

Exposition aux solvants organiques lors de la pose d'électrodes pour électroencéphalogrammes de longue durée

En réponse à une demande d'assistance du CHU de Nancy, l'INRS a mené une étude sur l'exposition du personnel lors de la pose d'électrodes pour électroencéphalogrammes (EEG) de longue durée. Cette opération nécessite l'utilisation de produits de collage et de décollage, contenant des solvants. La série d'expérimentations et de mesures, réalisées à l'aide de l'outil CAPTIV sont présentées ici. Cet article fait le point sur la situation d'exposition des infirmières durant ces opérations et présente des pistes de prévention.

En résumé

Les infirmières chargées de la pose et de la dépose d'électrodes lors d'électroencéphalogrammes (EEG) de longue durée utilisent des produits de collage (le collodion) et de décollage (collodion Remover). Ces produits contiennent, en proportion variable, de l'éthanol et de l'oxyde de diéthyle, à l'origine de composés organiques volatils (COV) incommodant les infirmières. À l'aide de l'outil CAPTIV (Centrale d'acquisition de la pollution au travail informé par vidéo), les niveaux d'exposition à l'éthanol et l'oxyde de diéthyle ont été mesurés et des essais aux différents postes de travail réalisés. Les résultats de cette étude, menée par l'INRS, ont abouti à une mise au point sur l'exposition des infirmières lors de ces opérations spécifiques, proposant ainsi différentes pistes de prévention à suivre.

Les infirmières chargées de la pose et de la dépose des électrodes se plaignent d'une gêne importante avec des maux de tête lors de la réalisation de ces opérations. De plus, les patients présentant des pathologies neurologiques, il semble nécessaire de limiter au maximum la présence de COV durant ces opérations. Le médecin du travail du CHU de Nancy a contacté l'INRS dans le but de réaliser des mesures d'exposition du personnel. Il faut noter que la pose des électrodes est réalisée dans une pièce qui ne présente pas de système de ventilation spécifique. Cela se traduit par une accumulation de solvant dans la pièce durant le collage.

Ce texte est une synthèse des mesures effectuées dans deux services distincts de neurologie du CHU de Nancy. Il s'agit des services de l'Hôpital d'adultes et de l'Hôpital d'enfants. Les modes opératoires sont identiques dans les deux cas, ne sont donc différenciés que les tableaux de résultats dans ce texte.

P. MARTIN¹,
B. GALLAND¹,
T. NICOT¹, J. KLINGLER¹,
C. MARTIN²,
M.C. VIGNAUD²

¹ INRS, Département
Ingénierie des procédés
² CHU, Nancy

Contexte

La réalisation d'électroencéphalogrammes (EEG) de longue durée (24 heures et plus) nécessite le collage des électrodes sur le crâne du patient. Le collodion est une des colles les plus utilisées, sa composition fait apparaître la présence de composés organiques volatils (COV). De même, à la fin de l'enregistrement, le produit de décollage utilisé (collodion Remover) contient également des COV.

Caractérisation des produits utilisés dans l'activité

Pour caractériser les produits de collage (collodion) et de décollage (collodion Remover), une analyse par chromatographie en phase gazeuse de la phase volatile des produits a été effectuée, de manière à obtenir les concentrations en COV.



TABLEAU I

Valeurs limites d'exposition.

Substances	N° CAS	VME (ppm)	VME (mg.m ⁻³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg.m ⁻³)	TMP n°	FT n°
Éthanol	64-17-5	1 000	1 900	5 000	9 500	84	48
Oxyde de diéthyle	60-29-7	100	308	200	616	84	10

- CAS : numéro d'identification du produit,
- VME : valeur moyenne d'exposition (admissible sur 8 heures),
- VLCT : valeur limite d'exposition à court terme (15 minutes),
- TMP : tableau des maladies professionnelles du régime général de la sécurité sociale
- FT : fiche toxicologique.



Photo 1

Le collodion est composé à 18 % d'éthanol et à 75 % d'oxyde de diéthyle. Le collodion *Remove* renferme 2 % d'éthanol. Les 98 % restant sont des produits non volatils, donc non présents dans l'atmosphère et non détectables avec les techniques mises en œuvre. Les résultats de ces analyses sont conformes aux valeurs présentes dans les fiches de données de sécurité des produits.

En ce qui concerne le collodion *Remove*, la composition du produit est protégée par un secret de fabrication et de ce fait, les informations sont limitées dans la fiche de données de sécurité.

Il a donc été décidé de suivre l'exposition des personnes à l'éthanol et à l'oxyde de diéthyle (ou éther diéthylique). Les valeurs limites d'exposition réglementaires [1] de ces deux produits sont présentées dans le *tableau I*.

Il est à noter, en ce qui concerne l'oxyde de diéthyle, que les valeurs limites données sont de type contraignant, c'est-à-dire que leur dépassement constitue une infraction au Code du travail (article R. 4412-149). De plus, des céphalées décrites par les opératrices sont évocatrices d'une exposition aux vapeurs d'oxyde de diéthyle (voir fiche toxicologique de ce produit [2]).

En revanche, les mesures effectuées dans le cadre de ces interventions ne peuvent être considérées comme des évaluations d'exposition au sens réglementaire [3]. Elles avaient pour objectif de réaliser un diagnostic d'activité et d'identifier les tâches les plus polluantes.

