCIMETIERE	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). Villejuif (94).
Daniel EILSTEIN	Institut de Veille Sanitaire (InVS). Saint-Maurice (94).
Pascal GUENEL	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). Centre de Recherche en Épidémiologie et Santé des Populations (CESP). Villejuif (94).
Annette LECLERC	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). Unité 687 Hôpital Paul-Brousse. Villejuif (94).
Elisabete WEIDERPASS VAINIO	Cancer Registry of Norway. Institute of Population Based Cancer Research. Oslo (Norvège).

Membres du groupe de suivi département Homme au Travail

Emmanuel ABORD DE CHATILLON	Institut d'Administration des Entreprises de l'Université Pierre-Mendès-France. Grenoble (38).
Christine CHAUVIN-BLOTTIAUX	Université Bretagne-Sud. Centre de Recherche en Psychologie, Cognition et Communication (CRPCC). Lorient (56).
Laurence CHEZE	Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS). Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs. Université Lyon I. Villeurbanne (69).
Xavier CUNY	Professeur honoraire au CNAM. Paris (75).
Alexis D'ESCATHA	AP-HP. Unité de Pathologie Professionnelle, de Santé au Travail et d'Insertion. Garches (92).
Alain GARRIGOU	Université de Bordeaux I. Département Hygiène, Sécurité et Environnement. Gradignan (33).
Benoît JOURNE	Faculté Sciences Économiques et Gestion. Institut d'Économie et de Management de Nantes. Nantes (44).
Pascale LEVET	Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT). Lyon (69).
Jean-Pierre LIBERT	Faculté de Médecine. Laboratoire PERITOX. Amiens (80).
Philippe MAIRIAUX	Université de Liège. Faculté de Médecine. Département des Sciences de la Santé Publique. Liège (Belgique).
Jean-Claude MOISDON	École des Mines. Paris (75).
James RICHARDSON	Université de Paris-Sud XI. Orsay (91).
Jean-Michel SCHWEITZER	Association Régionale pour l'Amélioration des Conditions de Travail (ARACT). Metz (57).
Pascal UGHETTO	Université Paris-Est. Laboratoire Territoires, Techniques et Sociétés (LATS). Marne-la-Vallée (77).



Membres du groupe de suivi département Ingénierie des Équipements de Travail

Michel BERENGIER	Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR). Centre de Nantes. Bouguenais (44).
Bernard DEMOULIN	Professeur émérite. Groupe TELICE. Institut d'Électronique et de Microélectronique. Villeneuve-d'Ascq (59).
Élodie FALCONNET	Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM). Senlis (60).
Christian GARNIER	CARSAT Auvergne. Centre Interrégional de Mesures Physiques. Clermont-Ferrand (63).
Luc GAUDILLER	Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures. UMR CNRS/INSA 5259. Villeurbanne (69).
Dominique HABAULT	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA). Marseille (13).
Louis JEZEQUEL	École Centrale de Lyon. Écully (69).
Emmanuel MARTEAU	CRAM Île-de-France. Paris (75).
Patrick MARTIN	École Nationale Supérieure des Arts et Métiers (ENSAM). Laboratoire de Conception, Fabrication et Commande. Metz (57).
Bernard ROUGIE	Institut National de Métrologie du Conservatoire des Arts et Métiers (CNAM). La Plaine-Saint-Denis (93).
Jean-Claude SAGOT	Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. Laboratoire Systèmes et Transports. Belfort (90).
Françoise SIMONOT-LION	Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications (LORIA). Villers-lès-Nancy (54).

Membres du groupe de suivi département Ingénierie des Procédés

Francis ALLARD	Université de la Rochelle. Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-Industrie et Bâtiment (LEPTIAB). La Rochelle (17).
Thierry BALANNEC	CARSAT Bretagne. Rennes (35).
Jean-Marie BUCHLIN	Institut Von Karmann. Rhode-Saint-Genese (Belgique).
Jacques CATANI	CARSAT Sud-Est. Laboratoire Risques Chimiques. Métrologie. Marseille (13).
Alain DEGIOVANNI	École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique (ENSEM). Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA). Vandœuvre-lès-Nancy (54).
Nadine GABAS	École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques (ENSIACET). Toulouse (31).
Yves GONTHIER	Université de Savoie. Polytech'Annecy-Chambéry. Le Bourget-du-Lac (73).
Michel LEBRUN	CARSAT Auvergne. Centre Interrégional de Mesures Physiques. Clermont-Ferrand (63).
Jacques VENDEL	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols et du Confinement (LPMAC). Gif-sur-Yvette (91).

Membres du groupe de suivi département Métrologie des Polluants

Denis BOULAUD	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). Direction Environnement et Intervention. Le Vesinet (78).
Jacques CATANI	CARSAT Sud-Est. Laboratoire Risques Chimiques. Métrologie. Marseille (13).
Martine CHOUVET	Institut Technique des Gaz et de l'Air (ITGA). Laboratoire PRYSM. Saint-Étienne (42).
Marie-Claire HENNION	École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle. Laboratoire Environnement et Chimie Analytique du CNRS. Paris (75).
Jérôme LAVOUE	Centre de Recherche du Centre Hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM). Montréal (Canada).
Benoît MAUNIT	Université d'Orléans. Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA). Orléans (45).
Valérie PICHON	École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de la Ville de Paris (ESPCI). UMR 8231 CNRS. Paris (75).
Enric ROBINE	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Département Développement Durable. Marne-la-Vallée (77).
Alain SOYEZ	CARSAT Nord-Picardie. Laboratoire d'Évaluation des Risques Professionnels. Villeneuve-d'Ascq (59).
David VERNEZ	Institut Universitaire Romand de Santé au Travail. Lausanne (Suisse).

Membres du groupe de suivi département Toxicologie et Biométrie

Jacques BOPP	Médecine du Travail. FT Orange. Mulhouse (68).
Bruno BUCLEZ	Rio Tinto Alcan/Aluminium Pechiney. Bauxite et Aluminium. Voreppe (38).
Robert GARNIER	Hôpital Fernand-Widal. Centre Anti-Poison. Paris (75).
Pascal GAUDUCHON	Groupe Régional d'Études sur le Cancer (GRECAN). Centre F. Baclesse. Caen (14).
Marie-Claude JAURAND	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). CEPH/IUH. Paris (75).
Marc PALLARDY	Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). Laboratoire de Toxicologie. Chatenay-Malabry (92).
Alain PINEAU	Faculté de Pharmacie. Laboratoire de Toxicologie. Nantes (44).
Guido RYCHEN	École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA-INPL). Vandœuvre-lès-Nancy (54).



Activités "Études et Recherche" des départements de l'INRS

En 2013, les actions d'études et de recherche représentent 42 % des activités de l'INRS. Menées dans six départements et vingt-trois laboratoires du Centre de Lorraine, ces activités sont conduites par des chercheurs, ingénieurs, médecins, techniciens, chimistes, toxicologues, ergonomes... Ces départements représentent environ 300 personnes.

■ Métrologie des polluants

Ce département travaille essentiellement sur l'évaluation de l'exposition professionnelle aux agents chimiques. Il développe des méthodes de prélèvements et d'analyse, et les diffuse via la base de données Metropol. Il effectue des campagnes de mesurage de l'exposition aux substances toxiques dans les entreprises à risques, les données collectées alimentant la base de données Colchic.

> Laboratoires

- Chimie analytique organique
- Caractérisation du risque chimique
- Laboratoire d'analyse inorganique et de caractérisation des aérosols
- Métrologie des aérosols

■ Ingénierie des procédés

Ce département recherche étudie et fait la promotion de solutions de prévention en réponse aux problèmes d'exposition aux polluants chimiques ou à la chaleur. Il recherche la solution la plus pertinente en analysant les processus à l'origine du problème d'exposition professionnelle et en privilégiant la réduction des émissions à la source.

> Laboratoires

- Évaluation du risque chimique
- Applications technologiques pour l'évaluation des risques
- Ingénierie aéronautique
- Procédé et épuration des polluants

■ Toxicologie et biométrie

Ce département a pour vocation la recherche appliquée en toxicologie, dans le domaine de l'évaluation des risques liés à l'exposition aux polluants en milieu professionnel. Les deux axes de travail sont la surveillance biologique des expositions et de leurs conséquences chez l'homme en situation professionnelle et la mesure des effets toxiques sur des systèmes expérimentaux.

> Laboratoires

- Biométrie
- Génération d'atmosphères et de chimie analytique toxicologique
- Cancérogenèse, mutagenèse et reprotoxicité
- Sensibilisations, allergies et biologie clinique
- Pénétration cutanée, cinétique et métabolisme
- Ototoxicité et neurotoxicité

■ Ingénierie des équipements de travail

Le département est chargé des actions d'évaluation et de réduction des risques physiques liés aux équipements de travail. Les équipements concernés sont les machines (machines fixes ou portatives, outils, engins...), les composants de sécurité, les locaux (ateliers, bureaux...), et les équipements de protection individuelle ou collective.

Les risques physiques se rapportent au risque d'accident et aux nuisances physiques telles que le bruit, les vibrations, la chaleur, les rayonnements optiques ou électromagnétiques... Son action vise l'amélioration des équipements et des dispositifs de protection utilisés par l'homme au travail.

> Laboratoires

- Prévention technique / Équipements de protection individuelle
- Prévention technique des machines
- Ingénierie de conception de systèmes sûrs
- Sûreté des systèmes automatisés
- Modélisation des systèmes mécaniques de prévention
- Réduction du bruit au travail

■ Homme au travail

Ce département a pour objectif la recherche d'une meilleure adaptation de la situation de travail (tâche, outil, poste, organisation, environnement) aux caractéristiques (physiques, physiologiques, mentales et sociales) de l'opérateur humain.

Les critères d'optimisation de cette adaptation sont la sécurité, la santé (physique et mentale), mais aussi l'efficacité, le confort, la satisfaction au travail des opérateurs, l'ensemble de ces critères concourant à la sécurité et à la fiabilité des systèmes de production et de services.

> Laboratoires

- Ergonomie et psychologie appliquées à la prévention
- Gestion et organisation pour la santé et sécurité au travail
- Physiologie-Mouvement-Travail

■ Épidémiologie en entreprise

Le département conduit des études épidémiologiques visant à mettre en évidence des altérations de la santé en rapport avec des expositions professionnelles. Les études conduites s'intéressent aux pathologies respiratoires, aux perturbations du système nerveux périphérique, aux troubles neuro-comportementaux, aux pathologies liées au stress, aux cancers professionnels. Elles sont rendues publiques et contribuent aux décisions en matière de prévention.



Entretien avec



© CNRS-Centre-Est



© DR

Philippe Piéri,
Délégué régional
Centre-Est du CNRS

Karl Tombre,
Vice-président en charge
des partenariats socio-écono-
miques et de l'international
à l'Université de Lorraine

Les travaux de recherche du CNRS couvrent en France l'ensemble des domaines, ceux de l'Université de Lorraine reposent sur de nombreuses compétences scientifiques. Parmi ces travaux, quels sont ceux qui peuvent contribuer à la prévention des risques professionnels dont l'INRS a la charge ?

■ **M. Piéri** : Le pilotage scientifique du CNRS relève de 10 instituts thématiques nationaux (dont 9 sont d'ailleurs présents en Lorraine). Ils couvrent en France l'ensemble des domaines de recherche : sciences humaines et sociales, biologie, physique nucléaire et des particules, sciences de l'information, ingénierie et systèmes, physique, mathématiques, chimie, sciences de la Terre et de l'Univers, écologie et environnement. Un grand nombre de sujets que l'INRS met en œuvre au plan national pour la prévention des accidents du travail ou des maladies professionnelles, trouvent une résonance avec ce potentiel pluridisciplinaire. Il suffit de parcourir les 22 thématiques de votre plan stratégique pour le mesurer. À titre d'exemple, les recherches conduites au sein de l'Institut de physique du CNRS contiennent un axe consacré aux nanosciences et nanotechnologies (physique à l'échelle nano, nouveaux matériaux, auto-organisation...). Cette thématique est aussi une des priorités de votre Institut qui a récemment conçu un laboratoire dédié à l'évaluation des risques de ces nanomatériaux.

■ **M. Tombre** : En ce qui concerne l'Université de Lorraine, qui partage 20 laboratoires de recherche avec le CNRS, et de possibles contributions thématiques entrant dans le périmètre d'action de l'INRS, l'exemple de travaux conduits sur l'impact du vieillissement de la population sur les secteurs économique et social semble intéressant à souligner. Ce qui se révèle vrai à l'échelle de la société française pourrait s'appliquer à la population active. Consciente des défis que les entreprises, associations, ou collectivités ont à relever en termes de mutations industrielles ou de transformations sociétales, l'Université de Lorraine développe une offre d'innovation et dispose d'équipes de recherche regroupant des compétences en matière de chimie, biologie, physique, mécanique...

Le CNRS, l'Université de Lorraine et l'INRS collaborent depuis plusieurs années, en quoi la convention cadre, récemment signée entre nos organismes, va-t-elle développer/formaliser nos relations en matière d'études et de recherche ?

■ **M. Piéri** : En Lorraine, le CNRS compte 33 structures opérationnelles de recherche dans lesquelles sont impliquées plus de 1 000 personnes (chercheurs, ingénieurs, techniciens). Au plan régional, leur activité se coordonne d'une part, avec des établissements d'enseignement supérieur - dont l'Université de Lorraine avec qui nous partageons 20 unités mixtes - et d'autre part avec des établissements publics à caractère scientifique, tels que l'Inra, l'Inria, l'Inserm, le CHU... Ce rapprochement couvre aujourd'hui 98 % de la recherche publique en Lorraine. Il offre une vision globale, cohérente, des avancées scientifiques et techniques, avec l'objectif de partager les connaissances et d'unir les efforts. La convention cadre et les accords spécifiques qui en découleront entrent dans cette logique fédératrice.

■ **M. Tombre** : En effet, notre partenariat bénéficie d'une antériorité sur des sujets portant sur la modélisation de la pollution, l'acoustique et la filtration-adsorption de polluants. Cette convention entre les équipes de l'INRS, du CNRS et de l'Université de Lorraine va donc nous amener à les développer. En matière d'animation scientifique, une des caractéristiques de l'Université de Lorraine est de disposer de 10 pôles scientifiques, au sein desquels sont menées des recherches à caractère fondamental, tout comme des recherches plus directement liées aux enjeux socio-économiques. L'Université de Lorraine bénéficie également d'un lien étroit avec le monde de l'entreprise, via ses 10 écoles d'ingénieurs. Ces compétences ne manquent pas d'intérêt pour l'INRS dont la finalité est de mettre à disposition des savoirs méthodologiques et des solutions pratiques. Ce cadre de partenariat devrait mettre en lumière, offrir une plus grande visibilité à nos contributions respectives, et permettre de construire, en Lorraine, des passerelles en matière de recherche, bien entendu, mais également d'innovations technologiques, d'enseignement et de formation supérieure.

Sous quelles formes se traduiront les collaborations entre nos structures ? Comment participeront-elles à développer certains aspects de recherche & développement ou de formation ?

■ **M. Piéri** : La concrétisation de cette collaboration avec l'INRS va conduire à la création d'équipes projets, générant une activité inventive ainsi que les conditions de partage des connaissances acquises. Des recherches communes, la participation à des projets européens, à des colloques ou toute action veillant à développer la culture scientifique et technique sont prévues dans les dispositions de ce partenariat. Et puis il ne faut pas omettre l'aspect matériel et l'utilisation réciproque d'infrastructures. Ces collaborations favoriseront le partage d'équipements rationalisant ainsi les moyens et ressources. Enfin, nos organismes se retrouveront au sein d'un comité de pilotage qui se réunira une fois par an. Outre les aspects d'état d'avancement des travaux qui y seront évoqués, la mise en place de cette instance symbolise l'effort de concertation voulu.

■ **M. Tombre** : En matière d'enseignement – et au-delà de l'encadrement de doctorants encouragé par votre Institut – le référentiel national de l'université publique porte une attention particulière aux évolutions des filières professionnelles. Dans ce contexte, de nouvelles formations en prévention des risques professionnels pourraient se déployer à moyen terme dans les cursus initiaux lorrains, basées sur l'expertise de l'INRS. D'autres actions autour de l'entrepreneuriat pourraient être actionnées et transposées afin de sensibiliser largement les étudiants aux questions de santé et sécurité au travail. Enfin, en dehors de nos frontières, la volonté de participer conjointement à des appels d'offres européens est aussi une préoccupation partagée. Cette mutualisation de nos savoirs favorisera le transfert de la connaissance vers les applications, pour qu'étudiants (salariés et managers de demain), enseignants, chercheurs, partenaires institutionnels ou économiques, puissent se les approprier.



Le Centre national de la recherche scientifique est un organisme public de recherche, placé sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Composé de 34 000 chercheurs, ingénieurs et techniciens, le CNRS est organisé en 10 instituts qui orchestrent sa politique scientifique et de 19 délégations qui le représentent en région. 1 053 laboratoires sont répartis sur l'ensemble du territoire dont près de 95 % sont constitués en partenariat.

Le CNRS en Lorraine se compose de 33 structures opérationnelles de recherche dont 20 unités mixtes de recherche en cotutelle avec l'UL.

L'Université de Lorraine est un établissement qui regroupe :

> pour la formation, des composantes (facultés, écoles, instituts) structurées autour de 8 collegiums dans les domaines des sciences, santé, technologies, sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales, droit, économie, gestion, arts, lettres et langues ;

> pour la recherche, 61 laboratoires, dont 33 équipes d'accueil, 28 unités mixtes de recherche (UMR) en cotutelle avec le CNRS, l'Inra, l'Inria et l'Inserm, 1 unité de service et de recherche et 7 fédérations de recherche.

En 2013, 52 478 étudiants ont suivi une formation initiale dispensée par plus de 3 700 enseignants et enseignants-chercheurs.

Bilan d'activité 2013 "Études et Recherche"

Les activités d'études et de recherche menées en 2013 se répartissent principalement selon 17 thématiques parmi 22 thématiques identifiées dans le plan stratégique 2013-2017 de l'INRS. Ces thématiques sont définies selon différents types d'entrée : le type de risque considéré (biologique, chimique...), le secteur dans lequel ces risques apparaissent (déchets et recyclage, risques routiers...) ou encore le type d'effet considéré (allergies, cancers professionnels, troubles musculosquelettiques...).

Un cas particulier est la thématique "Nanomatériaux manufacturés", un sous-ensemble du risque chimique mais faisant l'objet de développements spécifiques.

En 2013, comme les années précédentes, la thématique "Risques chimiques" est prépondérante (31 % de l'activité "Études et recherche"). Viennent ensuite les thématiques "Nanomatériaux manufacturés" (9 %), "Bruits, vibrations, champs électromagnétiques et rayonnements optiques" (8 %) et "Multi-expositions : produits chimiques et bruits" (6 %).

Cette dernière thématique est nouvellement créée dans le plan stratégique. Elle regroupe notamment des études portant sur les effets délétères conjugués des expositions au bruit et aux solvants, précédemment inscrits dans la thématique "Bruits, vibrations, champs électromagnétiques, optique" et sur les combinaisons de produits chimiques toxiques, précédemment traités dans la thématique "Risques chimiques".

Dans les pages qui suivent sont présentées les 26 études qui se sont achevées fin 2013 ainsi que les titres des 87 études en cours en 2014. La synthèse de ces études terminées est rubriquée selon la thématique principale à laquelle elles sont rattachées.

Accidentologie, perception et acceptabilité des risques professionnels

En 2012, l'indice de fréquence des accidents du travail (AT) atteint le niveau de 35 AT avec arrêt pour 1 000 salariés. Les salariés âgés de moins de 30 ans représentent 33,6% des accidentés, avec une fréquence de 55 AT pour 1 000 et forment une population particulièrement touchée. Par ailleurs, les salariés de tous âges avec une ancienneté inférieure à un an, ont une sinistralité proche de celle des moins de 30 ans et constituent une autre cible stratégique pour les actions de l'INRS.

Une des priorités de l'INRS en termes d'accidentologie vise l'intégration de la sécurité le plus en amont possible des situations de travail, par l'intermédiaire des systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail, du développement d'une culture de prévention dans l'entreprise.

Les activités d'études et de recherche de l'INRS au sein de cette thématique suivent deux orientations :

- > établir de nouvelles méthodes de compréhension et d'évaluation des risques d'accidents,
- > développer des stratégies de réduction de la suraccidentabilité des nouveaux embauchés.

La sécurité au travail : cas des accidents avec perturbation du mouvement (APM)

Sylvie LECLERCO

Département Homme au Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Les glissades, trébuchements et autres perturbations du mouvement représentent le tiers des accidents du travail avec arrêt.

Cette étude transversale s'inscrit dans la continuité des travaux initiés dans le cadre de la thématique intitulée "Les accidents de plain-pied : cas des perturbations d'équilibre en situation de travail".

Les travaux menés en laboratoire et sur le terrain portaient sur le contrôle de la locomotion dans des situations propices à la survenue d'accident dit "de plain-pied". D'autre part, il s'agissait de caractériser des scénarios récurrents concernant ce type d'accident.

■ Démarche

Cette étude transversale comportait trois axes qui relèvent de disciplines différentes et pour lesquels plusieurs méthodologies ont été mises en œuvre :

- > étude expérimentale de la locomotion perturbée réalisée au moyen d'un système d'enregistrement du mouvement ;



- > étude psychoergonomique de situations de travail propices à la survenue de ces accidents qui a exploité des entretiens d'autoconfrontation basés sur des enregistrements vidéo de l'activité en situation de travail ;
- > extraction de scénarios récurrents d'APM au moyen d'une approche probabiliste exploitant des cas d'accidents représentés par une combinaison logique de faits ayant contribué à la survenue de la perturbation du mouvement.

■ Résultats principaux

Les travaux expérimentaux accréditent l'hypothèse selon laquelle les ressources consacrées à la réalisation d'une tâche peuvent dans certains cas faire défaut au contrôle du déplacement.

L'étude psychoergonomique montre que, en situation de travail, le mode opératoire qui conditionne les mouvements réalisés est choisi par l'opérateur parmi un champ des possibles, dans le double but de réaliser sa tâche tout en assurant la sécurité de ses déplacements.

Les APM ont été modélisés et sur la base de ce modèle, des facteurs singuliers d'accident présents en milieu hospitalier ont été regroupés sous l'intitulé de facteurs génériques. Huit scénarios d'APM graves ont également été identifiés à partir de 143 récits d'accidents graves survenus dans le BTP et dans le secteur de la métallurgie. Des spécificités apparaissent en termes de facteurs génériques ou de scénarios suivant le secteur d'activité.

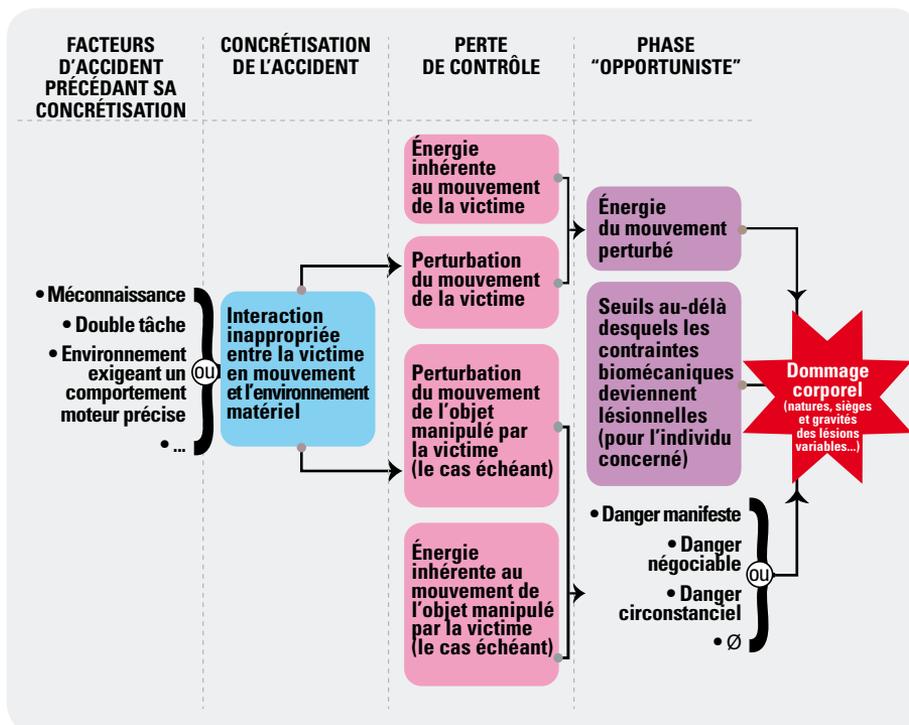
Les réflexions menées dans le cadre de cette étude ont également conduit à :

- > la définition opérationnelle d'un ensemble d'accidents, cohérent du point de vue de la diversité des manifestations du risque et du point de vue de la prévention ; cette définition est assortie d'une évolution terminologique : l'utilisation de l'expression "accident avec perturbation du mouvement (APM)" vise à faire évoluer les représentations associées à ce risque ;
- > la modélisation des APM ;
- > la formalisation de leurs proximités avec les autres risques professionnels qui se manifestent dans les mouvements au travail pour en tirer des conclusions en matière de prévention.

■ Discussion

Les résultats sont utiles pour faire évoluer le regard vers un ensemble d'accidents plus conforme à la réelle diversité des APM, dont beaucoup sont graves, dont la genèse s'inscrit dans le fonctionnement d'un système sociotechnique et dont la prévention n'est pas simple. Trois points déterminant l'élaboration de futures recherches dans le cadre de la prévention des APM sont discutés : la nécessité d'articuler plusieurs niveaux d'analyse de l'activité de travail, l'intérêt d'étudier les contrôles effectués par le salarié pour réaliser son activité tout en garantissant sa sécurité vis-à-vis du risque d'APM, et enfin l'écart entre une situation accidentelle et la situation de travail sans accident.

Modèle d'accidents du travail consécutifs à une perturbation du mouvement



Au sein de cette thématique, une étude est en cours en 2014

- Évaluation de l'impact de la formation initiale en santé et sécurité au travail sur la survenue d'accidents au travail chez les moins de 30 ans
 - > Stéphanie BOINI et Michel GRZEBYK - Département Épidémiologie en Entreprises

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Risques psychosociaux", "Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis" ou "Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle" et "Risque routier professionnel".



Allergies professionnelles

Les substances allergènes sont nombreuses et en constante évolution. Près de 30 % de la population seraient aujourd'hui touchés, contre 10 % en 1980. Elles sont évaluées à plus de 350 dans le monde du travail. Rencontrées dans de multiples secteurs (nettoyage, boulangerie-pâtisserie, coiffure, secteur des déchets, métiers de la santé, industrie du bois, peinture, BTP, métallurgie, agroalimentaire, agriculture), elles sont à l'origine de pathologies professionnelles invalidantes telles que les asthmes professionnels et les dermatites allergiques.

Dans le cadre de cette thématique, les activités d'études et de recherche sont attachées aux axes suivants :

- > développer des outils de mesure de l'exposition et des effets pour mieux identifier les produits à risque ;
- > identifier les déterminants qui contribuent aux expositions au risque allergique.

En effet, si le mode de prévention essentiel est de ne pas exposer les travailleurs aux allergènes, par exemple par la substitution d'un produit par un autre, il arrive très souvent que les connaissances sur ce dernier soient faibles et en particulier son caractère allergisant. De plus, chaque année, de nouvelles molécules apparaissent dans l'industrie. La capacité de tester le potentiel allergisant d'un produit chimique avant son utilisation est donc primordiale.

