



REPUBLIQUE DE MADAGASCAR
Tanindrazana-Fahafahana-Fandrosoana



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'ANTSIRANANA

ECOLE NORMALE SUPERIEURE POUR L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Département : GENIE ELECTRIQUE

Filière : **PETGE**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME C.A.P.E.N.
(Certificat d'Aptitude Pédagogique de l'Ecole Normale)

LES EFFETS DE CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES SUR LES ÉTRES VIVANTS

Rédigé par :

ANDRIAMBEROMANGA Simon Merthon

Soutenu le 03 Décembre 2009

Devant les membres du jury composé par :

Président : **Mr MOUSSA Christian**

Encadreurs : - **Mr RANDRIAMAROMILA Richard**
- **Mme VIAL Marie Ariane**

Examineur : **Mr SAONA Jean Basile**

PROMOTION **VATO-2009**

(Volonté – Assiduité – Tolérance – Organisation)

REMERCIEMENTS

Je rends honneur et grâce à l'Éternel DIEU Créateur, pour les bienfaits, la miséricorde, la bonté, le soutien et la protection dont j'ai été l'objet lors de la préparation de ce mémoire et durant l'accomplissement de mes années d'études à l'Université d'Antsiranana.

*J'exprime ici ma profonde reconnaissance envers Monsieur **RANDRIAMAROMILA Richard** et Madame **VIAL Marie Ariane** qui ont proposé ce sujet avec leurs précieuses directives et leurs valeureux conseils ainsi que leur disponibilité durant le déroulement de ce mémoire et pour tous ce qu'ils ont faits pour moi.*

*J'adresse également mes sincères remerciements à Monsieur **JEANNOT**, Le Directeur de l'Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique ; à Monsieur **MOUSSA Christian**, Le Chef de Département des Génies Electriques ; à tous les enseignants ainsi qu'à tous les membres de personnel administratif qui ont bien manifesté leur dévouement dans cet établissement dans lequel j'ai traversé mes cinq années d'études.*

Je remercie profondément :

- *Mes parents **SIMONA Arsène** et **JACQUES Arifine** ;*
- *Ma grand-mère **TIBAVY Raphaëline** ;*
- *Mes frères **Nobel, Husserll** et **Gertholance** ;*
- *Mes sœurs **Chandrine** et **Aimerentienne** ;*
- *La famille **MEVA Sylvia**,*

qui m'ont soutenu spirituellement, moralement, financièrement et matériellement tout au long de mes études.

Je remercie le Président et les membres de jury qui vont juger ce travail.

*Je tiens aussi à remercier tous les collègues et la promotion **VATO-2009** pour la bonne ambiance fraternelle lors de notre vie estudiantine.*

Ma gratitude va à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont disposé d'aides précieuses pendant la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

ANDRIAMBEROMANGA Simon Mërthon

“ ... soit tout le jour dans la crainte de l'Éternel ; car certainement il y a une fin, et ton attente ne sera pas réduite à néant ”.

Proverbe 23 : 17b - 18

INTRODUCTION

Les champs électromagnétiques constituent un phénomène naturel et ont toujours été présents sur terre. En raison des besoins en électricité, des technologies sans fils, ainsi que des modifications des pratiques professionnelles et de notre comportement social, l'exposition aux sources artificielles de champ électromagnétique a fortement augmenté au cours du XX^{ème} siècle.

Actuellement, nombre des études faites sur les champs électromagnétiques ont pu être publiées, et nier les interactions entre champ électromagnétique et le mécanisme de la vie serait un non-scientifique.

Aujourd'hui, nous commençons donc à savoir expliquer pourquoi nos mécanismes biologiques peuvent être sensibles au champ électromagnétique. Et, c'est ce qui nous pousse à choisir un tel sujet sur l'étude des « **Effets de Champ Electromagnétique sur les êtres vivants** », que nous trouverons tout au long de ce travail.

Pour mener à bien ce travail, nous allons suivre un plan bien déterminé à commencer par :

- La Généralité sur les champs électromagnétiques, suivi par ;
- Les Effets des Rayonnements Electromagnétiques sur les vivants ;
- La détection des champs électromagnétiques ;
- Les préventions des risques et à terminer par ;
- La partie dénommée « Implication Pédagogique ».

Ainsi, ces cinq (05) chapitres sus- cités vont constituer notre travail.

Chapitre I

GENERALITE SUR LES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

Chapitre I

GENERALITE SUR LES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

I-1. Définitions

I-1-1. Champs électromagnétiques (CEM)

Les champs électromagnétiques sont une combinaison de champs de force électriques et magnétiques. Ils sont constitués d'une onde électrique et d'une onde magnétique qui se déplacent ensemble à la vitesse de la lumière. Ils sont générés par des phénomènes naturels, mais aussi par les activités humaines (artificielles) principalement lors de l'utilisation d'électricité.

I-1-2. Champ électrique

Le champ électrique caractérise l'effet d'attraction ou de répulsion exercé par une charge électrique sur une autre. Toute charge électrique produit un champ électrique, qui traduit l'accumulation de charges électriques, génère donc du champ électrique.

D'une manière évidente, lorsqu'une lampe est branchée au réseau électrique, il y a un champ électrique, même si la lampe n'est pas allumée. Son intensité E se mesure en volts par mètre (V/m).

Le champ électrique dépend de la tension car plus la tension d'alimentation d'un appareil est élevée, plus le champ électrique qui en résulte augmente.



La lampe branchée et éteinte :
Il y a un **Champ électrique**

Figure. I-1

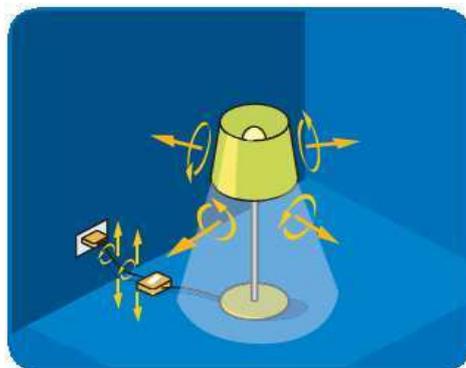
I-1-3. Champ magnétique

Le champ magnétique apparaît lorsque les charges électriques se déplacent, c'est-à-dire lorsqu'il y a circulation de courant électrique.

Pour un même exemple précédent, lorsque la lampe est allumée, il existe, en plus du champ électrique, un champ magnétique généré par le passage du courant dans le câble d'alimentation et l'ampoule. Son intensité **H** se mesure en tesla (T) ou plus usuellement, microtesla (μT). L'ancienne unité, le gauss (G) et sa sous unité le milligauss (mG) sont toujours utilisées. Et, leur relation s'est donnée par :

$$1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$$

Le champ magnétique dépend du courant car plus l'intensité du courant est élevée, plus le champ magnétique qui en résulte augmente.



*Le courant passe :
Il y a un **Champ magnétique**
et un **Champ électrique**.*

Figure. I-2

I-1-4. Champs naturels

La plupart des champs électromagnétiques naturels ont une fréquence de 0 Hz : appelés aussi des **champs statiques**.

Le terme **statique** désigne les champs qui ne varient pas dans le temps. L'exemple le plus notable est le champ magnétique terrestre, qui oriente l'aiguille aimantée de la boussole.

I-1-5. Ondes électromagnétiques

Une onde électromagnétique est une représentation du rayonnement électromagnétique par un modèle qui rend le réel compréhensible. Le rayonnement est le phénomène physique, il est réel, tandis que l'onde est une forme de représentation.

Une onde se définit par trois (03) paramètres : sa vitesse de propagation, qui dépend du milieu qu'elle traverse, son amplitude et sa longueur d'onde ou sa fréquence. *“On dit qu'une onde oscille à une certaine fréquence”*.

Bien qu'ils ne soient pas perceptibles par l'homme, on ne peut pas nier que ces champs électromagnétiques sont présents partout dans notre environnement, car toute installation électrique dans notre voisinage en crée.

I-2. Comparaison des propriétés des champs électriques et magnétiques

Tableau 01 : “Comparaison entre champ électrique et magnétique”

Champs électrique E	Champs magnétiques H
La mise sous tension d'un conducteur crée un champ électrique.	Le passage d'un courant électrique crée un champ magnétique.
Ce champ se mesure en volts par mètre (V/m).	Ce champ se mesure en tesla (T) ou en microteslas (μ T).
Le champ électrique peut exister même lorsqu'un appareil électrique est éteint.	Dès que l'on allume un appareil électrique et que le courant passe, des champs magnétiques et électriques apparaissent.

Champs électrique E	Champs magnétiques H
L'intensité du champ diminue lorsque la distance à la source augmente	
La plupart des matériaux de construction protègent un peu contre les champs électriques.	La plupart des matériaux courants sont incapables de réduire l'intensité d'un champ magnétique.

Comme toutes les ondes sinusoïdales, la plupart des champs électromagnétiques peuvent être caractérisés par leur fréquence (**f**), qui va des hautes radiofréquences (les téléphones portables) aux extrêmement basses fréquences (ELF) par exemple les lignes électriques, toute en passant par les fréquences intermédiaires (les écrans d'ordinateur, etc.).