Méthodologie des mesures réalisées

La pose des électrodes est toujours réalisée dans un local unique (*photo 1*). Durant cette opération, deux infirmières interviennent. La première met en place l'électrode et la colle à l'aide d'une compresse enduite de collodion et, pendant qu'elle la maintient en place, la seconde infirmière sèche le collodion à l'aide d'une soufflette. C'est cette opération, dont le but est d'accélérer le séchage du collodion, qui conduit à l'exposition aux solvants.

CONDITIONS OPÉRATOIRES DES MESURES

Elles ont été définies en collaboration avec le médecin du travail, les infirmières concernées et l'équipe chargée de réaliser les mesures. Ces essais correspondent pour les infirmières à une situation normale de travail. Par contre, il a été décidé que le patient serait remplacé par un mannequin de manière à éviter la gêne que pourrait représenter la présence des équipes de mesure pour un patient. Dans la suite de ce texte, ce mannequin sera nommé par le terme de « sujet ».

Les opératrices ont donc réalisé la pose des électrodes comme s'il s'agissait d'une personne réelle. Les opératrices et les personnels chargés des mesurages portaient des protections respiratoires. Il s'agit d'un masque anti-poussière FFP1 jetable imprégné de charbon actif pour une protection contre les faibles concentrations de vapeurs organiques.

CAPTIV : le principe de fonctionnement

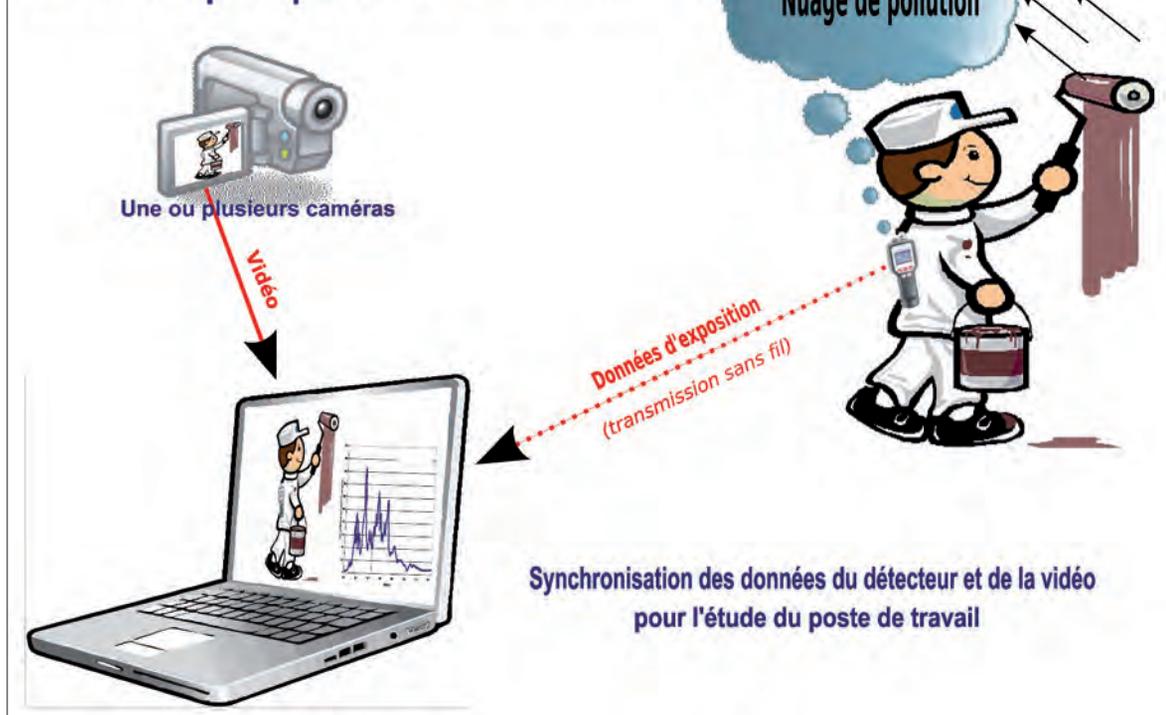


Fig. 1

MESURES RÉALISÉES ET MATÉRIEL EMPLOYÉ

Deux types de mesures ont été effectués : d'une part, des prélèvements classiques sur tubes de manière à déterminer les valeurs moyennes d'exposition et, d'autre part, des mesures utilisant des détecteurs de solvants temps réel avec l'outil CAPTIV de manière à faire apparaître la présence de pics d'exposition.

L'appareillage utilisé aux différentes étapes des mesures est le suivant :

- Prélèvement sur tubes SKC remplis de charbon actif avec une pompe individuelle à 200 ml/min suivi d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse après désorption au CS₂.
- Enregistrement en continu des niveaux d'exposition à l'aide de six détecteurs portables à photo-ionisation (PID) (type MiniRAE et ToxiRAE). Ces appareils ont été préalablement vérifiés et étalonnés en laboratoire de manière à donner une réponse comparable aux valeurs obtenues sur les tubes de charbon actif.
- Mise en œuvre du système CAPTIV L3000 pour faire le lien entre le geste professionnel et le niveau d'exposition.

Le système CAPTIV (Centrale d'acquisition de la pollution au travail informé par vidéo) est un outil qui

permet de centraliser, de stocker les informations en provenance de capteurs d'exposition professionnelle et de les coupler à un enregistrement vidéo du poste de travail. Cette technique permet l'étude précise d'un poste de travail et en particulier de corréler le geste professionnel avec le niveau d'exposition. Le traitement des informations ainsi collectées, réalisé à l'aide du module d'analyse de CAPTIV permet d'obtenir une connaissance fine du poste.