Les mécanismes immunologiques en jeu dans les allergies sont de mieux en mieux compris mais il est essentiel de transférer ces connaissances dans le monde du travail et de disposer de techniques d'analyse fiables, sensibles et spécifiques, facilement utilisables.

Développement d'un test *in vitro* d'identification de sensibilisants chimiques

Fabrice BATAIS

Département Toxicologie et Biométrie

Thématique associée : risques chimiques - connaissances des expositions et outils d'évaluation des expositions

■ Exposé des motifs et objectifs

Les allergies professionnelles provoquées par l'exposition des salariés à des produits chimiques représentent un problème important de santé au travail. Actuellement, plus de 350 substances industrielles ont été identifiées comme allergènes professionnels. La fréquence de ces pathologies et les conséquences qu'elles peuvent avoir sur la santé des travailleurs nécessitent d'identifier ces substances afin de les remplacer par des produits de substitution et/ou de les étiqueter de façon appropriée. De plus, la législation européenne relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques (Directive n°2010/63/UE) et le système REACH incitent à limiter l'utilisation d'animaux de laboratoire pour l'évaluation des substances chimiques. Il est ainsi nécessaire de développer des tests *in vitro* de substitution aux tests *in vivo* existants. L'objectif de cette étude était de développer un test *in vitro* de prédiction du potentiel sensibilisant de produits chimiques en utilisant un modèle cellulaire mis au point lors d'une étude précédente. Pour cela, 20 substances chimiques ont été testées.



L'effet de ces substances sur le modèle cellulaire développé a été évalué à l'aide de marqueurs d'activation sélectionnés précédemment et de nouveaux marqueurs testés dans cette étude.

■ Démarche

Des cellules dendritiques dérivées de moelle osseuse de souris ont été exposées à 20 substances chimiques de référence : 16 sensibilisants et 4 non-sensibilisants. L'activation de ces cellules, sous l'effet de ces substances, a été évaluée par la mesure de l'augmentation de l'expression de marqueurs membranaires ainsi que par l'augmentation de la production de cytokines. Les résultats ont été comparés au test LLNA, test *in vivo* de référence et réglementaire pour l'étude de l'effet sensibilisant.

■ Résultats principaux

Les résultats obtenus montrent que les irritants et les non-sensibilisants testés n'activent pas les cellules étudiées. Ces substances sont toutes classées comme "non-sensibilisants" par le modèle développé dans cette étude. Parmi les 16 sensibilisants étudiés, 9 substances sont référencées comme des sensibilisants cutanés selon la classification LLNA. Le modèle cellulaire développé au cours de cette étude permet de discriminer 8 sensibilisants cutanés sur 9 testés et de classer ces substances en fonction de leur pouvoir sensibilisant. Parmi les 7 sensibilisants respiratoires étudiés, 3 sensibilisants induisent une forte activation des cellules.

■ Discussion

Cette étude a permis de montrer que le modèle basé sur des cellules dendritiques dérivées de moelle osseuse de souris présente un réel intérêt pour la recherche d'un test de substitution au modèle *in vivo* pour l'évaluation du pouvoir sensibilisant. En effet, il remplit certains prérequis exigés lors du développement de modèles *in vitro*. Il est ainsi capable de discriminer les sensibilisants des non-sensibilisants. Il permet également de classer les sensibilisants cutanés selon leur potentiel sensibilisant de la même manière que le test LLNA. Par ailleurs, il est en accord avec certaines observations cliniques notamment pour les substances comme la benzocaïne, le chlorure de benzalkonium et le SDS contrairement au test LLNA. Néanmoins, ce modèle ne permet pas de distinguer un sensibilisant cutané d'un sensibilisant respiratoire. Le développement de nouveaux modèles de co-culture entre différents types cellulaires pourrait peut-être répondre à cet objectif.



Au sein de cette thématique,
quatre études sont en cours en 2014

■ Inflammation des voies aériennes et exposition microbiologique des travailleurs des plates-formes de compostage : une étude longitudinale

> Valérie DEMANGE et Michel GRZEBYK - Département Épidémiologie en Entreprises

■ Sévérité et contrôle des asthmes en relation avec le travail

> Valérie DEMANGE et Anca RADAUCEANU - Département Épidémiologie en Entreprises

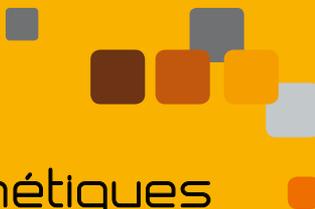
■ Le nickel et ses composés : état des lieux et caractérisation de l'exposition

> Barbara SAVARY - Département Métrologie des Polluants

■ Développement d'un modèle *in vitro* de co-culture pour l'évaluation du potentiel sensibilisant de substances industrielles

> Fabrice BATAIS et Isabelle SPONNE - Département Toxicologie et Biométrie

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Risques chimiques" ou "Risques biologiques".



Bruits, vibrations, champs électromagnétiques et rayonnements optiques

Le bruit, les vibrations ont fait l'objet d'évolutions réglementaires récentes et ont été reconnus comme facteurs de pénibilité. Des millions de salariés sont soumis à ces nuisances. Les ondes électromagnétiques concernent quant à elles 100 000 salariés tandis que l'essor de nouvelles applications des rayonnements optiques concernerait des millions de salariés. Quatre directives européennes relatives à ces nuisances fixent des valeurs d'action et des valeurs limite d'exposition au-delà desquelles il est demandé aux entreprises de renforcer la prévention. Depuis plusieurs années, l'INRS développe des connaissances pour faciliter la mise en application de ces réglementations à finalité préventive.

Bruits

Sur ce thème, les travaux de recherche de l'INRS visent à améliorer les méthodes de diagnostic et de localisation des sources de bruit et à étudier les nouveaux matériaux acoustiques ainsi que les protecteurs auditifs. Un autre axe de travail s'intéresse à la compréhension et à la perception des messages dans des espaces ouverts et à l'influence sur la gêne ou le confort auditif des salariés.



Amélioration de l'intelligibilité de signaux utiles dans le bruit : application aux bureaux ouverts

Patrick CHEVRET

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Le nombre de salariés travaillant en bureau ouvert est important et en constante progression notamment parce que cet agencement souple et économique rationalise l'espace de travail et facilite la communication ou le travail en équipe. Or, il est aujourd'hui admis que la gêne sonore liée aux conversations subies peut avoir des conséquences sur l'activité (déconcentration, erreurs dans la réalisation des tâches) ou sur la santé des salariés (fatigue générale, fatigue auditive, facteurs de mal-être ou de stress). La présente étude visait d'une part, à évaluer l'intelligibilité dans les bureaux ouverts au moyen d'indicateurs dédiés et d'autre part, à établir la relation qui peut exister entre la gêne sonore et l'intelligibilité des bruits subis dans ces espaces. Sur ce dernier point, un partenariat avec le Laboratoire Acoustique et Vibrations de l'INSA de Lyon a été mis en place, avec le co-encadrement d'une thèse conduite à l'INRS.



■ Démarche

D'une étude bibliographique menée sur les mécanismes qui influencent l'intelligibilité des bruits dans les espaces ouverts, il ressort que les fluctuations temporelles du bruit ambiant sont un facteur clef de l'intelligibilité, mais que les modélisations existantes sont limitées au bruit ambiant stationnaire, qui n'est qu'un cas particulier de l'ambiance sonore. Un système opérationnel pour la mesure de l'intelligibilité, basé sur cette hypothèse de stationnarité, a néanmoins été développé avant d'être testé en entreprise. De plus, des tests perceptifs pour le développement de nouveaux indicateurs d'intelligibilité ont été mis au point afin de rendre compte des fluctuations du bruit ambiant. Enfin, dans la thèse de doctorat, d'autres tests ont cherché à relier différents indicateurs d'intelligibilité avec la gêne sonore, mesurée autant que ressentie, dans un bureau ouvert.

■ Résultats principaux

Il a été démontré que les modulations du bruit ambiant, en lien avec la densité d'occupation de l'espace de travail, jouent un rôle significatif sur l'intelligibilité. De ce constat, un nouvel indicateur d'intelligibilité a pu être développé et a été validé par des tests en laboratoire. En parallèle, les résultats d'autres tests réalisés dans le cadre de la thèse de doctorat ont montré que l'intelligibilité est un descripteur insuffisamment relié à la performance et à la gêne ressentie et qu'elle ne doit donc pas être utilisée directement pour évaluer les situations d'inconfort sonore.

■ Discussion

Même si le nouvel indicateur développé constitue une avancée pour l'évaluation de la nuisance sonore en bureau ouvert, le fait que son lien avec la gêne ressentie n'ait pu être démontré de manière significative invite à se poser la question de son amélioration et celle de son évaluation subjective. Concernant le premier point, la principale piste à explorer est celle liée à la répartition spatiale des sources sonores en bureau ouvert, répartition qui dépend principalement de la position des personnes autour du salarié gêné. Quant à l'évaluation subjective de la gêne sonore, il convient, pour aller plus loin, de s'interroger sur les conséquences d'une exposition de longue durée, puisque les tests réalisés en laboratoire, limités dans le temps, n'ont permis de mesurer des effets importants que sur la gêne immédiate. Pour cela, il serait nécessaire d'initier une démarche s'appuyant sur la conjugaison de tests de longue durée en laboratoire et d'enquêtes de terrain.



Protection individuelle contre le bruit : le point sur les méthodes de mesures *in situ* de l'efficacité réelle et individuelle des protecteurs

Nicolas TROMPETTE, Alain KUSY

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Il est aujourd'hui admis que l'affaiblissement acoustique mesuré en laboratoire et affiché par les fabricants sur les protecteurs individuels contre le bruit (PICB) est surévalué. Un employeur choisissant une protection auditive pour ses salariés sur la base des données du fabricant peut donc mettre en danger l'audition des personnes exposées. Pour répondre à ce problème, les fabricants commencent à proposer différents systèmes et méthodes de mesures permettant une estimation *in situ* de l'atténuation personnelle réelle apportée par un PICB. L'objectif de l'étude était d'évaluer les performances et les limites de ces nouveaux systèmes.

■ Démarche

La méthodologie a consisté à identifier les méthodes principales utilisées pour évaluer individuellement l'efficacité des protections auditives et les systèmes commerciaux fondés sur ces méthodes. Quatre systèmes commerciaux ont été acquis et analysés. L'évaluation de leur efficacité a consisté à comparer les résultats de ces systèmes à des mesures de référence obtenues d'une part, par la méthode normalisée utilisée en certification et d'autre part, par une autre méthode normalisée utilisée pour l'évaluation de l'exposition sonore, protecteurs inclus. La comparaison, faite sur huit protecteurs et à l'aide de vingt sujets, a d'abord été effectuée en valeur moyenne afin de vérifier la justesse des résultats puis individuellement afin d'en mesurer la précision.

■ Résultats principaux

Sur quatre systèmes commerciaux dédiés à la détermination de l'affaiblissement acoustique individuel *in situ* des PICB : SVANTEK SV102, E-A-Rfit, CAPA et VeriPRO, seuls les trois premiers ont été validés. Ces systèmes s'appuient sur trois méthodes différentes : F-MIRE (pour mesure dans le conduit auditif *in situ*) pour les deux premiers, l'audiométrie pour le troisième, l'équilibrage du son pour le quatrième. Les atténuations moyennes obtenues avec les systèmes E-A-Rfit, SVANTEK et CAPA sont très bien corrélées aux valeurs de référence et peuvent donc être considérées comme justes. Les comparaisons individuelles indiquent des incertitudes satisfaisantes pour le système SVANTEK, dédié aux serre-têtes.



En revanche, pour les deux autres systèmes, E-A-Rfit et CAPA, dédiés aux bouchons d'oreille, elles présentent des écarts importants. Ces deux systèmes annoncent une incertitude de 7 dB quand les résultats de la présente étude montrent une incertitude de l'ordre de 10 dB. Les méthodes F-MIRE et dérivées de l'audiométrie apparaissent finalement bien adaptées à ce type de mesure. En revanche, le système VeriPRO qui utilise la méthode d'équilibrage du son entre les deux oreilles n'est pas utilisable en l'état.

■ Discussion

Trois des quatre systèmes testés sont justes et peuvent être utilisés afin de vérifier *in situ* et individuellement l'atténuation apportée par le port de protecteurs auditifs. Ces systèmes peuvent désormais être conseillés aux préventeurs pour l'évaluation individuelle de la protection auditive des salariés. L'étude sera valorisée principalement par des publications et communications à différents publics (ministère du Travail, normalisateurs, scientifiques, préventeurs d'entreprise et médecins du travail). Les perspectives sont d'améliorer la précision de ces méthodes lorsqu'elles sont appliquées aux bouchons d'oreilles.



Au sein de cette thématique "bruits",
trois études sont en cours en 2014

■ **Caractérisation des propriétés acoustiques des parois complexes et influence sur le bruit dans les locaux industriels**

> Jacques CHATILLON - Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ **Techniques d'holographie acoustique pour la caractérisation des machines industrielles bruyantes**

> Armand NEJADE - Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ **Perception de signaux acoustiques utiles dans le bruit**

> Jean-Pierre ARZ - Département Ingénierie des Équipements de Travail





Vibrations

L'exposition aux vibrations peut entraîner à long terme la survenue de maladies professionnelles musculosquelettiques mais aussi vasculaires et neurologiques. Pour contribuer à leur prévention, l'INRS développe des outils d'aide à l'évaluation sans mesures (calculatrice, base de données...).

Pour approfondir les connaissances dans le domaine des vibrations main-bras, l'INRS développe des actions de modélisation et de caractérisation expérimentale de la propagation des vibrations émises par les machines portatives.

Concernant les vibrations globales du corps, dont l'exposition a entraîné 488 affections chroniques du rachis lombaire en 2012 (maladie professionnelle reconnue), des travaux portant sur la prise en compte de cofacteurs (efforts, posture) visent à accroître les connaissances sur cette co-exposition au poste de conduite d'engins mobiles vibrants.



Au sein de cette thématique "vibrations", quatre études sont en cours en 2014

- **Modélisation et caractérisation expérimentale de la propagation des vibrations mécaniques dans le membre supérieur lors de l'utilisation de machines**
> Christophe NOËL - Département Ingénierie des Équipements de Travail
- **Développement d'un outil pour la mise en œuvre du décret "Vibration" pour les opérateurs de machines vibrantes tenues à la main**
> Éric CARUEL et Patrice DONATI - Département Ingénierie des Équipements de Travail
- **Cartographie des postures statiques et dynamiques chez les opérateurs assis sur des engins mobiles vibrants**
> Maël AMARI - Département Ingénierie des Équipements de Travail
- **Modélisation des phénomènes de remodelage vasculaire consécutifs à une exposition vibratoire du système main-bras**
> Pierre LEMERLE - Département Ingénierie des Équipements de Travail



Champs électromagnétiques et rayonnements optiques

Dans le domaine des champs électromagnétiques, les populations sont exposées en raison d'applications professionnelles et domestiques utilisant les propriétés des champs et des ondes électromagnétiques. Il y a lieu d'évaluer les expositions réelles, de caractériser les sources, de recenser les moyens de prévention, de développer des solutions techniques pour réduire les expositions et de sensibiliser les utilisateurs.

Dans le domaine des rayonnements optiques, des études destinées à définir une méthodologie d'évaluation des risques *in situ* et à évaluer les moyens de protection, se poursuivent. D'autres visent à accompagner la mise en œuvre du décret relatif à la protection des salariés contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels.

Proposition d'une méthode de mesure des rayonnements optiques au poste de travail

Annick BARRIER-SALSI

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Afin de disposer d'une méthodologie simple de mesure des rayonnements optiques *in situ*, dans le cadre de la directive européenne 2006/25/CE et du décret n° 2010-750 du 2 juillet 2010, l'INRS a conduit entre 2006 et 2008 une étude qui a mis en évidence que les spectroradiomètres CCD (mesures entre 200 et 1100 nm) présentaient des erreurs importantes dues à la lumière parasite. Parmi les méthodes proposées dans la bibliographie pour réduire l'erreur imputable à la lumière parasite, celle développée par le NIST (National Institute of Standards and Technology) est aujourd'hui la plus souvent reprise dans la littérature. Elle consiste à construire une matrice de correction à partir de raies (environ 80) émises par des lasers accordables. Or, les moyens matériels nécessaires à la mise en œuvre de cette méthode sont importants et les coûts associés sont élevés. L'objectif principal de cette étude était donc de reproduire cette méthode en produisant les raies à partir du monochromateur disponible au laboratoire de l'INRS. Cependant, les premiers résultats ont conduit à expérimenter une autre solution simplifiée, basée sur l'émission de neuf lasers de faible puissance. Une seconde phase de l'étude avait pour objectif d'évaluer les performances d'un spectroradiomètre infrarouge à photodiodes, de manière à pouvoir proposer une méthodologie de mesure sur l'ensemble du spectral ultraviolet, visible et infrarouge.

■ Démarche

Dans un premier temps, la matrice de correction de deux spectroradiomètres CCD a été construite d'une part, à partir d'un monochromateur et d'autre part, à l'aide de neuf lasers ; les raies manquantes ont été obtenues par interpolation/extrapolation. Les mesures réalisées sur des sources de caractéristiques spectrales variées ont été corrigées par la matrice et ensuite comparées aux mesures relevées avec le spectroradiomètre à balayage du laboratoire, pris comme référence. Les performances du spectroradiomètre infrarouge ont également été évaluées par comparaison au spectroradiomètre de référence.



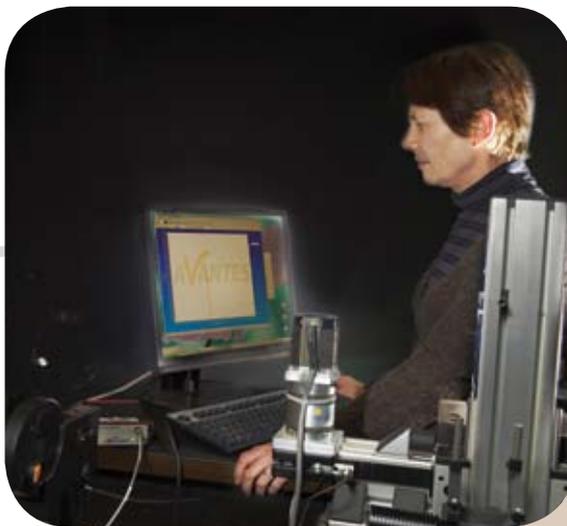


■ Résultats principaux

La matrice de correction construite à partir du monochromateur n'est pas satisfaisante par manque de signal en sortie. En revanche, celle construite sur la base des lasers permet de corriger notablement la lumière parasite et de s'approcher du signal mesuré par le spectroradiomètre de référence. L'un des spectroradiomètres a un meilleur comportement que l'autre à la correction en raison de sa meilleure sensibilité dans l'ultraviolet. Quant aux spectroradiomètres infrarouges, les erreurs maximales enregistrées par rapport aux mesures de référence sont inférieures à 10 %.

■ Discussion

Cette étude a mis en évidence qu'il était possible de réduire la lumière parasite des spectroradiomètres d'un facteur compris entre 10 et 100 en utilisant seulement neuf lasers pour construire la matrice de correction. Ces résultats sont du même ordre de grandeurs que ceux obtenus par le NIST. Les spectroradiomètres utilisés *in situ* devront néanmoins avoir une très bonne sensibilité dans l'ultraviolet. Une interface prenant en compte la correction du signal dès l'acquisition des mesures sera réalisée, afin que les Centres de Mesures Physiques disposent d'un outil facile d'emploi, dont les résultats sont directement utilisables dans CatRayon pour l'évaluation des risques.



Au sein de cette thématique
"champs électromagnétiques et rayonnements optiques",
deux études sont en cours en 2014

- **Aide à la mise en œuvre de la directive européenne "Champs électromagnétiques" pour les opérateurs de machines rayonnantes**
> Philippe DEMARET et Patrice DONATI - Département Ingénierie des Équipements de Travail
- **Dispositif d'accompagnement à la mise en œuvre du décret n° 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels**
> Annick BARLIER-SALSI - Département Ingénierie des Équipements de Travail

Conception des équipements, des lieux et des situations de travail

Au-delà du respect des exigences réglementaires, la démarche dite de "Prévention intégrée" permet aux concepteurs, aux chefs d'entreprise ainsi qu'aux acteurs de la prévention d'anticiper les risques professionnels et de mieux les maîtriser tout en conciliant les impératifs techniques, organisationnels et économiques de leurs projets. L'enjeu est d'appliquer des principes de conception sûre, en amont des projets d'équipements (machines, outils...) ou de lieux de travail (bâtiment, atelier...).

Cette démarche fait partie des huit bonnes pratiques de prévention des risques professionnels et elle est inscrite dans le Code du travail. Elle concerne de ce fait l'ensemble des secteurs d'activité (industrie, construction, services...) et ce, quels que soient les risques. Les études de l'INRS portent à la fois sur l'approche méthodologique et sur les outils de conception. D'autres travaux étudient des outils logiciels, également dénommés "Mannequins numériques", pour permettre aux concepteurs de simuler différents scénarios d'une future situation de travail et d'en vérifier le respect de principes d'ergonomie physique (anthropométrie, postures, efforts, stabilité, etc.).

Méthodologie d'aide à la rédaction d'un cahier des charges, basée sur la notion de situation de travail

Bruno DAILLE-LEFEVRE

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Cette étude a été réalisée en partenariat avec le Centre technique des industries mécaniques (CETIM). Elle avait pour objectif d'élaborer puis de diffuser auprès des PME un outil méthodologique permettant d'intégrer dans les cahiers des charges d'achat ou de conception d'un équipement de travail (machine spéciale, poste de travail individuel, ligne d'assemblage, etc.) l'ensemble des éléments nécessaires à la mise en application des principes de conception sûre. Ces données devant aller au-delà des références aux normes, elles doivent notamment porter sur les usages et les contraintes des situations de travail.

■ Démarche

Une analyse bibliographique, complétée par une analyse des pratiques des concepteurs de machines, a montré que les industriels s'appuient généralement sur l'analyse fonctionnelle du besoin (AFB) pour spécifier les équipements de travail qu'ils souhaitent acquérir.

L'approche proposée reposait sur le couplage de cette AFB avec le modèle de situations de travail "MOSTRA" précédemment développé par l'INRS vis-à-vis de la problématique de l'intégration de la prévention en conception.

Cette approche spécifie que chaque fonction doit être sûre. L'enjeu consistait donc à définir une méthode de questionnement structurée pour l'identification des critères d'usage associés à chaque fonction.

Le développement théorique de cette approche a été complété par des phases de mises en situations auprès d'industriels afin d'évaluer sa pertinence et son acceptabilité.

■ Résultats principaux

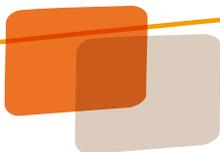
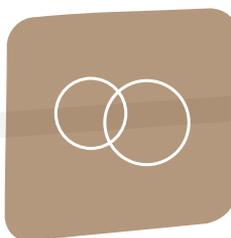
L'approche théorique retenue et sa mise en pratique ont permis d'élaborer une démarche s'appuyant sur une description de l'usage de la machine au sein de chaque fonction technique. Pour cela, il est proposé de questionner chacune d'elles de la façon suivante : **Pourquoi** cette fonction ? Sur **Quoi** agit cette fonction ? **Qui** ou qu'est-ce qui intervient pour réaliser cette fonction ? **Comment** se déroule la fonction ? **Où** a lieu la fonction ? **Quand** se produit la fonction ?

Deux cas d'applications, l'un avec un "concepteur" de machines spéciales, l'autre avec un "utilisateur final", ont montré d'une part, l'applicabilité de la méthode proposée par des PME/PMI et d'autre part, l'intérêt, du point de vue de la prévention des risques professionnels, de placer les critères liés à l'usage au sein des fonctions techniques.

■ Discussion

Comme cela a été montré, l'approche proposée permet aux parties prenantes (concepteurs et utilisateurs) d'aller au-delà de la seule spécification technique, pour atteindre la description des situations de travail et ainsi identifier très tôt des situations potentiellement dangereuses. Cette approche doit toutefois être replacée dans le contexte plus global de l'acquisition d'un équipement de travail. En effet, pour s'assurer que les solutions techniques réellement retenues par le concepteur sont en adéquation avec le cahier des charges, celui-ci doit également contenir les éléments relatifs au processus de validation du projet, notamment la définition de revues de projet intermédiaires (modalités, critères, scénarios d'usage).

Des valorisations ont déjà été engagées, tant du point de vue scientifique (proposition d'un chapitre dans un ouvrage portant sur l'intégration de l'usage en conception, congrès Lambda Mu 18) que pratique. Une brochure et une formation commune avec le CETIM expliqueront et porteront cette méthodologie auprès des PME.



Développement et validation d'algorithmes de mannequins numériques pour l'évaluation des facteurs de risques biomécaniques en conception

Jonathan SAVIN

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Les mannequins numériques présentent un réel intérêt pour l'intégration de la prévention dès les premières phases de conception d'un équipement de travail. Ce sont en effet des outils informatiques qui permettent de simuler l'activité future des opérateurs et de l'évaluer du point de vue biomécanique (dimensionnement de postes de travail, vérification du champ de vision et des zones d'atteinte, estimation des risques d'atteinte de l'appareil locomoteur...). Cependant, leur mise en œuvre est complexe et peut, dans certains cas, conduire à une sous-estimation des efforts futurs de l'opérateur. L'objectif de cette étude était donc de développer des algorithmes de commande permettant d'animer ces mannequins en vue d'une évaluation ergonomique fiable de l'activité future, et de valider ces développements à l'aide de données biomécaniques issues de situations expérimentales faisant appel à des sujets humains.



■ Démarche

Cette étude a servi de cadre pour une thèse d'université encadrée conjointement par l'INRS et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). L'approche retenue a reposé sur des techniques de calcul et de simulation issues de la robotique : des lois de commande inspirées du comportement humain ont été développées pour animer un mannequin numérique de manière autonome, générique et réaliste en termes de postures, trajectoires, vitesses et efforts, et ce à partir d'une description aussi simple que possible de l'activité future. La validation quantitative des travaux a reposé sur l'analyse comparative des simulations obtenues à l'aide de ce contrôleur avec des données expérimentales relatives à la pose d'inserts, activité industrielle répétitive précédemment étudiée par l'INRS du point de vue biomécanique.



■ Résultats principaux

Le contrôleur de mannequin numérique développé modélise les capacités d'anticipation, de rétroaction et d'apprentissage du contrôle moteur humain. Les évaluations ergonomiques des simulations obtenues avec ce contrôleur, établies selon les recommandations de la norme EN 1005-5, sont cohérentes avec celles de l'activité des sujets humains. Pour l'exemple considéré, les profils de trajectoires et de vitesses simulés sont très proches de l'enveloppe des trajectoires et vitesses des sujets. Les lois de contrôle apparaissent robustes et génériques en cas de changement de l'activité ou de l'anthropométrie du sujet, et le temps de simulation est quasi-temps réel.

■ Discussion

Les travaux réalisés ont répondu aux objectifs de l'étude, à savoir l'animation autonome et réaliste d'un mannequin numérique pour évaluer les facteurs biomécaniques d'une future situation de travail. Si la robustesse et la généralité des algorithmes développés s'avèrent satisfaisantes pour une tâche de pose d'insert, il conviendra de confirmer ces résultats pour des tâches plus complexes.

