

Dr J. CABANES

LA HAUTE TENSION ET L'HOMME

les champs électriques

Jusqu'à une époque relativement très récente de la vie de notre planète, l'homme et, d'une façon plus générale, le matériel vivant n'étaient exposés qu'à des champs électriques et magnétiques de faible importance liés au magnétisme terrestre et au champ électrique existant entre le sol et la basse atmosphère. Ce champ électrique est de l'ordre de 130 V.m. et ce n'est qu'au cours des orages que peut se développer un champ électrique important pouvant atteindre parfois 100 kV. m.

L'évolution de la technologie depuis la fin du XIX^e siècle jusqu'à nos jours a augmenté cette exposition de plusieurs ordres de grandeur en particulier du fait de l'utilisation de plus en plus fréquente de communications sans fil, de l'emploi de radars, du développement d'appareils électriques dans l'industrie, dans les immeubles de bureaux et les locaux d'habitation et, enfin des ouvrages électriques de production, transport et distribution de l'énergie électrique.

Depuis la fin du dernier conflit mondial, l'extension des réseaux de transport haute tension, la création dans certains pays de réseaux de transport à Très Haute Tension et, enfin la mise au point de techniques de travaux sous tension qui ont le gros avantage de permettre les réparations sans interrompre le service, ont été les principaux arguments qui ont incité médecins, biologistes et techniciens à se pencher sur les risques possibles liés aux champs qu'engendrent ces ouvrages.

Pour mémoire, nous rappellerons que lorsqu'un conducteur est mis sous tension s'établit à l'entour un champ électrique et que, lorsque ce conducteur transporte de l'énergie électrique, s'associe au champ électrique un champ magnétique.

Le sujet de cet exposé ayant pour titre : "Les champs électriques et la Haute Tension", nous le centrerons sur l'étude des champs électriques.

LES PREMIÈRES ÉTUDES

Les premières études sur ce sujet datent de la première moitié de la décennie 1960 avec les rapports d'ASANOVA et RAKOV en U.R.S.S., KOUWENHOVEN aux États-Unis et de STRUMZA en France, montraient déjà une certaine divergence dans les points de vue exprimés puisque certains pensaient que les champs électriques pouvaient être à l'origine d'un certain nombre de symptômes fonctionnels voire de signes cliniques ou hématologiques alors que les autres avaient une conclusion totalement négative.

Ces premières recherches ont été suivies d'autres et la plupart des rapports soviétiques qui ont suivi le rapport initial (SAZANOVA, KOROBKOVA et FILIPOV) semblaient confirmer cette première impression. KOROBKOVA puis FILIPOV définissaient même, dès cette époque, un seuil qu'ils fixaient à 5 kV./m. au-delà duquel la durée de l'exposition devait être limitée.

A l'inverse les nombreuses recherches effectuées dans la plupart des pays occidentaux : LANGWORTHY aux États-Unis, MAL-

BOYSSON en Espagne, ROBERGE puis STOPPS et JANISCHEWSKY au Canada et KNAVE en Suède et qui avaient pour base une approche épidémiologique rétrospective, concluaient à l'absence totale d'action des champs électriques.

Toutes ces recherches et publications ne sont pas à l'abri d'un certain nombre de critiques :

— symptômes pris en compte dans les études soviétiques surtout d'ordre fonctionnel donc difficilement quantifiables et d'une grande banalité dans un milieu de travail,

— protocole de ces publications critiquables surtout du fait de l'absence de groupes témoins,

— faible importance des modifications hématologiques qui restent dans les limites de la courbe gaussienne de dispersion normale.

De même, les recherches occidentales peuvent être critiquées du fait du petit nombre de sujets étudiés, de la durée de l'exposition mal précisée, d'un groupe témoin qui n'est pas toujours représentatif.

Enfin, toutes ces recherches, à l'exception de celle de STOPPS et JANISCHEWSKY, ne faisaient état ni de la valeur des champs, ni de la durée d'exposition, ce qui rend bien difficile l'établissement d'une liaison de cause à effet entre l'éventuelle exposition et l'effet retenu.

LES TESTS DE LABORATOIRE SUR DES VOLONTAIRES

Ceci explique l'intérêt qui a été accordé aux tests de laboratoire effectués sur des volontaires avant tout en Allemagne Fédérale par HAUF et ses Collaborateurs et qui ont consisté à exposer des étudiants à des champs de 0 à 20 kV./m., chacun des volontaires étant successivement sujet ou témoin suivant qu'il était ou non soumis au champ électrique et ceci, bien entendu, en double aveugle.

Aucune modification importante n'a été retenue si ce n'est une légère stimulation retardant l'effet de la fatigue sur le temps des réactions psycho-motrices et une très discrète modification de la formule sanguine.