On peut dès lors proposer des modifications ou des aménagements d'installations existantes et/ou former les opérateurs. (figure 1).

POSITIONNEMENT DES APPAREILS DE PRÉLÈVEMENT

Pour chacun des enregistrements réalisés, le sujet a été équipé d'un détecteur permettant d'enregistrer, en temps réel, la concentration en solvants à proximité des voies aériennes supérieures. L'équipement se compose d'un détecteur de COV de type PID et d'un émetteur de télémetrie pour le transfert des données sans fil vers l'ordinateur.

Les appareils sont positionnés de manière à ce que



Photo 2



Photo 3



Photo 4

- sur chacune des deux infirmières, un prélèvement sur tube et un PID (ToxiRAE 3 et 4) : *photo 3*,
- en ambiance dans le local d'essais (à proximité de l'armoire à solvants et de la caméra), un prélèvement sur tube et un PID (ToxiRAE 5),
- dans la pièce connexe (hôpital d'enfants) ou dans le couloir (hôpital d'adultes), un prélèvement sur tube et deux PID (ToxiRAE 1, à côté et ToxiRAE 2 en face de la porte) : *photo 4*.

Les signaux des PID portés par les 2 infirmières et le sujet ont été intégrés dans l'outil CAPTIV. Les deux autres PID ont permis d'obtenir une évaluation de l'accumulation de solvants dans la pièce et les zones connexes.

ÉTALONNAGE DES PID

Les solvants présents lors de cette opération sont l'éthanol et l'oxyde de diéthyle.

Les détecteurs PID étant des appareils non spécifiques, ils ne sont pas capables de distinguer la part respective de chacun des produits dans un mélange de solvants. Ainsi, en règle générale, face à un mélange, on ne peut donner de résultat qu'en valeur « solvant total ».

En revanche, les facteurs de réponse de ces appareils ne sont pas identiques d'un solvant à l'autre. Les facteurs de réponse des PID pour l'éthanol et l'oxyde de diéthyle sont dans un rapport de 1 à 10. Cela signifie que les détecteurs sont dix fois plus sensibles à l'oxyde de diéthyle qu'à l'éthanol. Compte tenu de la

le prélèvement proprement dit s'effectue à proximité des voies respiratoires. L'ensemble des essais est réalisé porte ouverte comme dans les cas réels.

Le signal délivré par les détecteurs PID a été étalonné en laboratoire. Mais il faut rappeler que l'objectif de CAPTIV est de repérer des variations de concentration pour hiérarchiser les opérations à risque et non de réaliser des comparaisons à des valeurs réglementaires.

Durant la phase de dépouillement, les phases de travail correspondant aux pics d'exposition des opérateurs ont été recherchées par observation conjointe des enregistrements vidéo associés.

Les appareils ont été positionnés et répartis de la manière suivante :

- sur le sujet, un prélèvement sur tube et un PID (MiniRAE) : *photo 2*,

composition du collodion et de la différence de volatilité de ces deux solvants, on peut donc considérer que la réponse des PID est, avec une très bonne approximation, assimilable à la concentration en oxyde de diéthyle pur.

Les appareils ont donc été étalonnés avec de l'oxyde de diéthyle. L'étalonnage a été réalisé dans une enceinte close de 42 litres dans laquelle ont été injectées des quantités croissantes d'oxyde de diéthyle, de manière à obtenir des concentrations comprises entre 10 et 100 ppm d'oxyde de diéthyle. Les facteurs de réponse obtenus pour chacun des détecteurs sont présentés dans le **tableau II** et sont issus de trois séries de mesures. Ils sont utilisés pour corriger le signal brut fourni par chaque PID. De cette manière, les résultats fournis par les PID pourront être exprimés en ppm d'oxyde de diéthyle.

Résultats des essais

Sont présentés ici les résultats de deux séries d'essais réalisés respectivement à l'hôpital d'enfants et à l'hôpital d'adultes du CHU de Nancy.

À l'hôpital d'enfants, les essais peuvent être divisés en trois phases :

- première application des électrodes,
- premier retrait des électrodes,
- deuxième application et deuxième retrait des électrodes.

La phase de retrait des électrodes conduisant à des expositions non mesurables avec les PID, elle n'a pas été différenciée lors du deuxième essai.

À l'hôpital d'adultes les essais peuvent être divisés en deux phases :

- première application des électrodes, premier retrait des électrodes,
- deuxième application et deuxième retrait des électrodes.

Comme précédemment, la phase de retrait des électrodes, conduisant à des expositions non mesurables avec les PID, n'a pas été différenciée lors du deuxième essai.

VALEURS MOYENNES

Les **tableaux III** et **IV** présentent les résultats obtenus en chacun des points de mesure respectivement à l'hôpital d'enfants et d'adultes.

Les quatre premières colonnes correspondent aux prélèvements sur tube charbon actif et la dernière colonne aux moyennes des valeurs données par les PID sur la même durée. Comme la phase de décollage conduit à des niveaux d'exposition très faibles et non mesurables avec les PID, seules les phases de collage seront prises en considération dans la suite de cet article.