Une fréquence c'est le nombre d'oscillation par seconde exprimé en Hertz (Hz), et la longueur d'onde λ , c'est-à-dire la distance entre un point d'une ondulation et le point homologue sur l'ondulation suivante, mesurée en mètre. Ces deux grandeurs sont indissociablement liées par la vitesse de propagation de l'onde (**c**). Plus la fréquence est élevée, plus la longueur d'onde est courte :

$$\lambda = c / f$$

I-3. Gamme de fréquence et longueur d'onde correspondante

Généralement, on peut classer les bandes de fréquence en deux (02) grandes catégories telles que : les Basses Fréquences (BF) et les Hautes Fréquences (HF).

I-3-1. Les Basses Fréquences (BF)

Toutes les fréquences se situant entre **0 Hz à 300 kHz** constituent les BF. Et les BF se subdivisent en :

Extra Low Frequences (ELF), **inférieur à 300 Hz** ;

Very Low Frequences (VLF), **300 Hz à 30 kHz** ;

Low Frequences (LF), **30 kHz à 300 KHz** ;

I-3-2. Moyennes Fréquences (MF)

Les moyennes fréquences se situent entre **300 kHz à 3 MHz**.

I-3-3. Les Hautes Fréquences (HF)

Les hautes fréquences se situent aux fréquences **supérieures à 100 kHz**, dans lesquelles constituent :

Hautes Fréquences (HF), **3 MHz à 30 MHz** ;

Very Hight Frequences (VHF), **30 MHz à 300 MHz** ;

Ultra Hight Frequences (UHF), **300 MHz à 3 GHz** ;

Special Hight Freauences (SHF), **3 GHz à 30 GHz** ;

Extra Hight Frequences (EHF), **30 GHz à 300 GHz**.

Ainsi, nous pouvons montrer le spectre de champs électromagnétiques sur la figure ci-après :

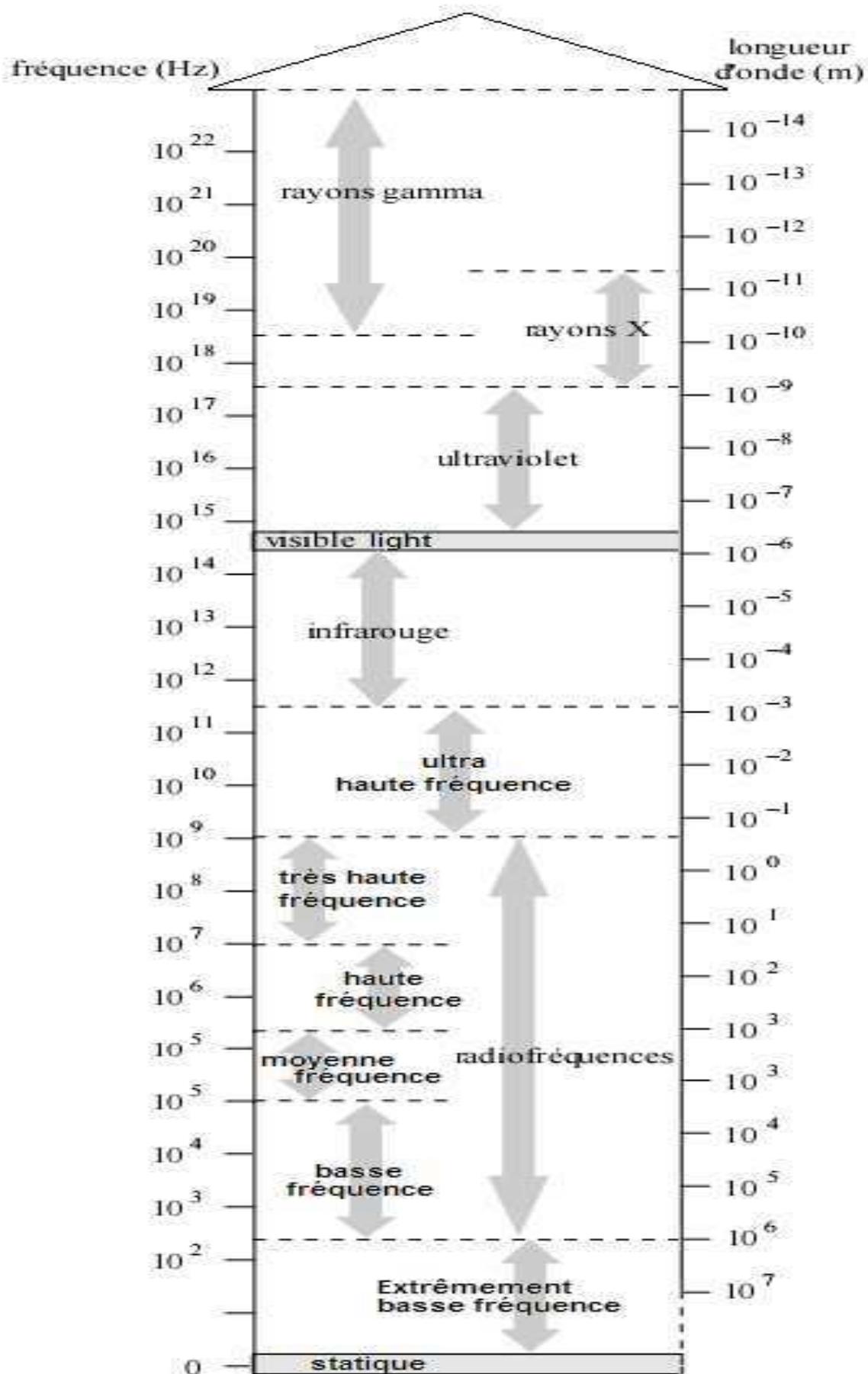


Figure. I-3

Selon le spectre ci-dessus, les ondes électromagnétiques peuvent être classées parmi les “**rayonnements ionisants**” ou les “**rayonnements non- ionisants**”.

I-3-4. Les rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants sont des ondes électromagnétiques de fréquence extrêmement élevée (rayon X et gamma) qui ont suffisamment d'énergie pour produire une ionisation (création d'atomes ou de parties de molécules portant une charge électrique positive ou négative) en cassant les liaisons atomiques à l'intérieur des molécules qui forment les cellules.

I-3-5. Les rayonnements non-ionisants

“Rayonnement non ionisant”, c'est un terme général qui désigne la partie du spectre électromagnétique où l'énergie des photons est trop faible pour provoquer la rupture des liaisons atomiques.

Les rayonnements non ionisants comprennent le rayonnement ultraviolet (UV), la lumière visible, le rayonnement infrarouge, les radiofréquences, les champs à fréquence extrêmement faible, ainsi que les champs électriques et magnétiques statiques. La gamme de fréquence des rayonnements non ionisants varie de **0 Hz** à **300GHz**.

I-4. Les appareils ou sources d'émission du CEM

Suivant le milieu où l'on se trouve, tout appareil disons « Source » nous crée ou nous fait exposer aux champs électromagnétiques.

Habituellement, dans notre milieu de travail (bureau ou foyer), on rencontre des nombreux équipements.

Pour un exemple d'environnement de travail (Bureau quelconque), on y trouve les appareils cités ci-après :

- Matériels informatiques ;
- Appareils électrodomestiques ;
- Installations électriques :
 - Réseau basse tension < 1kV ;*
 - Dispositifs basse tension de puissance < 200kVA ;*
 - Transformateurs d'alimentation reliés aux réseaux basse tension (< 1kV entre phase ; puissance <200kVA) ;*
- Moteurs électriques (Puissance <200kVA) ;
- Téléphones mobiles ;
- Radio à piles de puissance <100mW ;
- Equipement audio et vidéo ;
- Dispositifs d'éclairage.

Alors, tous ces appareillages forment un environnement pour les employés. Et, ces derniers sont exposés aux rayonnements électromagnétiques émis par ces équipements cités.

Dans d'autres cas, on rencontre presque dans toutes les grandes villes, des lignes de distribution électrique (basse tension, haute tension, très haute tension) et des stations de base de téléphone mobile, des tours de transmission radio.

Les lignes de distribution électrique produisent des champs électriques et induisent des champs magnétiques que l'on ne peut pas ignorer.

Les tours de transmission transmettent des signaux dans des rayons de champs définis par les concepteurs.

Alors, plus particulièrement, les téléphones portables, les téléphones sans fil, les réseaux locaux sans fil, les tours de transmission radio, les scanners médicaux, les fours à micro-ondes, les systèmes de radar, TV, radio, sont les sources les plus connues à l'exposition aux champs de radiofréquences.

Ainsi, les radiofréquences varient de **100kHz à 300GHz**.

I-5. Classification de quelques appareils suivant leurs fréquences appropriées

On peut classer différentes sortes d'appareils ou équipements selon leurs caractéristiques spécifiques, suivant leur gamme de fréquence et aussi la longueur d'onde de champ qu'ils transmettent.