Des perspectives d'évolution ont également été identifiées, notamment pour ce qui concerne la variabilité du mouvement humain : à ce jour, elle n'est pas prise en compte par les mannequins numériques alors qu'elle semble jouer un rôle protecteur pour l'appareil locomoteur. Une étude transversale associant des ingénieurs, ergonomes et médecins de l'INRS abordera cette problématique. Elle débutera en 2014.

Enfin, cette étude a fait l'objet d'une thèse de doctorat, de publications et communications internationales. Des valorisations à destination de préventeurs sont également prévues pour 2014 (un article pour la revue HST, une journée technique).



Au sein de cette thématique,
deux études sont en cours en 2014

■ Développement d'une méthodologie de conception détaillée sûre d'équipements de travail

> Jacques MARSOT, Bruno DAILLE-LEFEVRE, Aurélien LUX - Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Variabilité du mouvement : caractérisation lors d'activités d'assemblage et intégrabilité dans un outil d'aide à la conception

> Jonathan SAVIN - Département Ingénierie des Équipements de Travail, Clarisse GAUDEZ et Martine GILLES - Département Homme au Travail

Déchets et recyclage

Les évolutions de la réglementation européenne ainsi que, plus récemment, le Grenelle de l'environnement ont encouragé le développement, la croissance et l'industrialisation des filières du recyclage et de la valorisation.

Une analyse des données de la CNAM-TS a mis en évidence une forte croissance des effectifs au cours de la dernière décennie dans les différents métiers de la collecte, du tri, du traitement des ordures ménagères et du recyclage. Selon ces données, les salariés de ce secteur s'avèrent plus exposés que dans les autres activités relevant du régime général.

Par ses activités d'études et de recherche, l'Institut contribue à la conception et à l'organisation des filières (collecte, tri, démantèlement, dépollution, traitement, valorisation) en y associant la composante hygiène et sécurité, notamment par l'analyse de certains processus organisationnels, la caractérisation des procédés dans les filières émergentes et/ou existantes et l'évaluation des niveaux d'exposition des salariés sur le terrain.

L'Institut vise également le développement de solutions de prévention des risques et des effets sur la santé des salariés, adaptées notamment aux particularités du secteur de la valorisation des déchets, du BTP et du traitement des sols pollués.

Évaluation des expositions chimiques et biologiques lors des opérations d'exploitation et de maintenance des centres de traitement thermique des déchets non dangereux

Ronan LEVILLY

Département Ingénierie des Procédés

Thématique associée : risques chimiques - solutions de prévention

■ Exposé des motifs et objectifs

Peu d'études ont porté sur les travailleurs évoluant au sein des installations de traitement thermique des déchets non dangereux. Pourtant, le parc d'usines de traitement représente 129 usines sur le territoire pour un total de 3 500 salariés.

L'étude visait à répondre à un double objectif :

- > réaliser une évaluation des expositions aux agents chimiques et biologiques présents dans ces installations ;
- > guider les professionnels dans la mise en place des bonnes pratiques de prévention des risques chimiques et biologiques dans ces unités de traitement.



■ Démarche

La méthodologie appliquée s'est organisée selon les étapes suivantes :

- > état de l'art des typologies des usines de traitement pour permettre la définition et le choix des sites pilotes de l'étude (5 typologies retenues) ;
- > détermination des substances chimiques et biologiques représentatives de l'activité d'incinération des déchets ménagers et assimilés (en moyenne 40 substances chimiques et biologiques recherchées lors des campagnes métrologiques) ;
- > identification des différentes familles de personnel (5 groupes homogènes d'exposition [GEH]) et des zones d'intérêts (10) ;
- > mise en place d'une stratégie d'échantillonnage en s'appuyant sur une matrice emploi-exposition ;
- > évaluation des niveaux moyens d'exposition aux substances identifiées en fonction des périodes de travail.

■ Résultats principaux

Les résultats obtenus s'appuient sur un total de 5 500 mesures réalisées au travers de 13 campagnes de mesures (9 semaines en mode normal et 4 semaines en arrêt technique).

> En mode de fonctionnement normal

Les personnels de maintenance et d'exploitation (principalement le rondier) sont les salariés les plus exposés lors du fonctionnement normal. La zone la plus exposante est le hall de déchargement.

Les substances présentant les niveaux d'exposition les plus importants sont les poussières inhalables, les aérosols de calcium, le chrome hexavalent et les bio-aérosols (exclusivement pour les opérations et les travailleurs en contact avec des éléments du procédé souillés par les déchets ménagers).

> En période d'arrêt technique

Le personnel de maintenance impliqué (renforcé par le personnel d'exploitation ou le personnel d'entreprise sous-traitante) est exposé.

Les niveaux d'exposition relevés sont très importants et peuvent dépasser les valeurs limites d'exposition professionnelle, posant la question de l'adéquation des Équipements de Protection Individuelle (EPI) fournis.

Ces expositions concernent un certain nombre de substances, dont les poussières (alvéolaires et inhalables), les aérosols de calcium, les aérosols métalliques (plomb, fer, cuivre) et le chrome hexavalent pour lequel la valeur limite sera abaissée en juillet 2014.



■ Discussion

L'amélioration des conditions de travail dans le secteur de l'incinération doit porter sur les tâches journalières se déroulant dans la zone du hall de déchargement, mais surtout sur les opérations de maintenance lors des arrêts techniques. Toutefois, la configuration des installations concernées ne permet pas toujours le recours à des solutions de protections collectives. Les difficultés liées aux zones de travaux (trous d'homme, espaces exigus, co-activités...) sont autant d'éléments à prendre en considération dans le choix des solutions de prévention. Le guide de prévention des risques chimiques et biologiques rédigé sur la base de ces travaux s'attachera à proposer des pistes d'amélioration.



Au sein de cette thématique,
quatre études sont en cours en 2014

- **DEEE : réduction du risque chimique dans les filières existantes et émergentes**
> Marie-Thérèse LECLER, François ZIMMERMANN - Département Ingénierie des Procédés
- **Prévention des risques chimiques et biologiques dans les unités de méthanisation**
> Philippe FERRARI - Département Ingénierie des Procédés
- **Panorama de l'exposition des salariés dans les activités de dépollution des sols contaminés**
> Pascal POIROT - Département Ingénierie des Procédés
- **Filière de traitement et recyclage des panneaux photovoltaïques - Étude d'instruction**
> Ronan LEVILLY - Département Ingénierie des Procédés

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Allergies professionnelles" ou "Risques biologiques".

Multi-expositions : produits chimiques et bruits

Les multi-expositions (interactions de plusieurs agents chimiques ou bruit) sont très présentes en milieu industriel.

L'exposition à plusieurs produits chimiques à un même poste de travail a été constatée dans 99 % des interventions en entreprises. Par ailleurs, les multi-expositions chimiques concernent 89 % des agents chimiques recensés (base de données Colchic), soit 623 sur 700.

Les travaux de l'INRS visent :

- > l'identification des risques encourus par les salariés exposés à des combinaisons de nuisances (association bruit et produit chimique) ainsi que l'évaluation de leurs effets potentiels ;
- > le développement de nouveaux outils capables de prendre en compte les expositions multiples (bases de données, modèles physiologiques, pharmacocinétiques, biomonitoring, équipements de protection, dépistage, épidémiologie...);
- > l'évaluation de la pertinence des VLEP, notamment dans le cas des faibles doses.

Audiométrie objective dans la prévention des risques de surdité professionnelle : une alternative à l'audiométrie tonale

Pierre CAMPO, Thomas VENET

Département Toxicologie et Biométrie

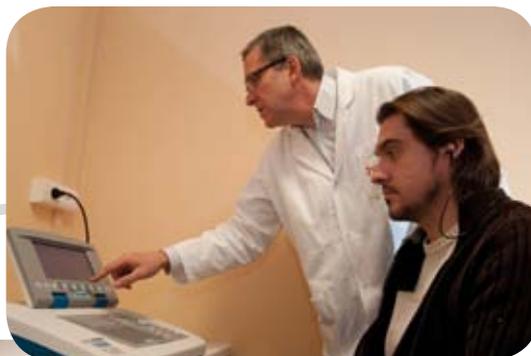
Thématique associée : risques chimiques - connaissances sur les dangers

■ Exposé des motifs et objectifs

L'audition peut être altérée par le bruit et par certains solvants aromatiques utilisés en milieu industriel. Les objectifs de cette étude étaient de comprendre l'impact de ces solvants sur le récepteur auditif périphérique, et sur le système auditif central qui pilote le réflexe des oreilles moyenne et interne. Cette étape devait permettre l'élaboration d'un nouvel outil pour tester l'audition des salariés multi-exposés.

■ Démarche

Elle repose, chez l'animal comme chez l'homme, sur les mesures de produits de distorsion acoustiques (PDA) dans une oreille, associée à une stimulation dans l'autre oreille. Les PDAs sont obtenus par une sonde, placée devant le tympan, qui génère deux sons purs : f_1 et f_2 , avec un rapport $f_1/f_2=1,2$. La sonde renferme également un microphone qui enregistre les "distorsions" renvoyées par la cochlée à travers la chaîne tymano-ossiculaire. Quant à la stimulation contralatérale, elle est paramétrée de façon à stimuler les réflexes des oreilles moyenne et interne. Un programme informatique a permis d'engendrer f_1 & f_2 , d'enregistrer les PDA, et de déclencher les réflexes. Le procédé est non invasif et objectif, dans le sens où il ne requiert pas la participation des sujets testés.



■ Résultats principaux

Les PDAs sont des outils suffisamment sensibles pour mesurer, chez le rat et l'homme, les amplitudes des réflexes des oreilles moyenne et interne. Les solvants aromatiques empoisonnent les cellules ciliées externes et perturbent le réflexe de l'oreille moyenne. En revanche, le réflexe de l'oreille interne semble insensible à ces agents chimiques. Ces résultats ont fait l'objet d'une thèse d'université et de médecine soutenues toutes deux en 2013. Les mesures objectives, rapides, permettent donc d'apprécier les performances auditives des salariés. Partant de ce constat, un nouveau procédé de mesure du réflexe auditif a été conçu et breveté : l'Echoscan Audio. Les premières études en entreprises montrent la grande sensibilité des seuils de déclenchement des réflexes pour mettre en évidence une fatigue auditive.

■ Discussion

Cette étude montre que le procédé Echoscan Audio peut mettre en évidence une fatigue auditive périphérique, chez l'homme, après une journée de travail dans un environnement modérément bruyant. Il montre également, chez l'animal, sa capacité à déceler les perturbations des réflexes de l'oreille moyenne et interne induites par les solvants aromatiques. Il reste aujourd'hui à trouver des terrains d'accueil pour tester ses performances, chez l'homme, dans des atmosphères polluées. Le procédé permet de mesurer des données objectives sur site, dans un environnement sonore comportant moins de contraintes que celui nécessaire à la réalisation de l'audiométrie. Aujourd'hui un partenariat industriel permet la production, d'un dispositif de mesure et Echoscan Audio fait l'objet d'actions d'information en lien avec l'unité de communication externe de l'INRS, auprès des partenaires de la prévention.





Au sein de cette thématique,
cinq études sont en cours en 2014

- **Nocivité comparée d'un bruit impulsionnel et d'un bruit stable de même énergie acoustique lors d'une co-exposition au styrène**
> Pierre CAMPO - Département Toxicologie et Biométrie
- **Interaction toluène/butanone chez le rat : aspects métaboliques et ototoxicité**
> Frédéric COSNIER - Département Toxicologie et Biométrie
- **Modifications de l'amplitude du réflexe de l'oreille moyenne après inhalation de solvant. Conséquences physiologiques pour les expositions au bruit**
> Pierre CAMPO, Thomas VENET - Département Toxicologie et Biométrie
- **Évaluation de l'utilisation des mesures d'exposition à des produits chimiques dans les banques de données françaises Colchic et Scola pour la prévention des maladies professionnelles**
> Gautier MATER - Département Métrie des Polluants
- **Modification du métabolisme du styrène par une co-exposition avec la 2-butanone (MEK)**
> Benoît COSSEC - Département Toxicologie et Biométrie

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous la thématique "Risques chimiques".



Nanomatériaux manufacturés

Les nanotechnologies connaissent un essor considérable, en raison des innovations qu'elles permettent dans de nombreux secteurs d'activité : chimie, énergie, bâtiment, cosmétique, automobile, électronique...

Mais l'enthousiasme que soulèvent les nanomatériaux manufacturés est tempéré par les questions concernant les risques potentiels d'effets biologiques chez les salariés. À ce titre, l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail considère les nanomatériaux comme l'un des dix principaux risques sanitaires émergents sur les lieux de travail.

La prévention des risques nécessite comme pour tout produit chimique d'identifier les sources d'exposition, d'évaluer les expositions et de caractériser le risque en relation avec les dangers potentiels, la finalité étant de réduire le risque en apportant des solutions de prévention. Dans ce contexte, il convient d'accorder une place significative à la protection des salariés et à la gestion des risques. Des moyens de protection collective ou individuelle existent mais des vérifications complémentaires sont nécessaires pour confirmer les performances de ces équipements.

L'action de l'INRS sur les nanomatériaux manufacturés se décline autour de trois objectifs :

- > mettre à la disposition du monde du travail des connaissances sur les dangers ;
- > concevoir des outils pour identifier, caractériser et mesurer les expositions professionnelles ;
- > proposer des approches et des outils de prévention pour les entreprises et les laboratoires produisant ou manipulant ces matériaux.

Génotoxicité *in vitro* et *in vivo* des nanomatériaux : projet d'action conjointe européenne "Nanogenotox"

Yves GUICHARD, Laurent GATE, Christian DARNE

Département Toxicologie et Biométrie

Thématique associée : risques chimiques - connaissances sur les dangers

■ Exposé des motifs et objectifs

L'étude "Génotoxicité *in vitro* et *in vivo* des nanomatériaux : projet d'Action Conjointe Européenne" s'inscrit dans le projet européen Nanogenotox dont l'objectif relevait de l'évaluation des dangers et des risques liés à l'exposition aux nanomatériaux manufacturés. Pour l'INRS, ce projet répondait directement aux besoins de prévention concernant les salariés potentiellement exposés à des nanomatériaux. Son objectif principal était d'établir une méthode robuste *in vitro* d'évaluation du potentiel génotoxique de nanomatériaux manufacturés en s'appuyant sur l'expérimentation animale. Le projet s'est déroulé sur une durée de trois ans (mars 2010 - février 2013) avec la participation de dix-sept instituts de recherche de onze États membres, coordonnés par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).



■ Démarche

Trois types de nanomatériaux ont été sélectionnés dans ce projet : quatre silices synthétiques amorphes, quatre dioxydes de titane et six nanotubes de carbone. La méthodologie s'appuyait sur quatre étapes principales :

- > caractérisation physico-chimique des nanomatériaux et le développement d'une méthode de dispersion dans les milieux biologiques ;
 - > génotoxicité *in vitro* : principalement évaluée par le test des comètes et le test micronoyaux sur différents modèles cellulaires représentatifs des voies d'exposition (inhalation et orale) ; deux modèles cellulaires (pulmonaire et intestinal) ont été retenus pour des essais inter-laboratoires ;
 - > génotoxicité *in vivo* : évaluée chez des rats exposés par instillation intratrachéale et par gavage ; le test des comètes a été réalisé sur différents organes (poumon, foie, rein, rate, sang et moelle osseuse) et le test des micronoyaux au niveau de la moelle osseuse et pour les études par gavage au niveau du colon ;
 - > toxicocinétique : étudiée par voies orale et intraveineuse chez des rats pour rechercher les organes cibles.
- La participation de l'INRS à ce projet concernait la seconde et la troisième étape : la génotoxicité *in vitro* (sur cellules alvéolaires humaines) et *in vivo* des échantillons de silice ainsi que les essais inter-laboratoires *in vitro* sur différents nanomatériaux.

■ Résultats principaux

Pour l'ensemble du projet, les résultats principaux sont :

- > des effets génotoxiques ont été détectés *in vitro* avec la plupart des nanomatériaux testés mais restent à des niveaux faibles ;
- > les essais inter-laboratoires montrent une variabilité importante des résultats dans les essais de génotoxicité *in vitro* (test des comètes et tests des micronoyaux) ;
- > les tests de génotoxicité *in vivo* étaient négatifs (ou parfois équivoques) pour la majorité des nanomatériaux ; par ailleurs, notre laboratoire a montré des effets inflammatoires pulmonaires pour les quatre silices synthétiques amorphes testées.

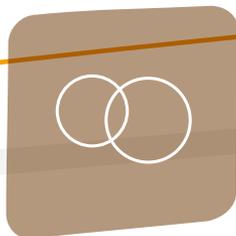
■ Discussion

Ce projet est à considérer comme une première étape vers la mise en place d'une méthode robuste pour l'évaluation de la génotoxicité des nanomatériaux. Des travaux complémentaires seraient nécessaires pour permettre de considérer les tests *in vitro* comme une alternative fiable à l'expérimentation animale. Le projet a contribué à la constitution d'un réseau d'échange entre laboratoires européens pour améliorer et partager leurs connaissances sur les nanomatériaux.



Au sein de cette thématique,
huit études sont en cours en 2014

- **Approche européenne commune pour l'évaluation réglementaire des nanomatériaux (NanoReg)**
> Laurent GATE - Département Toxicologie et Biométrie, Olivier WITSCHGER - Département Métrie des Polluants, Emmanuel BELUT - Département Ingénierie des Procédés
- **Normalisation des activités concernant les nanotechnologies et les nanomatériaux (NanoCen)**
> Olivier WITSCHGER et Sébastien BAU - Département Métrie des Polluants
- **Impact des sources et de l'environnement sur le confinement des polluants nanoparticulaires par les dispositifs de protection collective**
> Emmanuel BELUT - Département Ingénierie des Procédés
- **Performances des appareils de protection respiratoire filtrants et isolants vis-à-vis des nanoparticules**
> Sandrine CHAZELET - Département Ingénierie des Procédés
- **Performances de la métrie en temps réel appliquée aux aérosols de nanoparticules**
> Sébastien BAU et Olivier WITSCHGER - Département Métrie des Polluants
- **Évaluation de l'exposition au dioxyde de titane nanométrique**
> Bertrand HONNERT - Département Métrie des Polluants
- **Études des effets génotoxiques *in vitro* de particules de silices nanostructurées issues de différents procédés de fabrication**
> Yves GUICHARD et Christian DARNE - Département Toxicologie et Biométrie
- **Étude de l'effet de l'agglomération sur les propriétés toxicologiques respiratoires et la toxicocinétique de nanoparticules de dioxyde de titane inhalées chez le rat**
> Christian DARNE et Yves GUICHARD - Département Toxicologie et Biométrie



Organisation, santé et sécurité au travail

De nombreux programmes d'action nationaux ou internationaux ont mis en évidence ces dernières années les dimensions organisationnelles de la santé-sécurité au travail. Approchant globalement les risques professionnels et leurs coûts associés, ils invitent à une prévention intégrée qui insiste sur la place importante des choix d'organisation et de conception du travail. À ce titre l'organisation est considérée comme une ressource essentielle pour préserver la santé.

Les études de l'INRS considèrent particulièrement trois dimensions organisationnelles qui interagissent sur la santé-sécurité : l'organisation de l'entreprise, l'organisation de la production et l'organisation de la prévention. Ces dimensions de l'organisation du travail vont de la conception d'outils, de systèmes et de processus de travail jusqu'à l'activité de management des ressources humaines et des questions de santé-sécurité au travail.

Deux axes de recherche sont suivis :

- > le développement de nouveaux modes d'organisation, de gestion de la main-d'œuvre et dispositifs d'information et de communication, qu'il s'agisse du *Lean management*, de la sous-traitance ou des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les entreprises en réseau ;
- > l'évolution des rôles et responsabilités dans des nouveaux métiers, nouvelles filières et nouvelles formes de conception ou de division du travail, dont le travail des concepteurs et celui de l'encadrement de proximité.



Au sein de cette thématique,
trois études sont en cours en 2014

■ **Prévention dans le transport et la logistique : évolutions technologiques et organisationnelles dans des entreprises en réseau**

> Virginie GOVAERE et Liên WIOLAND - Département Homme au Travail

■ **Pratiques d'entreprises en *Lean* et santé au travail**

> Evelyne MORVAN, Bertrand DELECROIX et Edwige QUILLEROU-GRIVOT - Département Homme au Travail

■ **Prévention en conception et coopération entre acteurs de différents mondes professionnels. Le cas d'un projet national d'extension du traitement des déchets valorisables**

> Bertrand DELECROIX et Evelyne MORVAN - Département Homme au Travail

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Risques psychosociaux" ou "Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle".

Prévention des cancers professionnels

En France, la part attribuable aux risques professionnels a pu être estimée entre 4 et 8,5 % de tous les cancers chez l'homme, mais cette part peut être plus élevée selon le type de cancer ou les régions considérées. Bien qu'il n'existe pas de prévention technique spécifique pour un agent cancérigène, un traitement particulier doit être réservé à la prévention du risque cancérigène en entreprise :

- > une législation spécifique existe sur les règles de substitution, d'organisation du travail, de formation et d'information, différente par exemple de celle qui s'applique aux agents chimiques dangereux ;
- > une temporalité particulière, les effets des cancérigènes n'étant généralement pas immédiats, les actions de prévention des cancers professionnels sont des actions à long, voire à très long terme ; c'est aujourd'hui qu'il faut agir pour prévenir ces maladies de l'horizon 2020 à 2050.

Les études liées à cet enjeu s'orientent selon trois axes :

- > améliorer la prévention de tous les types de cancers professionnels et notamment évaluer l'opportunité de l'utilisation de marqueurs d'effets précoces suite à l'exposition à des cancérigènes ;
- > initier et accompagner les entreprises dans la prévention du risque amiante ;
- > étudier la perception des risques cancérigènes.



Au sein de cette thématique,
une étude est en cours en 2014

■ **Facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire utilisés en chantier de désamiantage**

> Sandrine CHAZELET et Eric SILVENTE - Département Ingénierie des Procédés

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous la thématique "Risques chimiques".



Reproduction et travail

L'environnement au sens large peut avoir un impact sur la fertilité humaine. En milieu professionnel, des facteurs toxiques peuvent induire des effets néfastes pour la reproduction, notamment via des molécules ayant une action de perturbation endocrinienne.

Les programmes de recherche de l'INRS contribuent à l'identification de certains dangers ayant un impact potentiel sur le déroulement de la grossesse, en améliorant l'état des connaissances toxicologiques expérimentales sur les produits chimiques, notamment sur les phtalates.

D'autres études visent à repérer les situations à risque et à recueillir des données sur les relations entre exposition professionnelle de la mère et pathologie de l'enfant.

Étude du mode d'action reprotoxique de phtalates : cas du phtalate de di-n-hexyle

Anne-Marie SAILLEFAIT

Département Toxicologie et Biométrie

Thématique associée : risques chimiques - connaissances sur les dangers

■ Exposé des motifs et objectifs

Les phtalates sont des plastifiants qui entrent dans la composition de nombreux objets en PVC. Leurs propriétés toxiques sont liées à leur structure chimique et seuls certains d'entre eux (les phtalates de la catégorie des C4-C6) soulèvent des inquiétudes en raison de leur impact possible sur la gestation. Chez le rat, l'exposition *in utero* à ces phtalates, dont le phtalate de di-n-hexyle (DnHP), entraîne de nombreuses anomalies de l'appareil reproducteur chez les descendants mâles, notamment des malformations sévères (cryptorchidies, hypospadias), une atrophie testiculaire, une diminution de la production de spermatozoïdes. L'objectif principal de cette étude était d'identifier les mécanismes responsables des effets testiculaires du DnHP chez le rat après des expositions pendant la vie fœtale.



■ Démarche

La première phase de l'étude a été consacrée à la mise en place des méthodes d'analyse de marqueurs hormonaux et moléculaires permettant d'évaluer les effets précoces des perturbateurs endocriniens. Le DnHP a ensuite été administré à des rates gestantes pendant la période critique de la différenciation sexuelle. Une gamme de doses étendue a été testée. Les testicules des fœtus ont été prélevés au terme de la gestation afin d'être analysés. Conjointement aux mesures d'expression de gènes clés de la synthèse de stéroïdes par Q-PCR (*Quantitative real time polymerase chain reaction*), la production de testostérone par le testicule fœtal a été quantifiée par LC-MS/MS (*Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry*).

■ Résultats principaux

Cette étude montre que le DnHP induit une diminution dose-reliée (avec une progression linéaire) de la production de testostérone par le testicule fœtal, corrélée à une baisse de l'expression de plusieurs gènes participant à sa synthèse. Le DnHP s'est avéré légèrement plus toxique que le chef de file de cette famille chimique, le phtalate de diéthylhexyle (DEHP).

La dose seuil sans effet basée sur ces modifications hormonales et moléculaires était de 5 mg/kg/jour, alors qu'elle était de 125 mg/kg/jour en se basant sur les examens morphologiques ou gravimétriques conventionnels.

■ Discussion

Les résultats démontrent que les expositions au DnHP pendant la gestation ont une action anti-androgénique directe et spécifique sur le développement du testicule de rats. Ils conduisent à abaisser les niveaux de dose sans effet du DnHP et attestent que la période fœtale est particulièrement sensible aux phtalates, et plus généralement aux perturbateurs endocriniens.

Cette étude confirme également la capacité de certains marqueurs spécifiques à détecter des effets sur le testicule fœtal, alors qu'aucune atteinte morphologique patente n'est encore observée avec des paramètres toxicologiques conventionnels. Ceci souligne l'intérêt de combiner des outils standards et moléculaires pour affiner les relations effets-doses et mieux comprendre l'origine des effets toxiques observés. Ces données seront utiles dans le cadre des réflexions sur les stratégies à mettre en place pour améliorer l'évaluation des dangers et des risques des substances chimiques, et plus particulièrement des perturbateurs endocriniens.



Au sein de cette thématique,
trois études sont en cours en 2014

■ Évaluation biologique de l'exposition professionnelle au phtalate de di-(isononyle) (DINP)

> René GAUDIN - Département Toxicologie et Biométrie

■ Évaluation de la toxicité prénatale d'insecticides pyréthrinoides chez le rat - Effets testiculaires

> Anne-Marie SAILLENFAIT - Département Toxicologie et Biométrie

■ Recherche d'effets à type de perturbations endocriniennes, lors d'une exposition au DINP en milieu industriel

> Jean-Bernard HENROTIN - Département Épidémiologie en Entreprises



Risques biologiques

L'enquête Sumer 2010 recense 4 millions de personnes exerçant des activités professionnelles pouvant les exposer à des agents biologiques (bactéries, champignons microscopiques, cultures cellulaires, endoparasites, virus et prions) susceptibles d'être à l'origine de risques toxiques, immuno-allergiques, cancérogènes et pas seulement infectieux.

Les secteurs professionnels concernent les soins et services à la personne, les fonctions d'accueil, professions de santé, métiers au contact des animaux, de l'environnement, du traitement de l'eau, des déchets...

Les travaux de recherche de l'INRS visent notamment, en l'absence de valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) à :

- > développer des approches d'évaluation des risques immuno-allergiques et toxiques liés à l'exposition aux agents aéroportés d'origine biologique ;
- > développer des méthodes et des stratégies de mesure (prélèvement et analyse) des bioaérosols transférables aux acteurs de la prévention de ces risques ;
- > acquérir les méthodes pour évaluer la qualité de l'air intérieur ;
- > étudier les moyens de réduire les expositions aux bioaérosols.