Compte tenu de la différence de position des points de prélèvement entre les tubes charbon actif et les PID et des technologies analytiques différentes, on peut considérer que les résultats PID sont cohérents avec les résultats des prélèvements sur tube correspondants. Les niveaux d'exposition individuelle sont proches de la VME de l'oxyde de diéthyle (100 ppm). Cette information est donnée à titre purement indicatif puisque les mesures sont instantanées et les pics d'exposition brefs.

Les concentrations en éthanol mesurées à partir des tubes de prélèvement montrent des valeurs très faibles dans ce produit et très inférieures aux valeurs limites. Seul l'oxyde de diéthyle sera pris en compte dans la suite de cet article.

ANALYSE DU SIGNAL DES PID

À l'aide du système CAPTIV, a été effectuée une analyse du signal fourni par les PID durant les collages, sur les deux opératrices et sur le sujet. Les résultats obtenus sont présentés sur les **tableaux V** et **VI**. Cette analyse a été réalisée en fixant deux seuils pour la recherche des événements. Ces deux seuils correspondent à la VME (100 ppm) et à la VLCT (200 ppm) de l'oxyde de diéthyle.

Ces deux seuils doivent cependant être considérés comme simplement indicatifs puisqu'ils correspondent pour les VME et VLCT à des valeurs réglementaires moyennes respectivement sur 8 heures et 15 minutes d'exposition. Les PID ne donnent que des valeurs instantanées.

Facteurs de réponse des PID (étalonnage à l'oxyde de diéthyle).

Substances	ToxiRAE 1	ToxiRAE 2	ToxiRAE 3	ToxiRAE 4	ToxiRAE 5	MiniRAE
Moyenne	1,350	1,344	1,401	1,320	1,368	1,259
Ecart-type	0,027	0,031	0,029	0,027	0,068	0,074

TABLEAU II



TABLEAU III

Résultats des niveaux moyens d'exposition à l'hôpital d'enfants.

Opération	Point de prélèvement	Concentrations en mg.m ⁻³		Concentrations en ppm		PID en ppm
		Éthanol	Oxyde de diéthyle	Éthanol	Oxyde de diéthyle	Oxyde de diéthyle
Collage 1	Sujet	24	135	12	44	66
	Collage	24	146	12	47	44
	Soufflage	24	143	12	46	37
	Ambiance	16	72	8	23	20
	Salle connexe	14	59	7	19	17
Décollage	Sujet	14	20	7	7	non mesurable
	Collage	17	21	9	7	non mesurable
	Soufflage	17	22	9	7	non mesurable
	Ambiance	16	20	8	6	non mesurable
	Salle connexe	15	28	8	9	non mesurable
Collage 2 et décollage	Sujet	43	299	22	96	85
	Collage	36	142	19	46	48
	Soufflage	41	248	21	81	47
	Ambiance	22	89	11	29	29
	Salle connexe	16	54	8	18	15

TABLEAU IV

Résultats des niveaux moyens d'exposition à l'hôpital d'adultes.

Opération	Point de prélèvement	Concentrations en mg.m ⁻³		Concentrations en ppm		PID en ppm
		Éthanol	Oxyde de diéthyle	Éthanol	Oxyde de diéthyle	Oxyde de diéthyle
Collage 1 et décollage	Sujet	34	187	18	61	46
	Collage	15	70	8	23	36
	Soufflage	15	88	8	29	27
	Ambiance	8	31	4	10	8
	Couloir	8	27	4	9	9
Collage 2 et décollage	Sujet	19	102	10	33	27
	Collage	16	103	8	33	51
	Soufflage	13	98	7	32	35
	Ambiance	6	31	3	10	6
	Couloir	7	33	4	11	8

Analyse du signal des PID à l'hôpital d'enfants.

TABLEAU V

	Seuil	Collage 1		Collage 2	
		> 100 ppm	> 200 ppm	> 100 ppm	> 200 ppm
Sujet 1	Nombre de pics	24	15	36	23
	Durée cumulée des pics	4' 12"	1' 28"	5' 3"	2' 10"
	Durée moyenne de pic (s)	10,5	6	9	6
	Conc. moy. de pic (ppm)	644	858	743	1195
Collage	Nombre de pics	12	6	17	5
	Durée cumulée des pics	2' 4"	0' 36"	2' 48"	0' 32"
	Durée moyenne de pic (s)	10	6	10	6
	Conc. moy. de pic (ppm)	285	425	240	387
Soufflage	Nombre de pics	11	2	19	10
	Durée cumulée des pics	1' 24"	0' 12"	4' 32"	1' 4"
	Durée moyenne de pic (s)	8	6	14	6
	Conc. moy. de pic (ppm)	240	410	265	337

Analyse du signal des PID à l'hôpital d'adultes.

