

#017: Power Frequency Electromagnetic Fields

<https://magdahavas.com/from-zorys-archive/pick-of-the-week-17-power-frequency-electromagnetic-fields/>

Most of the documents in Zory's Archive are concerned with the biological effects of radio frequency radiation. This week we have one that focuses on the biological effects of low frequency electric and magnetic fields.



Nair, I, MG Morgan, and HK Florig. 1989. **Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields**, Background paper as part of OTA's assessment of *Electric Power Wheeling and Dealing: Technological Considerations for Increasing Competition*, Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, Congress of the United States, Office of Technology Assessment, 110 pp.

Introduction and Overview

Electric and magnetic fields produced by electric power systems have recently been added to the list of environmental agents that are a potential threat to public health. This paper describes peoples' exposures to fields from power systems and other sources (Section 2), reviews existing scientific evidence on the biological effects of these fields (Sections 3 through 7), presents a history of research support and of regulatory activity (Sections 8 and 9), and discusses problems and alternatives in regulatory action (Section 10). The electric power that is used in our homes, offices and factories uses AC or alternating current. This is in contrast to the DC or direct current that is produced by batteries. An alternating current does not flow steadily in one direction. It alternates back and forth. The power used in North America alternates back and forth 60 times each second. This is called 60 hertz (Hz) power. In Europe and some other parts of the world the frequency of electric power is 50 hertz rather than 60 Hz.

There are electric and magnetic fields wherever there is electric power. This means that there are fields associated with large and small powerlines, wiring and lighting in homes and places of work, and all electrical appliances. These fields are created by the electric charges that are pumped into the power system by electric power generating stations. Electric fields arise from the amount of that charge and magnetic fields result from the motion of that charge. Taken together, these fields are often referred to as electromagnetic fields. The electric and magnetic fields created by power systems oscillate with the current. That is why fields around power systems are called power-frequency or 60 hertz fields. A more complete description of the electromagnetic fields from power systems is presented in Section 2.

Public concerns about power-frequency fields first emerged in the late 1960s as power companies turned increasingly to extra high voltage (EHV) transmission lines to handle large increases in electricity use. EHV lines carry electric power with lower energy losses and with smaller land usage than multiple lower-voltage lines with the same power-delivery capacity. Public attention to EHV transmission lines focused first on the aesthetic impact of their large towers, on the aesthetic and ecological impacts at their rights-of-way, and on various nuisance effects created by their strong electric fields. These nuisance effects include audible noise, TV/radio interference, and induced shocks that can occur when a person standing beneath an EHV line touches a large ungrounded metal object such as a truck or farm vehicle. By the early 1970s, the American National Standards Institute had issued voluntary standards to address nuisance effects. The first evidence that power-frequency fields might have a direct effect on human health appeared in 1972 when Soviet investigators reported that workers in Soviet EHV switchyards suffered from a number of nonspecific ailments [Korobkova 72]. Although these reports were greeted with much skepticism by western scientists, they served to stimulate public concern. By the mid-seventies, health effects had become a central issue in transmission line siting hearings in several states.

There are two reasons why conventional wisdom has until recently held that the fields associated with power systems could pose no threat to human health. First, there is no significant transfer of energy from power-frequency fields to biological systems. Unlike X-rays (i.e. ionizing radiation), powerfrequency fields do not break chemical bonds. Unlike microwaves (i.e. non-ionizing radiation), powerfrequency fields cannot cause significant tissue heating. Second, all cells in the body maintain large natural electric fields across their outer membranes. These naturally occurring fields are at least 100 times more intense than those that can be induced by exposure to common power-frequency fields.

However, despite the low energy of power-frequency fields and the very small perturbations that they make to the natural fields within the body, studies over the last fifteen years have demonstrated unequivocally that under certain circumstances, the membranes of cells can be sensitive to even fairly weak externally imposed low frequency electromagnetic fields. Extremely small signal changes can trigger major biochemical responses critical to the functioning of the cell [Adey 81, Adey 84, Adey 87]. This should perhaps have come as no surprise, as cells, especially those in the nervous system, make use of complex electrochemical processes in their normal function. The ability of some animals including eels, sharks, and pigeons to detect extremely weak ELF fields and use them for homing and finding prey clearly demonstrates that at least some specialized cells can be exquisitely sensitive to such fields [Fessard 74, Gould 82]. Among the responses demonstrated in laboratory studies using animal cells and tissue are:

- modulation of ion flows;
- interference with DNA synthesis and RNA transcription;
- interaction with the response of normal cells to various agents and biochemicals such as hormones, neurotransmitters, and growth factors;
- interaction with the biochemical kinetics of cancer cells.