Au sein de cette thématique,
trois études sont en cours en 2014

■ **Étude comparative de méthodes de prélèvement pour la mesure d'exposition aux bioaérosols constitués d'agents biologiques sensibles aux stress**

> Xavier SIMON et Philippe DUQUENNE - Département Métrologie des Polluants

■ **Développement et évaluation d'une méthode de mesure des (1,3)-B-D-glucanes dans l'air des lieux de travail**

> Philippe DUQUENNE et Xavier SIMON - Département Métrologie des Polluants

■ **Procédés d'épuration de l'air des lieux de travail contaminés par les micro-organismes : étude d'instruction sur les solutions techniques de séparation/désinfection**

> Denis BEMER - Département Ingénierie des Procédés, Philippe DUQUENNE et Xavier SIMON - Département Métrologie des Polluants

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Allergies professionnelles" ou "Déchets et recyclage".

Risques chimiques

Omniprésents sur les lieux de travail, les produits chimiques passent parfois encore inaperçus. Pourtant, près de 33,5 % des salariés déclarent avoir été exposés à au moins un produit chimique (enquête Sumer 2010), et un grand nombre de secteurs d'activité sont potentiellement concernés par une exposition aux produits chimiques.

La réglementation prévoit des dispositions spécifiques pour les agents chimiques dangereux et les procédés cancérogènes, tandis que le contexte international évolue avec la mise en place progressive de REACH.

Les risques chimiques sont étudiés à l'INRS depuis son origine. Pourtant, les travaux doivent se poursuivre : études des nouvelles substances, y compris les produits de substitution, métrologie, bio-indicateurs, influence sur la santé, études épidémiologiques, amélioration et développement de procédés, mise au point de techniques de prévention, etc.

Il est à noter que certains travaux sont transverses à plusieurs domaines de recherche et qu'un certain nombre d'actions sont par ailleurs évoquées dans d'autres thématiques : nanoparticules, cancers, risques pour la reproduction, allergie, déchets et recyclage, bruit et vibrations.

Axe 1 : mettre à disposition des connaissances sur les dangers

Les travaux pour mettre en évidence et pour quantifier les dangers liés à l'exposition aux substances chimiques, qu'ils soient toxiques, mutagènes, cancérogènes, reprotoxiques, allergisants ou neurotoxiques, sont étudiés sous deux angles : des études de toxicologie expérimentale, sur l'animal (*in vivo*) et sur des cellules en culture (*in vitro*), et des études épidémiologiques. Les études de mise au point de méthodes dans ces deux disciplines figurent dans cet axe.

Modélisation de l'absorption percutanée de toxiques industriels : prise en compte du caractère amphiphile des substances et de l'épaisseur de la peau

Jean-Paul PAYAN, Dominique BEYDON
Département Toxicologie et Biométrie

■ Exposé des motifs et objectifs

Dans le monde professionnel, la voie cutanée est la deuxième voie de pénétration possible lors d'exposition à des composés toxiques. Les méthodes expérimentales *in vivo* ou *ex vivo* pour déterminer les flux d'absorption sont longues et coûteuses et dans certains cas inutilisables pour des raisons éthiques. Aussi des méthodes alternatives sont proposées telles que des relations de structures-activités quantitatives.



Cependant pour des produits industriels largement utilisés, dont le 2-butoxyéthanol (2-BE), la N-méthylpyrrolidone, la N-vinylpyrrolidone, la diméthylformamide, les flux d'absorption percutanée sont très mal estimés, à partir des algorithmes disponibles.

Cette étude avait deux objectifs principaux :

- > expliciter la divergence des flux d'absorption percutanée des toxiques industriels amphiphiles précités en solutions aqueuses par rapport à la première loi de Fick ;
- > corrélérer les flux d'absorption *in vivo* et *ex vivo* en prenant en compte l'épaisseur de la peau des échantillons utilisés.

■ Démarche

Pour mener à bien le premier objectif, la détermination des propriétés physico-chimiques des solutions aqueuses contenant les molécules amphiphiles d'intérêt, la modélisation de leur flux de transfert, la détermination des flux d'absorption de ces molécules et de leur effet sur les échantillons de peau, ont été effectuées.

Pour le deuxième objectif, des échantillons de peaux de rat ont été découpés à différentes épaisseurs. Les flux d'absorptions de molécules lipophiles et amphiphiles ont été déterminés *ex vivo* avec de la peau de rat dans des conditions d'exposition (quantité déposée, concentration, durée d'exposition) identiques aux conditions d'expositions *in vivo* chez le rat vigile.

■ Résultats principaux et discussion

Les quatre molécules étudiées altèrent l'intégrité physique des échantillons de peau de rats. L'augmentation de perméabilité n'explique pas la variation des flux d'absorption observée en fonction de la concentration de ces solutés en solutions aqueuses. Le coefficient de partage octanol/eau varie de façon modérée dans le domaine de concentrations de non-miscibilité des mélanges ternaires étudiés.



Cependant, le domaine de non-miscibilité est, pour certaines molécules, très étroit, tel que le 2-butoxyéthanol. Aussi ce paramètre ne peut pas être utilisé pour expliquer la variation des flux d'absorption en fonction de la concentration des solutions. En revanche, le Chemical and Biological Engineering Department, en s'appuyant sur les données fournies par le laboratoire de l'INRS, a montré que la variation de l'activité chimique des solutions aqueuses du 2-butoxyéthanol, contrairement à leur concentration, permettait de normaliser les flux d'absorption de cette molécule.

Pour le deuxième objectif il a été montré que le flux d'absorption *in vivo* de molécules lipophiles (bisphénol A, pyrène, benzo(a)pyrène, naphthalène) peut être estimé avec une bonne approximation en mesurant l'évolution du flux d'absorption *ex vivo* de ces molécules en fonction de l'épaisseur des échantillons de peaux. Cette nouvelle approche méthodologique semble prometteuse pour estimer les flux d'absorption percutanée *in vivo* à partir de données expérimentales *ex vivo*.



Au sein de cet axe 1 de la thématique, six études sont en cours en 2014

- **Mesure, méthode d'estimation de la survie relative**
> Michel GRZEBYK et Guy HEDELIN - Département Épidémiologie en Entreprises
- **Cancer de la vessie et brouillards d'huile : étude de cohorte prospective dans des populations professionnelles issues de la sidérurgie du Nord - Pas-de-Calais**
> Eve BOURGKARD et Michel GRZEBYK - Département Épidémiologie en Entreprises
- **Absorption percutanée *ex vivo* de toxiques lipophiles solides : utilisation de véhicule de type sébum artificiel**
> Dominique BEYDON - Département Toxicologie et Biométrie
- **Prise en compte des caractéristiques des échantillons de peau pour une meilleure estimation des flux d'absorption percutanée**
> Fabrice MARQUET et Jean-Paul PAYAN - Département Toxicologie et Biométrie
- **Développement d'un modèle de co-culture pour étudier les propriétés génotoxiques des particules**
> Laurent GATE et Christian DARNE - Département Toxicologie et Biométrie
- **Détermination des paramètres permettant le dosage du chrome intra-érythrocytaire : Étude *in vitro***
> Jérôme DEVOY - Département Toxicologie et Biométrie

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous la thématique "Nanomatériaux manufacturés".





Axe 2 : mettre à disposition des connaissances sur l'état des expositions et des outils d'évaluation des expositions

La mesure des expositions professionnelles aux produits chimiques fait appel à deux disciplines complémentaires : la métrologie atmosphérique, dans le but de fournir des méthodes de prélèvement et d'analyse de différentes substances chimiques, la biométrie, afin de mesurer dans les fluides humains des bio-indicateurs révélateurs d'une exposition. Pour ces deux approches, des études de mise au point de méthodes et des études de terrains finalisées sont menées. D'un point de vue global, les études de filières permettent d'estimer l'ampleur d'une exposition et le nombre de salariés exposés. Ensuite l'exploitation de bases de données de mesures d'exposition (Colchic-Scola) et des campagnes de mesures permet d'apprécier les niveaux des expositions.

Pulvérisation des poudres en fractions conventionnelles d'aérosol

Richard WROBEL, Peter GÖRNER

Département Métrologie des Polluants

■ Exposé des motifs et objectifs

La pulvérisation d'une poudre ou encore son potentiel à générer un aérosol peut être considérée comme une propriété de la poudre à engendrer une émission de poussières lorsqu'elle est manipulée ou mise sous contrainte. Caractériser cette propriété permet, d'une part, de pouvoir classer différentes poudres en fonction du risque de génération d'aérosol lors de la manipulation et, d'autre part, d'estimer la quantité de poussières libérées en fonction de la mise sous contrainte. L'objectif principal de l'étude était de répondre à un besoin de méthode stabilisée pour le mesurage des indices de pulvérisation des poudres en fractions conventionnelles d'aérosol, en prévention de risques pour la santé.

■ Démarche

Le déroulement de l'étude était composé de la mise en place de l'installation nécessaire pour les tests de la pulvérisation, de son instrumentalisation et de la qualification de ses paramètres opérationnels. Les modes opératoires de préparation des échantillons, de la mesure de la masse volumique et de la teneur en eau des poudres ont été développés. La méthode de mesurage de la pulvérisation a été expérimentée et perfectionnée. Les limites de détection et de quantification, ainsi que la répétabilité et la reproductibilité des essais ont été évaluées. La pulvérisation a été ensuite étudiée en fonction des propriétés mécaniques des poudres.

■ Résultats principaux

Les indices de pulvérisation d'une quarantaine de poudres industrielles ont été déterminés. Les indices alvéolaires, thoraciques et inhalables ont été classés dans quatre catégories de pulvérisation : très faible, faible, modérée et élevée. Les résultats constituent le début d'une future base de données de pulvérisations pouvant orienter un utilisateur potentiel dans son choix de poudre, dans sa façon de la manipuler et dans la manière d'assurer la protection des salariés. La méthode est maintenant opérationnelle et disponible pour les acteurs de la prévention et pour l'industrie afin de pouvoir participer à l'évaluation du risque chimique, à la recherche pour la diminution de la pulvérisation des poudres ou à leur remplacement par des matières moins pulvérisantes.

■ Discussion

En réponse aux préoccupations des ingénieurs conseils en hygiène du travail, il a été nécessaire de proposer une méthode stabilisée de mesurage des indices de pulvérulences des poudres manipulées en industrie. Pour pouvoir être appliquée dans le domaine de l'hygiène industrielle, cette méthode mesure la pulvérulence en fractions conventionnelles d'aérosol liées à la santé. Le mécanisme de mise en suspension de particules par la méthode du tambour rotatif est relativement proche des mécanismes impliqués dans la manipulation industrielle des matières pulvérulentes. Le choix d'une méthode normalisée a été motivé par la nécessité de l'interprétation des résultats dans un contexte européen d'évaluation du risque chimique et d'étiquetage des produits pulvérulents. L'influence des propriétés mécaniques des poudres sur leur pulvérulence a été également étudiée. Les résultats ont conduit à conclure sur la nécessité de mesurer la pulvérulence elle-même, indépendamment des autres paramètres physiques des poudres.



Caractérisation des produits de dégradation thermique des matières plastiques

Marianne GUILLEMOT, Benoît OURY

Département Métrologie des Polluants

■ Exposé des motifs et objectifs

En France on dénombre près de 3 300 entreprises de transformation des matières plastiques. Elles emploient plus de 132 000 personnes dont 59 000 sont directement affectées à la production dans les ateliers ou la maintenance des procédés industriels. Lors de leur transformation à chaud, les matières plastiques émettent des produits volatils potentiellement toxiques pour les salariés.

Cette étude propose de répondre à deux objectifs :

- > définir une méthodologie applicable à l'ensemble des polymères permettant de caractériser les produits de dégradation thermique et la tenue à la température d'un thermoplastique pour une température donnée ;
- > appliquer le protocole défini à l'ensemble des polymères ciblés et mettre à disposition les résultats dans une base de données, consultable sur le site de l'INRS, afin d'orienter les acteurs de la prévention dans leur démarche d'évaluation et de réduction des risques.



■ Démarche

Cette étude porte sur les thermoplastiques les plus utilisés en France, soit 23 références, classés en 11 familles de polymères (polyoléfines, polyvinyliques, polystyréniques, polyacryliques, polyacétals, polyamides, polycarbonates, polyesters linéaires, polyfluoroéthènes, cellulosiques, polyuréthanes thermoplastiques). Deux techniques de dégradation thermique sous air ont été retenues : l'analyse thermogravimétrique (ATG) et la pyrolyse. L'influence de différents paramètres a été étudiée afin de définir les protocoles de dégradation thermique des matières plastiques les plus adaptés : la préparation de l'échantillon, la vitesse de chauffe et la technique utilisée.

La validité du protocole développé a ensuite été évaluée lors de plusieurs campagnes de prélèvements en entreprises. Les composés identifiés dans les ateliers de plasturgie ont été comparés à ceux générés lors de la dégradation thermique du même polymère menée en laboratoire.

■ Résultats principaux

À partir des données obtenues en laboratoire, deux protocoles ont pu être déterminés :

- > broyage à froid, dégradation thermique en ATG à 20 °C/min, 450 °C, sous air : détermination de la tenue des polymères à la température et des teneurs massiques de certains composés toxiques parmi les effluents libérés lors de la mise en chauffe ;
- > broyage à froid, dégradation thermique en pyrolyse à 20 °C/min sous air : détermination des produits de dégradation thermique libérés à la température de transformation connue et à 450 °C.

L'analyse des résultats obtenus lors des prélèvements en entreprises et ceux obtenus avec le protocole analytique du laboratoire sur les mêmes échantillons de matières plastiques montre une concordance des composés identifiés.

■ Discussion

Un protocole analytique a été développé en laboratoire. L'évaluation de ce protocole a été réalisée par comparaison entre les produits prélevés à l'émission dans les ateliers de plasturgie et ceux identifiés en laboratoire. Ainsi, les produits de dégradation thermique, la tenue à la température et la teneur massique de certains composés toxiques ont été déterminés selon ce protocole pour les 23 familles de polymères étudiées. L'ensemble de ces informations améliore la connaissance des expositions au risque chimique dans ce secteur et sera utile à la prévention sur deux aspects : limiter les émissions des plastiques grâce à la connaissance de la température de début de dégradation et connaître la nature des principaux composés susceptibles d'être libérés en cas de dégradation thermique ainsi que leur quantité s'il s'agit de composés toxiques.

Dans un deuxième temps, et afin de faciliter l'étape de diagnostic pour la prévention, les connaissances issues de l'étude et des assistances futures seront disponibles et diffusées par le biais d'une base de données accessible et hébergée sur le site web de l'INRS.



Exposition au béryllium en France. Caractérisation, prévention, diffusion des connaissances

Davy ROUSSET

Département Métrologie des Polluants



■ Exposé des motifs et objectifs

Cette étude avait pour objectif de donner une cohérence aux actions de prévention relatives au risque d'exposition des salariés (entre 9 400 et 14 500 en France actuellement) au béryllium et à ses composés, qui peut conduire, même à de très faibles concentrations, au développement d'une maladie pulmonaire chronique grave : la béryllose. Pour prévenir le risque de développement de cette pathologie, un abaissement important de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) a été préconisé, notamment en France et aux États-Unis. Un des objectifs de cette étude était de démontrer la faisabilité des méthodes de prélèvement et d'analyse pour une évaluation des expositions au béryllium pour une VLEP plus basse. De plus, afin de renforcer les dispositifs de surveillance médicale, différents marqueurs d'exposition ou d'effet (dosage du béryllium urinaire, effets précoces sur la santé respiratoire, test de sensibilisation) ont été développés et/ou testés dans le cadre de cette étude. Enfin, des travaux ont été menés pour améliorer la connaissance des populations exposées en France, en complément des études déjà menées.

■ Démarche

Plusieurs axes de travail ont été développés pour cette étude. D'une part, les développements analytiques qui avaient fait l'objet d'études antérieures ont été adaptés à de très faibles concentrations en béryllium dans des matrices multiples (air, urine, condensats d'air exhalé) et ont été validés dans des entreprises dont les activités, procédés, matériaux mis en œuvre, pouvaient entraîner une exposition au béryllium. Ces méthodes ont été appliquées dans une étude de terrain comportant des campagnes de mesures atmosphériques et de prélèvements surfaciques et parallèlement une cinétique urinaire sur certains sujets. D'autre part, une étude épidémiologique transversale a été menée, dans laquelle des marqueurs de santé respiratoire (fonction respiratoire et marqueurs d'inflammation et de stress oxydant dans les condensats d'air exhalé) ont été déterminés sur un groupe de sujets exposés au béryllium et un groupe de sujets non exposés. Parallèlement un marqueur de sensibilisation alternatif au test standard (BeLPT) a été mis au point. Enfin les études de filières préalablement conduites ont été mises à jour et élargies à des secteurs non couverts.

■ Résultats principaux

Cette étude a permis de proposer différentes méthodes d'évaluation des expositions au béryllium atmosphérique, permettant de répondre à un abaissement significatif de la VLEP-8 h de $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à $0,05 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Elles ont été mises en œuvre dans certains secteurs émergents (recyclage des DEEE) pour lesquels une exposition au béryllium était suspectée et des concentrations très faibles en béryllium atmosphérique ont été mesurées.



Par ailleurs, l'évaluation de l'exposition conjointe atmosphérique et urinaire a pu être réalisée dans cinq entreprises avec plus de 390 prélèvements atmosphériques et plus de 3 200 dosages urinaires. Pour deux d'entre elles, la présence de béryllium n'a pu être mise en évidence ni dans les aérosols ni dans les urines. Pour les trois autres entreprises (fonderies), si dans l'ensemble les valeurs de béryllium urinaire sont de l'ordre des valeurs rencontrées en population générale, quelques postes de travail avec une exposition plus élevée, cohérente avec les mesures atmosphériques, ont pu être identifiés.

L'étude de la corrélation entre béryllium urinaire et atmosphérique, bien que statistiquement significative, n'est guère concluante. Toutefois elle apparaît plus nette dans une des entreprises.

L'étude épidémiologique a inclus 120 sujets dont 83 exposés de huit entreprises. Aucune relation entre les indices semi-quantitatifs d'exposition au béryllium et la fonction respiratoire n'a pu être détectée. Toutefois le niveau de NO exhalé était plus élevé chez les sujets exposés et était positivement corrélé avec le niveau d'exposition actuel pour les formes solubles du béryllium. Par ailleurs le niveau d'inflammation (marqueur TNF- α) mesuré dans le condensat d'air exhalé augmente avec la durée d'exposition aux formes moins solubles du béryllium.

Enfin le test de sensibilisation mis au point n'a pu être validé en l'absence de sujets dont la sensibilisation aurait été validée par le BeLPT.

L'étude de filière a par ailleurs permis de montrer que la plupart des salariés impliqués dans des secteurs d'activité relatifs à la défense (aéronautique, nucléaire, armement) avaient déjà été pris en compte dans les évaluations passées concernant le nombre de salariés potentiellement exposés.

■ Discussion

Les performances des méthodes actuelles d'évaluation des expositions au béryllium permettent d'envisager une diminution significative de la VLEP-8 h. Ces résultats pourront aider le législateur dans sa réflexion sur un éventuel abaissement de cette valeur. Il apparaît cependant nécessaire de continuer à développer des outils permettant de renforcer la surveillance médicale des salariés exposés au béryllium en France.

Évaluation par prélèvements urinaires et surfaciques de l'exposition professionnelle aux médicaments cytotoxiques

Sophie NDAW

Département Toxicologie et Biométrie

■ Exposé des motifs et objectifs

Les expositions professionnelles aux médicaments cytotoxiques, notamment en établissement hospitalier, doivent être évaluées et maîtrisées en raison du caractère mutagène, cancérigène et tératogène de certains de ces composés. C'est dans ce contexte que l'INRS a développé une stratégie d'évaluation des expositions basée sur la biométrie urinaire et la mesure de la contamination des surfaces. Cette préoccupation est partagée par l'IOCOEM (Institute and Outpatient Clinic for Occupational and Environmental Medicine) de l'Université de Munich (Allemagne) qui a également développé une stratégie d'évaluation basée exclusivement sur la mesure de la contamination des surfaces avec publication de valeurs guides pour le 5-fluorouracile.

Un partenariat, portant sur le 5-fluorouracile, a été conclu avec l'IOCOEM sur la mise en œuvre de ces deux modes d'évaluation dans deux hôpitaux en Allemagne et deux hôpitaux en France, pour confronter les méthodologies.

Par ailleurs, pour répondre à la demande des deux hôpitaux français retenus dans le cadre de ce partenariat, l'évaluation a été étendue aux autres médicaments cytotoxiques (cyclophosphamide, ifosfamide, méthotrexate) et à un plus grand nombre de salariés dans ces deux établissements.



■ Démarche

Une évaluation des expositions au 5-fluorouracile par la biométrie urinaire et par la mesure de la contamination des surfaces a été menée en Allemagne et en France. Une dizaine de personnes (préparateurs en pharmacie, infirmières et aides-soignantes) a été suivie dans chaque hôpital (pharmacies et services de soins). Les prélèvements de surface (paillasse, sols...) ont été effectués dans les mêmes services. L' α -fluoro- β -alanine (FBAL), métabolite urinaire du 5-fluorouracile, a été quantifiée dans les échantillons d'urine par l'INRS et l'IOCOEM, a assuré l'analyse du 5-fluorouracile dans les échantillons de surface.

Par ailleurs, l'évaluation complète des expositions dans les deux hôpitaux français a concerné respectivement 44 et 50 personnes. Le dosage des biomarqueurs d'exposition au cyclophosphamide, ifosfamide, méthotrexate et 5-fluorouracile a été réalisé dans les urines et le cyclophosphamide, l'ifosfamide et le 5-fluorouracile ont été quantifiés dans différents échantillons de surface.

■ Résultats principaux

Les prélèvements de surface ont fait apparaître des contaminations généralement plus élevées dans les pharmacies des hôpitaux français. En revanche, concernant les services de soins, les contaminations sont systématiquement plus importantes en Allemagne. Les données de biométrie montrent des excrétions urinaires de FBAL significatives, attestant d'une exposition au 5-fluorouracile des salariés suivis dans tous les hôpitaux, sans relation avec les contaminations de surface. Aucune différence n'est cependant observée entre les établissements allemands et français.

Concernant la deuxième partie de l'étude, des excrétions urinaires et des contaminations de surface, très significatives, ont été mises en évidence dans les deux hôpitaux français.

■ Discussion

Il apparaît, au vu de ces données, que la contamination des salariés n'est pas liée à celle des surfaces de travail. Cette seule mesure ne suffit pas à estimer l'exposition des personnels et en garantir la maîtrise. Une biométrie doit nécessairement être mise en œuvre. C'est cette stratégie d'évaluation qui a été adoptée par l'INRS.

La deuxième partie de cette étude a confirmé les conclusions précédentes. Les expositions mises en évidence dans les deux hôpitaux montrent que des améliorations des actions de prévention mises en œuvre sont encore nécessaires, dans tous les services et pour toutes les catégories professionnelles. Ces mesures de prévention ont fait l'objet d'une plaquette d'information, "Médicaments cytotoxiques et soignants. Manipuler avec une précaution", éditée sous la référence INRS ED 6138.



Au sein de cet axe 2 de la thématique,
onze études sont en cours en 2014

- **3-Hydroxybenzo[a]pyrène bio-indicateur potentiel d'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques : rôle du cycle entérohépatique**
> Jean-Paul PAYAN - Département Toxicologie et Biométrie
- **Surveillance biologique de l'exposition à plusieurs composés organiques volatils par la mesure de leur fraction résiduelle dans l'urine : étude de faisabilité**
> Amandine ERB et Alain ROBERT - Département Toxicologie et Biométrie
- **Étude de performance d'échantillonneurs d'aérosols organiques semi-volatils**
> Benjamin SUTTER et Eddy LANGLOIS - Département Métrie des Polluants
- **Modèles d'aide à la décision pour l'évaluation des expositions professionnelles**
> Frédéric CLERC - Département Métrie des Polluants et Nicolas BERTRAND - Département Expertise et Conseil Technique
- **Le 1,3-butadiène : point sur les connaissances actuelles en milieu de travail et évaluation de l'exposition**
> Sarah BURZONI - Département Métrie des Polluants
- **Cartographie des secteurs et procédés générant des HAP**
> Catherine CHAMPMARTIN et Hubert MONNIER - Département Métrie des Polluants
- **Étude du couplage de la désorption de support par CO₂ supercritique et des techniques d'analyses par chromatographie**
> Eddy LANGLOIS - Département Métrie des Polluants
- **Contact cutané avec le bitume dans les travaux de revêtement routier : analyse de l'activité de travail et prévention**
> Florence HELLA - Département Homme au Travail
- **Étude des procédés de métallisation : caractérisation des aérosols émis et surveillance biologique des opérateurs**
> Nadège JACOBY - Département Toxicologie et Biométrie
- **Étude de dispositifs de prélèvement individuel des aérosols d'acide sulfurique en fraction thoracique**
> Peter GORNER - Département Métrie des Polluants
- **Élaboration de la méthodologie de l'évaluation des contaminations de surface : aspects métrologiques et transfert par contact**
> William ESTEVE - Département Métrie des Polluants

Axe 3 : mettre à disposition des solutions de prévention

D'autres études de l'INRS s'intéressent au développement de solutions de prévention privilégiant la réduction des émissions à la source et leur intégration à la conception des installations et équipements. En outre, des investigations sont menées pour identifier les opérations ou activités pour lesquelles des solutions techniques doivent prioritairement être développées.

Évaluation de la protection respiratoire individuelle en situation de travail

Sandrine CHAZELET

Département Ingénierie des Procédés

■ Exposé des motifs et objectifs

La démarche de choix d'un appareil de protection respiratoire repose sur l'évaluation de l'exposition au poste de travail, la connaissance des valeurs limites d'exposition professionnelle et du facteur de protection assigné de l'appareil. La norme EN 529 (2006) met en avant le fait que les valeurs de ce facteur sont variables d'un pays européen à l'autre, du fait d'une absence d'harmonisation des protocoles de détermination de celui-ci en situation de travail. Pour répondre à cette problématique, cette étude a été inscrite dans le cadre d'un projet PEROSH (*Partnership for European Research in Occupational Safety and Health*) intitulé "Determination of Workplace Related Protection Factors for Respiratory Protective Devices" ("Détermination des facteurs de protection des appareils de protection respiratoire en situation de travail") dont l'objectif principal était de proposer une méthode commune de détermination du facteur de protection sur le terrain.





■ Démarche

La méthodologie a été la suivante pour les différents instituts engagés :

- > identifier les paramètres clés à mesurer pour la détermination du facteur de protection et son interprétation : caractéristiques du polluant, de l'environnement de travail, facteurs physiologiques du porteur de masque respiratoire ;
- > comparer les différents outils de mesure disponibles pour effectuer cette détermination et choisir une métrologie commune par des essais d'intercomparaison ;
- > valider la méthode sur différents types d'appareils de protection respiratoire.

■ Résultats principaux

Le choix des différents partenaires européens du groupe PEROSH s'est porté sur un compteur de particules à noyau de condensation (TSI Portacount 8038), sur son protocole d'utilisation en situation de travail et sur la démarche générale qui inclut également l'enregistrement de la granulométrie de l'aérosol et le recueil de données sur le programme de protection respiratoire en place dans l'entreprise (formation des salariés, suivi du matériel...). Des travaux expérimentaux menés sur des sujets volontaires à l'INRS ont, par ailleurs, permis de mettre en évidence la nécessité de coupler les mesures de facteur de protection avec des mesures physiologiques, et notamment la fréquence cardiaque de l'opérateur, permettant ainsi une meilleure interprétation de la protection respiratoire mesurée.