TABLEAU VI

	Seuil	Collage 1		Collage 2	
		> 100 ppm	> 200 ppm	> 100 ppm	> 200 ppm
Sujet 1	Nombre de pics	16	7	6	-
	Durée cumulée des pics	54	19	24	-
	Durée moyenne de pic (s)	3	2,5	4	-
	Conc. moy. de pic (ppm)	208	324	159	-
Collage	Nombre de pics	2	-	8	2
	Durée cumulée des pics	12	-	66	14
	Durée moyenne de pic (s)	6	-	8	7
	Conc. moy. de pic (ppm)	140	-	200	324
Soufflage	Nombre de pics	-	-	4	-
	Durée cumulée des pics	-	-	9	-
	Durée moyenne de pic (s)	-	-	2	-
	Conc. moy. de pic (ppm)	-	-	111	-

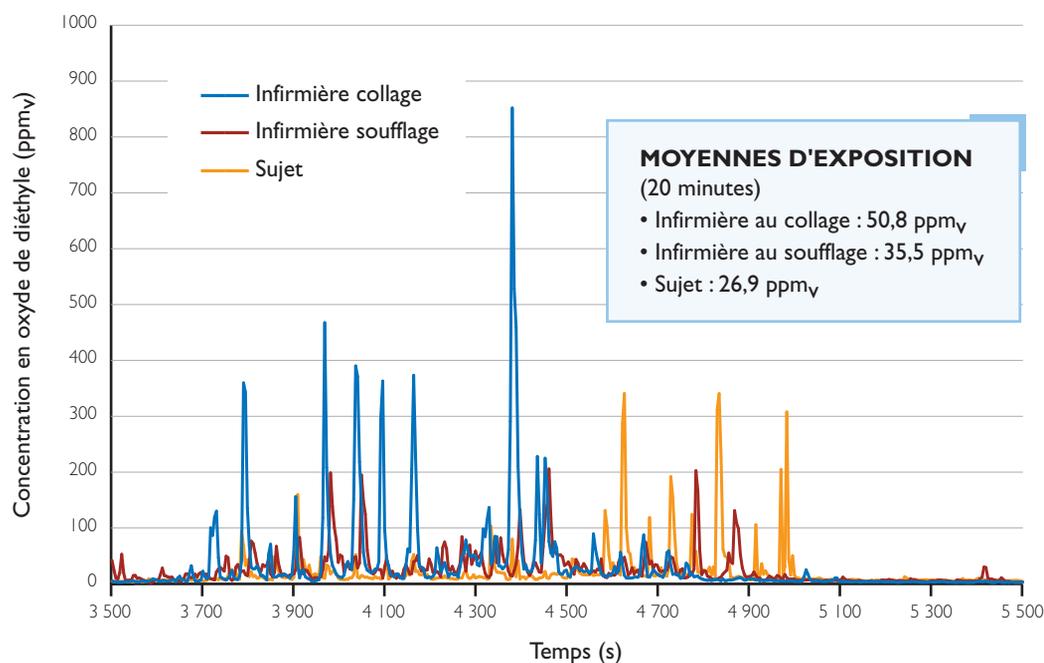


Fig. 2 : Expositions individuelles durant un collage (ppm_v : partie par million en volume).

Ont été systématiquement recherchés :

- le nombre de pics supérieurs à ce seuil,
- la durée totale de tous les pics trouvés (en minutes et secondes),
- la durée moyenne des pics trouvés (en secondes),
- la moyenne des concentrations atteintes par les pics trouvés (en ppm).

Les résultats des *tableaux V et VI* ne correspondent pas à des niveaux d'exposition stables dans le temps mais résultent d'une succession d'événements de temps courts et de forte intensité (*figure 2*). L'analyse du geste professionnel, associé aux pics, montre que l'utilisation de la soufflette est un facteur déterminant de l'existence de ces pics de concentration.

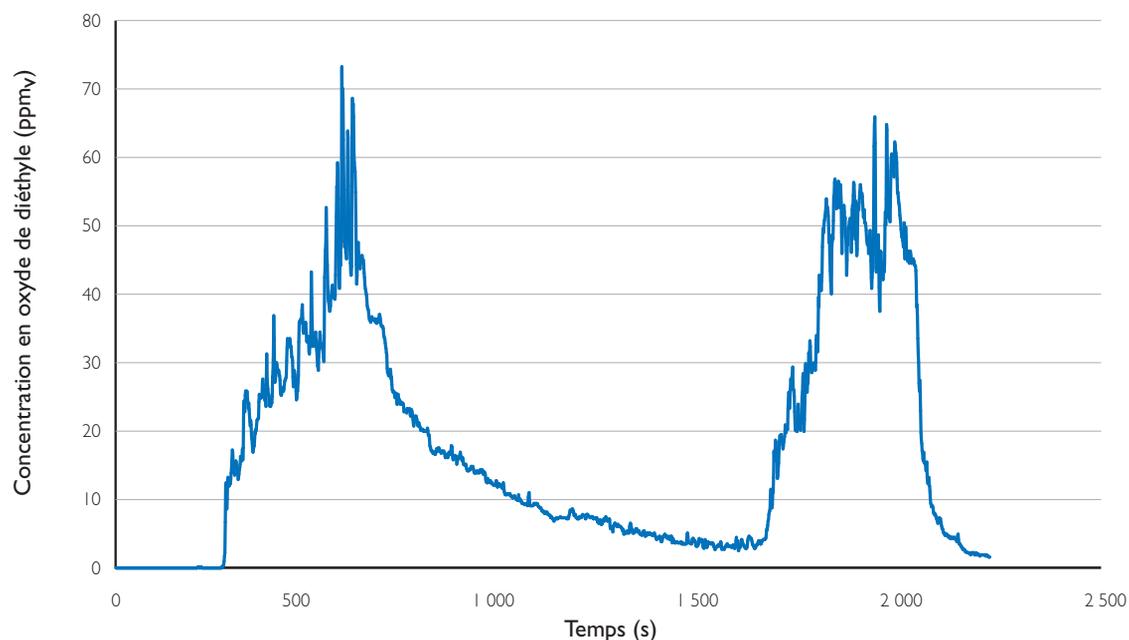


Fig. 3 : Exposition d'ambiance dans la pièce.