Even when effects are demonstrated consistently on the cellular level in laboratory experiments, it is hard to predict whether and how they will affect the whole organism.

Processes at the individual cell level are integrated through complex mechanisms in the animal. When a process in the cell is lightly perturbed by an external agent such as an ELF field, other processes may compensate for it so that there is no overall disturbance to the organism. Some perturbations may be within the ranges of disturbances that a system can experience and still function properly. This difficulty in extrapolating cellular level effects to predict the existence or severity of possible public health effects, together with the absence of any large-scale and obvious public health effect associated with electrification, are two arguments advanced during the last decade in support of the claim that there is no need for concern about possible public health effects from exposure to power-frequency fields.

Another problem in deducing possible health effects from cellular level effects has been the lack of a theoretical model to explain and understand the detailed mechanism of interaction. ELF fields affect the cell via the cell membrane. Cell membrane biology is still in its infancy although this area of molecular biology has made great strides in the past few years. Until recently, there was not enough understanding to even advance hypotheses on the potential mechanisms by which ELF fields may cause significant perturbations in cell and organ functions. Hypotheses are now being advanced but are still at a speculative stage [Adey 86, Smith 87, Liboff 86].

As we discuss in Section 3, findings at the cellular level display considerable complexity including resonant responses (or, “windows”) in frequency and field strength, complex time dependencies, and dependence on the ambient DC magnetic field created by the earth. For these reasons, ELF fields appear to be an agent to which there is no known analog. Many lessons learned from environmental hazards such as chemical agents (PCB, vinyl chloride, benzene, etc.) or physical agents (ionizing radiation, asbestos etc.) may not directly apply to ELF fields. This is because in the case of fields it is not yet clear what measures of exposure or “dose” are relevant. In contrast to more familiar environmental agents where “if some of it is bad, more of it is worse”, it may not be safe to assume that if ELF field exposure leads to health risks, exposure to stronger fields or exposure for longer periods is worse than exposure to weaker fields or brief periods.

In addition to cellular studies, whole animal and human experiments have examined five general categories of effects:

1. General effects such as detection, avoidance and behavior response and development and learning of animals, and moods of humans;
2. Effects on externally measured physical parameters such as growth and birthweight, respiration, heartbeat rate, and temperature rhythms;
3. Effects on specific biochemicals such as hormones that are responsible for the maintenance, regulation and control of general physiological and psychological functions; for response to environmental stressors; for growth and development; and, for triggering special responses such as sexual function, and fetal and newborn nourishment;
4. Effects on circadian rhythms of animals and humans, and,
5. Effects in the epidemiology of cancer, particularly leukemia and brain cancer.

Several authors and scientific advisory panels have reviewed the effects literature [Adey 86, Adey 87, AIBS 85, Carstensen 87, Florida 85, Grandolfo 86, Lee 86, NYSPIP 87,

Sheppard 83, West 86, WHO 84]. In summary, the results are complex and inconclusive. There have been many “negative” experiments, that is, experiments that have looked for effects but not found any difference between biological systems that have been exposed to fields and those that have not. However, the growing number of positive findings have now clearly demonstrated that under specific circumstances even weak low-frequency electromagnetic fields can produce substantial changes at the cellular level, and in a few experimental settings, effects have also been demonstrated at the level of the whole animal.

Epidemiological evidence, while controversial and subject to a variety of criticisms, is beginning to provide a basis for concern about risks from chronic exposure. Some observers find this epidemiological evidence more persuasive in light of the clear evidence of effects that is available at the cellular level, but others insist on treating the evidence from these two areas as separate.

As recently as a few years ago, scientists were making categorical statements that on the basis of all available evidence there are no health risks from human exposure to power-frequency fields. In our view, the emerging evidence no longer allows one to categorically assert that there are no risks. But it does not provide a basis for asserting that there is a significant risk.

If exposure to fields does turn out to pose a health risk, it is unlikely that high voltage transmission lines will be the only sources of concern. Power-frequency fields are also produced by distribution lines, wall wiring, appliances, and lighting fixtures. These non-transmission sources are much more common than transmission lines and could play a far greater role than transmission lines in any public health problem.

Commonwealth Club 11-18-10. Panel I – Magda Havas,
PhD from ElectromagneticHealth.Org on Vimeo.