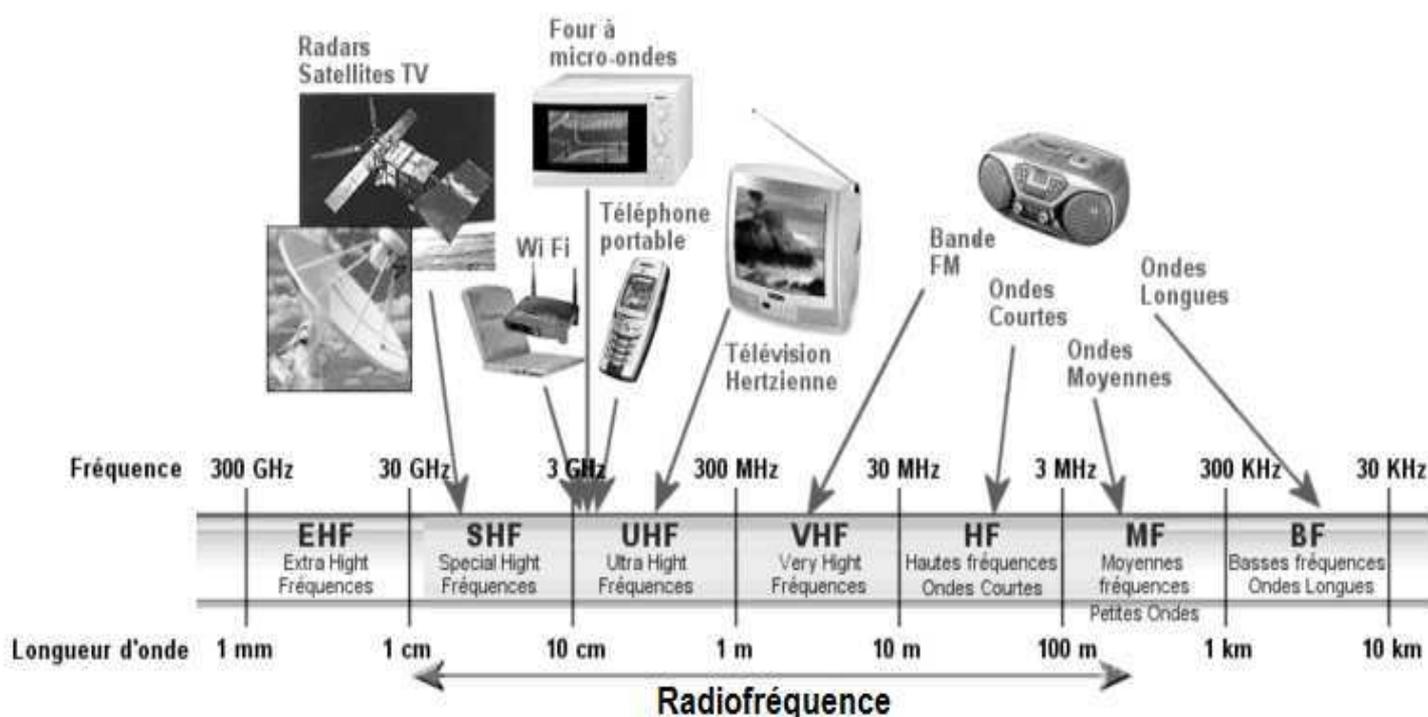


Figure. I-4

Prenons comme exemple les sources domestiques définies en **Annexe 1/6** selon leurs intensités de champs correspondantes.

Chapitre II

EFFETS DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES SUR LES VIVANTS

Chapitre II

EFFETS DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES SUR LES VIVANTS

Depuis les années 1930, on explore l'effet des champs électromagnétiques (CEM) de manière très intensive sur la vie des êtres vivants. Et parlant des vivants, ce sont l'organisme humain, animal et végétal qui sont mis en jeu.

La grande majorité des scientifiques nient encore les dangers de même que les bienfaits des champs électromagnétiques. Et c'est ce qui nous amène à étudier les effets des rayonnements électromagnétiques sur la vie humaine, les animaux et les végétaux.

II-1. Effets des Rayonnements Electromagnétiques sur l'homme

D'après diverses études publiées à ce jour, les résultats nous montrent que les champs électromagnétiques ont des effets physiologiques sur les milieux biologiques.

Lorsqu'un milieu biologique est soumis à des champs électromagnétiques, une interaction se produit avec les charges électriques du tissu ou de la cellule. Les principaux effets observés et connus, lors des interactions avec les champs électromagnétiques sont :

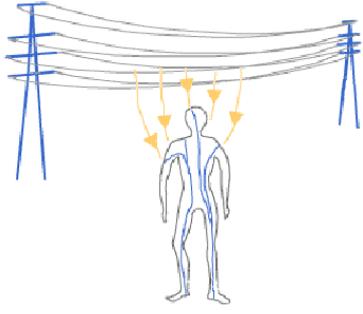
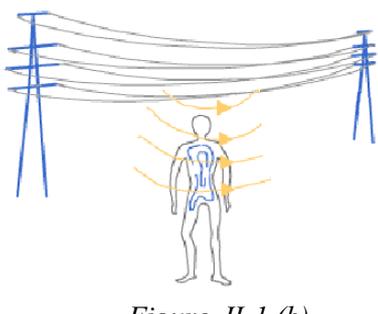
- Les effets directs correspondant à l'interaction entre un champ et un organisme ;
- Les effets indirects qui font intervenir un champ, un élément intermédiaire et un organisme.

Ces types d'effets sont décrits en fonction des types de sources d'exposition.

II-1-1. Exemple d'interaction humaine avec des CEM

A l'intérieur du corps humain, les comportements des champs électriques et magnétiques sont très différents. Nous les présenterons sur le tableau ci-dessous.

Tableau 02 : “Interaction humaine avec les CEM”

	Champs électriques dans le corps humain	Champs magnétiques dans le corps humain
Comportements	 <p><i>Figure. II-1 (a)</i></p> <p>Les champs électriques se comportent en courant induit dans le corps. Les charges électriques se migrent à la surface de ce dernier et se déplacent le long de la surface du corps en direction de la terre.</p>	 <p><i>Figure. II-1 (b)</i></p> <p>Les champs magnétiques traversent le corps humain et induisent des forces électromotrices qui génèrent des “courants de Foucault” circulant sous forme de boucle à l'intérieur du corps.</p>

II-1-2. Effets directs

a) Champs statiques

Exposé à des champs statiques, l'organisme humain risque d'avoir les effets suivants :

× Réaction cutanée :

Les champs électriques statiques induisent au niveau de la peau des personnes exposées une modification de la répartition des charges électriques. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux. Le seuil de perception est à 10kV/m mais le seuil de sensations désagréables est à 25kV/m.

× Malaises :

En cas d'exposition à un champ magnétique statique de très grande intensité (>4T), des malaises peuvent survenir : *nausées, vertiges, goût métalliques, perception de taches lumineuses.*

b) Champ électromagnétique de basse Fréquence (<100KHz)

× Effets dus aux courants induits :

Tableau 03 : “Effets selon l’intensité de courants induits”

Valeur efficace de la densité de courant induit (mA/m²)	Effets
> 1.000	<i>Fibrillation ventriculaire.</i>
100 - 1000	<i>Stimulation des tissus excitables.</i>
10 - 100	<i>Effets visuels et nerveux, soudure des os, effets mineurs réversibles.</i>
< 10	<i>Effets mineurs aléatoires et Non reproductibles (pas d'effet connu sur la santé)</i>

× Cancérogénicité :

A l'issus de plusieurs études épidémiologiques portant sur des groupes d'enfants exposés à proximité des lignes à hautes tensions, le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer), émanation de l'OMS (Organisation Mondial de la Santé) a constaté qu'un risque accru de Leucémie chez l'enfant est mis en évidence.

c) CEM de haute fréquence (>100KHz)

× Hyperthermie :

Lors de l'exposition à un champ de haute fréquence, l'énergie absorbée par les tissus biologiques peut entraîner une augmentation de la température (hyperthermie) du corps entier ou d'une région. Ce qui explique que l'exposition accidentelle ou prolongée à des fortes puissances peut entraîner des brûlures superficielles ou profondes.

× Risque de cancer des glandes parotides :

Il a été constaté d'après une étude épidémiologique que “ téléphoner longtemps avec son portable augmenterait nettement le risque de cancer des glandes salivaires plus particulièrement des glandes parotides et ce risque est d'autant plus élevé pour les utilisateurs qui téléphonent plus de 22h par mois et en plus sur la même oreille”.

Comme on nous a montré précédemment en (I-5) sur la « Figure. I-4 », les téléphones mobiles sont classés parmi les sources d'exposition aux radiofréquences de **450 à 1800 MHz**.

Et, nous trouverons les détails sur ce genre de risque dans l'**Annexe 2/6**.

× Effet auditif :

Le seul effet athermique reconnu est la perception auditive des micro-ondes pulsées, spécifiques aux très hautes fréquences. Dans la zone d'exposition à des rayonnements électromagnétiques de **0,4 à 6,5GHz**, l'oreille humaine peut percevoir une sensation auditive diversement traduite par un « clic ».

× Hypersensibilité électromagnétique et symptômes non spécifiques :

Plusieurs personnes se plaignent, quel que soit le type de champ électromagnétique, de symptômes dénommés «Hypersensibilité» tels qu'*asthénie physique* ou *musculaire, voire douleurs musculaires ; fatigue, pertes de mémoire, ou apathie contrastant avec une irritabilité anormale ; trouble de sommeil, insomnie ; maux de tête ; sensation ébrieuse, vertige ou malaise...*

Et aussi, l'inquiétude vis-à-vis de ces risques peut-elle même induire des effets sans rapport avec les risques réels.

d) CEM de fréquence intermédiaire (300Hz à 100KHz)

Puisque le nombre de technologies qui génèrent des champs de fréquence intermédiaires a augmenté au cours de ces dernières années (à savoir dispositifs antivols, plaque de cuisson à induction, émetteur radio...), l'effet biologique bien connu est la “ stimulation nerveuse ”.