Dans certains cas, la valeur moyenne de ces pics dépasse la VLCT (avec les mêmes réserves sur ce type de comparaison que plus haut).

De plus, on remarque que les niveaux d'exposition sont peu reproductibles d'un essai à l'autre. Cela s'explique par le fait que l'exposition professionnelle des infirmières dépend fortement de leur position par rapport au jet de la soufflette et de phénomènes éventuels de rebond du débit d'air sur le crâne du sujet. Cependant les niveaux d'exposition évalués justifient une action d'amélioration du poste de travail.

En ce qui concerne le profil des concentrations en ambiance (figure 3) le signal est moins perturbé mais traduit une augmentation progressive de la concentration en solvants dans la pièce. Cette concentration diminue lentement durant la phase de décollage puis augmente de nouveau au deuxième collage. La mise en

place d'un système de ventilation de la pièce permettrait de diminuer ce phénomène d'accumulation.

SÉQUENCES CAPTIV

Les copies d'écran issues de CAPTIV et les commentaires qui les suivent présentent les situations de travail correspondantes. Pour les quatre extraits, le graphique du haut correspond à l'exposition du sujet, celui du milieu à l'infirmière gérant les compresses imbibées de collodion et enfin, celui du bas à l'infirmière manipulant la soufflette.

Le premier exemple illustre le collage d'une électrode à l'arrière de la tête du sujet (figure 4). Le détail de l'opération est le suivant : une des infirmières



Fig. 4.

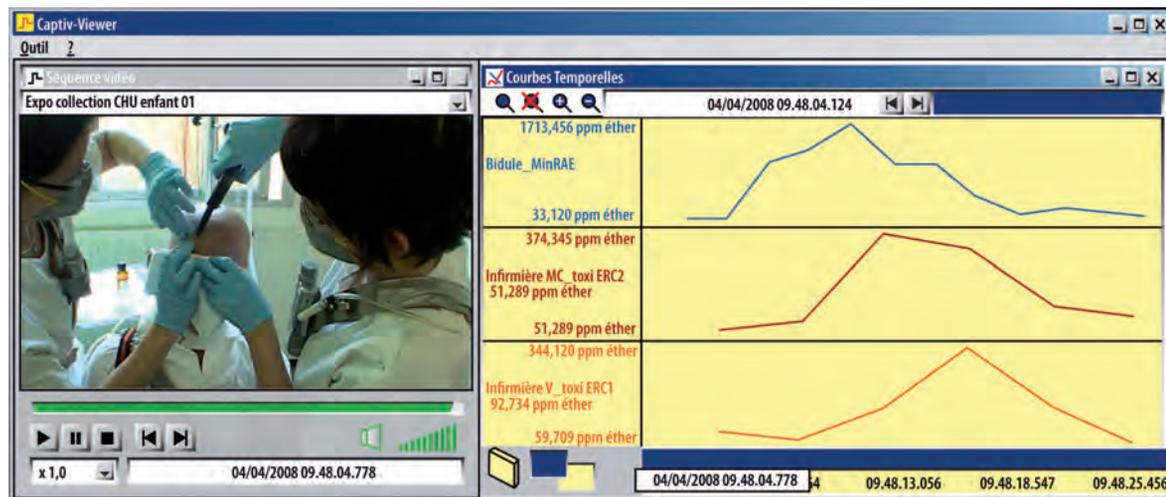


Fig. 5.

trempé la compresse dans la solution de collodion et applique cette dernière sur le scalp du sujet.

Sa collègue gère la soufflette qui permet une évaporation rapide des solvants contenus dans le collodion pour un collage rapide de l'électrode.

L'infirmière appliquant l'électrode est celle qui est exposée le plus longtemps (graphe du milieu). Les niveaux d'expositions sont du même ordre de grandeur pour les trois personnes, soit environ 200 ppm_v.

Le deuxième exemple correspond au collage d'une électrode proche des voies respiratoires du sujet qui est le plus exposé (figure 5 page précédente). L'infirmière manipule la soufflette dirigeant le nuage de vapeur

vers sa collègue. Les pics atteints sont de l'ordre de 400 ppm_v pour les infirmières et de 1 700 ppm_v pour le sujet, soit quatre fois plus.

La figure 6 illustre la phase d'élimination du récipient contenant du collodion dans lequel ont été trempées les compresses. L'infirmière qui réalise l'opération (graphe du milieu) en enfermant ce récipient dans ses gants est exposée intensément sur un cours terme (pic de 700 ppm_v) ; ce pic de pollution est également ressenti par le sujet (graphe du haut), l'exposition de la seconde infirmière se tenant à l'écart est de l'ordre du bruit de fond ambiant, à savoir une vingtaine de ppm_v.