En Allemagne aussi, SANDER, BRINKMANN et KUHNE ont étudié l'action d'expositions de 10 à 20 kV./m. et aucun des paramètres étudiés n'a été modifié par l'exposition à un champ.

Il se dégage donc de l'ensemble de ces travaux, très rapidement évoqués, une certaine controverse quant aux risques possibles des champs électriques.

Si tous les auteurs sont d'accord pour indiquer qu'aucune action pathologique ne peut être retenue même pour des expositions intenses et prolongées, quelques modifications psychosomatiques ou biologiques sont évoquées par certains mais niées par d'autres.

Ceci explique sans doute la multiplicité des recherches expérimentales qui ont été conduites sur divers animaux de laboratoire dans la plupart des pays. Mais de cette approche aussi, il apparaît difficile de tirer une conclusion solidement fondée du fait des

grandes variations dans le choix du matériel biologique utilisé, dans la valeur du champ auquel les animaux ont été exposés, dans la durée de l'exposition et surtout du fait de la divergence des résultats de ces expérimentations dont beaucoup par ailleurs sont critiquables quant à leur protocole et l'étude statistique de leurs conclusions.

En ce qui concerne la physiopathologie, diverses hypothèses ont été proposées pour expliquer le mode d'action éventuel des champs électrique sur un organisme vivant, un organe ou une cellule.

Une première hypothèse fait intervenir les courants de déplacement que le champ électrique induit dans le corps humain comme dans tout corps conducteur.

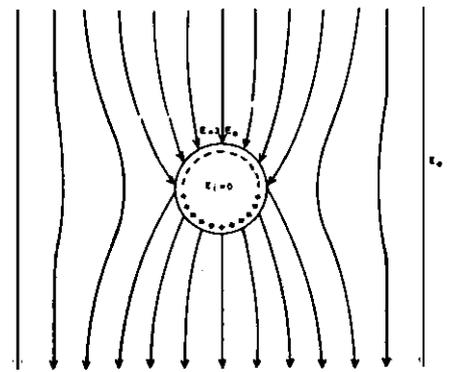


Fig. 1. — Déformation des lignes de force d'un champ homogène au voisinage d'une sphère conductrice isolée dans l'espace.

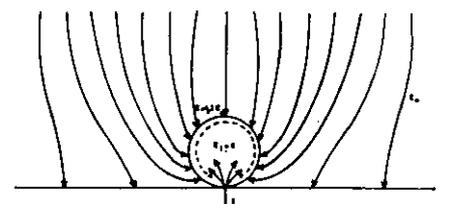


Fig. 2. — Déformation des lignes de force d'un champ homogène au voisinage d'une sphère posée sur un plan conducteur.

En effet lorsqu'un conducteur est plongé dans un champ électrique, il déforme les lignes de force du champ et le champ induit une migration de charge à la surface de ce conducteur.

Lorsqu'il s'agit d'un champ alternatif, cette migration de charge va s'inverser avec chacune des périodes du courant ce qui entraîne l'apparition d'un courant de déplacement.

En fait, il s'agit de courants de très faible intensité de l'ordre de 150 microampères pour l'ensemble d'un homme situé dans un champ de 10 kV./m. (c'est-à-dire beaucoup plus que ceux que l'on peut mesurer ou calculer sous une ligne Haute Tension 400 kV).

Beaucoup de symptômes rapportés par les auteurs soviétiques étant de nature psychosomatique, il peut apparaître intéressant d'es-

sayer de rapprocher l'intensité de ce courant de celui qui est lié au métabolisme et au fonctionnement des cellules nerveuses.

Le courant total de déplacement peut être estimé, pour la tête, à une valeur de l'ordre de 50 microampères. La section de l'encéphale étant de l'ordre de 250 cm², le courant de déplacement, dans la mesure où il traverserait en totalité le système nerveux aurait donc une valeur de 0.2 mA/cm² c'est-à-dire une valeur assez nettement inférieure au courant lié au fonctionnement du système nerveux.

D'autre part, les différences de conductibilité entre la peau et le tissu cellulaire sous-cutané et la boîte crânienne osseuse expliquent qu'une grande partie de ce courant n'intéresse probablement pas le système nerveux.

A l'échelon cellulaire aussi l'importante résistance de la membrane de la cellule fait que la grande majorité de ce courant de déplacement ne pénètre pas la cellule mais se déplace dans le milieu extra-cellulaire.

Cependant, dans le but de vérifier si ce courant de déplacement peut être à l'origine de quelques troubles observés par certains auteurs, des expérimentations ont été faites par HAUF en Allemagne, par le Central Electricity Generating Board et l'Université de Manchester sous l'égide du Professeur LEE en Angleterre. Ces expérimentations ont consisté à faire passer à travers l'organisme de volontaires des courants alternatifs d'une intensité comparable à celle de ces courants de déplacement.