Updated: July 7, 2018

<https://vimeo.com/17270263>

Traduction en français

#017 : Champs électromagnétiques à fréquence industrielle

La plupart des documents des archives de Zory concernent les effets biologiques des rayonnements radiofréquences. Cette semaine, nous en avons un qui se concentre sur les effets biologiques des champs électriques et magnétiques basse fréquence.

Nair, E, MG Morgan et HK Florig. 1989. Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields, document de référence dans le cadre de l'évaluation par l'OTA de Electric Power Wheeling and Dealing: Technological Considérations for Increasing Competition, Département d'ingénierie et de politique publique, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, Congrès des

États-Unis, Office of Technology Assessment, 110 p.

[https://www.magdahavas.com/wp-content/uploads/2010/11/Biological_Effects_of_Power_Frequency.pdf].

Introduction et aperçu

Les champs électriques et magnétiques produits par les systèmes électriques ont récemment été ajoutés à la liste des agents environnementaux qui constituent une menace potentielle pour la santé publique. Cet article décrit l'exposition des personnes aux champs provenant des systèmes électriques et d'autres sources (Section 2), passe en revue les preuves scientifiques existantes sur les effets biologiques de ces champs (Sections 3 à 7), présente un historique du soutien à la recherche et de l'activité réglementaire (Sections 8 et 9), et discute des problèmes et des alternatives en matière d'action réglementaire (Section 10).

L'énergie électrique utilisée dans nos maisons, nos bureaux et nos usines utilise du courant AC ou alternatif. Cela contraste avec le courant DC ou continu produit par les batteries. Un courant alternatif ne circule pas de manière constante dans une seule direction. Il alterne d'avant en arrière. L'énergie utilisée en Amérique du Nord alterne 60 fois par seconde. C'est ce qu'on appelle une puissance de 60 hertz (Hz). En Europe et dans certaines autres régions du monde, la fréquence de l'énergie électrique est de 50 hertz au lieu de 60 Hz.

Il existe des champs électriques et magnétiques partout où il y a de l'énergie électrique. Cela signifie qu'il existe des domaines associés aux grandes et petites lignes électriques, au câblage et à l'éclairage des maisons et des lieux de travail, ainsi qu'à tous les appareils électriques. Ces champs sont créés par les charges électriques pompées dans le système électrique par les centrales électriques. Les champs électriques résultent de la quantité de cette charge et les champs magnétiques résultent du mouvement de cette charge. Pris ensemble, ces champs sont souvent appelés champs électromagnétiques. Les champs électriques et magnétiques créés par les systèmes électriques oscillent avec le courant. C'est pourquoi les champs autour des systèmes électriques sont appelés champs de fréquence industrielle ou champs de 60 hertz. Une description plus complète des champs électromagnétiques des systèmes électriques est présentée dans la section 2.

Les préoccupations du public concernant les champs de fréquence industrielle sont apparues pour la première fois à la fin des années 1960, alors que les compagnies d'électricité se tournaient de plus en plus vers les lignes de transport à très haute tension (EHV [ndt : Extra High Voltage]) pour faire face à une forte augmentation de la consommation d'électricité. Les lignes EHV transportent de l'énergie électrique avec des pertes d'énergie plus faibles et une utilisation du sol moindre que plusieurs lignes à basse tension ayant la même capacité de fourniture d'électricité. L'attention du public envers les lignes de transport EHV s'est d'abord concentrée sur l'impact esthétique de leurs grands pylônes, sur les impacts esthétiques et écologiques sur leurs droits de passage, et sur les divers effets de nuisance créés par leurs forts champs électriques. Ces effets nuisibles comprennent le bruit audible, les interférences TV/radio et les chocs induits qui peuvent survenir lorsqu'une personne se tenant sous une ligne EHV touche un gros objet métallique non mis à la terre, tel qu'un camion ou un véhicule agricole. Au début des années 1970, l'American National Standards Institute avait publié des normes volontaires pour lutter contre les effets nuisibles. La première preuve que les champs de fréquence industrielle pourraient avoir un effet direct sur la santé humaine est apparue en 1972 lorsque des enquêteurs soviétiques ont signalé que les travailleurs des postes de commutation EHV soviétiques souffraient d'un certain nombre de maladies non spécifiques [Korobkova 72]. Bien que ces rapports aient été accueillis avec beaucoup de scepticisme par les scientifiques occidentaux, ils ont servi à stimuler l'inquiétude du public. Au milieu des années 1970, les effets sur la santé étaient devenus une question centrale lors des audiences sur l'emplacement des lignes de transmission dans plusieurs États.