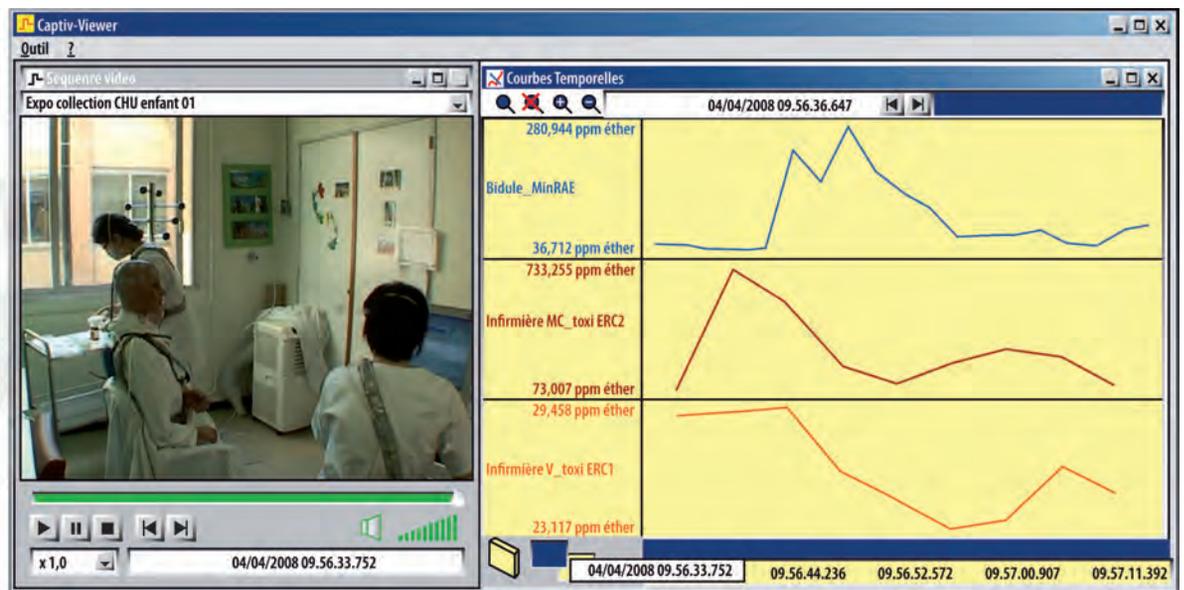


Fig. 6.

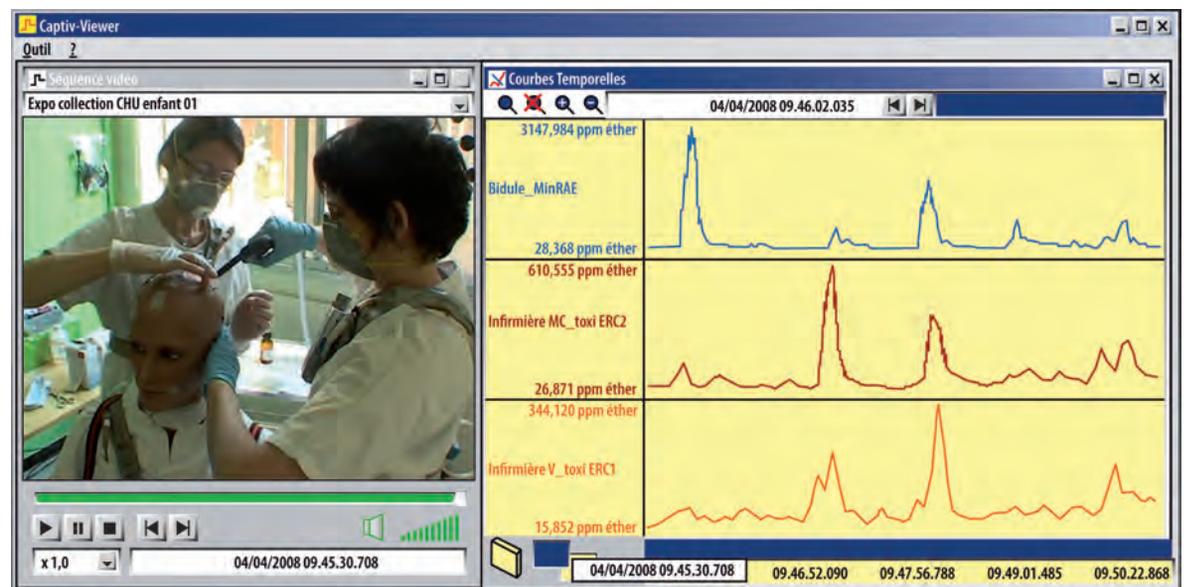


Fig. 7.

Enfin le dernier exemple de séquences de pics d'exposition correspond au collage d'une série de cinq électrodes (figure 7). L'effet accélérateur de la soufflette sur l'évaporation de l'oxyde de diéthyle est bien visible. Il est possible de remarquer qu'en moyenne, l'exposition de l'infirmière manipulant la soufflette (graphe du bas) est inférieure à celle de sa collègue.

Discussion

La mise en évidence de la présence de nombreux pics de concentration en oxyde de diéthyle, durant l'application des électrodes, semble pouvoir expliquer la gêne des infirmières durant les manipulations avec le collodion. Par contre, les phases de dépose des électrodes conduisent à des niveaux d'exposition qui peuvent être considérés comme faibles.

Sur l'un des deux sites, avaient été réalisées des tentatives de mise en place d'un système d'aspiration pour évacuer les solvants émis (photo 5). Cet équipement a du être abandonné car il était très gênant pour les opératrices et jugé incompatible avec la pose des électrodes dans de bonnes conditions. De plus, la solution qui consisterait à mettre en place un système de ventilation générale du local n'est pas envisageable pour des raisons de coût d'une telle installation.