II-1-3. Effets des Ultraviolets

Les ultraviolets, traduits par “au-delà du violet”, sont des rayonnements électromagnétiques invisibles et d’après le spectre des champs électromagnétiques, ils se situent juste après le violet de la lumière visible.

Les rayons ultraviolets sont décomposés en trois (03) types distincts en fonction de leur position et longueur d’onde sur le spectre électromagnétique tels que : les ultraviolets A (ou UV-A), les ultraviolets B (ou UV-B), et les ultraviolets C (ou UV-C). Voir **Annexe 3/6**.

Alors, les effets avérés à l’exposition aux rayonnements ultraviolets sont :

× Le coup de soleil :

C’est l’effet le plus connu et le plus immédiat des effets du rayonnement ultraviolet sur la peau. Les cellules de la peau qui absorbent les ultraviolets sont endommagées et notre corps va chercher à réparer les dégâts tout en faisant parvenir dans la zone où le soleil a frappé sur la peau, un flux de sang causée par l’accroissement du débit sanguin sous la peau. Une coloration (ou lésion) rouge vif sera laissée sur la peau après 15 à 20 heures qui suivent l’exposition.

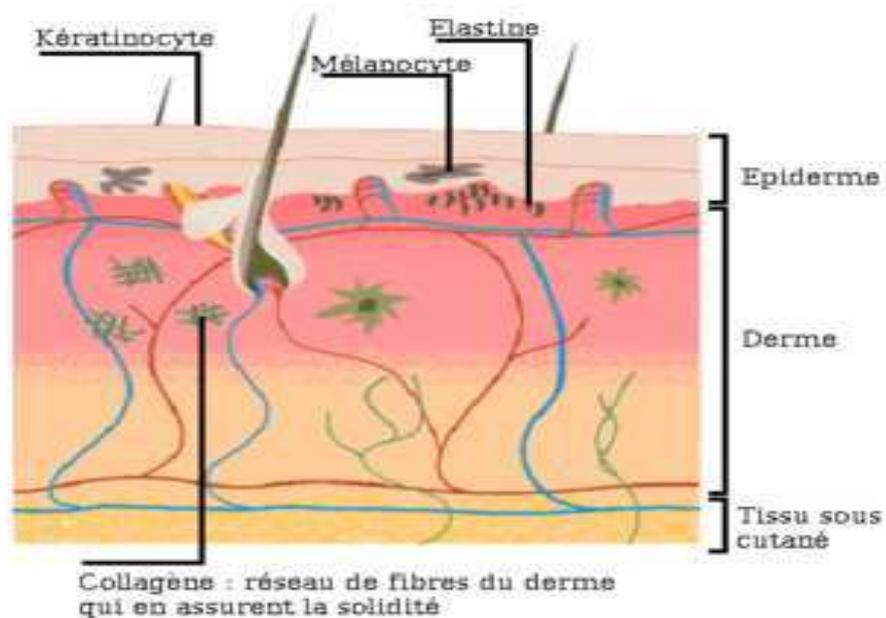


Figure. II-2

- × Effets positifs et négatifs tels que :

Tableau 04 : “Effets des rayonnements UV.”

Effets positifs	Effets négatifs
Photoprotection (<i>bronzage</i>)	Brûlures superficielles, conjonctives, cataractes
Synthèse de la vitamine D	Maladies du système immunitaire
--	Cancers
--	Accélération du vieillissement de la peau

II-1-4. Effets indirects

Les champs électromagnétiques peuvent être à l’origine d’effets indirects susceptibles de provoquer des dommages sur l’organisme humain, d’être à l’origine d’un incident ou d’un accident.

Pour toutes les gammes de fréquence, les principaux effets indirects sont les suivants :

- × Déclenchement d’une explosion ou d’un incendie du fait d’un arc électrique ;
- × Dysfonctionnement de systèmes comprenant de l’électronique.

Les effets indirects spécifiques aux basses fréquences sont dus aux courants de contact lorsqu’une personne et des objets métalliques se retrouvant dans le champ rentrent en contact.

Les effets apparaissent à partir de certains seuils dépendant de leur fréquence.

On montre sur le tableau suivant les effets des courants de contact selon les seuils physiologiques :

Tableau 05 : “Effets des courants de contact”

Effets	Courant seuil (mA) à la fréquence			
	50 / 60 Hz	1 kHz	100 kHz	1 MHz
Sensation tactile	0,2 - 0,4	0,4 - 0,8	25 - 40	25 - 40
Sensation douloureuse au contact avec le doigt	0,9 - 1,8	1,6 - 3,3	33 - 55	28 - 50
Choc douloureux / seuil de relaxation musculaire	8 - 16	12 - 24	112 - 224	Non déterminé
Choc sévère / difficulté à respirer	12 - 23	21 - 41	160 - 320	Non déterminé

II-2. Effets des rayonnements électromagnétiques sur les animaux

Tout comme chez les humains, les études sur l’animal appelées scientifiquement aussi “ étude in vivo ”, consistent à exposer de nombreux animaux à des champs électriques et magnétiques.

La durée de l'exposition à ces champs est variable et peut se dérouler durant toute la vie de l'animal. Des tests permettent ensuite de déterminer si les champs ont affecté le développement embryonnaire, la croissance, la fertilité, le comportement ou la physiologie de l'animal.

Alors, les effets possibles pour un exemple des oiseaux sauvages exposés aux champs de radiofréquences sont :

- Risque de changement de comportement ;
- Risque de changement de reproduction ;
- Risque de régression de croissance et de développement.

Les effets possibles des champs d’extrêmement basses fréquences sur la reproduction ont été étudiés chez les oiseaux de proie vivant aux alentours de lignes

électriques suspendues, mais les résultats varient fortement et on ne peut tirer clairement aucune conclusion générale.

Lors d'une étude de terrain, une diminution de l'activité biologique dans le sol a été observée autour d'un câble souterrain de transmission d'électricité.

II-3. Effets des rayonnements électromagnétiques sur les végétaux

Des études basées sur le développement d'une plante ont démontré que l'interaction avec les champs électromagnétiques, spécifiquement les champs magnétiques d'extrêmement basses fréquences peuvent inciter la croissance de certaines espèces de plantes.

D'autres études nous montrent aussi que l'existence des plantes ou des arbres stimule et atténue l'intensité de champs électromagnétiques émise par des lignes aériennes de moyenne et de haute tension.

A titre d'exemple, une haie d'arbres de hauteur assez suffisante absorbera les champs électriques et les répartira à la terre. Et, c'est un moyen simple pour “ se protéger ”.

A l'issu de tous ces effets précédemment cités, nous les récapitulons donc par un diagramme en fonction de toutes les grandeurs caractérisant les champs électromagnétiques ci-après :