Il y a deux raisons pour lesquelles la prudence conventionnelle a soutenu jusqu'à récemment que les

champs associés aux systèmes électriques ne pouvaient constituer aucune menace pour la santé humaine. Premièrement, il n'y a pas de transfert significatif d'énergie des champs à fréquence industrielle vers les systèmes biologiques. Contrairement aux rayons X (c'est-à-dire aux rayonnements ionisants), les champs de fréquence industrielle ne rompent pas les liaisons chimiques. Contrairement aux micro-ondes (c'est-à-dire aux rayonnements non ionisants), les champs de fréquence industrielle ne peuvent pas provoquer un échauffement significatif des tissus. Deuxièmement, toutes les cellules du corps maintiennent de vastes champs électriques naturels à travers leurs membranes externes. Ces champs naturels sont au moins 100 fois plus intenses que ceux qui peuvent être induits par une exposition à des champs courants à fréquence industrielle.

Cependant, malgré la faible énergie des champs à fréquence industrielle et les très faibles perturbations qu'ils provoquent sur les champs naturels de l'organisme, des études menées au cours des quinze dernières années ont démontré sans équivoque que dans certaines circonstances, les membranes des cellules peuvent être sensibles même à des champs électromagnétiques basse fréquence assez faibles imposés de l'extérieur. Des changements de signal extrêmement faibles peuvent déclencher des réponses biochimiques majeures essentielles au fonctionnement de la cellule [Adey 81, Adey 84, Adey 87]. Cela n'aurait peut-être pas dû surprendre, car les cellules, en particulier celles du système nerveux, utilisent des processus électrochimiques complexes dans leur fonctionnement normal. La capacité de certains animaux, notamment les anguilles, les requins et les pigeons, à détecter des champs ELF extrêmement faibles et à les utiliser pour se repérer et trouver des proies, démontre clairement qu'au moins certaines cellules spécialisées peuvent être extrêmement sensibles à de tels champs [Fessard 74, Gould 82]. Parmi les réponses démontrées dans des études en laboratoire utilisant des cellules et des tissus animaux figurent :

- modulation des flux ioniques ;
- interférence avec la synthèse de l'ADN et la transcription de l'ARN ;
- interaction avec la réponse des cellules normales à divers agents et produits biochimiques tels que les hormones, les neurotransmetteurs et les facteurs de croissance ;
- interaction avec la cinétique biochimique des cellules cancéreuses.

Même lorsque les effets sont démontrés de manière constante au niveau cellulaire dans des expériences en laboratoire, il est difficile de prédire si et comment ils affecteront l'organisme dans son ensemble. Les processus au niveau cellulaire individuel sont intégrés par des mécanismes complexes chez l'animal. Lorsqu'un processus dans la cellule est légèrement perturbé par un agent externe tel qu'un champ ELF, d'autres processus peuvent le compenser afin qu'il n'y ait pas de perturbation globale de l'organisme. Certaines perturbations peuvent se situer dans les plages de perturbations qu'un système peut subir tout en continuant à fonctionner correctement. Cette difficulté à extrapoler les effets au niveau cellulaire pour prédire l'existence ou la gravité d'effets possibles sur la santé publique, ainsi que l'absence de tout effet évident et à grande échelle sur la santé publique associé à l'électrification, sont deux arguments avancés au cours de la dernière décennie à l'appui de cette affirmation selon laquelle il n'y a pas lieu de s'inquiéter des effets possibles sur la santé publique de l'exposition aux champs de fréquence industrielle.

Un autre problème dans la déduction des effets possibles sur la santé à partir des effets au niveau cellulaire est l'absence de modèle théorique pour expliquer et comprendre le mécanisme détaillé de l'interaction. Les champs ELF affectent la cellule via la membrane cellulaire. La biologie des membranes cellulaires en est encore à ses balbutiements, même si ce domaine de la biologie moléculaire a fait de grands progrès ces dernières années. Jusqu'à récemment, les connaissances étaient insuffisantes pour avancer des hypothèses sur les mécanismes potentiels par lesquels les champs ELF pourraient provoquer des perturbations significatives dans les fonctions des cellules et des organes. Des hypothèses sont désormais avancées mais restent encore à un stade spéculatif [Adey 86, Smith 87, Liboff 86].