La validation du protocole sur des opérations réelles de métallisation a permis de recueillir des données de terrain inédites sur des casques à adduction d'air de classe 4B (NF EN 14594, 2005) et d'évaluer l'exposition d'opérateurs à des particules ultrafines d'oxydes métalliques émises en grande quantité par ces procédés.

■ Discussion

Les travaux du groupe de travail PEROSH ont abouti à l'établissement d'un protocole harmonisé. La mise en œuvre du protocole PEROSH doit être associée, dès à présent, à un objectif d'amélioration de la protection respiratoire (réalisation de test d'ajustement, proposition de modification du type d'appareil de protection respiratoire en place si nécessaire...). Les années à venir seront consacrées au recueil de données terrain de facteurs de protection, conformément à ce protocole, qui seront mises en commun pour la définition de facteurs de protection assignés.

Développement d'outils de prédiction et de détection de la durée de vie des médias adsorbants. Applications au domaine des vapeurs organiques

Stéphanie MARSTEAU, Bruno GALLAND

Département Ingénierie des Procédés

■ Exposé des motifs et objectifs

La durée d'utilisation des cartouches des appareils de protection respiratoire a toujours été une question récurrente posée par les utilisateurs de ces protections individuelles. L'objectif de cette étude était de répondre à cette interrogation en suivant deux voies distinctes mais complémentaires : la mise au point d'un outil informatique permettant d'estimer la durée d'utilisation d'une cartouche dans des conditions d'usage données et la conception d'un détecteur de saturation embarqué qui avertirait en temps réel l'utilisateur du besoin de changer de cartouche.



■ Démarche

Plusieurs moyens d'essais expérimentaux ont dû être développés et mis en œuvre pour parfaire les connaissances du comportement réel des cartouches, lors d'exposition à des vapeurs organiques.

L'outil de calcul prédictif repose sur le modèle de Wheeler-Jonas et des essais types réalisés sur banc. À partir d'expositions de chaque modèle de cartouche à du cyclohexane (vapeur test imposée par la norme NF EN 14387), il est possible de déterminer des paramètres qui vont permettre d'extrapoler la durée d'utilisation en cas d'exposition à d'autres substances que le cyclohexane.

En parallèle, un démonstrateur de détecteur de saturation embarqué a été conçu et développé autour d'un capteur de gaz miniature (surface sensible de 4 mm²) : peu coûteux et robuste, ce capteur à oxyde métallique présente l'avantage de réagir à de nombreux gaz et vapeurs et a été longuement caractérisé lors d'une étude précédente.

■ Résultats principaux

Conçu par l'INRS, l'outil de calcul de la durée de vie des cartouches, le logiciel PREMEDIA, est mis à disposition sur le site web de l'Institut (<http://premedia.inrs.fr>) depuis l'été 2013.

Il permet à un utilisateur de déterminer la durée d'utilisation d'une cartouche en fonction de différents paramètres d'exposition qui doivent impérativement être renseignés : le(s) produit(s) et leur(s) concentration(s), les conditions environnementales, la charge de travail, le type d'appareil de protection respiratoire et le modèle, et le nombre de cartouches.

Le démonstrateur de détecteur de saturation embarqué, DETECSAT, a été validé en laboratoire sur les différents bancs d'essais des laboratoires. Dix démonstrateurs autonomes (électronique et batterie intégrées) ont permis de valider la fiabilité et la faisabilité du concept : dès qu'une infime quantité de polluant (bien inférieure aux VLCT en vigueur) traverse la cartouche, le démonstrateur envoie un signal lumineux et sonore à l'utilisateur.

■ Discussion

PREMEDIA suscite de l'intérêt auprès des utilisateurs (2200 connexions en deux mois et demi). L'implémentation de paramètres tels que les fortes hygrométries et les cycles d'utilisations devraient permettre d'enrichir l'outil. De même, l'extension à des gaz inorganiques serait très appréciée des utilisateurs. DETECSAT a été présenté à un industriel spécialiste des protections respiratoires. Une convention de collaboration pour aboutir à un prototype industriel est en phase de négociations.

Ventilation des espaces confinés : application au dégazage des conteneurs intermodaux

Robert BRACONNIER, François-Xavier KELLER

Département Ingénierie des Procédés

■ Exposé des motifs et objectifs

Le travail en espace confiné s'opère à l'intérieur de volumes totalement ou partiellement fermés, occupés de façon occasionnelle pour des opérations d'inspection, nettoyage, entretien, réparation, etc. et munis d'ouvertures de dimensions restreintes (trou d'homme par exemple) au travers desquelles la circulation de l'air avec l'atmosphère avoisinante est particulièrement réduite. Cette étude a pour objectif d'apporter des données scientifiques et techniques sur la conception aéroulque de dispositifs de ventilation, destinés au travail en espace confiné. Les travaux ont principalement porté sur la réduction de l'exposition à des agents chimiques à l'ouverture, à la pénétration et au dépotage de conteneurs intermodaux (dockers, douaniers, manutentionnaires des plates-formes logistiques ou des entreprises destinataires). L'atmosphère de ces conteneurs peut en effet être polluée par des vapeurs dégagées par les marchandises transportées ou par des résidus d'une fumigation pratiquée pour protéger les marchandises contre les parasites ou pour entraver la propagation de ces parasites.

■ Démarche

Le processus de dégazage des conteneurs a été examiné dans cette étude en utilisant deux méthodes différentes : des mesures par gaz traceur ont été réalisées sur un site portuaire et des simulations numériques d'écoulement ont été conduites à l'aide d'un logiciel de mécanique des fluides numérique. Les essais ont porté sur des conteneurs intermodaux des deux tailles les plus couramment utilisées : longueur égale à 12 mètres et égale à 6 mètres.

Une validation expérimentale de l'application des méthodes de simulation utilisées dans cette étude aux espaces confinés a été effectuée par rapport à des données publiées de laboratoire. Cette validation a concerné la ventilation d'un espace confiné à teneur en oxygène déficitaire.

■ Résultats principaux

Trois conditions de ventilation des conteneurs ont été étudiées. En ventilation naturelle, le dégazage s'opère uniquement par ouverture de la porte. En ventilation mixte, cette ouverture de porte est associée à un soufflage ou une aspiration d'air mécanique vers l'arrière du conteneur. En ventilation forcée, la porte est fermée et toutes les introductions et extractions d'air se font par des orifices ménagés au travers des parois ou au travers d'un entrebâilleur de porte. Les essais effectués ont permis de quantifier les variations de temps de dégazage en fonction de divers facteurs comme la taille du conteneur, le taux de remplissage ou le type de chargement. Les performances de la ventilation naturelle s'avèrent très variables selon les conditions environnementales, en particulier en extérieur selon la direction et l'intensité du vent. L'utilisation d'un débit d'introduction ou d'extraction d'air mécanique, en ventilation mixte comme en ventilation forcée, permet d'accélérer fortement le dégazage. En ventilation mixte, une extraction d'air au fond du conteneur permet d'assurer un dégazage plus rapide qu'un apport d'air dans cette zone. En ventilation forcée, la rapidité du dégazage est proportionnelle au débit de ventilation mis en œuvre. Cette rapidité dépend par ailleurs du choix de la position de l'introduction d'air. La position la plus favorable se situe au-dessus du niveau du chargement.

■ Discussion

Un bon nombre des résultats acquis lors de l'étude du dégazage des conteneurs intermodaux se généralise à d'autres cas d'assainissement de l'air en espace confiné par ventilation générale. Par exemple la priorité à accorder au positionnement des entrées d'air ou l'intérêt à générer des vitesses d'air élevées qui assurent un brassage maximal du volume de l'espace confiné peuvent être transposés à d'autres situations professionnelles.



Au sein de cet axe 3 de la thématique,
douze études sont en cours en 2014

- **Développement d'un prototype de capteur d'exposition chimique sélectif aux aromatiques monocycliques**
> Bruno GALLAND et Patrick MARTIN - Département Ingénierie des Procédés
- **Réduction des risques induits par le broyage**
> Eric SILVENTE - Département Ingénierie des Procédés
- **Évaluation technico-économique de dispositifs de ventilation intégrant une récupération d'énergie**
> Roland RAPP - Département Ingénierie des Procédés
- **Mise au point d'une méthodologie de mesure des émissions de poussières des machines à bois électroportatives**
> François-Xavier KELLER - Département Ingénierie des Procédés
- **Évaluation conjointe de l'efficacité de captage et de l'ergonomie des torches de soudage aspirantes**
> Francis BONTHOUX - Département Ingénierie des Procédés
- **Impact de la ventilation des espaces de bureaux sur la qualité de l'air intérieur**
> Laurence ROBERT - Département Ingénierie des Procédés
- **Élimination du formaldéhyde par voie passive dans le secteur tertiaire**
> Fabien GERARDIN - Département Ingénierie des Procédés
- **Contribution à la modélisation du comportement des cartouches d'appareils de protection respiratoire : exposition à des atmosphères complexes de vapeurs organiques et effet des cycles d'utilisation**
> Stéphanie MARSTEAU et Bruno GALLAND - Département Ingénierie des Procédés
- **Séparation des particules ultrafines générées par les procédés de travail des métaux**
> Denis BEMER - Département Ingénierie des Procédés
- **Simulation tridimensionnelle de l'aérosolisation des poudres lors des transferts de matières pulvérulentes**
> Emmanuel BELUT et Jean-Raymond FONTAINE - Département Ingénierie des Procédés
- **Intérêts et limites de l'abattage humide en hygiène industrielle**
> Fabien GERARDIN et Emmanuel BELUT - Département Ingénierie des Procédés
- **Réduction à la source des HAP lors des opérations de pyrolyse**
> Hubert MONNIER et Catherine CHAMPMARTIN - Département Ingénierie des Procédés



Risques mécaniques et nouvelles technologies pour la prévention d'accidents

En 2012, les machines étaient impliquées dans 12,4 % des accidents du travail avec arrêt, dont 27 % dus au levage et à la manutention, 24 % aux machines et 47 % aux outils (données CNAMTS). Les directives machines et EPI et l'ensemble des normes qui les accompagnent, auxquels l'INRS a largement contribué, ont eu un impact certain sur la réduction de la fréquence des accidents. Par ses actions, l'Institut a contribué à la sécurisation de nombreux équipements de travail.

L'INRS joue un rôle privilégié dans la prévention de ces risques en :

- > poursuivant les travaux visant à sécuriser les équipements de travail, contribuant au développement de systèmes de commandes sûrs ;
- > mettant à disposition des critères de choix et d'utilisation de systèmes de prévention basés sur les nouvelles technologies ;
- > étudiant les performances réelles des EPI afin d'en améliorer l'usage.

PRECEP : PRÉvention des Collisions Engins-Piétons

Pascal LAMY

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Un grand nombre de secteurs d'activité sont concernés par la prévention des collisions engins-piétons : BTP, manutention, déchets. En effet, sur une décennie, ce sont environ 200 accidents graves qui sont à déplorer dont plus de la moitié, mortels. Depuis quelques années, des dispositifs de détection issus du domaine automobile ont été adaptés aux engins mobiles et de nouvelles technologies ont émergé et ont été implantées sur des engins, souvent au cas par cas en réponse à des demandes de préventeurs. Ces évolutions sont à l'origine de nombreuses demandes issues des CARSAT/CRAM mais aussi des fédérations et des utilisateurs. Cette étude visait à rechercher une démarche structurée d'analyse des risques, faire le point et évaluer les techniques de détection d'obstacles et de personnes, conduire des études pour aider au développement de nouvelles technologies, coordonner les actions d'études et d'assistance et développer des moyens de formation et d'information pour prévenir ce risque. Le but final était d'apporter des éléments de réponse pour traiter les risques liés aux collisions engins-piétons et mettre en place les solutions adéquates de prévention.

■ Démarche

Six axes de travail ont été développés pour cette étude. L'axe 1 a permis de préciser la démarche de prévention en se basant notamment sur les analyses d'activité qui ont caractérisé quelques situations de travail tant du point de vue de l'engin que vis-à-vis de la présence de piétons à proximité de celui-ci.



Cette démarche a été présentée à plusieurs entreprises, certaines se la sont appropriée. L'axe 2 a fait le point sur les différentes techniques de détection en s'intéressant à leur capacité de détection des personnes. L'axe 3 a eu comme objectif de faire de la prospective, voire de contribuer à l'émergence de nouvelles technologies de détection. L'axe 4 a instruit la thématique de la visibilité des conducteurs et une étude ergonomique sur la reconnaissance d'un piéton au travers de systèmes caméra-écran a été menée. L'axe 5 a consisté à mener une étude bibliographique sur les aspects interface homme-machine. L'axe 6 a servi à cadrer les différentes actions d'assistance et d'expérimentations menées sur le terrain et à développer des relais sur le terrain, notamment avec l'élaboration d'un module de formation à destination des préventeurs.

■ Résultats principaux

Les analyses d'activité réalisées sur trois secteurs d'activité (niveleuse en travaux publics, chargeuse et chariot télescopique dans le secteur de la valorisation des déchets et chariot automoteur en industrie automobile) ont montré que la présence de piétons est bien réelle, même si la règle prescrite est "pas de piétons dans la zone d'évolution de l'engin", que la phase de démarrage de la marche arrière est celle qui présente le plus de risques et que, selon l'activité, le regard du conducteur est insuffisant pour surveiller en permanence son environnement.

La démarche générale de prévention proposée consiste à privilégier les mesures organisationnelles, puis à jouer sur la complémentarité entre les mesures pour améliorer la visibilité et celles pour mettre en œuvre des techniques de détection afin d'avertir le conducteur en cas de présence de piétons dans une zone à risques. Lorsque les dispositifs de détection sont envisagés, le besoin de détection doit être exprimé en tenant compte notamment d'une analyse de la spécificité de la situation de travail visant à évaluer les situations de risque liées aux déplacements de l'engin. Il faut ensuite choisir le dispositif de détection pouvant répondre à tout ou partie du besoin, le mettre en œuvre sur l'engin puis accompagner et suivre son utilisation.

Les principales technologies de détection du marché ont été évaluées et leurs caractéristiques d'utilisation ont été précisées, ce qui donne aux préventeurs des éléments permettant d'orienter les choix dans le cas où cette solution de prévention est envisagée.

Le partenariat monté avec le CEA a permis de transférer la technologie par analyse d'image au cas des engins de chantier. Un produit est à présent commercialisé sur cette base technologique.

L'analyse statistique menée dans l'étude ergonomique sur la perception d'un piéton par l'intermédiaire des systèmes caméra-écran a montré que l'image d'un piéton doit mesurer au moins 10 mm sur l'écran pour que le piéton puisse être détecté. Il a été mis en évidence l'influence, sur la capacité de détection du conducteur, des conditions liées à la scène observée comme l'environnement, la luminosité ou la tenue vestimentaire.



Les travaux menés dans cette étude ont donné lieu à :

- > des résultats scientifiques avec cinq communications à congrès, et une publication soumise à une revue internationale ;
- > des écrits à destination des préventeurs (trois notes documentaires, une brochure, et un dossier dans la revue *Travail et Sécurité*) ;
- > des transferts aux préventeurs et formation de relais avec la création d'une formation générale sur la circulation au sein de l'entreprise, l'organisation d'une journée technique, ainsi que la participation à des "journées sécurité" organisées par les fédérations professionnelles ou entreprises ;
- > l'émergence de nouveaux constructeurs de dispositifs de détection.

■ Discussion

Le rétablissement de la visibilité sur les zones à risques est un préalable à l'installation d'un dispositif de détection de personnes. Les systèmes d'aide visuelle apportent un service au conducteur de l'engin mais ils ne permettent pas à eux seuls une réduction suffisante des risques.

L'évaluation des technologies pour la détection automatique des piétons confirme qu'il n'existe pas sur le marché de dispositifs de détection pouvant assurer le rôle d'un "dispositif de protection". Ils peuvent cependant contribuer à la réduction du risque en intervenant comme moyen d'avertissement du conducteur, voire du piéton, en cas de situation à risque et ce en complémentarité avec les systèmes d'aide visuelle permettant la visibilité du conducteur sur les zones à risques.

La démarche de prévention, qui pourra déboucher sur l'utilisation d'un dispositif de détection, permet de décider de la pertinence de l'installation d'une solution automatique de détection en prenant en compte, par exemple, qu'un nombre trop important d'alarmes, aboutira à un rejet par le conducteur de la mesure technique de prévention.

Les travaux sur la technologie par analyse automatique d'images ont abouti à des performances de détection prometteuses. Ils peuvent être poursuivis afin d'améliorer le compromis entre fausses détections et non-détections et aussi pour intégrer des fonctions d'autocontrôle du fonctionnement du dispositif. Ils auront permis en outre de transférer une technologie développée pour l'automobile au cas des engins de chantier puisqu'une société commercialise un produit sur la base de cette technologie.

Validation de procédures d'arrimage de produits sidérurgiques

Pierre LEMERLE

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Une filiale française d'un groupe métallurgique européen a sollicité l'INRS pour l'aider à améliorer ses procédures d'arrimage de produits sidérurgiques, afin d'éviter les pertes de chargement sur la voie publique, mais aussi pour réduire les risques d'accidents et l'impact ergonomique sur les salariés, notamment lors des phases de sécurisation de ces produits. Il s'agit de couronnes de fil d'acier (utilisé pour le ferrailage d'ouvrages en béton). Les couronnes sont transportées en roule sur la remorque d'un véhicule poids lourd. Un chargement comprend au maximum treize couronnes dont deux gerbées.

La procédure en vigueur au sein de l'entreprise impose l'utilisation d'un minimum de huit sangles disposées transversalement à la remorque et traversant les couronnes. Les couronnes gerbées sont obligatoirement sangelées. Une dizaine de cales en bois est utilisée pour limiter le roulement des couronnes sur la remorque. La répartition des cales sous le chargement ne répond pas à des consignes clairement établies.

■ Démarche

L'étude s'est décomposée en trois phases :

Une phase initiale a consisté à réaliser des essais de freinage extrême de poids lourd avec chargements en vraie grandeur. Le but était d'acquérir des données expérimentales (déplacements, coefficients de frottement, efforts de tension dans les moyens d'arrimage) permettant de caractériser et valider des simulations d'essais de freinage en laboratoire. Les chargements étudiés ont été réduits à des ensembles de une à trois couronnes. Ces essais ont démontré l'inefficacité des règles de sanglage actuelles qui ne permettent pas d'immobiliser les couronnes en cas de fortes décélérations.

Dans une seconde phase, un banc d'essai de freinage a été conçu et fabriqué pour réaliser des simulations à l'échelle 1/6. Son principe repose sur une plate-forme guidée sur rails, entraînée par gravité à l'aide d'un système de poids et de poulies puis freinée au contact de plusieurs épaisseurs de mousse de polyuréthane. Ce banc instrumenté a permis de tester une méthode d'arrimage originale consistant à regrouper les couronnes par deux et à les arrimer en opposition à l'aide de deux sangles traversantes disposées en oblique. Cette méthode d'arrimage a été validée en vraie grandeur, dans une troisième phase, lors d'un essai de freinage extrême de poids lourd. Aucune cale n'a été nécessaire pour retenir les couronnes dans toutes les configurations d'essais testées.

■ Résultats principaux

Cette étude a conduit à faire des recommandations à l'entreprise pour l'arrimage en oblique systématique des couronnes (arrimage transverse traversant des couronnes gerbées). Le nombre de moyens d'arrimage s'en trouve minimisé puisque la méthode ne nécessite qu'une sangle par couronne. Cette méthode est sûre et permet de s'affranchir de cales. Elle permet également de limiter les risques pour les opérateurs en supprimant les opérations de coactivité. Une attention particulière doit être portée à la fixation des crochets de sangles sur le bord de rive de la remorque pour éviter tout risque de glissement.

■ Discussion

L'intérêt de cette étude dépasse les seuls résultats obtenus, à savoir l'établissement d'une méthode d'arrimage sûre. Il a été montré que l'approche expérimentale fondée sur des essais à échelle réduite permet de tester rapidement et fidèlement des méthodes d'arrimage efficaces et optimisées au niveau des moyens mis en œuvre.





Au sein de cette thématique,
trois études sont en cours en 2014

■ **Sécurité des presses à servomoteur**

> James BAUDOIN et Jean-Paul BELLO - Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ **Élaboration d'une méthode de spécification du besoin d'un dispositif électrosensible et guide de choix**

> David TIHAY - Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ **Viellissement des filets de sécurité : compréhension des phénomènes et analyse des méthodes d'essai**

> Ghislaine GRAND - Département Ingénierie des Équipements de Travail

Risques psychosociaux

Sur la base des études européennes de la Fondation de Dublin, de l'Agence de Bilbao et des enquêtes françaises issues de la DARES, la question des risques psychosociaux dans les situations de travail a émergé au début des années 1990 avec une progression importante jusqu'au début des années 2000 et une relative stabilité au cours de cette décennie, mais la situation se dégrade à nouveau du fait de la crise économique et financière. Les RPS concernent toutes les catégories de travailleurs (cadres, employés et indépendants) et tous les secteurs d'activité.

L'exposition aux risques psychosociaux (RPS) peut augmenter de 50 à 100 % le risque de maladies cardiovasculaires, TMS ou pathologie mentale. La forte prévalence de l'exposition à des facteurs psychosociaux au travail et leur impact sur la santé, en termes de pathologies invalidantes pour la population active et de coûts pour la société, font des risques psychosociaux un enjeu majeur de santé publique.

Les travaux de l'INRS visent notamment :

- > à mettre à disposition des entreprises et préventeurs des outils de diagnostic et de nouvelles méthodes de prévention des RPS ;
- > à étudier les effets des nouveaux facteurs organisationnels et nouvelles contraintes sur la santé physique et mentale et de leurs mécanismes de régulation ;
- > à explorer les facteurs du travail favorables à la construction de la santé ;
- > à élaborer des outils d'objectivation des facteurs de RPS.

Modélisation de situations de violences au travail

Marc FAVARO

Département Homme au Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

L'étude se donnait pour objectif de formaliser les dynamiques organisationnelles contribuant à l'émergence de violences au travail et leurs perspectives de prévention. Ce travail résulte du constat de l'inexistence dans la littérature francophone d'un modèle général (les modèles disponibles étant très spécialisés, par type d'atteinte ou par secteur), en mesure de favoriser la compréhension de violences diverses, observables dans divers contextes professionnels.

■ Démarche

La méthodologie est fondée sur l'expérience d'une intervention de terrain, conduite durant plusieurs années dans une entreprise confrontée à divers problèmes de violences, ainsi que sur les données de la littérature internationale du domaine. Elle exploite aussi les acquis théoriques et de méthodes de l'accidentologie et de la fiabilité des systèmes de travail.

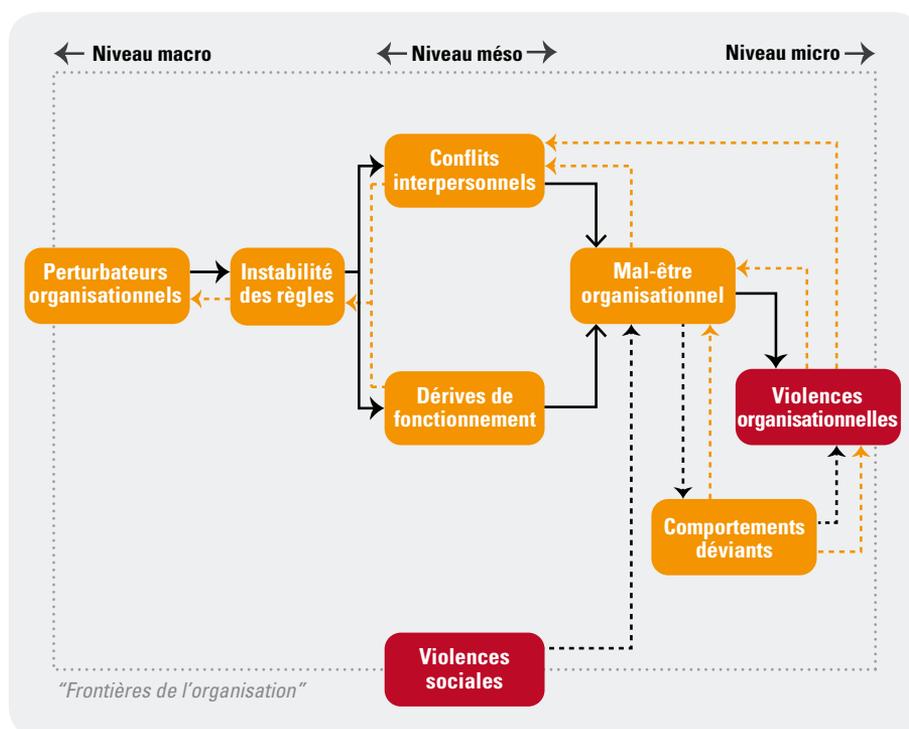




Sur cette base, la démarche a consisté à établir différentes classes regroupant des situations apparentées. Par exemple, la classe "Dérives de fonctionnement" (cf. schéma ci-dessous) regroupe les dérives : de mission (grèves, retards, absentéismes), techniques (accidents matériels, incidents), psychologiques (démotivation, isolement), etc. Les classes ont ensuite été reliées entre elles de façon à représenter les relations (causales ou plus circulaires, représentées par les flèches aller et retour) contribuant à l'émergence des faits de violence et leur évolution possible (régulation, atténuation, exacerbation).

■ Résultats principaux

Le schéma ci-dessous présente le modèle élaboré durant l'étude. Il comprend six classes (de nature organisationnelle, technique, relationnelle, etc.) contributives de l'émergence de situations de violences "sociales/externes" et "organisationnelles/internes".



■ Discussion

Les points de discussion de ce travail résultent de sa dimension inductive et qualitative. Ils concernent principalement la question des limites de validité, d'applicabilité et d'adaptabilité d'une modélisation de ce type lorsque transférée sur différents terrains d'entreprises.

Concernant les perspectives applicatives du modèle, elles comprennent quatre volets : **documentaire** (structurer la littérature dans un cadre conceptuel cohérent), **pédagogique** (présenter les mécanismes de formation des violences et les moyens de prévention associés), **interventionnel** (améliorer le pilotage d'actions de prévention et contribuer à promouvoir des pratiques innovantes) et **normatif** (participer à l'élaboration d'un positionnement de référence en matière de prévention des violences au travail).

Des risques psychosociaux aux facteurs organisationnels : approche par un questionnaire santé/bien-être

Vincent GROSJEAN

Département Homme au Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Plusieurs organismes transnationaux et pays européens ont développé des approches du bien-être au travail pour répondre à la montée des risques psychosociaux. Cherchant à s'appuyer sur le caractère constructeur de santé des activités de travail, ces approches soulignent les apports en termes de performance d'une conduite de l'entreprise à l'écoute des aspirations des salariés.

Cette étude prolonge des travaux antérieurs ayant débouché sur la mise au point d'une première version validée d'un questionnaire santé/bien-être. Conçu avec la visée de favoriser un dialogue constructif associant la fonction RH, les salariés ou leurs représentants et des instances porteuses des questions de santé au travail, cet outil s'intègre dans une démarche dont la cible est la transformation des conditions organisationnelles d'exercice du travail.