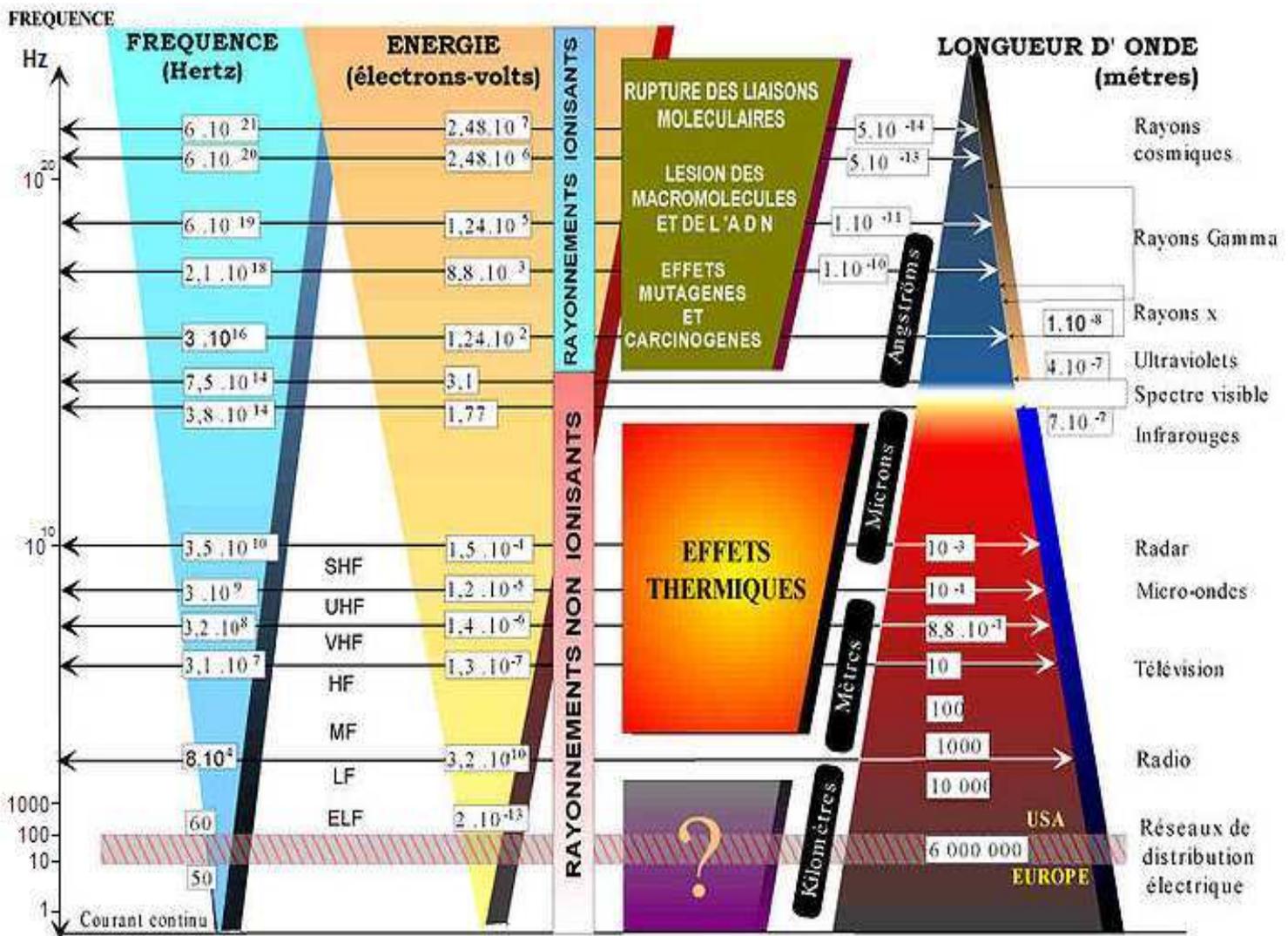


Figure. II-3

Chapitre III

DETECTION DE CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

Chapitre III :

DETECTION DE CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES

Bien que les champs électromagnétiques existent partout, on est arrivé à les mesurer. Et, à l'issus de ces effets cités auparavant, il est indispensable de procéder à un mesurage dans une localité privée ou dans les domaines de travail afin qu'on puisse adopter une sorte de prévention.

III-1. Mesurage du CEM en fonction de la distance à la source

Avant toute intervention de mesurage, il est fortement recommandé de se renseigner sur l'équipement (machine, installation électrique, etc.) autour duquel on souhaite quantifier les champs.

Il faut savoir ce renseignement afin de connaître le principe et la (ou les) fréquences mise(s) en œuvre.

Ainsi, après ces dernières, les paramètres à mesurer peuvent être le champ électrique E et/ou le champ magnétique H, selon que l'on se trouve en région de champ proche ou en région de champ lointain.

III-1-1. Méthode et Grandeurs physiques mesurées

Tableau 06 : “Grandeurs physiques à mesurer en fonction de la distance à la source”

Grandeurs physiques à mesurer en fonction de la distance à la source			
	Région de champ proche		Région lointaine
Distance à la source	0 à λ	λ à $\lambda + (2D^2/\lambda)$	$> \lambda + (2D^2/\lambda)$
Grandeurs à mesure	E et H	E ou H	E (ou H)

où D : plus grande dimension de l'émetteur
 λ : longueur d'onde
 E : champ électrique
 H : champ magnétique

III-1-2. Exemples

- Cas d'une ligne électrique à 50Hz

Longueur d'onde : 6000km

La plus grande dimension de l'émetteur est très inférieure à 6000km

Dans ce cas, un opérateur se trouve toujours en région de champ proche

Donc on mesure E et H

NB : Cette notion ne tient pas compte de l'atténuation du champ avec l'éloignement par rapport à la source.

- Cas d'une antenne de téléphonie mobile à 1,8 GHz

Longueur d'onde : $\lambda = 16\text{cm}$

Dimension de l'émetteur : environ 1m

Alors : $\lambda + (2 \times D^2 / \lambda) = 12,66\text{m}$

Donc : la région de champ lointain commence à environ 13m de l'antenne.

Malgré l'existence de cette méthode de calcul des grandeurs physiques à mesurer en fonction de la distance à la source, ces mesures se font dans un poste de travail où un personnel qualifié en prend en charge.

Une telle organisation doit être respectée car à chaque domaine de fréquences correspond un mode opératoire avec des spécifications à respecter.

III-2. Appareils de mesure ou de détection des CEM

Comme tout type d'appareillage de mesure électrique classique et habituel, grâce à de plusieurs types d'appareils de même fonction, on arrive à mesurer les grandeurs physiques que l'on s'intéresse à savoir dans un endroit bien limité.

Suivant la gamme de fréquence d'utilisation d'un appareil, plusieurs sortes d'équipement donc sont disponibles au marché selon le domaine d'intervention à utiliser l'appareil et à mesurer les grandeurs intéressantes y existant.

III-2-1. Exemple d'appareils de mesure

a) Le champmètre basse fréquence :



Figure. III-1

Montré ci-dessus, le champmètre BF est un appareil permettant de mesurer l'induction magnétique et de champ électrique jusqu'à 30KHz.

Mais, dans la pratique, il est utilisé pour les champs jusqu'à 10KHz, et particulièrement pour les mesures à la fréquence de 50Hz.

b) Le champmètre Haute Fréquence :



Figure. III-2

Ce genre d'appareil se diffère de l'autre par l'existence des sondes interchangeables.

En fonction de la sonde utilisée, il permet de mesurer des champs électriques et magnétiques de 100KHz à 60GHz.

c) Le Teslamètre :



Figure. III-3

Le Teslamètre à sonde à effet Hall permet de quantifier uniquement l'induction magnétique statique.

d) Analyseur ME 3030B :



Figure. III-4

Cet appareil permet de mesurer les champs électriques alternatifs de **1 à 1999 [V/m]** et les champs magnétiques de **1 à 1999 nT**.

Il peut être utilisé dans la gamme de fréquence de **16Hz à 2kHz**.

Avec sa précision de mesure, par exemple, on peut bien relever les émissions d'alimentation électrique sur **50Hz** d'un habitat, tout comme celles provoquées par la présence de ligne électrique haute tension à plusieurs kilomètres de cet endroit.

e) Analyseur HF 32 D :



Figure. III-5

Destiné pour la gamme de fréquence haute, l'analyseur HF 32D est utilisé pour les champs électromagnétiques alternatifs HF de type GSM (Global System Mobil), UMTS (Système Universel de Télécommunication Mobiles), DECT (Digital Enhanced Cordless Télécommunications), BLUETOOTH et les fours micro-ondes.

Nous trouverons les caractéristiques de cet appareil dans l' **Annexe 4/6**.

III-2-2. Comparaison d'utilisation entre les appareils :

Pour les trois premiers exemples d'appareil de mesure, ils sont généralement utilisés simultanément pour mesurer les paramètres dans une localité bien définie (types d'équipement dans l'entourage et leur fréquence du champ) et pour couvrir de spectre dans son intégralité (de 0Hz à 60 GHz).

Et quant aux deux derniers exemples, ils sont classés parmi les appareils de qualité haute gamme (sur le plan performance) et de modèle très récente pour utilisation de toute couche de personne ayant le moyen d'en utiliser.

On n'a pas besoin de les utiliser simultanément mais on est limité au domaine d'utilisation selon la gamme de fréquence destinée pour utilisation.

Chapitre IV

PREVENTION DES RISQUES

Chapitre IV

PREVENTION DES RISQUES

Sachant que nous sommes toujours exposés à des champs électromagnétiques partout où nous mettons nos pieds, les constructeurs d'appareils considérés comme source d'émission de champ électromagnétique n'ont pas pu mettre au marché leur produit sans l'agrégation ou l'autorisation par des autorités compétentes sans que leurs appareils ne soient pas bel et bien vérifiés sur les risques que peuvent être causées par ceux-ci.

Mais un phénomène bien mis en évidence est claire que :

« Plus la fréquences est élevée, plus la longueur d'onde est petite, mais plus l'onde est porteuse d'énergie, et le champ électromagnétique diminuera son intensité avec l'éloignement à la source ».

Alors, avant toute chose, la meilleure solution de prévenir l'exposition au rayonnement électromagnétique c'est la limitation ou l'éloignement à la source des rayonnements.

Une telle idée est contradictoire à l'omniprésence des champs électromagnétiques dans notre entourage, mais nous conduit à expliquer la raison par l'établissement des Normes et Protections des vivants.

IV-1. Normes et Protections

En parlant de norme, plusieurs intervenants appelés «comités d'experts » contribuent à l'établissement des règles dans le but de protéger la population contre l'exposition aux champs électromagnétiques.

Exemples de ces intervenants sont :

- OMS (Organisation Mondiale de la Santé) ;
- ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection);
- HPA (Health Protection Agency).

Et, ce sont des Organismes au niveau International.

Dès l'année 1987, l'OMS en collaboration avec d'autres comités d'experts, à l'issus des résultats présentés précédemment sur le « *Tableau 03* » montrant des effets avérés du courant induit sur le corps humain, elle a ainsi retenu la valeur de 100mA/m² comme seuil à partir duquel des effets neurologiques (mineurs et réversibles) peuvent être constatés. Elle a adopté un facteur de sécurité de 10 et en fixant à 10mA/m² la limite fondamentale d'impact biologique des champs électromagnétiques à très basse fréquence.

Cette valeur a été retenue par l'ensemble des comités d'experts internationaux et fait donc aujourd'hui l'objet d'un consensus.

L'ICNIRP est un comité d'experts, indépendant des industries mais affilié à l'OMS.