Comme nous l'expliquons dans la section 3, les résultats au niveau cellulaire affichent une

complexité considérable, notamment des réponses résonantes (ou « fenêtres ») en fréquence et en intensité de champ, des dépendances temporelles complexes et une dépendance au champ magnétique continu ambiant créé par la Terre. Pour ces raisons, les champs ELF semblent être un agent pour lequel il n'existe aucun analogue connu. De nombreuses leçons tirées des risques environnementaux tels que les agents chimiques (PCB, chlorure de vinyle, benzène, etc.) ou les agents physiques (rayonnements ionisants, amiante, etc.) peuvent ne pas s'appliquer directement aux champs ELF. En effet, dans le cas des champs, il n'est pas encore clair quelles mesures d'exposition ou de « dose » sont pertinentes. Contrairement aux agents environnementaux plus familiers où « si une partie est mauvaise, une plus grande partie est pire », il n'est peut-être pas prudent de supposer que si l'exposition aux champs ELF entraîne des risques pour la santé, l'exposition à des champs plus forts ou une exposition pendant des périodes plus longues est pire que l'exposition à des champs plus faibles ou à de brèves périodes.

En plus des études cellulaires, des expériences ensemble sur des animaux et sur des humains ont examiné cinq catégories générales d'effets :

1. Effets généraux tels que la détection, l'évitement et la réponse comportementale, ainsi que le développement et l'apprentissage des animaux, ainsi que l'humeur des humains ;
 2. Effets sur des paramètres physiques mesurés de manière externe tels que la croissance et le poids à la naissance, la respiration, la fréquence cardiaque et les rythmes de température ;
 3. Effets sur des produits biochimiques spécifiques tels que les hormones responsables du maintien, de la régulation et du contrôle des fonctions physiologiques et psychologiques générales ; pour la réponse aux facteurs de stress environnementaux ; pour la croissance et le développement ; et, pour déclencher des réponses spéciales telles que la fonction sexuelle et l'alimentation du fœtus et du nouveau-né ;
 4. Effets sur les rythmes circadiens des animaux et des humains, et,
 5. Effets sur l'épidémiologie du cancer, en particulier de la leucémie et du cancer du cerveau.
- Plusieurs auteurs et comités consultatifs scientifiques ont examiné la littérature sur les effets [Adey 86, Adey 87, AIBS 85, Carstensen 87, Florida 85, Grandolfo 86, lee 86, NYSPIP 87, Sheppard 83, West 86, WHO 84]. En résumé, les résultats sont complexes et peu concluants. Il y a eu de nombreuses expériences « négatives », c'est-à-dire des expériences qui ont recherché des effets mais n'ont trouvé aucune différence entre les systèmes biologiques exposés aux champs et ceux qui ne l'ont pas été. Cependant, le nombre croissant de résultats positifs démontre désormais clairement que, dans des circonstances spécifiques, même de faibles champs électromagnétiques de basse fréquence peuvent produire des changements substantiels au niveau cellulaire, et dans quelques contextes expérimentaux, des effets ont également été démontrés au niveau de l'ensemble animal.

Les données épidémiologiques, bien que controversées et sujettes à diverses critiques, commencent à susciter des inquiétudes quant aux risques liés à une exposition chronique. Certains observateurs trouvent ces preuves épidémiologiques plus convaincantes à la lumière des preuves claires d'effets applicables au niveau cellulaire, mais d'autres insistent pour traiter les preuves de ces deux domaines comme distinctes.

Il y a quelques années à peine, des scientifiques déclaraient catégoriquement que, sur la base de toutes les preuves disponibles, l'exposition humaine aux champs de fréquence industrielle ne présentait aucun risque pour la santé. À notre avis, les preuves émergentes ne permettent plus d'affirmer catégoriquement qu'il n'y a aucun risque. Mais cela ne permet pas d'affirmer qu'il existe un risque significatif.

Si l'exposition aux champs s'avère effectivement présenter un risque pour la santé, il est peu probable que les lignes de transmission à haute tension soient la seule source de préoccupation. Les champs de fréquence industrielle sont également produits par les lignes de distribution, le câblage

mural, les appareils électroménagers et les luminaires. Ces sources hors transmission sont beaucoup plus courantes que les lignes de transmission et pourraient jouer un rôle bien plus important que les lignes de transmission dans tout problème de santé publique.

Club du Commonwealth 18/11/10. Panel I – Magda Havas,
PhD de ElectromagnétiqueHealth.Org sur Vimeo.

[Lien vidéo plus haut].

Mise à jour : 7 juillet 2018