Les résultats de ces expériences ont été totalement négatifs.

On est alors amené à évoquer d'autres processus qui pourraient être à l'origine de troubles retenus :

— l'un fait intervenir la perception du champ et la vibration des poils dont la réalité et l'importance ont été vérifiées par CABANES et GARY dans des expérimentations récentes ayant porté sur l'homme et l'animal.

— l'autre a trait aux micro-décharges auxquelles peuvent être soumis les hommes et les animaux lorsqu'ils sont exposés à des champs importants, micro-décharges qui, par leur répétition, pourraient constituer un stress.

On ne peut, malgré la restriction du titre de cet exposé, évoquer l'action des champs électriques sans dire quelques mots des champs magnétiques qui s'associent aux champs électriques lorsqu'il y a transport d'énergie électrique.

L'action éventuelle des champs magnétiques a été invoquée par différents auteurs pour expliquer un certain nombre de modifications portant sur le système nerveux, la fertilité et la reproduction et surtout la carcinogénèse.

Mais nombre de ces recherches initiales ont été contredites par celles qui ont été faites plus récemment en Angleterre, aux États-Unis et en Suède.

Il semble cependant difficile de conclure ce chapitre de façon définitive car la plupart de ces publications sont critiquables à beaucoup de points de vue. Il s'agit, en effet, d'études rétrospectives où l'appréciation exacte de l'importance et de la durée de l'exposition aux champs est toujours imprécise.

C'est dire l'intérêt qui s'attache actuellement aux études épidémiologiques prospectives dont l'une, conduite par B. KNAVE et S. TORNQVIST en Suède, va faire l'objet d'une première et prochaine publication (ses premiers résultats seraient négatifs) et dont d'autres sont en cours de préparation ou de réalisation au Canada, en Espagne et en France.

CONCLUSIONS

Il apparaît encore difficile de donner une conclusion définitive sur l'action des champs électriques et peut-être, et surtout, magnétiques.

Plusieurs essais de synthèses ont été effectués dans diverses assises internationales : Commission Internationale de Médecine du Travail, Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique et, enfin et surtout, Organisation Mondiale de la Santé qui a réuni récemment des experts du monde entier qui se sont penchés sur cette question et ont mis au point un ouvrage publié dans la collection Environmental Health Criteria : "Extremely low frequency (ELF) fields" qui constitue le volume 35 de cette collection.

Docteur J. CABANES
Directeur du Comité des
Études Médicales E.D.F.-G.D.F.

BIBLIOGRAPHIE

T.P. ASANOVA et A.M. RAKOV (1966) : the state of health of persons working in the electric field of outdoor 400 and 500 kV. switchyards. (Gig. Trud. Prof. Zabol., 10, 5, 50-52).

M.V. STRUMZA (1970) : Influence sur la santé humaine de la proximité des conducteurs d'électricité à haute tension (Arch. Mal. Prof., 31, 6, 269-276).

T.E. SAZONAVA (1967) : Physiological assessment of the work conditions in 400-500 kV. open switchin-yard (Institute of Labour Protection of VTSPS, Moscou, Scientific Publications, n° 46, 34-39).

V.P. KOROBKOVA, Yu.S. MOROZOV, M.S. STOLAROV et Yu.A. YAKUB (1972) : Influence of the electric field in 500 and 750 kV. switchyards on maintenance staff and means for its protection (C.I.G.R.E., 23-06).

V. FILIPOV (1972) : Die Wechselfeld-Wirkung auf den Menschen und Schutzmassnahmen (2nd. International Colloquium on Prevention of Occupational Risks due to Electricity, I.S.S.A., Cologne, 30 Novembre-1^{er} Décembre (70-80).

V.A. DANILIN, A.K. VORONIN et V.A. MODORSKI (1969) : The state of personnel working in high voltage electric field (Gig. Trud. Prof. Zabol., 13, 5, 51-52).

B.M. SAVIN, M.G. SHANDALA, K.V. NIKONOVA et Yu.A. MOROZOV (1978) : Methods for studying and criteria for evaluating the biological effects of electric fields of industrial frequency (Paper for the American-Soviet Symposium on Superhigh Supply LINGES Tashkent, May).

V. BOURGSDORF (1980) : How the advancement of knowledge has modified the technical economic feasibility forecasts. (C.I.G.R.E. Round Table on UHV Transmission Feasibility, Subject 2).

W.B. KOUWENHOVEN et O.R. LAGWORTHY (1967) : Medical evaluation of man working in A.C. electric fields. (I.E.E.E. Trans. PAS 86, 4, 507-511).