Le premier objectif de l'étude consistait à renforcer l'assise scientifique du questionnaire et à le rendre autoporteur. Il s'agissait ensuite de vérifier qu'une grande entreprise pouvait se l'approprier et le mettre en œuvre à l'échelle de l'ensemble de ses filiales et de ses sites.

■ Démarche

Une analyse exhaustive des modèles théoriques reliant facteurs organisationnels, stress et santé a été conduite. Elle a permis de construire une taxonomie des caractéristiques des environnements de travail qui, selon ces modèles, ont un impact sur la santé, sous un angle psychosocial. Cette taxonomie a servi à construire à une seconde version du questionnaire.

La validation psychométrique et l'opérationnalité de l'outil ont été vérifiées dans le cadre de plusieurs interventions. Des entretiens auprès de salariés ont été menés pour vérifier la bonne compréhension des items. Des entretiens auprès d'utilisateurs tiers du questionnaire (services de santé au travail, cabinets conseils, services RH) ont aussi été conduits pour mieux cerner les usages réels de l'outil et de la démarche qui l'accompagne.

Un transfert vers une entreprise d'implantation nationale a été initié afin de vérifier que les médecins du travail et les cadres RH étaient en capacité de s'approprier l'outil.

■ Résultats principaux

L'analyse des modèles théoriques évoqués plus haut a été publiée et la taxonomie des caractéristiques des environnements de travail issue de ce travail a permis d'aboutir à une version 2 du questionnaire. Un manuel d'utilisation et des outils d'analyse automatisée ont été construits. Le manuel est mis à disposition des utilisateurs sur le site de l'INRS depuis janvier 2013. Plusieurs amendements ont été apportés à l'outil. L'examen des pratiques des utilisateurs a montré une évolution dans l'appropriation de l'outil. Alors qu'il avait été conçu pour répondre aux besoins des services de santé au travail (le questionnaire étant administré lors des visites périodiques), il s'avère qu'il est majoritairement exploité en dehors de ces contextes, par des consultants et des cadres RH notamment.

Le test à grande échelle a permis de cerner un certain nombre de difficultés liées à l'utilisation sur une longue durée. Des difficultés d'interdurance doivent être prises en compte dans une entreprise où les effectifs sont mobiles et la périodicité des visites médicales est variable d'un salarié à l'autre. Dans la mesure où le questionnaire est exploité uniquement au niveau collectif, il s'avère sans doute plus simple de proposer des modalités de passation qui puissent être déconnectées de la visite périodique et de rappeler qu'une utilisation prévoyant une passation à période fixe est aussi possible, comme dans les enquêtes périodiques par exemple.



■ Discussion

La philosophie qui a présidé à l'élaboration du questionnaire est un élément important de son attractivité, de même que la relative facilité de mise en œuvre apportée par les outils connexes. Se démarquant de questionnaires pensés en termes de diagnostic, les concepteurs de cet outil ont considéré que le point clé était l'instauration d'un dialogue non conflictuel autour des conditions de travail. Cette prise de position n'est pas reniée au terme de l'étude. La fonction RH constitue un nouvel ensemble de demandeurs de tels outils qui permettent d'aller au-delà du constat pour embrayer sur des actions de transformation.

Promotion d'une politique de bien-être dans les entreprises du tertiaire

Vincent GROSJEAN

Département Homme au Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Les petites entreprises du tertiaire constituent une cible importante des interventions en matière de risques psychosociaux. Les questions psychosociales y ont un poids important par rapport aux autres questions de prévention, or les méthodologies construites autour de questionnaires sont mal adaptées du fait des effectifs limités. S'agissant d'intervention, le cadre systémique nous a semblé intéressant : il privilégie une action rapide, a été utilisé dans des contextes qui présentent des similarités avec des entreprises de petite taille, écarte les imputations individuelles pour privilégier la prise en compte des interactions. S'inscrivant en complémentarité des travaux sur le bien-être, l'objectif principal de l'étude était de mettre au point puis de tester une méthodologie d'intervention sur les risques psychosociaux construite à partir des théories systémiques pour ces PME du tertiaire.



■ Démarche

Une recherche bibliographique a permis de construire une méthode d'intervention et d'identifier des outils et des concepts pertinents pour le contexte retenu. La méthodologie se décline en trois parties : une phase de prise d'information par entretiens, une phase d'échange collectif et une phase d'implémentation des changements. Deux finalités sont essentielles à la démarche systémique : la construction des conditions d'une prise de recul des acteurs de l'entreprise et la promotion d'un dialogue orienté vers les solutions écartant la mise en cause des personnes. La méthodologie a été appliquée dans cinq entreprises. Une évaluation des résultats de ces interventions a été conduite par une analyse de cas multiples sur la base d'interviews conduits auprès des salariés concernés. Des critères tels que l'autonomie dans la mise en œuvre des changements et leur profondeur ont été utilisés pour juger du succès et des difficultés rencontrées, à la fois par rapport à des techniques précises mises en œuvre et par rapport à la méthode dans sa globalité. Les trois questions centrales de cette évaluation portaient sur les conditions du changement, les résultats obtenus au terme de l'intervention et la nature des changements obtenus.

■ Résultats principaux

Une méthode d'intervention a été produite, elle est assortie d'outils (par exemple : questions circulaires, images-contextes) exploitables dans les phases de recueil d'information auprès des salariés puis lors des échanges/restitutions. Il s'agit d'une méthode basée sur un cadre conceptuel cohérent, bénéficiant d'une assise scientifique reconnue. Elle rejoint d'autres développements méthodologiques récents par la caractéristique d'être axée vers l'autonomisation des salariés tournant le dos à un accroissement des pressions normatives. Des préconisations sur le positionnement de l'intervenant découlent également du cadre théorique testé dans cette étude.

Des outils concrets à l'usage des intervenants sur des problématiques de bien-être/RPS ont été produits : guide d'intervention, supports d'entretien et de restitution. Ils sont mis à disposition des intervenants en entreprise par le biais du site de l'INRS.

■ Discussion

La facilité de mise en œuvre de la méthode s'est avérée dépendante de caractéristiques structurelles des entreprises dans lesquelles les interventions ont été conduites. Elle convient mieux aux structures ayant une culture entrepreneuriale plutôt que réglementaire. Si un travail devait être poursuivi, il pourrait explorer plus avant les liens entre modes de gouvernance de l'entreprise et les valeurs qui sous-tendent l'intervention.

Prévention des risques psychosociaux et transformation des pratiques de médecine du travail

Eric DRAIS

Département Homme au Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

L'étude "Prévention des risques psychosociaux et transformation des pratiques de la médecine du travail" avait pour objectif de rendre compte d'évolutions de l'exercice de la médecine du travail dans le cadre de la pluridisciplinarité instaurée par la loi de modernisation sociale de 2002, face en particulier aux risques émergents comme les risques psychosociaux (RPS).





La finalité première de cette étude, réalisée dans le cadre d'une thèse de troisième cycle en sociologie, était de l'ordre de la connaissance, avec une visée de documentation du fonctionnement de l'équipe pluridisciplinaire et des approches de prévention des RPS. L'objectif associé était d'analyser les besoins éventuels en termes d'outils ou de méthodes de prévention. L'approche théorique retenue proposait de considérer le fonctionnement des services de santé au travail (SST) – acteurs essentiels de la prévention de la souffrance au travail – comme le fruit de dynamiques professionnelles liées à des stratégies d'acteurs et des ajustements entre professions ou groupes professionnels.

■ Démarche

Pour rendre compte des ajustements professionnels des médecins, liés à une réforme récente et progressive des SST, l'étude, qualitative, a fait le choix d'un suivi longitudinal et comparatif entre services. L'observation s'est déroulée d'avril 2010 à avril 2012 à l'échelle d'un territoire régional. Pour des questions pratiques d'enquête, cette étude a exclu les services de santé autonomes et s'est déroulée au sein des services interentreprises de santé au travail (SIST). Les moyens méthodologiques mis en œuvre pour conduire l'étude, en sus d'une revue de littérature régulièrement actualisée, ont combiné une enquête ethnographique au sein de trois SIST de différentes tailles, répartis sur une région et des observations de rencontres professionnelles nationales et régionales (colloques, séminaires, formations, etc.). Dans ces deux contextes complémentaires, 125 entretiens ont été conduits, dont plus d'une quarantaine auprès de médecins, les autres intégrant des IPRP (ergonomes, infirmiers, psychologues, assistants de prévention ou de santé...) et des acteurs institutionnels (CARSAT, ARACT, DIRECCTE, institut local de médecine du travail, universitaires...).

■ Résultats principaux

Si la pluridisciplinarité comme principe apparaît comme une réponse consensuelle aux enjeux de la santé au travail, comme mode d'organisation, elle induit une division du travail et des modes de collaboration qui peuvent générer des conflits professionnels, en particulier pour les RPS. Car si pour certains acteurs, la prévention des RPS relève de pratiques anciennes et se situe sur des territoires professionnels déjà balisés au sein des services de santé au travail, pour d'autres, cette prévention s'invente. À travers de nouveaux modes d'actions (prestations de services, etc.) et de nouveaux professionnels (IPRP, assistantes...), une recomposition professionnelle s'opère, renforcée pour les besoins des RPS, qui dépasse des enjeux corporatistes. La pluridisciplinarité, en tant qu'un instrument de gestion, porte des logiques (économiques, administratives) renouvelant la prévention.

■ Discussion et conclusions

L'étude donne à voir la mise en œuvre de la réforme de la santé au travail et met en évidence des visions et représentations différentes de la santé, induites par le fonctionnement en équipe pluridisciplinaire des services de santé, entre lesquelles les médecins tranchent ou plus souvent oscillent. L'analyse explicite ainsi les jeux professionnels qui, aux niveaux tant de l'organisation du service que de la profession ou des institutions, s'agencent et structurent *in fine* localement les conditions de prise en charge de la santé, notamment mentale, des salariés au travail. Connaître les fondements des options organisant la prévention des RPS aidera à ajuster les outils et méthodes mis à disposition des professionnels de santé.



Au sein de cette thématique,
trois études sont en cours en 2014

■ **Évaluation des interventions de prévention RPS et TMS**

> Christian TRONTIN - Département Homme au Travail, Stéphanie BOINI-HERRMANN - Département Épidémiologie en Entreprises, Dominique CHOUANIERE - Direction Générale

■ **Situations de travail à forte charge émotionnelle et pratiques organisationnelles de prévention**

> Corinne VAN DE WEERDT - Département Homme au Travail

■ **Les interactions entre santé et travail : effet des conditions psychosociales de travail sur l'évolution de la santé mentale**

> Stéphanie BOINI-HERRMANN et Michel GRZEBYK - Département Épidémiologie en Entreprises

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis", "Conception des équipements, des lieux et des situations de travail".



Risque routier professionnel

De nombreux salariés passent une grande partie de la journée au volant d'un véhicule dans le cadre de leur travail. Ils sont, de ce fait, exposés au risque routier professionnel. Outre l'accident, l'activité de conduite au travail expose les salariés à d'autres risques professionnels, tels les risques psychosociaux ou les troubles musculosquelettiques sur lesquels l'INRS porte son attention.

Outre des actions de prévention en collaboration avec la CNAM-TS et les fédérations professionnelles, l'INRS se propose d'étudier l'effet de l'usage du véhicule automobile sur la santé (hors accident) des salariés conducteurs.

Les résultats de recherches antérieures sur l'aménagement des véhicules utilitaires légers vont permettre de convertir les essais (aménagements industriels en cas de freinage d'urgence ou de choc) en solutions de prévention, à destination des constructeurs et aménageurs.

Évaluation du risque lié au chargement d'un véhicule utilitaire et aide à la conception d'aménagements plus sûrs

Gérard FLEURY

Département Ingénierie des Équipements de Travail

■ Exposé des motifs et objectifs

Peu d'études ont porté sur les chocs secondaires entre personnes et objets transportés à l'intérieur d'un véhicule lors d'un accident de la route. Pourtant, des données en accidentologie indiquent que ce risque est significatif. Il l'est particulièrement pour les occupants des trois millions de véhicules utilitaires utilisés par les entreprises pour transporter les marchandises et les matériels nécessaires à leurs activités. Pour protéger les occupants en cas de choc frontal, le chargement doit rester solidement amarré au véhicule. De plus en plus, l'arrière des camionnettes est équipé avec du mobilier fabriqué par des industriels aménageurs. En 2010, l'INRS a publié la méthode dans la *Note Scientifique de l'INRS* (NS286) destinée à évaluer la capacité d'un mobilier à retenir son contenu en cas de choc frontal. L'essai consiste à reproduire en laboratoire les conditions d'un accident à 50 km/h, d'un véhicule utilitaire équipé d'un aménagement dont les casiers sont chargés. Un véhicule ne pouvant pas être détruit pour chaque aménagement testé, le mobilier est installé sur un support rigide. Or, en situation réelle, la carrosserie peut s'arracher aux points d'ancrage. Cette étude visait à rendre ce protocole plus réaliste et à le valoriser auprès des industriels afin qu'ils conçoivent du mobilier plus résistant.

■ Démarche

Deux types de mesures ont été réalisées : la résistance à l'arrachement en divers points d'une paroi de carrosserie et les efforts dynamiques transmis par le meuble au support rigide lors d'essais NS286. En parallèle, des modèles de calculs ont été développés pour améliorer la compréhension des phénomènes en jeu. Un cahier des charges a été élaboré pour choisir, concevoir, dimensionner et réaliser un dispositif représentatif d'un ancrage d'une camionnette et destiné à être inséré entre chaque fixation latérale du meuble et le support rigide, utilisé lors d'un essai NS286.

■ Résultats principaux

Un dispositif d'ancrage à rupture programmée (rotule cédant sous un effort de 8 000 Newtons) a été réalisé. Le protocole d'essais NS286 a été amendé afin d'intégrer ce dispositif. En proposant d'effectuer les essais avec des ancrages cédant à 8 000 Newtons, la méthode NS286 devient plus réaliste, mais aussi plus contraignante. Cette amélioration doit encourager les aménageurs à optimiser leurs équerres de fixation. Des solutions existent, notamment celle développée par l'INRS, basée sur le principe d'équerre à absorption d'énergie.

■ Discussion

La majorité des aménageurs proposant des solutions métalliques et/ou bois, en France mais aussi en Allemagne et en Suède, ont d'ores et déjà effectué des essais NS286 et relatent régulièrement les progrès réalisés via la presse professionnelle. De plus en plus d'entreprises utilisatrices de véhicules utilitaires ont intégré une contrainte de conformité aux exigences de la méthode NS286 dans leur cahier des charges d'achat d'aménagements. Le travail de valorisation des résultats de cette étude sera poursuivi.



Au sein de cette thématique,
une étude est en cours en 2014

■ Conduite de véhicule utilitaire léger, conditions de travail et troubles musculosquelettiques chez les opérateurs des activités de messagerie

> Anca RADAUCEANU et Stéphanie BOINI-HERRMANN - Département Épidémiologie en Entreprises



Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis

Les troubles musculosquelettiques (TMS) des membres et du rachis représentent 85 % des maladies professionnelles reconnues en 2011. Ils sont un enjeu majeur de santé au travail au regard des coûts socio-économiques et médicaux qu'ils engendrent.

Les actions entreprises dans le cadre des TMS et lombalgies sont conduites en synergie avec de nombreux partenaires (institutionnels ou organismes de recherche). Elles touchent à l'ergonomie, la biomécanique et la conception d'équipements et postes de travail.

En matière de recherche, l'INRS se propose :

- > d'évaluer et adapter les stratégies d'intervention à différents contextes (approche sociologique en ciblant plus particulièrement les petites et moyennes entreprises) ;
- > de développer des méthodes et outils permettant d'intégrer les connaissances les plus récentes sur les relations entre organisation, facteurs psychosociaux, facteurs biomécaniques et TMS et de les transférer aux préventeurs et à l'encadrement de proximité ;
- > d'introduire les principes de prévention des TMS dans les processus de conception des situations de travail (variabilité gestuelle, outils moins sollicitants...).



Au sein de cette thématique, quatre études sont en cours en 2014

- **Identification de déterminants émergents en lien avec le risque de TMS : analyse ergonomique et biomécanique de l'activité de découpe de viande**
> Adriana SAVESCU - Département Homme au Travail
- **Encadrement de proximité et prévention des TMS : représentations et actions**
> Aude CUNY - Département Homme au Travail
- **TMS et travail sur écran : effets du type de souris et de la position du membre supérieur dominant sur les facteurs de risque biomécaniques**
> François CAIL, Clarisse GAUDEZ - Département Homme au Travail
- **Développement et validation d'un système ambulatoire pour l'évaluation des postures et des mouvements du membre supérieur en conditions réelles de travail**
> Adriana SAVESCU - Département Homme au Travail

Et d'autres études explorant cette thématique sont mentionnées sous les thématiques "Risques psychosociaux", "Conception des équipements, des lieux et des situations de travail", "Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle" ou "Risque routier professionnel".

Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle

La question du vieillissement au travail reste encore peu abordée dans les entreprises, malgré l'obligation de mise en place d'accords "seniors" depuis le 1^{er} janvier 2010. Or, la population en âge de travailler vieillit, du fait notamment de la progression du nombre de salariés quinquagénaires dans les quinze prochaines années et de la réforme des retraites de 2010, qui a fixé un recul de l'âge légal de la retraite à 62 ans.

Les études et recherche de l'INRS suivent dans ce domaine trois orientations :

- > élaborer des stratégies destinées à sensibiliser les entreprises sur la question de vieillissement au travail ;
- > agir sur les contraintes responsables de vieillissement prématuré (démarche d'évaluation des facteurs de risques, adaptations de situations de travail pour les salariés âgés) ;
- > établir des déterminants positifs et négatifs entre parcours professionnel et santé selon divers paramètres : catégorie socioprofessionnelle, secteur d'activité, conditions du travail, ruptures dans la vie professionnelle, inaptitude au travail, évolution des capacités fonctionnelles physiques...).



Au sein de cette thématique,
quatre études sont en cours en 2014

- **Comment aider les entreprises à mieux intégrer la question de la santé et de la prévention dans la politique de gestion des âges ?**
> Isabelle SALMON - Département Homme au Travail
- **Démarche d'évaluation globale des pénibilités du travail**
> Kevin DESBROSSES, Jean-Pierre MEYER et Emmanuelle TURPIN-LEGENDRE
Département Homme au Travail
- **Incidence selon l'âge, de contraintes temporelles variées dans une tâche d'assemblage, sur les astreintes biomécaniques et physiologiques**
> Martine GILLES, Laurent CLAUDON et Anne PICHENE-HOUARD - Département Homme au Travail
- **Évaluation des capacités fonctionnelles physiques en fonction des contraintes physiques rencontrées au cours du parcours professionnel et des facteurs**
> Emmanuelle TURPIN-LEGENDRE - Département Homme au Travail

Et d'autres études explorant cette thématique sont aussi mentionnées sous les thématiques "Risques psychosociaux", "Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis" ou "Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle".



Partenariats

Le plan stratégique de l'INRS identifie comme objectif des études et recherches d' "associer l'INRS à des équipes de recherche nationales et/ou internationales". De fait, les partenariats scientifiques constituent un cadre de travail fréquent pour les équipes de recherche de l'INRS. Ainsi de nombreuses thèses sont encadrées à l'INRS en partenariat avec des universités. Par ailleurs, l'INRS est de plus en plus partenaire de projets de recherche financés par l'ANR, l'ANSES, l'ADEME et l'Europe.

Une majorité des études conduites à ce jour le sont en partenariat soit avec des universités ou organismes nationaux (ANACT, ANSES, CEA, CNRS, InVS, INERIS, IRSN...), soit les universités ou instituts homologues étrangers (IFA, IRSST, IST, NIOSH...) mais aussi avec le réseau des CARSAT/CRAM et les réseaux européens ou internationaux (PEROSH, AISS).

Douze projets de recherche ont été menés avec un co-financement externe

■ Quatre projets européens

- > **Nanogenotox** : clôturé en février 2013, ce projet visait à proposer une méthodologie pour étudier la génotoxicité de nanomatériaux manufacturés. Sur une durée de trois ans, dix-sept instituts de recherche ont participé au développement d'une méthode d'analyse *in vitro* applicable à des nanomatériaux en s'appuyant sur des données d'expérimentation animale, l'INRS étant plus particulièrement chargé des échantillons de silice.
- > **NanoDevice** : ce projet européen, clôturé en mars 2013, associait vingt-six partenaires et avait pour objectifs d'étudier les aspects de la sécurité des nanomatériaux lors de leur fabrication. Il a permis le développement de nouveaux concepts, de méthodes fiables et portables, de dispositifs de détection, d'analyse et de suivi des nanomatériaux manufacturés dans l'air. La contribution majeure de l'INRS a été la mise au point et la validation d'un banc de génération maîtrisée de nanoparticules (CAIMAN).
- > **NanoReg** : l'INRS est partenaire du projet européen NanoReg coordonné par le ministère de l'environnement néerlandais et initié en 2013. Une soixantaine de partenaires issus de seize États membres y participent pour une durée de quatre ans, dans l'objectif de mettre à la disposition des législateurs des méthodes pertinentes pour améliorer l'évaluation et la gestion des risques liés aux nanomatériaux pour l'homme et l'environnement, ainsi que la réglementation relative à ces produits. Les travaux porteront sur la caractérisation des nanomatériaux, les méthodes d'essais en écotoxicologie et toxicologie *in vitro/in vivo*, les expositions tout au long du cycle de vie des nanomatériaux.
- > **NanoCen** : dans le cadre du mandat 461, la Commission européenne a mandaté le CEN, le CENELEC et l'ETSI pour normaliser des activités relatives aux nanotechnologies et nanomatériaux. L'INRS participe à plusieurs projets incluant des actions de recherche prénormative et l'élaboration de huit normes et pilote les actions portant sur la pulvéulence des nanomatériaux. En 2013, l'INRS a participé à une campagne d'inter-comparaison de compteurs de noyaux de condensation (CNC) avec l'IFA allemand, a développé des protocoles de mesures associés au banc d'essai Nanoduster et a réalisé des essais en commun avec le CIOP polonais.

■ Au niveau national, l'Institut est impliqué dans :

■ Trois projets ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail)

- > GABO : Gêne Acoustique dans les Bureaux Ouverts.
- > MEPAS : Méthode de Prévion de l'Ambiance Sonore dans les bureaux ouverts.
- > DICER : Définition d'Indicateurs pour la Caractérisation des Expositions aux Radio-fréquences.

■ Trois projets ANR (Agence nationale de la Recherche)

- > Le projet MESURE, clôturé en avril 2013, visait à développer des approches statistiques souples pour modéliser la survie relative.
- > Le projet CENSUR, dans la continuité du projet MESURE, vise à appliquer les méthodes développées: l'INRS développe dans ce cadre des méthodes spécifiques à la problématique des études en santé au travail.
- > Le programme MYCODIAG a pour objet l' "Intégration d'outils sélectifs pour l'analyse de l'Ochratoxine A : méthodes de diagnostic pour l'évaluation du risque toxicologique". L'objectif des actions de l'INRS est de tester l'utilisation de certains appareillages pour l'analyse des échantillons à traiter en hygiène industrielle (prélèvements atmosphériques de poussières contaminées).

■ Deux projets ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)

- > L'objectif du projet REFORBA est de développer un procédé de recyclage des résidus de broyage automobile. Les opérations unitaires du procédé de recyclage ayant été définies et testées par le coordinateur du projet (BRGM), l'INRS a évalué en 2013 leurs émissions en polluants en vue de proposer des solutions de réduction lors de la phase d'industrialisation.
- > L'objectif du projet ATENA est d'optimiser les méthodes classiques de dépoussiérage vis-à-vis des particules fines telles que celles qui sont émises par les procédés de métallisation. En 2013, les travaux sur les colonnes à bulles ont été poursuivis avec l'étude de paramètres tels que le temps de séjour des bulles, le débit d'air, la taille des bulles et la présence de garnissage.

■ Partenariats internationaux

Les partenariats internationaux sont initiés soit dans le cadre de réseaux institutionnels tel PEROSH, l'agence de Bilbao ou sur la base de relations bilatérales :

■ PEROSH

Afin de renforcer le partage de connaissances scientifiques européennes, l'INRS est impliqué au sein du réseau PEROSH (Réseau des homologues européens en recherche en santé et sécurité au travail) regroupant, à l'échelle européenne, les principaux organismes de recherche en santé et sécurité au travail (12 organismes et 11 pays). Il en assure la Présidence depuis 2011. Des projets de recherche sont également développés dans le cadre de PEROSH et l'INRS participe activement à trois d'entre eux :

- > Exposition aux nanomatériaux, dans le cadre du projet NECID qui vise à construire une base de données européenne, en capitalisant les données d'expositions à des nanomatériaux et les informations contextuelles associées.
- > Détermination des facteurs de protection des appareils de protection respiratoire (APR), notamment par le développement d'un protocole harmonisé pour l'évaluation de leur efficacité de protection en situation réelle d'utilisation.
- > Bien-être au travail : l'objectif principal du projet étant de développer une compréhension commune du concept de bien-être et de définir des orientations de recherche et d'interventions dans différents pays.



■ Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail de Bilbao

- > L'INRS a organisé en octobre 2013, en collaboration avec l'Agence européenne de Bilbao, un séminaire intitulé "Moving towards 2020. Priorities for occupational safety and health (OSH) research in Europe for the years 2013-2020". Ce séminaire avait pour objectif de discuter des conclusions du rapport de l'Agence sur les priorités européennes en santé et sécurité au travail. Ce rapport avait été coordonné par l'INRS en collaboration avec des partenaires, FIOH (Finlande), BAUA et IFA (Allemagne). Le rapport et le séminaire ont été l'occasion d'échanger sur les besoins de nouvelles connaissances en santé et sécurité au travail et sur les orientations en matière de recherche des différents acteurs de la prévention en Europe.
- > L'INRS a également poursuivi les travaux en partenariat avec l'Agence sur l'outil d'évaluation des risques (OIRA, Online interactive Risk Assessment). L'Institut a mis au point un deuxième outil sectoriel destiné aux petites entreprises de la restauration.

■ Autres partenariats

Sur le plan international, l'Institut a poursuivi en 2013 son implication auprès d'instances telles que le Bureau international du travail, l'Agence européenne de Bilbao, l'AISS... et le développement de projets de recherche conjoints avec ses homologues.

- > Ainsi, un nouvel accord de coopération a été signé avec l'AIHA en 2013. Il concerne un outil de modélisation "IH SkinPerm", permettant aux spécialistes de la prévention des risques chimiques en entreprise d'estimer le passage à travers la peau de polluants chimiques. Grâce à cette coopération, l'INRS diffusera sur son site une version du logiciel en français.
- > Dans le cadre de la coopération avec l'IRSST (Québec), un avenant à l'entente spécifique de partenariat "ProtecPo" a été signé. Il va permettre de poursuivre et d'enrichir les données de cet outil de présélection des matériaux polymères utilisés dans les équipements de protection individuelle à utiliser en cas de manipulation de solvants.
- > Dans la continuité de notre coopération avec l'IRSST sur le risque chimique, une convention tripartite a été signée avec l'IRSST et l'Université de Montréal concernant le logiciel MIXIE. Ce logiciel permet l'évaluation des risques chimiques dans le cadre de coexpositions à des polluants. L'objectif, pour l'INRS, est d'adapter le logiciel aux valeurs limites d'exposition professionnelle françaises puis de mettre l'outil à disposition des acteurs de la prévention en France.
- > L'INRS travaille également avec l'Institut de santé au travail de Lausanne (Suisse). Des travaux sur la perméation cutanée et les fumées de bitume ont été menées en collaboration. D'autres sujets font l'objet de collaborations plus informelles (béryllium, mycotoxines...).