Il est composé de médecins, de physiciens, de biologistes et d'épidémiologistes spécialistes de champ électromagnétique.

Depuis 1998, il a publié des recommandations concernant l'exposition humaine sur l'ensemble du spectre électromagnétique des rayonnements non-ionisants (0 à 300GHz).

Alors, l'ICNIRP a établi des valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques à partir des courants induits sur l'organisme.

IV-1-1. Les valeurs limites d'exposition (VLE) :

Les normes de limitation de l'exposition prises ci- après prennent en considération des effets avérés :

a) En basse fréquence (de 0 à 10MHz) :

Afin d'éviter toute stimulation électrique du système nerveux central, la directive (comités d'experts) fixe une limite à la densité de courant induit dans l'organisme.

Ces effets sont considérés comme instantanés : ils ne dépendent pas de la durée d'exposition.

Tableau 07 : “Les VLE selon les gammes de fréquences”

Domaine de fréquence	VLE : Valeur efficace de la densité de courant induit (dans la tête et le tronc) (mA/m ²)
< 1 Hz	40
1 - 4 Hz	40/f
4 - 1000 Hz	10
1 kHz - 100kHz	f/100
100 kHz - 10 MHz	f/100
10MHz - 10GHz	-

A l'issus de ce tableau de valeur limite d'exposition, on aboutit à des tracés de diagramme ci-dessous :

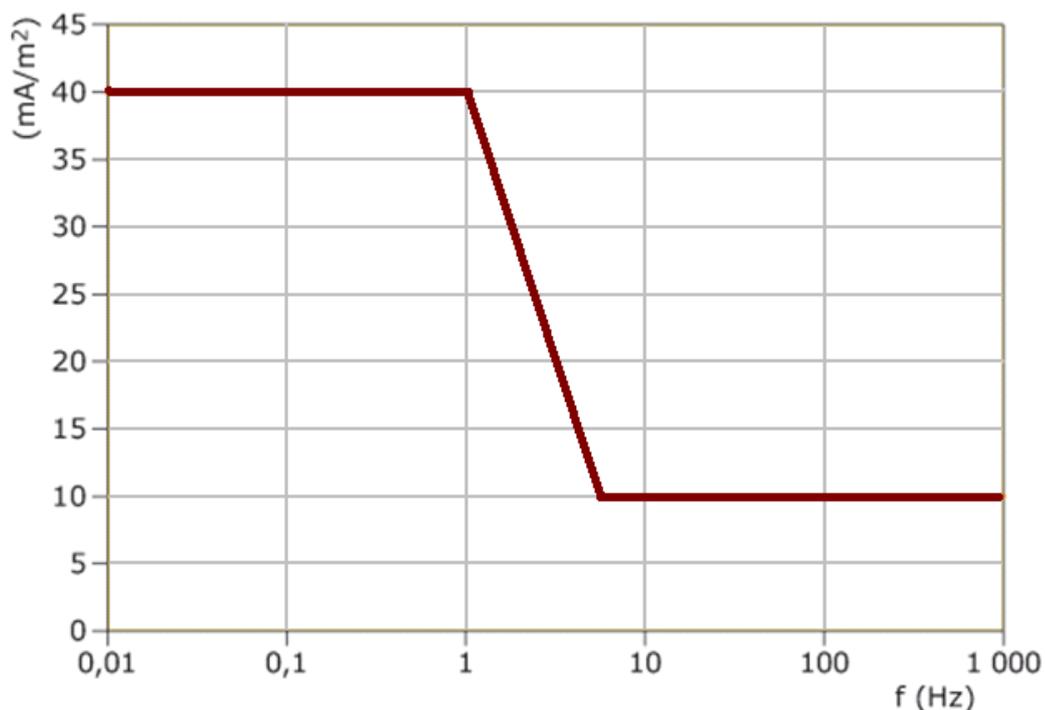


Figure. IV-1

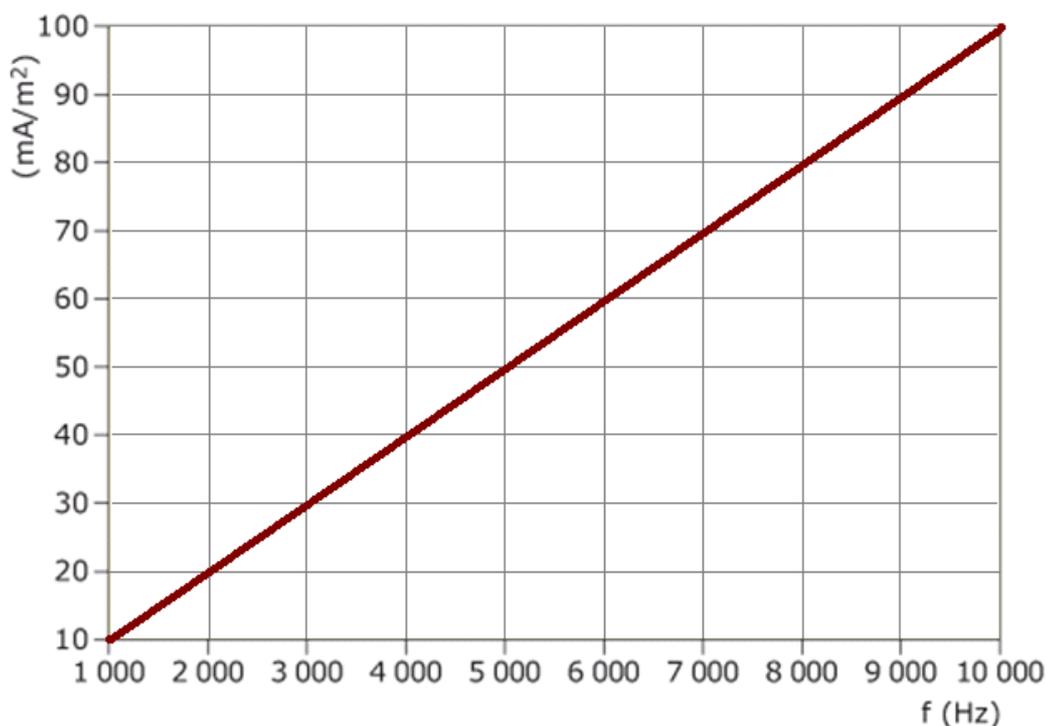


Figure. IV-2

b) En hautes fréquences (100KHz à 10GHz)

Afin d'éviter tout échauffement excessif des tissus, la directive fixe une limite au débit d'énergie thermique déposée sur le corps (ou matière biologique). Et, cette grandeur appelée Débit d'Absorption Spécifique (DAS), est exprimée en watts par kilo (W/kg).

L'objectif de cette limitation est de faire en sorte que la thermorégulation de l'organisme soit capable d'évacuer l'énergie thermique déposée par l'onde incidente.

Selon un point de repère admis, on note que le Débit d'Absorption Spécifique moyen sur le corps entier à partir duquel un échauffement excessif pourrait apparaître est de 4W/kg.

Alors, les limitations en Débit d'Absorption Spécifique imposées par la directive sont dans le tableau suivant :

Tableau 08 : “Limitation des effets thermiques selon la zone exposée”

Débit d'absorption spécifique (DAS)	Limitation
DAS moyen corps entier	0,4 W/kg (soit 4 mW/10g)
DAS local (tête)	10 W/kg (soit 100 mW/10g)
DAS local (membres)	20 W/kg (soit 200 mW/10g)

IV-1-2. Diminution du champ électromagnétique en fonction de la distance :

Il est clair que les champs électromagnétiques diminuent d'intensité au fur et à mesure on s'éloigne de la source.

Donc, nous allons montrer par diagramme ci-dessous, cette diminution d'intensité suivant les cas d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

a) Cas d'un champ électrique

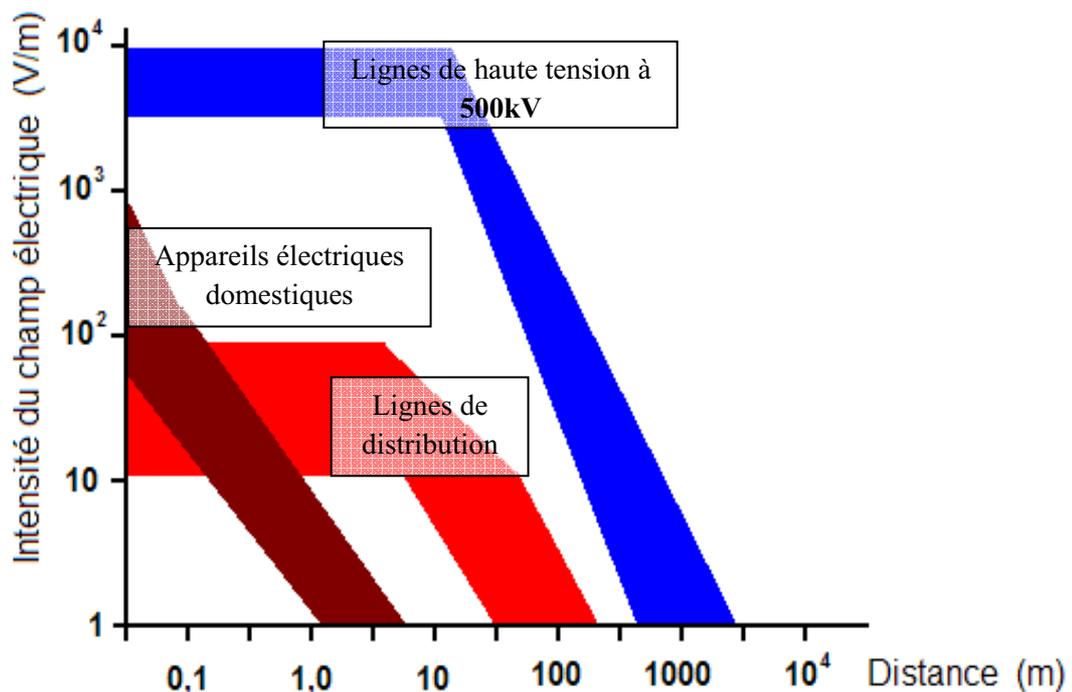


Figure. IV-3

D’après le diagramme ci-dessus, on considère qu’il y a une nocivité à partir de 16 V/m pendant 8 heures de travail par jour ; et 5 V/m pendant le sommeil.