E. MALBOYSSON (1976) : Medical control of men working within electromagnetic fields. (Rev. Gén. Elect., 7, 75-80).

P.F. ROBERGE (1976) : Study of the state of health of electrical maintenance workers on Hydro-Quebec 735 kV. power. (Transmission systems. Hydro-Quebec, September).

G.J. STOPPS et W. JANISCHEWSKY (1979) : Epidemiological study of workers maintaining HV equipment and transmission lines in Ontario. (Canadian Electrical Association Research Report).

B. KNAVE, F. GAMBERALE, S. BERGSTROM, E. BIRKE, A. IREGREN, KOLMODIN-HEDMAN and A. WENNBERG (1979) : Long term exposure to electric fields. A cross-sectional epidemiologic investigation of occupationally exposed workers in high voltage substations. (Electra, 65, 41-54).

R. SANDER, J. BRINKMANN et B. KUHNE (1982) : Etudes en laboratoire sur des animaux et des êtres humains soumis à des champs électriques et magnétiques à 50 Hz. (C.I.G.R.E., Paris, 1-9 septembre).

T.V. KALYADA (1979) : Workshop on biological effects of physical factors in the environment. (Seattle, Wa, June 11-15).

T.I. KRIVOVA, V.V. LUKOVKIN et Yu. A. MOROZOV (1977) : The influence of the human body of the electric field caused by high-voltage A.C. electrical installations. (C.E. Trans. 7496).

J. CABANES et C. GARY (1981) : La perception directe du champ électrique. (C.I.G.R.E., Stockholm).

A.M. VYALOV (1964) : On the problem of the effect of constant and variable magnetic fields on the human organism. (Occup. Pathol., A.P. Shitskovy, Ed. Ministry of Health, Moscou, 169-175).

D.E. BEISCHER, J.D. GRISSEIT et R.E. MITCHELL (1973) : Exposure of man to magnetic fields alternating at extremely low frequency. (Naval Aerospace Medical Research Laboratory, Pensacola, Floride, 1180).

B. MANTELL (1975) : Untersuchungen über die Wirkung eines magnetischen wechselfeldes 50 Hz auf den Menschen. (Thèse, Fribourg i. Br. sous la direction du professeur HAUF).

F.S. PERRY (1981) : Environmental power frequency magnetic fields and suicide. (Health Physics, vol. 41, Août, 267-277).

D.E. BROADBENT (1984) : Health of workers exposed to electric fields. (C.E.G.B. Research, TPRD L EE 00150 M84).

S. NORDSTROM et E. BIRKE (1979) : Investigation of possible genetic risks among employees of Wattenfall Sydkraft who had been exposed to 400 kV. (Summary

of preliminary results, Press release, University of Umea Department of Medical Genetics, 25 October).

M. BAUCHINGER, R. HAUF, E. SCHMID et J. DRESP (1981) : Analysis of structural chromosome changes and magnetic fields from 380 kV. systems. (Radiat. Environ. Biophys., 19, 235-238).

N. WERTHEIMER et E. LEEPER (1979) : Electrical wiring configurations and childhood cancer. (Amer. J. Epidemiol., 109, 273-284).

N. WERTHEIMER et E. LEEPER (1982) : Adult cancer related to electrical wires near the home. (Int. J. Epidemiol., 11, 345-355).

L. TOMENIUS, L. HELLSTROM et B. ENANDER (1982) : Electrical constructions and 50 Hz magnetic field at the dwellings of tumour cases (0-18 years of age) in the country of Stockholm. (Abstract, Int. Symp. on Occupat. Health and Safety in mining and tunnelling, June 21-25, 101, Prague).

J. FULTON (1980) : Electric wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island. (Amer. J. Epidemiol., 111, 292-296).

S. MILHAM (1982) : Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. (New England J. Med., 307, 249).

W.E. WRIGHT (1982) : Leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. (Lancet, Novembre, n° 8308, 1160-1161).

M.E. MacDOWALL (1983) : Leukemia mortality in electrical workers in England and Wales. (Lancet, n° 8318, Janvier).

M. COLEMAN (1983) : Leukemia incidence in electrical workers. (Lancet, 30 Avril, 1, 8331, 982-983).

UNION INTERNATIONALE DES PRODUCTEURS ET DISTRIBUTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. Groupe d'Études Médicales. Effets des champs électromagnétiques en relation avec la production et la distribution de l'électricité. État actuel des connaissances. (Congrès International de Bruxelles, 6-11 Juin 1982).

Epidemiological studies on effects of exposure to ELF electromagnetic fields. A review of literature. (Congrès International d'Athènes, 9-14 Juin 1985).

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (1984) : Extremely Low Frequency (ELF) Fields. (Environmental Health Criteria 35, Genève).