■ Partenariats sur le long terme avec des laboratoires universitaires

Une forme particulière de partenariat passe par la constitution d'équipes intégrées dites "équipes projet" qui permettent de mutualiser les compétences et les équipements pour atteindre des objectifs communs. En 2013, quatre équipes projets étaient constituées et une cinquième était en cours de constitution.

- > **Laboratoire de Filtration et Adsorption (LFA)** : entre le Laboratoire de Réactions et de Génie des Procédés (LRGP) du CNRS et le laboratoire Procédé et Épuration des Polluants (PROCEP) de l'INRS.
- > **Laboratoire Mixte de Prévention de la Pollution (LMPP)** : entre le Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMETA), UMR CNRS - Université de Lorraine, et le laboratoire Ingénierie Aéronautique de l'INRS.
- > **Équipe-projet Acoustique des Parois dans les Locaux Industriels (APLI)** : entre le LEMETA et le laboratoire Réduction du Bruit au Travail de l'INRS.

- > **Laboratoire Conception Sûre des Situations de Travail (LC2S)** : entre le laboratoire Conception-Fabrication-Commande de l'ENSAM Paris Tech de Metz et le laboratoire Ingénierie de Conception des Systèmes Sûrs de l'INRS.
- > **Nouvelle équipe-projet** en préparation entre l'équipe d'accueil Interactions Gènes-Risques Environnementaux et Effets sur la Santé (INGRES) de l'Université de Lorraine et plusieurs laboratoires de l'INRS, centrée sur les questions d'allergie et de cancérologie professionnelles.



Un nouveau partenariat de recherche signé par l'INRS, l'UL et le CNRS

L'INRS, l'Université de Lorraine (UL) et le Centre national de recherche scientifique (CNRS) ont signé une convention cadre de partenariat le lundi 28 avril 2014, Journée mondiale de la Santé et de la sécurité au travail.



En bas, de gauche à droite, messieurs Pierre MUTZENHARDT, Président de l'Université de Lorraine, Wilfrid STRAUSS Directeur du Centre de Lorraine de l'INRS, et Philippe PIERI, Délégué régional Centre-Est du CNRS.

Cette collaboration va permettre la mise en place de **recherches communes**, la participation à des projets européens, à des colloques ou à toute action veillant à développer la culture scientifique et technique. De plus, elle favorisera le **partage d'équipements, rationalisant ainsi les moyens et ressources**. En matière d'enseignement, l'Université porte une attention particulière aux évolutions des filières professionnelles. Dans ce contexte, **de nouvelles formations en prévention des risques professionnels pourraient se déployer à moyen terme dans les cursus initiaux lorrains**, basées sur l'expertise de l'INRS.



Encadrement de thèses de doctorat

Ces partenariats sont également propices à l'**encadrement conjoint de thèses d'université**, permettant un enrichissement scientifique réciproque et une mutualisation de moyens au service de l'amélioration des connaissances. En 2013, vingt-six doctorants au total ont contribué au programme d'activité de l'Institut, et les neuf thèses suivantes ont été soutenues :

- > Modalités de médiation et de restitution inspirées de l'approche systémique, dans le cadre d'interventions "bien-être" dans les PME du tertiaire : Virginie ALTHAUS.
- > Intelligibilité dans les espaces de travail ouverts : étude de la gêne dans un environnement multi-sources de paroles : Ange EBISSOU.
- > Gestion de l'équilibre d'un mannequin virtuel dans un environnement fortement perturbé : Darine MANSOUR.
- > Étude et conception de la commande de mannequins virtuels dynamique pour l'évaluation de l'ergonomie des postes de travail : Giovanni DE MAGISTRIS.
- > Modélisation multiparamètres de l'adsorption de vapeurs organiques : effets de l'humidité, des cycles et des copolluants : Romain CHAUVEAU.
- > Dynamique d'un nuage de nanoparticules : modélisation de la coagulation des particules et du transfert d'agrégats : Romain GUICHARD.
- > Application des techniques de biologie moléculaire pour la caractérisation des bioaérosols : Lætitia BETELLI.
- > Développement d'outils de caractérisation physicochimique des particules ultrafines : Thibaut DURAND.
- > Évaluation de l'efficacité des réflexes de protection de l'oreille par la mesure des produits de distorsion acoustique chez le rat : développement d'un nouvel outil clinique pour l'homme : Cécile RUMEAU.



Autres équipes partenaires nationales

Parmi les autres équipes qui ont contribué de façon significative aux études conduites en 2013 à l'INRS pour traiter au mieux certaines questions de recherche, citons de plus :

- > **Service d'Endocrinologie du CHU de Nancy** : recherche d'effets à type de perturbations endocriniennes, lors d'une exposition au DINP en milieu industriel.

- > **Centre Hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM) et l'Institut Universitaire Romand de Santé au Travail (IST)** : modèles d'aide à la décision pour l'évaluation des expositions professionnelles (MIXIE) et projet relatif à la création de modèles d'exposition à partir des données disponibles dans les bases Colchic et Scola.
- > **Faculté de Médecine de Lille (pôle Inflammation pulmonaire et toxiques professionnels et environnementaux)** : exposition professionnelle au béryllium et effets sur la santé respiratoire.
- > **Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris** : mise au point de méthode de mesurage de bioaérosols (1,3)- β -D-glucanes dans les ambiances de travail.
- > **Université Lyon 1 et IFSTTAR (Lyon)** : développement d'un système ambulatoire à partir de capteurs inertiels permettant de disposer d'une représentation réaliste des postures et des mouvements du membre supérieur.
- > **Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour l'Environnement (unité mixte CNRS / Université de Lorraine)** : développement d'un prototype de capteur d'exposition chimique sélectif aux aromatiques monocycliques.
- > **Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT) (CNRS-INPT)** : simulation tridimensionnelle de l'aérosolisation des poudres lors des transferts de matières pulvérulentes.
- > **ANACT** : développement de l'évaluation des interventions complexes de prévention des TMS et RPS, conceptualisation d'un cadre théorique d'évaluation en 2013.
- > **Laboratoire PACTE de l'Université Pierre-Mendès-France de Grenoble** : deux collaborations : "identification du rôle de l'encadrement de proximité dans la prévention des TMS à partir de l'analyse de l'activité réelle dans un contexte de sous-traitance interne dans le secteur de l'agro-alimentaire", "construction et gestion des risques liés aux nanoparticules dans le secteur industriel et les laboratoires de recherche".
- > **Institut d'Administration des Entreprises de l'Université de Grenoble** : étude de la gestion des âges dans les entreprises en lien avec la prise en compte de la santé au travail.
- > **Centre Universitaire de Formation et de Recherche J.-F. Champollion (Albi)** : analyse des activités cognitives chez les exploitants dans le secteur du transport et éléments de généralisation des activités de planification pour une meilleure prévention.
- > **Laboratoire Cognition, Langues, Langage, Ergonomie de l'Université Toulouse 2** : élargissement des connaissances quant aux effets liés à l'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les entreprises en réseau sous un angle psychoergonomique et dans une démarche de prévention.
- > **Institut d'Étude du Travail de Lyon** : projet de transformation, territorialité et santé au travail : expérimentation de l'extension du tri des emballages plastiques.
- > **Laboratoire Santé Travail Environnement du Centre Inserm U897/Université de Bordeaux Segalen** : Identification ergonomique des situations d'exposition cutanée au bitume lors des travaux routiers, et élaboration de pratiques de prévention partagées.
- > **Institut Jean-Lamour (CNRS Nancy)** : synthèse de nanomatériaux à façon pour la réalisation d'études sur la relation entre les paramètres physicochimiques des nanomatériaux et leurs propriétés toxicologiques.
- > **Département Santé-Travail de l'Institut de Veille Sanitaire** : participation de l'INRS à la mise en place du dispositif de surveillance des travailleurs exposés aux nanomatériaux (EpiNano) et conception des outils de recueil de données, préalablement à un projet de recherche épidémiologique.
- > **Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA) de l'Université de Lorraine** : Instruction d'une étude visant à développer des connaissances dans le domaine de la modélisation des phénomènes de remodelage vasculaire consécutifs à une exposition vibratoire du système main-bras.
- > **INSA de Lyon**, sur le domaine de l'intelligibilité en acoustique.
- > **Le CETIM** pour la mise au point d'une méthodologie d'aide à la rédaction d'un cahier des charges, basée sur la notion de situation de travail.





Communications et Publications scientifiques de l'année 2013

Communications 2013

Les chercheurs et experts de l'INRS participent chaque année à de nombreux congrès nationaux et internationaux. 141 communications ont été présentées dans différentes manifestations scientifiques en 2013, dont 78 dans des congrès à l'étranger et notamment :

- > 8 communications de l'INRS au Congrès du 50^e anniversaire de la SELF à Paris,
- > 7 communications de l'INRS au 28^e Congrès français sur les aérosols, également à Paris,
- > 5 communications à la Conférence européenne sur les aérosols (EAC - Prague), au congrès de la Société française de génie des procédés (SFGP - Lyon), à la conférence américaine d'hygiène industrielle (AIHCE - Montréal),
- > 4 communications au 15^e colloque de l'ADEREST (Recherche épidémiologique en santé au travail) à Paris, au 9^e Symposium international de surveillance biologique en santé au travail à Manchester, au Colloque international du DIM Gestes (Domaine d'intérêt majeur : groupe d'étude sur le travail et la souffrance au travail) à Paris.

Aux côtés de colloques auxquels il participe, l'INRS a organisé trois rendez-vous scientifiques majeurs en 2013 :

- > en avril, la 3^e édition du cycle de conférences sur la recherche en santé et sécurité au travail, en direction de la communauté scientifique nationale et internationale, portait sur le thème des allergies professionnelles. Elle a réuni 200 participants (chercheurs, experts, préventeurs et médecins d'horizons différents : allergologie, toxicologie, santé et sécurité du travail, surveillance biologique, éthique...). Une synthèse a été publiée dans la revue *Hygiène et sécurité du travail*. 10 communications INRS ont été présentées lors de cette conférence scientifique ;
- > une Journée nationale sur la prévention des collisions engins-piétons organisée par l'INRS, en partenariat avec la FNTP et la FNADE, le 19 novembre 2013 à Paris, a rassemblé 287 personnes ;
- > Journée technique sur la thermodesorption à laquelle 120 professionnels issus de laboratoires, d'industries, de services de santé au travail ou du monde de la prévention, ont assisté le 21 mars 2013, afin de partager leurs connaissances sur le thème de la désorption thermique.

Publications 2013

Les résultats des "études et recherche" font l'objet de publications scientifiques et techniques.

85 articles sont parus en 2013, dont :

- > 47 dans des revues internationales avec comité de lecture,
- > 38 dans des revues nationales, dont :
 - > 19 dans la revue de l'INRS *Hygiène et sécurité du travail* ;
 - > 7 dans la revue de l'INRS *Références en santé au travail* ;
 - > 14 éditions de *Note scientifique et technique* de l'INRS ;
 - > 6 chapitres dans des ouvrages.

Ainsi que :

- > 31 actes de congrès.

Liste des publications 2013

Accidentologie, perception et acceptabilité des risques professionnels

- > **LECLERCQ S., MONTEAU M., CUNY X.**
La prévention des accidents du travail aujourd'hui : quelle attente vis-à-vis des modèles ?
Leclercq Sylvie et al., "Quels modèles pour prévenir les accidents du travail d'aujourd'hui?",
Le travail humain, 2013, vol. 76, p. 105-127.
- > **DAVILLERD C.**
Faire vivre la prévention en entreprise par l'optimisation des actions d'information et de communication. *Hygiène et sécurité du travail*, septembre 2013, n° 232, NT 5, p. 46-51.
- > **CHANG W., LECLERCQ S., HASLAM R., LOCKHART T.**
The State of Science on Occupational Slips, Trips and Falls on the Same Level. (L'état de l'art sur les glissades, trébuchements et chutes de plain-pied). Proceedings of International Conference on Fall Prevention and Protection 2013 (ICFPF 2013), October 23-25, 2013, Tokyo (Japan). Edited by JNIOOSH (Japanese National Institute of Occupational Safety and Health), p. 33-40.

Allergies professionnelles

- > **BOINI S., HEDELIN G.**
Évaluation des actions de prévention en santé au travail. *EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement*, 2013, vol. 8, n° 4, p. 1-5.
- > **HEDELIN G., DEMANGE V., NIKOLOVA-PAVAGEAU N., GAGNAIRE F., DUQUENNE P., BONTHOUX F.**
Prévenir les allergies professionnelles : des solutions existent.
Hygiène et sécurité du travail, décembre 2013, n° 233, DO 3, p. 19-38.
- > **DEMANGE V., GAGNAIRE F., SIMON X., KELLER F.X.**
Les allergies professionnelles : état des lieux de maladies sous-estimées.
Hygiène et sécurité du travail, 2013, n° 232, CC 2, p. 58-61.

- > **DEMANGE V., SIMON X., KELLER F.-X., GAGNAIRE F., HEDELIN G.**
Les allergies professionnelles : conférence INRS 2013 sur la recherche en santé au travail. *Références en santé au travail*, 2013, n° 135, TD 202, p. 115-124.

Bruits, vibrations, champs électromagnétiques et rayonnements optiques

- > **EBISSOU A., CHEVRET P., PARIZET E.**
Work performance and mental workload in multiple talker environments. (Performance et charge cognitive en présence de plusieurs sources de parole). Proceedings of Meetings on Acoustics ICA 2013, in *JASA*, 2013, vol. 19.
- > **PIERRETTE M., PARIZET E., CHEVRET P.**
Perception and evaluation of noise sources in open plan office. (Perception et évaluation des sources de bruit dans un bureau ouvert). Proceedings of Meetings on Acoustics ICA 2013, in *JASA*, 2013, vol. 19.
- > **DUCOURNEAU J., FAIZ A., KHANFIR A., CHATILLON J.**
Measuring sound scattering coefficients of uneven surfaces in a reverberant workplace Principle and validation of the method. (Mesure des coefficients de diffusion sonore des surfaces diffusantes dans un milieu réverbérant. Principe et validation de la méthode).
Applied Acoustics, 2013, vol. 74, p. 653-660.
- > **CHATILLON J., SZYSZKO M.**
The "NOMAD" project. A survey of instructions supplied with machinery with respect to noise. (Le projet "NOMAD"). Une enquête sur l'information relative au risque bruit contenue dans les notices d'instructions fournies avec les machines. *Archives of acoustics*, 2013, vol. 38, n° 2, p. 271-275.
- > **SALSI S., BARLIER-SALSI A.**
Exposition aux dispositifs d'éclairage scénique : risque pour la santé des professionnels du spectacle vivant ou enregistré. *Radioprotection*, 2013, vol. 48, n° 3, p. 391-410.



- > **CHATILLON J.**
Le bruit dans le BTP. *Le Moniteur*, 15 mars 2013, n° 5703, Cahier détaché n° 2, 18 p.
 - > **ARZ J.P., THIERY L.**
L'évaluation de l'exposition aux bruits professionnels : une démarche progressive à trois niveaux. *Acoustique & Techniques*, 2013, n° 70, p. 8-16.
 - > **JEANJEAN G., CHATILLON J., JACQUES J.**
Enquête sur l'application des exigences essentielles de la directive Machines relatives à l'information sur le risque bruit fournies dans les notices d'instructions des machines. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 230, ND 2371, p. 3-10.
 - > **CARUEL E., DONATI P.**
Comment mesurer les vibrations émises par les machines percutantes ?
Hygiène et sécurité du travail, juin 2013, n° 231, NT 3, p. 46-52.
 - > **AMARI M.**
Congrès "Effets sur la santé des vibrations transmises à l'ensemble du corps".
Hygiène et sécurité du travail, décembre 2013, n° 233, CC 3, p. 66-69.
 - > **DEMARET P., LE BERRE G., HENOFF R.**
Comment mesurer le champ magnétique aux postes de travail des machines à souder par résistance ? *Hygiène et sécurité du travail*, décembre 2013, n° 233, NT 8, p. 54-58.
 - > **DEMARET P.**
Effets biologiques des rayonnements électromagnétiques. 7^e conférence internationale.
Références en santé au travail, 2013, n° 134, TD 196, p. 91-99.
 - > **DONATI P., KLEIN R.**
Réalisation et installation d'un patin de masse sur les soudeuses haute fréquence de conception ancienne. *Note scientifique et technique de l'INRS*, 2013, NS 301, 21 p.
 - > **TROMPETTE N., PEPIN H., VAUQUELIN E.**
Determination of acoustic characteristics of pneumatic exhaust silencers: a new procedure. (Détermination des caractéristiques acoustiques des silencieux d'échappements pneumatiques : une nouvelle procédure). Proceedings Inter-Noise 2013, Innsbruck, Autriche, 15-18 septembre 2013, 9 p.
 - > **TROMPETTE N., KUSY A.**
Suitability of commercially available systems for individual fit tests of hearing protectors. (Essai des systèmes disponibles dans le commerce pour le test individuel de l'efficacité de protecteurs auditifs). Proceedings Inter-Noise 2013, Innsbruck, Autriche, 15-18 septembre 2013, 10 p.
- Conception des équipements, des lieux et des situations de travail**
- > **GARDEUX F., MARSOT J.**
A 3-D interactive software tool to help VSEs/SMEs integrate risk prevention in workplace design projects. (Une aide logicielle 3-D interactive pour aider les maîtres d'ouvrage des TPE/PME à intégrer la prévention dans leur projet de conception de lieux de travail). *Safety Science*, 2013, vol. 62, p. 214-220.
 - > **DE MAGISTRIS G., MICAELLI A., EVRARD P., ANDRIOT C., SAVIN J., MARSOT J.**
Dynamic control of DHM for ergonomic assessments. (Contrôle dynamique de mannequins numériques pour l'évaluation ergonomique). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2013, vol. 43, p. 170-180.
 - > **MARCHAL P., JACQUES M., SIGARI A.**
Comparaison de méthodes de mesure du coefficient de frottement des revêtements de sol. *e-Cahiers du CSTB*, juillet 2013, Cahier 3738, 21 p.
 - > **MARCHAL P., JACQUES M.**
Évaluations psychophysiques en laboratoire de la glissance de revêtements de sol. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 230, ND 2374, p. 29-35.
 - > **DE MAGISTRIS G., MICAELLI A., SAVIN J., GAUDEZ C., MARSOT J.**
Dynamic Digital Human Model for ergonomic assessment based on human-like behaviour and requiring a reduced set of data for a simulation. (Développement d'un modèle d'humain virtuel pour l'évaluation ergonomique basée sur le comportement humain et un ensemble réduit de données de simulation). Actes du 2^e colloque international sur les modèles numériques d'humains DHM 2013, Ann Arbor, Michigan, USA, 11-13 June 2013, 10p.

- > **MANSOUR D., MICAELLI A., LEMERLE P.**
Humanoid push recovery control in case of multiple non-coplanar contacts. (Contrôle de la récupération de l'équilibre humain dans le cas de contacts multiples non-coplanaires). Actes du congrès 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2013), November 3-7, 2013, Tokyo, Japan, p. 4137-4144.
- > **FALCONNET E., FADIER E., DAILLE-LEFEVRE B., MARSOT J., ROIGNOT R.**
Conception des machines. Intégrer la sécurité et la santé dès la rédaction du cahier des charges. Actes du 10^e congrès international pluridisciplinaire en qualité et sûreté de fonctionnement Qualita 2013, Compiègne, 20-22 mars 2013, p. 306-312.

Déchets et recyclage

- > **POIROT P., CLERC F.**
Approche des risques chimiques dans le secteur du traitement des déchets de bois dangereux. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 230, PR50, p. 37-52.
- > **CHOLLOT A., DIEBOLD F.**
Les risques chimiques liés aux opérations de récupération et recyclage des métaux. *Note scientifique et technique de l'INRS*, octobre 2013, NS 308, 17 p.

Multi-expositions : produits chimiques et bruits

- > **CAMPO P., VENET T., THOMAS A., COUR C., CASTEL B., NUNGE H., COSNIER F.**
Inhaled toluene can modulate the anesthetic effects on the middle-ear acoustic reflex. (Le toluène inhalé peut moduler les effets de l'anesthésie sur le réflexe de l'oreille moyenne). *Neurotoxicology and Teratology*, 2013, vol. 35, p. 1-6.
- > **CAMPO P., MORATA T., HONG O.**
Chemical exposure and hearing loss. (Exposition chimique et perte auditive). *Disease-a-Month*, 2013, vol. 59, p. 119-138.
- > **CAMPO P.**
Expositions aux niveaux sonores élevés de la musique : Haut Conseil de la Santé Publique. Expositions aux niveaux sonores élevés de la musique : recommandations sur les niveaux acceptables, février 2013, 27p.

- > **SAVARY B.**
Gaz toxiques dans les conteneurs maritimes. État des lieux. *Note scientifique et technique de l'INRS*, novembre 2013, NS 310, 179 p.

Nanomatériaux manufacturés

- > **BAU S., WITSCHGER O., GENSDARMES F., THOMAS D.**
Determining the count median diameter of nanoaerosols from simultaneous measurement of number and lung deposited surface area concentrations. (Détermination du diamètre médian en nombre des aérosols de nanoparticules via la mesure simultanée de leurs concentrations en nombre et en surface déposée dans l'arbre respiratoire). *Journal of Nanoparticle Research*, 2013, 15: 2104, 8 p.
- > **THOMAS D., MOURET G., CADAVID-RODRIGUEZ M.C., CHAZELET S., BEMER D.**
An improved model for the penetration of charged and neutral aerosols in the 4 to 80 nm range through stainless steel and dielectric meshes. (Perméance de grilles métalliques et synthétiques vis-à-vis de nanoparticules chargées et neutres sur la plage 4 - 80 nm : expériences et développement d'un nouveau modèle). *Journal of Aerosol Science*, 2013, vol. 57, p. 32-44.
- > **BAU S., WITSCHGER O.**
A modular tool for analyzing cascade impactors data to improve exposure assessment to airborne nanomaterials. (Développement d'un outil modulaire d'inversion de données d'impacteurs en cascade pour l'évaluation des expositions aux aérosols de nanomatériaux). *Journal of Physics: Conference Series*, 2013, vol. 429.
- > **CLERC F., NJIKI-MENGA G.H., WITSCHGER O.**
Statistical analyses of real time occupational exposure measurements to silver nano particles. (Analyses statistiques de mesures temps réel d'exposition professionnelle à des nano particules d'argent). *Journal of Physics: Conferences Series*, 2013, vol. 429 012003 doi:10.1088/1742-6596/429/1/012003.
- > **HONNERT B., GRZEBYK M.**
Manufactured nano-objects: an occupational survey in five industries. (Nano-objets manufacturés : une enquête dans cinq secteurs industriels). *Annals of Occupational Hygiene*, October 2013, vol. 57, n° 8.



- > **CESARD V., BELUT E., PREVOST C., TANIÈRE A., RIMBERT N.**
Assessing the Containment Efficiency of a Microbiological Safety Cabinet During the Simultaneous Generation of a Nanoaerosol and a Tracer Gas. (Évaluation de l'efficacité de confinement d'une enceinte ventilée lors de la génération simultanée d'un nanoaérosol et d'un gaz traceur). *Annals of Occupational Hygiene*, 2013, vol. 57, n° 3, p. 345-359.
 - > **BEMER D., REGNIER R., MORELE Y., GRIPPARI F., APPERT-COLLIN J.C., THOMAS D.**
Study of clogging and cleaning cycles of a pleated cartridge filter used in a thermal spraying process to filter ultrafine particles. (Étude du colmatage / décolmatage d'un filtre plissé vis-à-vis de particules ultra-fines métalliques). *Powder Technology*, 2013, vol. 234, p. 1-6.
 - > **REGNIER R., BEMER D., MORELE Y.**
Effect of the sampling system on the measured particle concentration in ventilation ducts. (Mesure de concentrations en particules dans les conduits de transport). *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 2013, vol. 73, n°1/2, p. 49-55.
 - > **GUICHARD R., TANIÈRE A., BELUT E., RIMBERT N.**
Modelling of Nanoparticle Coagulation and Transport in Pipe Flow. (Modélisation du transport et de la coagulation de nanoparticules). *International Journal of Ventilation*, septembre 2013, ISSN 1473-3315, vol. 12, n° 2, p. 181-186.
 - > **GUICHARD R.**
Dynamique d'un Aérosol de Nanoparticules. Modélisation de la Coagulation et du transport d'Agrégats. Thèse en Mécanique et Énergétique, Université de Lorraine, novembre 2013, 261 p.
 - > **DEDESSUS-LE-MOUSTIER N., DRAIS E.**
La place des relations collectives dans la protection de la santé des salariés exposés aux nanomatériaux : défis pratiques et questions nouvelles. In : LACOUR S., sous la direction de - Des nanotechnologies aux technologies émergentes. La régulation en perspectives. Paris, Larcier, Collection Droit des Technologies, 2013, p. 45-66.
 - > **REYNIER M., BINET S., MALARD S., BAU S., WITSCHGER O., BELUT E., CHAZELET S., RICAUD M.**
Les nanomatériaux, bilan et perspectives en santé et sécurité au travail. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 232, dossier DO 2, p. 21-36.
 - > **CADAVID-RODRIGUEZ M.C., CHARVET A., BEMER D., THOMAS D.**
Collecte des particules ultrafines à l'aide d'une colonne à bulles. Actes congrès CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris, 8 p.
 - > **WITSCHGER O., LE BIHAN O., DURAND C., ZIMMERMANN E., MARCHETTO A., REYNIER M., CHARPENTIER D.**
Recommandations en matière de caractérisation des potentiels d'émission et d'exposition professionnelle aux aérosols lors d'opérations mettant en œuvre des nanomatériaux. Actes congrès CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris.
 - > **GUICHARD R., TANIÈRE A., BELUT E., RIMBERT N.**
Modélisation de la coagulation, du transport et du dépôt d'un aérosol de nanoparticules par la méthode des moments. Actes congrès CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris, 6 p.
- Organisation, santé et sécurité au travail**
- > **WIOLAND L.**
Ergonomic analyses within the French transport and logistics sector: first steps towards a new "Act Elsewhere" prevention approach. (Analyses ergonomiques dans le secteur du transport et de la logistique en France : premières réflexions vers une nouvelle approche de prévention "agir ailleurs"). *Accident Analysis and Prevention*, 2013, vol. 59, p. 213-220.
 - > **FAVARO M., DRAIS E.**
I presupposti sociali ed organizzativi per l'implementazione dei sistemi di gestione della salute e sicurezza sul lavoro: l'esperienza di dieci imprese francesi. (Les présupposés sociaux et organisationnels pour la mise en œuvre des systèmes de management de la santé-sécurité au travail : l'expérience de dix entreprises françaises). *Sociologia del lavoro*, 2013, n° 130, p. 121-139.