Une contamination progressive du local d'essais avec propagation au couloir a été également constatée. La proposition d'amélioration de ce poste de travail fait apparaître deux pistes possibles qu'il est nécessaire de hiérarchiser.

Il existe sur le marché des colles sans solvant (pâte EC2) [4, 5] qui pourraient supprimer l'utilisation du collodion et donc toute exposition aux COV durant la pose des électrodes. Cette solution doit être proposée en priorité aux opératrices. Elle a été expérimentée positivement au CHU. Les informations disponibles sur la composition de cette pâte, bien que qualitatives, ne semblent pas faire apparaître la présence de composés dangereux. Après environ un an de remplacement du collodion par la colle EC2, on peut constater que, sur l'un des deux sites d'essais, le collodion n'est plus du tout utilisé. Les infirmières ne se plaignent plus d'aucune gêne depuis l'utilisation de cette colle. Sur l'autre site, la colle aqueuse est également majoritairement utilisée. Le collodion n'est conservé que dans des cas où l'on désire réaliser des enregistrements électroencéphalographiques de très longue durée (sur plusieurs jours) ou s'il est nécessaire de placer un nombre d'électrodes important sur le patient (72).

Dans les cas où le remplacement du produit n'est pas possible, il est nécessaire d'installer au poste de travail un système d'aspiration contrôlé [6] et de travailler



Photo 5

sur l'optimisation de la soufflette. La diminution de la pression de sortie d'air comprimé et/ou le choix d'une « soufflette aspirante » pourrait permettre de diminuer la dissémination du solvant lors du séchage. Il est, de plus, nécessaire de prévoir un système d'épuration pour le récipient de collodion.

La fixation des électrodes peut également être réalisée de manière mécanique. On peut citer par exemple :

- la fixation sur un casque à lanière. Ce système n'est utilisable que pour des ECG d'une durée maximale de deux heures ;

- un bonnet à électrodes intégrées. Il s'agit d'un casque en tissu sur lequel sont situées les électrodes. Ce système permet de faire des enregistrements de longue durée mais la position des électrodes est ici fixée *a priori*.

L'utilisation de protections respiratoires par les infirmières pourrait être envisagée en solution ultime et il serait nécessaire d'en équiper également les patients. Il est également nécessaire de choisir des gants de protection compatibles avec la manipulation de l'oxyde de diéthyle [2, 6]. Ce sont les gants en PVA (polyalcool de vinyle) qui sont les mieux adaptés mais certains fabricants conseillent l'utilisation de gants en matériaux fluorés.

Conclusion

Cette série d'expérimentations a permis de faire le point sur la situation d'exposition des infirmières lors du collage d'électrodes à l'aide de collodion et de constater que cette exposition est loin d'être négligeable.

La piste proposée de remplacement du collodion par une colle aqueuse est la meilleure solution possible car elle permet la suppression du risque à la source. Les infirmières, très motivées par l'amélioration de leur poste de travail, ont su modifier leur mode opératoire pour l'adapter à l'utilisation de cette nouvelle colle.

Dans les rares cas de poursuite d'utilisation du collodion, la sensibilisation des infirmières au lien entre le geste et l'exposition leur permet de prendre les précautions nécessaires en ce qui concerne le dosage de la pression sur la soufflette et leur positionnement par rapport au jet d'air.

La solution qui consisterait à modifier toute la ventilation de la pièce ne semble pas justifiée si l'on considère son coût par rapport aux avantages qu'elle apporte.

Bibliographie

- [1] **COURTOIS B** - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. 2^e édition. Aide-mémoire technique. Édition INRS ED 984. Paris : INRS ; 2007 : 19 p.
- [2] **BONNARD N, BRONDEAU MT, FALCY M, JARGOT D ET AL.** - Oxyde de diéthyle. Fiche toxicologique FT 10. Paris : INRS ; 2007 : 8 p.
- [3] Décret n 2009-1570 du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail. *J Off Répub Fr.* 2009 ; 292,17 décembre 2009 : 21758-59.
- [4] **FALCO C, SEBASTIANO F, CACCIOLA L, ORABONA F ET AL.** - Scalp electrode placement by EC2 adhesive paste in long-term video-EEG monitoring. *Clin Neurophysiol.* 2005 ; 116 (8) : 1771-73.
- [5] **THOMPSON T, STEFFERT T, ROS T, LEACH J ET AL.** - EEG applications for sport and performance. *Methods.* 2008 ; 45 (4) : 279-88.
- [6] **YOUNG B, BLAIS R, CAMPBELL V, COVACICH D ET AL.** - Vapors from collodion and Acetone in an EEG Laboratory. *J Clin Neurophysiol.* 1993 ; 10(1) : 108-10.
Erratum in: *J Clin Neurophysiol.* 1993 ; 10 (3) : 401.
- [6] **BOUST C, MARDIROSSIAN A.** - Les Éthers. 2^e édition. Fiche solvants ED 4228. Paris : INRS ; 2011 : 6 p.

Points à retenir

L'enregistrement en continu met en évidence l'exposition importante des infirmières et du sujet à l'oxyde de diéthyle lors du collage avec le collodion.

Le séchage du collodion à la soufflette est à éviter.

Le remplacement du collodion par une pâte aqueuse permet de supprimer l'exposition à l'oxyde de diéthyle.

Après une période d'adaptation la pâte aqueuse est jugée satisfaisante par les infirmières.