Il est donc à préciser qu’il n’y aura nocivité que pour les champs électriques alternatifs comme ceux présents dans les réseaux de distribution 50/60 Hz (c’est-à-dire que pas de nocivité pour les champs électriques continus).

b) Cas d’un champ magnétique

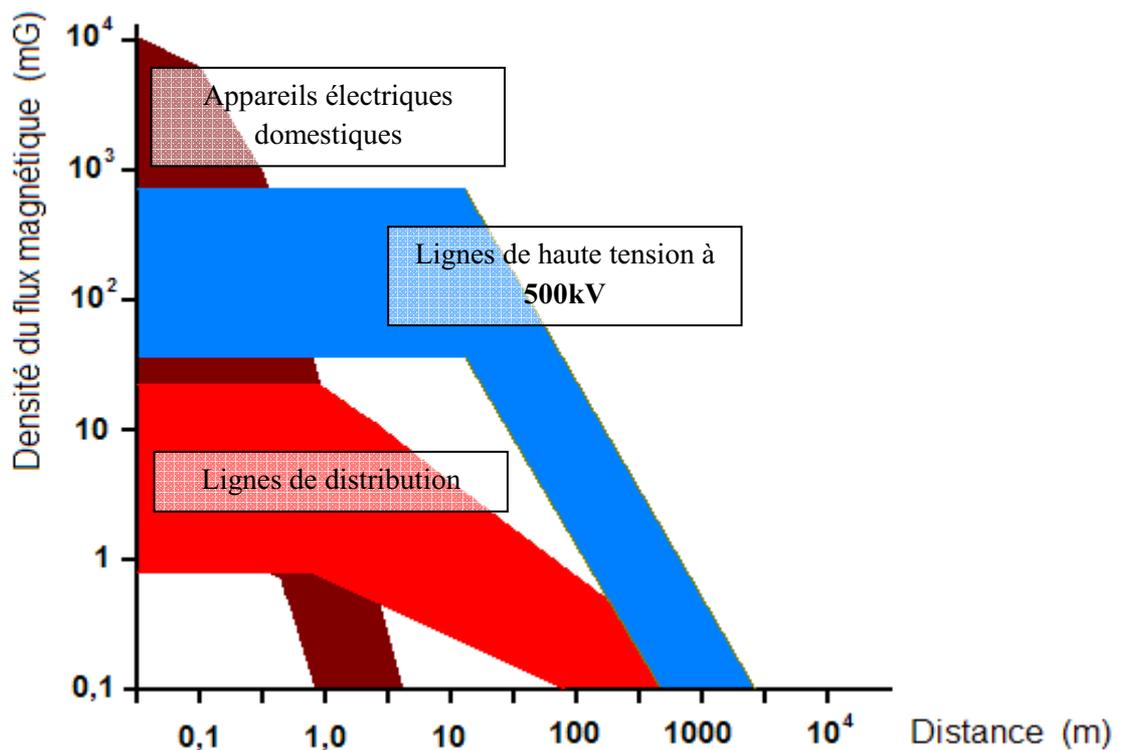


Figure. IV-4

On considère qu’il y a nocivité des champs magnétiques à partir de : 0,5 mG pour le sommeil et 2 mG pour 8 heures de travail par jour.

Et, pour les valeurs données ci-dessus (*Figure. IV-4*), seuls les champs magnétiques alternatifs sont nocifs.

Ainsi, pour les deux cas, on voit clair que les champs diminuent d’intensité au fur et à mesure où l’on s’éloigne de la source.

IV- 2. Etude d'un cas particulier : Les “ORDINATEURS”

Un ordinateur est un ensemble d'appareils électriques composés d'Unité centrale, de Moniteur (ou écran), de Clavier et de Souris.

En parlant de l'émission d'ondes ou de rayonnement électromagnétique, l'appareillage le plus polluant dans un ordinateur, c'est le moniteur.

Par comparaison, un téléviseur polluera autant qu'un moniteur mais comme les personnes sont en général plus éloignées de l'écran, et cela posera moins de problèmes.

IV-2-1. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un moniteur est de diriger un flux d'électrons dans un sens déterminé afin de les envoyer sur une surface en verre, tapissée d'un produit fluorescent.

Lorsque le faisceau d'électrons entre en contact avec le revêtement fluorescent, il engendre une tâche de lumière visible, ce qui laisse le temps au point lumineux de parcourir toute la surface de l'écran avant de s'éteindre.

Le produit fluorescent a la particularité de ne pas s'éteindre tout de suite lorsqu'il n'est plus frappé par le faisceau d'électrons.

Pour diriger le faisceau d'électrons et pour lui donner une puissance suffisante pour produire de la lumière, une bobine haute tension de plusieurs milliers de volts et de fréquence élevée (1500 à 400000Hz) se placera dans la partie d'entrée de faisceau d'électrons.

Et, une deuxième bobine sera placée autour de l'écran pour dévier les électrons afin qu'ils ne frappent pas tous le même endroit de l'écran.

C'est donc dans cette dernière bobine que le signal provenant de l'antenne est connecté après amplification.

On montre sur le schéma ci-dessous le processus de fonctionnement simplifié d'un moniteur :

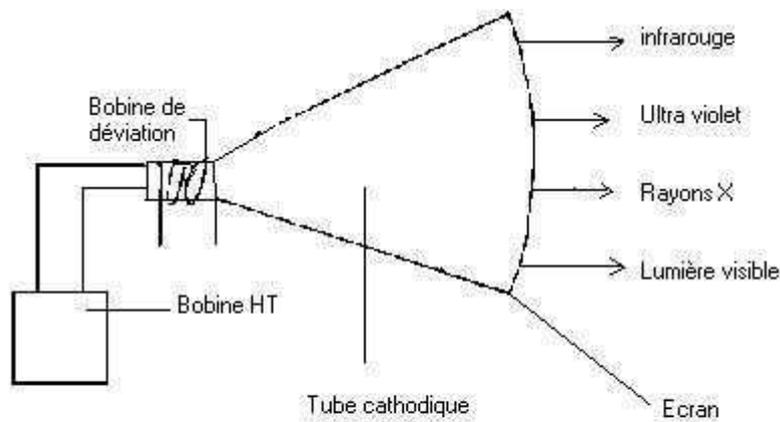


Figure. IV-5

IV-2-2. Les pollutions produites

Les pollutions proviennent pour la plus grande part du moniteur (écran de l'ordinateur) autour duquel rayonnent des champs électromagnétiques de basses fréquences mais également des radiations ionisantes comme des rayons X.

L'écran émet aussi des rayonnements lumineux comme “**le visible**”, “**l'ultraviolet**” et “**l'infrarouge**”, de même que des rayonnements non ionisants ayant des fréquences allant de **30 KHz à 300 MHz**.

Il n'est pas rare de trouver des moniteurs autour desquels rayonne un champ électromagnétique de **50 à 300 V/m** et **20 à 50 mG à 5 cm de l'écran**.

Les champs électromagnétiques seront plus intenses sur la partie arrière et sur le côté, la bobine se trouvant à l'arrière de l'écran et sur le côté.

IV-2-3. Incidences sur la santé

Des scientifiques américains ont étudié les problèmes que pouvaient avoir les personnels travaillant pendant des périodes relativement longues sur ordinateur.

Tout à commencé en *octobre 1982* quand des chercheurs Canadiens, après avoir mesuré des écrans d'ordinateurs se sont rendus compte qu'ils dégageaient des valeurs importantes, nocives pour l'organisme.

Ils se basèrent également sur une étude faite par Kaiser qui démontrait une augmentation du risque d'avortement chez les femmes travaillant sur ordinateur.

Leurs observations ont été ignorées par les gouvernements du Canada et des U.S.A. qui étouffèrent l'affaire considérant qu'on ne pouvait affirmer qu'il y ait nocivité sans pouvoir expliquer les mécanismes qui provoquent le problème.

La loi du silence fut brisée par Apple en 1990 qui publia le résultat d'une étude américaine dans sa revue “mac world” et informa les utilisateurs d'ordinateurs d'espacer suffisamment les machines entre elles afin d'éviter qu'elles ne polluent les collègues travaillant à côté.

Il ne faut pas oublier que le champ magnétique traverse à peu près tous les matériaux et donc qu'un utilisateur se trouvant dos au mur peut être pollué par l'écran se trouvant dans la pièce juste derrière lui.