- > **QUILLEROU E., CLOT Y.**
Trois conditions pour une clinique de l'activité en psychologie du travail : le cas d'une intervention dans une entreprise de logistique automobile. *Activités*, 2013, vol. 10, n° 2, p. 229-248, <http://www.activites.org/v10n2/v10n2.pdf>.
- > **GOVAERE V.**
Changements de l'activité de travail liés aux NTIC : analyse ergonomique du phénomène de propagation et retombées en prévention. *Références en santé au travail*, TF 206, mars 2013, n° 133, p. 43-58.
- > **GRUSENMEYER C.**
Les activités de maintenance. Exploitation d'une enquête et analyse ergonomique dans une entreprise. *Note scientifique et technique de l'INRS*, novembre 2013, NS 311, 101 p.
- > **GOVAERE V.**
Une approche exploratoire pour la prise en compte de la transversalité inhérente à l'utilisation d'un système d'information (SI). In: Van de Leemput C., Chauvin C., Hellemans C. *Activités humaines, Technologies et Bien-être*. Actes du 7^e colloque de psychologie ergonomique, EPIQUE 2013, Université libre de Bruxelles, 10-12 juillet 2013, p. 275-283.
- > **BOUDRA L., BEGUIN P.**
Quels liens entre travail et territoire ? Le cas des centres de tri des déchets d'emballages ménagers. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 2013, Paris, 28-30 août.

Prévention des cancers professionnels

- > **BOURGKARD E., WILD P., GONZALEZ M., FEVOTTE J., PENVEN E., PARIS C.**
Comparison of exposure assessment methods in a lung cancer case-control study: performance of a lifelong task-based questionnaire for asbestos and PAHs. (Comparaison de méthodes d'estimations d'expositions restrospectives dans une étude cas-témoins sur le cancer broncho-pulmonaire : performance d'un questionnaire tâches pour amiante et HAP). *Occupational and Environmental Medicine*, 2013, vol. 70, p. 884-891.

- > **BONTHOUX F., PATRASCU C.**
The Evaluation of Bitumen Fume Capture Efficiency for Road Pavers. (Évaluation de l'efficacité de captage des fumées de bitume sur finisseurs). *International Journal of Ventilation*, septembre 2013, ISSN 1473-3315, vol. 12, n° 2, p. 135-141.
- > **SUTTER B.**
Évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs. Avis de l'Anses - Saisine n° 2008-SA-0410. Rapport d'expertise collective, septembre 2013, Édition scientifique.
- > **EYPERT-BLAISON C., ROMERO-HARIOT A., VINCENT R.**
Amiante : recommandations pour vérifier le respect de la VLEP. *Hygiène et sécurité du travail*, juin 2013, n° 231, NT1, p. 40-45.

Rayonnements ionisants

- > **GAURON M.C., WILD P., GRZEBYK M., DEROCK C., CHAMPION K., COHEN P., MENEZ C., TELLART A., THIEL H., CARPENTIER P., CHAMOIX A., DE GAUDEMARI R., FIESSINGER J., SOBASZEK A., DONNADILLE L., PENNAROLA R., PERDEREAU B., CHOUDAT D.**
Exposition des praticiens en radiologie interventionnelle : apport de la capillaroscopie. *Références en santé au travail*, 2013, n° 135, TF 209, p. 39-52.

Reproduction et travail

- > **SAILLENFAIT A.M., GALLISSOT F., SABATE J.P., REMY A.**
Prenatal developmental toxicity studies on diundecyl and ditridecyl phthalates in Sprague-Dawley rats. (Toxicité du développement prénatal des phtalates de diundécyle et ditridécyle chez le rat Sprague-Dawley). *Reproductive Toxicology*, 2013, vol. 37, p. 49-55.



- > **SAILLENAIT A.M., SABATE J.P., ROBERT A., COSSEC B., ROUDOT A.C., DENIS F., BURGART M.**
Adverse effects of diisooctyl phthalate on the male rat reproductive development following prenatal exposure. (Effets adverses du phtalate de diisooctyle sur le développement de l'appareil reproducteur mâle après exposition prénatale). *Reproductive Toxicology*, 2013, vol. 42, p. 192-202.
- > **SAILLENAIT A.M., SABATE J.P., ROBERT A., ROUILLE-FABRE V., ROUDOT A.C., MOISON D., DENIS F.**
Dose-dependent alterations in gene expression and testosterone production in fetal rat testis following exposure to di-n-hexyl phthalate. (Altérations dans l'expression de gènes et la production de testostérone dans le testicule fœtal de rat après exposition au phtalate de di-n-hexyle. Relation effets-doses). *Journal of Applied Toxicology*, 2013, vol. 33, p. 1027-1035.
- > **GAUDIN R., MARSAN P., NDAW S., ROBERT A.**
Évaluation biologique de l'exposition au phtalate de di-(2-éthylhexyle) (DEHP) dans six entreprises françaises. *Références en santé au travail*, 2013, n° 133 p. 29-58.
- > **FORTHOMME A., JOUBERT A., ANDRES Y., SIMON X., BEMER D., DUQUENNE P., LE COQ L.**
Évaluation des performances de filtres plans vis-à-vis des particules d'un air semi-urbain réel. Influence de l'arrêt de la ventilation. Actes congrès CFA 2013, 23-24 janvier 2013, Paris, 6 p.
- > **DUQUENNE P., BETELLI L., GEHIN E., GRENOUILLET F., SIMON X., HARTMANN A.**
Mesure des actinobactéries dans l'air des plates-formes de compostage par qPCR. Actes congrès CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris.
- > **SIMON X., DUQUENNE P., KOEHLER V., COULAIS C.**
Aérosolisation contrôlée de bioaérosols de bactéries, d'endotoxines, d'actinomycètes ou de moisissures : synthèse des performances d'un générateur builleur. CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris.
- > **SIMON X., DUQUENNE P., COULAIS C., GREFF-MIRGUET G., KOEHLER V.**
Caractérisation de l'aérosol fongique émis lors de l'activité des salariés dans une entreprise d'affinage de fromages. CFA 2013, 28^e congrès français sur les aérosols, 23-24 janvier 2013, Paris.

Risques biologiques

- > **SIMON X., DUQUENNE P.**
Feasibility of generating peaks of bioaerosols for laboratory experiments. (Faisabilité de générer des pics de bioaérosols expérimentaux pour mener des essais en laboratoire). *Aerosol and Air Quality Research*, 2013, vol. 13, n° 3, p. 877- 886.
- > **SIMON X., DUQUENNE P., COULAIS C., GREFF-MIRGUET G., KOEHLER V.**
Expositions professionnelles aux aérosols de moisissures : exemple dans une cave d'affinage de fromages. *Hygiène et sécurité du travail*, septembre 2013, n° 232, EC 2, p. 52-55.
- > **BETELLI L., DUQUENNE P.**
Développement et évaluation d'une méthode fondée sur la PCR temps réel pour la caractérisation des bioaérosols : application au groupe des actinomycètes. Thèse en Environnements santé, sciences de la vie, Université de Bourgogne, janvier 2013, 254 p.

Risques chimiques

- > **GERARDIN F., CLOTEAUX A., GUILLEMOT M., FAURE M., ANDRE J.**
Photocatalytic conversion of gaseous nitrogen trichloride into available chlorine. Experimental and modeling study. (Conversion photocatalytique du trichlorure d'azote gazeux en chlore disponible. Étude expérimentale et numérique). *Environmental Science & Technology*, 2013, vol. 47, p. 4628-4635.
- > **PEIFFER J., COSNIER F., GROVA N., NUNGE H., SALQUEBRE G., DECRET M.J., COSSEC B., RYCHEN G., APPENZELLER B., SCHROEDER H.**
Neurobehavioral toxicity of a repeated exposure (14 days) to the airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbon fluorene in adult Wistar male rats. (Toxicité neurocomportementale d'une exposition par inhalation répétée [14 jours] à un hydrocarbure aromatique polycyclique, le fluorène, chez le rat Wistar mâle adulte). *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, n° 8, e71413.

- > DEVOY J., MELCZER M., ANTOINE G., REMY A., HEILIER J.F.
Validation of a standardized method for determining beryllium in human urine at ng level. (Validation d'une méthode standard pour la détermination du béryllium urinaire au niveau du ng). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 405, n°21, 10 p.
- > CHALANSONNET M., CARABIN N., BOUCARDS, COSNIER F., NUNGE H., GAGNAIRE F.
Study of the potential oxidative stress induced by six solvents in the rat brain. (Étude du stress oxydant généré par six solvants au niveau cérébral chez le rat). *Neurotoxicology*, 2013, vol. 35, p. 71-83.
- > BEMER D., SUBRA I., MORELE Y., CHARVET A., THOMAS D.
Experimental study of granular bed filtration of ultrafine particles emitted by a thermal spraying process. (Étude expérimentale de la filtration par lit granulaire des particules ultrafines émises par un procédé de projection thermique). *Journal of Aerosol Science*, 2013, vol. 63, p. 25-37.
- > COSNIER F., COSSEC B., BURGART M., NUNGE H., BROCHARD C., DECRET M.J., REMY A.
Biomarkers of toluene exposure in rats: mercapturic acids vs. traditional indicators (urinary hippuric acid and o-cresol and blood toluene). (Indicateurs biologiques d'exposition du toluène chez le rat : acides mercapturiques vs. indicateurs traditionnels [acide hippurique urinaire et o-crésol et toluène sanguin]). *Xenobiotica*, 2013, vol. 43, n° 8, p. 651-660.
- > CHAUVEAU R., GREVILLOT G., MARSTEAU S., VALLIERES C.
Values of the mass transfer coefficient of the linear driving force model for VOC adsorption on activated carbons. (Valeurs des constantes de transfert de masse du modèle *linear driving force* pour l'adsorption des COV sur les charbons actifs). *Chemical Engineering Research and Design*, 2013, vol. 91, p. 955-962.
- > CLERC F., VINCENT R.
Evaluation of occupational exposure to toluene: the influence of sampling strategy. (Mesure de l'exposition professionnelle au toluène : influence de la stratégie de prélèvement). *Annals of Occupational Hygiene*, 2014, 1-13; doi: 10.1093/annhyg/met084.
- > ESTEVE W., LHUILLIER F., RAVERA C., GRZEBYK M., LANGLOIS E.
Developing a new simplified method to determine diffusive uptake rates of volatile organic compounds in workplaces based on a fractional factorial designs approach. (Méthode simplifiée de détermination de débits d'échantillonnage de composés organiques volatiles dans des lieux de travail : plans d'expériences factoriels fractionnaires). *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Septembre 2013, vol. 10, n° 9, p. 505-518.
- > TAFNOUT F., BELUT E., OESTERLE B., MIKOLAJCZAK A., FONTAINE J.R.
Measurements and Numerical Simulation of the Gas-Solid Flow Generated by Machining Operation. (Mesures et simulations numériques de l'écoulement gaz - solide généré par une opération d'usinage). *International Journal of Ventilation*, 2013, vol. 12, p. 63-80.
- > HAUTEMANIERE A., CUNAT L., AHMED-LECHEHEB D., HAJJARD F., GERARDIN F., MORELE Y., HARTEMANN P.
Assessment of exposure to ethanol vapors released during use of Alcohol-Based Hand Rubs by healthcare workers. (Évaluation de l'exposition aux vapeurs d'éthanol lors de l'utilisation de solutions hydro-alcooliques par le personnel soignant). *Journal of Infection and Public Health*, 2013, vol. 6, p. 16-26.
- > STACEY P., MECCHIA M., VERPAELE S., PRETORIUS C., KEY-SCHWARTZ R., MATTENKLOTT M., EYPERT-BLAISON C., THORPE A., ROBERTS P., FROST G.
Differences Between Samplers for Respirable Dust and the Analysis of Quartz—an international study. (Différences entre échantillonneurs de la fraction alvéolaire et analyse du quartz : une étude internationale). *Silica and Associated Respirable Mineral Particles*, STP 1565, 2013, Available online at www.astm.org. DOI:10.1520/STP156520120188.
- > CLOTEAUX A., GERARDIN F., MIDOUX N.
Influence of Swimming Pool Design on Hydraulic Behavior: A Numerical and Experimental Study. (Influence de la configuration d'un bassin de piscine sur son comportement hydraulique : étude expérimentale et Numérique). *Engineering*, 2013, vol. 5, p. 511-524.



- > **BEMER D., GRIPPARI F., REGNIER R., MORELE Y., APPERT-COLLIN J., THOMAS D.**
Étude du colmatage / décolmatage d'un filtre plissé. *Salles Propres*, juin / juillet 2013, p. 8-12.
- > **FONTAINE J.R., DURIER F., MANDIN C., PREVOST C., RICCIARDI L.**
Ventilation 2012 - 10^e conférence internationale sur la ventilation industrielle. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 230, CR 20, p. 53-61.
- > **CHAZELET S., MASSON A.**
Appareils de protection respiratoire filtrants. Effet des conditions environnementales de stockage et d'utilisation sur les performances des filtres. *Hygiène et sécurité du travail*, 2013, n° 230, ND 2373, p. 17-30.
- > **KELLER F.X.**
Fibres céramiques réfractaires : recommandations pour capter les poussières. *Hygiène et sécurité du travail*, n° 232, septembre 2013, Notes techniques, NT4, p. 40-44.
- > **CHAZELET S., BROCHOT D., DENET J., THOMAS D., MICHIELSEN N.**
Évaluation de l'efficacité de masques filtrants lors d'une exposition aux nanoparticules. *Hygiène et sécurité du travail*, juin 2013, n° 231, NT 4, p. 55-58.
- > **GUICHARD R., TANIÈRE A., BELUT E., RIMBERT N.**
Modeling Coagulation, Transport and Deposition of a Nanoparticle Aerosol by a Moment Method. (Modélisation de la coagulation, du transport et du dépôt d'un aérosol de nanoparticules par une méthode des moments). Actes 8th International Conference on Multiphase Flow 2013, Jeju (Corée du Sud), 26 - 31 mai 2013, 7 p.
- > **LARA J., DROLET D., ZIMMERMANN F., CHOLLOT A., HANSEN C.**
Software to Predict the Chemical Resistance of Protective Materials. (Un logiciel pour prédire la résistance chimique des matériaux de protection). Actes 3rd International Conference of Engineering Against Failure, Kos (Grèce), 26-28 juin 2013, p. 579-587.
- > **CADAVIDRODRIGUEZ M.C., CHARVET A., BEMER D., THOMAS D.**
Intensification of nanoparticles collection efficiency in a bubble column. (Amélioration de l'efficacité de collecte des nanoparticules par une colonne à bulles). Actes congrès Filtech 2013, Wiesbaden (Allemagne), 22 - 24 octobre 2013, 9 p.
- > **JUDON N.**
Identification psycho-ergonomique des situations d'exposition cutanée au bitume lors des travaux de revêtements routiers. Actes du congrès du 48^e congrès international Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF), Paris, 28-30 août 2013.
- > **MONNIER H., CHAMPMARTIN C., SILVENTE E.**
Réduction des HAP à "la source" dans les fours à pyrolyse en cémentation gazeuse. 14^e congrès SFGP 2013, Lyon, 8 - 10 octobre 2013. In : Récents Progrès en Génie des Procédés, 2013, n° 104, 8 p.
- > **CLOTEAUX A., GERARDIN F., THOMAS D., ANDRE J.C., MIDOUX N.**
Utilisation de la simulation numérique pour l'évaluation a priori de l'efficacité d'un épurateur autonome dans un bureau. Application au cas du formaldéhyde. 14^e congrès SFGP 2013, Lyon, 8 - 10 octobre 2013. In : Récents Progrès en Génie des Procédés, 2013, n° 104, 8 p.
- > **CADAVIDRODRIGUEZ M.C., CHARVET A., BEMER D., THOMAS D.**
Une solution alternative aux médias fibreux pour la collecte de nanoparticules. 14^e congrès SFGP 2013, Lyon, 8 - 10 octobre 2013. In : Récents Progrès en Génie des Procédés, 2013, n° 104, 8 p.
- > **APPERT-COLLIN J., GRIPPARI F., MORELE Y., BEMER D., THOMAS D.**
Filtration des aérosols issus des fumées de projection thermique des métaux. 14^e congrès SFGP 2013, Lyon, 8 - 10 octobre 2013. In : Récents Progrès en Génie des Procédés, 2013, n° 104, 8 p.

Risques mécaniques et nouvelles technologies pour la prévention d'accidents

- > **JOCELYN S., BAUDOIN J., CHINNIH Y., CHARPENTIER P.**
Feasibility study and uncertainties in the validation of an existing safety-related control circuit with the ISO 13849-1:2006 design standard. (Etude de faisabilité et incertitudes lors de la validation d'un circuit de commande de sécurité existant par la norme de conception ISO 13849-1 : 2006). *Reliability Engineering and System Safety*, 2014, vol. 121, p. 104-112.
- > **BELLO J.P.**
Sûreté de fonctionnement : les études de l'INRS sur l'application des normes. *Jautomatise*, juillet-août 2013, n° 89, p. 63-65.
- > **CHARPENTIER P., SGHAIER A.**
L'homme au travail et le robot : une relation à inventer. *Hygiène et sécurité du travail*, juin 2013, n° 231, p. 84-88.
- > **LEMERLE P., BRUANT D.**
Transport de charges : validation de méthodes d'arrimage. *Hygiène et sécurité du travail*, décembre 2013, n° 233, EC 3, p. 60-62.
- > **BUCHWEILLER J.P.**
Questions-réponses sur le travailleur isolé. *Travail & sécurité*, février 2013, n° 736, p. 40.
- > **LAMY P., CHARPENTIER P., PETIN J.F., EVROT D.**
Faisabilité de l'utilisation des méthodes formelles pour les systèmes manufacturiers. Livre Hermès série Informatique et Systèmes d'Information. Mise en œuvre de la méthode B, mars 2013, p. 369-406, ISBN 978-2-7462-3810-7.
- > **BAUDOIN J., BELLO J.P.**
Aborder la norme NF EN ISO 13849-1 via la conception d'une fonction de sécurité basique. *Note scientifique et technique de l'INRS*, février 2013, NS 302, 58 p.
- > **OBRECHT P.**
Sécurité des machines à bois. Cahiers des protecteurs et des équipements pour les machines du menuisier. *Note scientifique et technique de l'INRS*, juin 2013, NS 303, 73 p.

- > **LEMERLE P., BRUANT D.**
Sécurisation des procédures d'arrimage de couronnes de fil d'acier. *Note scientifique et technique de l'INRS*, septembre 2013, NS 304, 26 p.
- > **BAUDOIN J., BELLO J.P.**
Exemple didactique d'application de la norme NF EN 62061. *Note scientifique et technique de l'INRS*, août 2013, NS 305, 99 p.
- > **GRAND G.**
Évaluation de la méthode d'essai des semelles anti-perforation en textile selon la norme NF EN ISO 20344 : 2012. *Note scientifique et technique de l'INRS*, octobre 2013, NS 309, 66 p.

Risques psychosociaux

- > **BOINI S., CHOUANIERE D., COLIN R., WILD P.**
Relationships between organizational workplace characteristics and perceived workplace strain in call-centers in France. (Relations entre facteurs organisationnels et contraintes perçues dans les centres d'appels téléphoniques en France). *American Journal of Industrial Medicine*, octobre 2013, vol. 56, 11, p. 1317-1328.
- > **MOUZE AMADY M., RAUFASTE E., PRADE H., MEYER J.P.**
Fuzzy-TLX : using fuzzy integrals for evaluating human mental workload with NASA-Task Load index in laboratory and field studies. (TLX-Flou : exploitation des intégrales floues dans l'évaluation de la charge mentale avec la NASA-TLX sur des données de laboratoire et de terrain). *Ergonomics*, 2013, vol. 56, n° 5, p. 752-763.
- > **LADREYT S., LHUILLIER D., MARC J., FAVARO M.**
Isolement et solitude au travail : l'exemple des agents d'accueil de parcs urbains. Des effets pathogènes aux processus de régulation et de dégageement. *Psychologie du travail et des organisations*, septembre 2013, vol. 19, n° 3, p. 263-278.
- > **GROSJEAN V.**
Bien-être au travail. Notions. *Contact Santé*, 2013, n° 236, p. 24-28.





- > **ALTHAUS V., KOP J.L., GROSJEAN V.**
Recension critique des modèles théoriques reliant environnement de travail, stress et santé : vers un méta-modèle. *Le travail humain*, 2013, vol. 76, p. 81-103.
 - > **ALTHAUS V., GROSJEAN V., BRANGIER E.**
La centration sur le processus du changement : l'apport de l'intervention systémique à l'amélioration du bien-être au travail. *Activités*, 2013, vol. 10, n°1, p. 127-149, <http://www.activites.org/v10n1/v10n1.pdf>
 - > **FAVARO M.**
Recension d'ouvrage. Analyse d'ouvrage : Claude Veil (2012). Vulnérabilités au travail : naissance et actualité de la psychopathologie du travail. *Activités*, 2013, vol. 10, n° 1, p. 248-253, Toulouse : Erès. <http://www.activites.org/v10n1/favaro.pdf>
 - > **LAPOIRE-CHASSET M.**
Quelles actions pour un autre travail : soulager la souffrance, éradiquer les facteurs de risques, "soigner le travail" ? *Références en santé au travail*, décembre 2013, n° 136, p. 139-143.
 - > **ALTHAUS V.**
Élaboration et mise en œuvre d'une démarche d'intervention systémique pour les PME : construction théorique et application pratique dans cinq entreprises. Thèse de doctorat en psychologie du travail, soutenue le 18 novembre 2013, 267 p. + annexes.
 - > **LASSAGNE M., PERRIARD J., ROZAN A., TRONTIN C.**
L'évaluation économique du stress au travail. *Editions QUAE*, 2013, 70 p.
 - > **ALTHAUS V., GROSJEAN V., APTEL A., BRANGIER E.**
Guide de l'intervenant. L'intervention "bien-être au travail" dans les PME du tertiaire. *Note scientifique et technique de l'INRS*, janvier 2013, NS 298, 44 p.
 - > **GROSJEAN V., KOP J.L., FORMET N., ALTHAUS V.**
Approche "bien-être au travail" pour la prévention des risques psychosociaux. SATIN. Questionnaire d'évaluation des conditions de travail et de la santé. Manuel d'utilisation. *Note scientifique et technique de l'INRS*, janvier 2013, NS 299, 41 p.
 - > **KOP J.L., GROSJEAN V., FORMET N., ALTHAUS V.**
Approche "bien-être au travail" pour la prévention des risques psychosociaux. SATIN. Questionnaire d'évaluation des conditions de travail et de la santé. Démarche de validation. *Note scientifique et technique de l'INRS*, janvier 2013, NS 300, 33 p.
 - > **FORMET N., FAVARO M.**
Les conflits éthiques au travail : définition, illustration, prévention. *Note scientifique et technique de l'INRS*, novembre 2013, NS 312, 48 p.
 - > **FAVARO M.**
"Écoutes-entretiens" en intervention sur des problématiques de violence en contextes professionnels : éléments de mise en œuvre et illustration. *Note scientifique et technique de l'INRS*, décembre 2013, NS 313, 82 p.
 - > **VAN DE WEERDT C., BARATTA R.**
Intervention sur l'organisation à partir de l'étude du rapport émotionnel au travail et de l'activité. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, Paris, 28-30 août 2013.
 - > **MARC J., FAVARO M.**
Cadres de références liés à la gestion des risques en situation dynamique pour "penser les RPS", in : Van de Leemput C., Chauvin C., Hellemans C., *Activités humaines, Technologies et Bien-être*. Actes du 7^e colloque de psychologie ergonomique, EPIQUE 2013, Université libre de Bruxelles, 10-12 juillet 2013, p. 53-58.
- Risque routier professionnel**
- > **FLEURY G.**
Des aménagements intérieurs de camionnettes plus sûrs en cas d'accident de la route. *Hygiène et sécurité du travail*, décembre 2013, n° 233, NT 6, p. 42-47.
- Troubles musculosquelettiques des membres et du rachis**
- > **BUGHIN C., LECLERC A., AUBLET-CUVELIER A., ROQUELAURE Y., DESCATHA A.**
Facteurs pronostiques des douleurs de la main : le point de vue du médecin du travail. Pathologies professionnelles et médecine de réadaptation : Main et pathologies professionnelles. *Sauramps médical*, mars 2013, p. 146-151.

- > DESCATHA A., LECLERC A., AUBLET-CUVELIER A., ROQUELAURE Y.
Épidémiologie des atteintes du poignet et de la main : revue de la littérature.
Pathologies professionnelles et médecine de réadaptation : main et pathologies professionnelles. *Sauramps médical*, mars 2013, p. 49-56.
- > HUBERT N., GILLES M., DESBROSSES K., MEYER J.P., FELBLINGER J., HUBERT J.
Érgonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures. (Évaluation ergonomique de la charge de travail des chirurgiens durant des opérations en coelioscopies standards et assistées par robot). *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 2013, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rcs.1489.
- > AUBLET-CUVELIER A., CAIL F., SAVESCU A., BOUVIER B., ROQUELAURE Y., DESCATHA A.
Contraintes professionnelles et TMS de la main : analyse des facteurs de risque biomécaniques. Pathologies professionnelles et médecine de réadaptation : main et pathologies professionnelles. *Sauramps médical*, mars 2013, p. 35-41.
- > AUBLET-CUVELIER A.
Les troubles musculosquelettiques au bloc opératoire. Inter bloc tome XXXII - n° 1 - janvier-mars 2013.
- > GAUDEZ C., BONNET N., AUBLET-CUVELIER A.
Évaluations des astreintes : orege et électromyographie de surface pour évaluer les facteurs de risque biomécaniques en situation réelle de travail. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 28-30 août 2013, Paris.
- > MEYER J.P., POUSSEL C., REMY O., ADAM B.
Métrologies des astreintes : explications des apports d'une ceinture tablier sur l'astreinte d'une posture penchée. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 28-30 août 2013, Paris.
- > AUBLET-CUVELIER A., DOUILLET P., ESCRIVA E., PIETTE A.
1^{er} congrès francophone sur les TMS : rechercher ensemble les conditions de leur prévention. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 28-30 août 2013, Paris.
- > CUNY A., CAROLY S., AUBLET-CUVELIER A., COUTAREL F.
Prévention et sous-traitance interne : quelle place pour l'encadrement de proximité ? Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 28-30 août 2013, Paris.

Vieillesse, maintien dans l'emploi et prévention de la désinsertion professionnelle

- > HENROTIN J.B., BEJOT Y., GIROUD M.
Accidents vasculaires cérébraux et travail posté : données épidémiologiques. *Neurologies*, septembre 2013, vol. 16, n° 160, p. 2-6.
- > OULEVEY BACHMANN A., WILD P., VON ROTZ U., DANUSER B., MORIN D.
La "Génération Sandwich" en Suisse romande : mieux comprendre les facteurs associés avec la santé perçue afin de mieux agir en promotion de la santé. *Recherche en soins infirmiers*, décembre 2013, n° 115, p. 68-84.
- > HENROTIN J.B., BEJOT Y., BOINI S., ABECASSIS P., HEDELIN G., GIROUD M.
Travail posté et maladies cérébro et cardiovasculaires : revue critique et synthèse des preuves épidémiologiques. *Références en santé au travail*, 2013, n° 134, TP16, p. 127-141.
- > GILLES M., WILD P., GUELIN J.C., DESBROSSES K.
Métrologie des astreintes : évaluation de la capacité d'adaptation motrice en fonction de l'âge. Actes du congrès du 50^e anniversaire de la SELF, 2013, 28-30 août, Paris.





Notre métier,
rendre le vôtre plus sûr

Siège social

65, boulevard Richard Lenoir - 75011 Paris
Tél. : 01 40 44 30 00 - Fax : 01 40 44 30 99

Centre de Lorraine

1, rue du Morvan - CS 60027 - 54519 Vandœuvre-lès-Nancy cedex
Tél. : 03 83 50 20 00 - Fax : 03 83 50 20 97

E-mail : info@inrs.fr
www.inrs.fr