Les effets produits par les écrans d'ordinateurs sont les suivants :

- Des problèmes visuels ;
- Des problèmes cutanés ;
- Des troubles de la mémoire et de l'humeur ;
- Des problèmes de sommeil ;
- Des risques d'avortement pour les femmes travaillant plus de 20 heures par semaine sur ordinateur ;
- Trouble des règles, fatigue excessive et problèmes à l'accouchement sont aussi signalés pour les femmes travaillant plus de 20 heures par semaine sur ordinateur ;

Suite à cette publication, nombre de hauts responsables ou des employeurs, comme par exemple le maire de San Francisco interdit ses personnels féminins de travailler plus de 20 heures par semaine sur ordinateur.

Il faut également signaler que les nouveaux écrans sont beaucoup moins polluants que les anciens. Il sera donc intéressant de faire mesurer votre écran afin de mesurer son degré de pollution, si la possibilité vous permet.

IV-2-4. Normes et directive d'utilisation

Les comités d'experts ont édité une directive afin de réglementer l'émission de champs électromagnétiques au niveau des ordinateurs.

Cette directive est représentée sur le tableau suivant :

Tableau 09 : “Normes et réglementations d'émission des CEM d'un moniteur”

CHAMP ELECTRIQUE		
Fréquence	Valeurs max.	Distance de mesure
5 Hz à 2000 Hz	< à 25 V/m	50 cm de face
2000 Hz à 400 000 Hz	< à 2,5 V/m	50 cm tout autour
CHAMP MAGNÉTIQUE		
5 Hz à 2000 Hz	< à 2,5 mG	50 cm tout autour
2000 Hz à 400 000 Hz	< à 0,25 mG	50 cm tout autour
Electricité statique	+/- 500 V	décharge du clavier

Suite à cette directive, il est recommandé pour tous les pays de bien exiger que tous les ordinateurs qui leurs sont fournis répondent à cette norme.

Ainsi, nous pouvons voir d'autres soulèvements sur les normes appliquées afin d'établir un environnement harmonieux avec les champs électromagnétiques, dans l'**Annexe 5/6**.

Suite à ce cas particulier, une étude épidémiologique est faite dont les résultats sont présenté dans l'**Annexe 6/6**.

Chapitre V

IMPLICATION PEDAGOGIQUE

Chapitre V

IMPLICATION PEDAGOGIQUE

Dans le cadre de la formation fournie aux étudiants de l'Ecole Normale Supérieure pour l'Enseignement Technique (ENSET) pendant cinq (05) années d'études, la formation pédagogique tient un rôle très important grâce à l'orientation à la bonne méthode d'enseignement sur le futur emploi des diplômés de CAPEN.

Et c'est pourquoi, notre travail consiste donc à établir quelques lignes de cours pour les cibles précises afin de les mettre dans le bain et goût de la spécialité tout en comprenant les enjeux de la matière.

Ce chapitre va nous évoquer les notions de base du cours de l'électromagnétisme, donc nous trouverons ci-après les contenus de notre cours.

FICHE PEDAGOGIQUE

- Thème** : ELECTROMAGNETISME
- Matière** : Electricité
- Filière** : Maintenance des Equipements Electromécaniques (MEEM)
Institut Supérieurs de Technologie (IST) d'Antsiranana.
- Niveau** : 2^{ème} Année (*Etude supérieure*)
- But** : Après ces séances, les étudiants doivent être capables de savoir les principes des champs électromagnétiques à l'issu des bases fondamentales.
- Plan du cours** :
- Notion fondamentale de base
 - Historique
 - Phénomène d'attraction des aimants
 - Champ magnétique et électrique
 - Champ d'induction magnétique
 - Définition
 - Lignes de champ magnétique et flux magnétique
 - Loi de Gauss du magnétisme
 - Force de Lorentz
 - Loi d'Ampère
 - Loi de Biot Savart
- Durée** : 4 x 2h, soit quatre (4) séances de 2 heures.

Déroulement du cours :

ELECTROMAGNETISME

V-1. Notions fondamentales de base

V-1-1. Historique

Le phénomène du magnétisme a été observé et étudié dès l'antiquité par les Grecs, plus spécialement par Thalès de Milet vers l'an -600. Il tire son nom d'une contrée de l'Asie Mineure, la Magnésie, et d'une ville appelée de nos jours Manisa sur la côte Ouest de la Turquie actuelle. Cette région contenait des gisements d'un minerai (la magnétite) possédant des propriétés spéciales.

V-1-2. Phénomène d'attraction des aimants

En effet, il a été observé d'une part que 2 morceaux de minerai pouvaient exercer des forces d'attraction et de répulsion l'un sur l'autre et, d'autre part, qu'ils pouvaient transmettre leur propriété à des morceaux de fer placés à proximité.

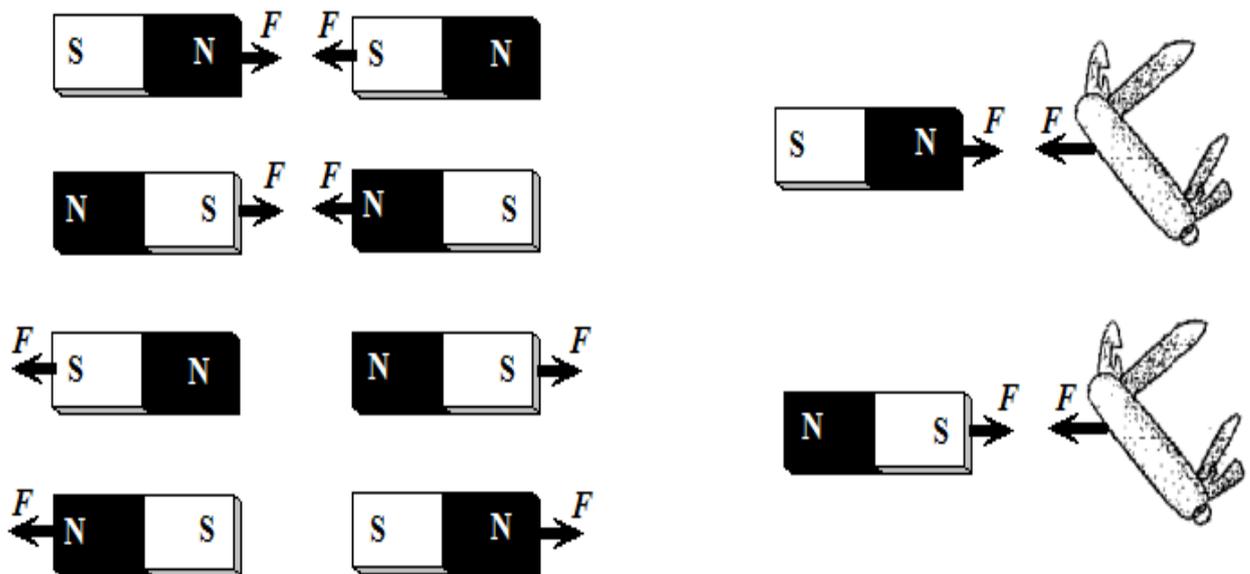


Figure. V-1

D'autre part, au début du 19ème siècle, le physicien danois Hans Christian Oersted (1777-1851) découvrit qu'un fil parcouru par un courant électrique présentait les mêmes propriétés magnétiques que les aimants naturels, à savoir générerait un champ magnétique similaire à celui produit par un aimant naturel.

De nos jours, il est généralement reconnu que tous les phénomènes magnétiques observés sont dus à 2 causes : à savoir :

- au mouvement de charges électriques (courant)
- à certaines propriétés intrinsèques de la matière (magnétisation)

V-1-3. Champ magnétique et électrique

Pour introduire le concept de champ magnétique, pensons à l'interaction électrique où nous avons introduit le concept de champ électrique. Nous avons procédé en 2 phases :

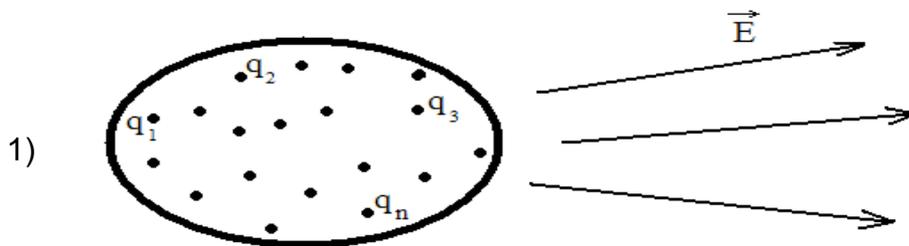


Figure. V-2a

Une distribution de charges électriques q_i au repos crée un champ électrique \vec{E} dans son espace avoisinant.

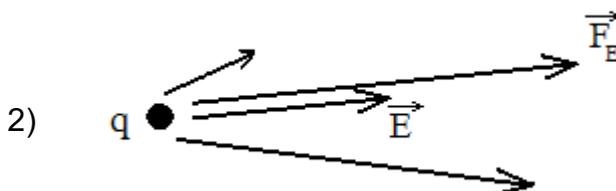


Figure. V-3a

Le champ électrique \vec{E} exerce sur une charge électrique extérieure q une force déterminée par $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ [N]

Nous pouvons alors, par analogie, introduire le concept d'interaction magnétique de la façon suivante :

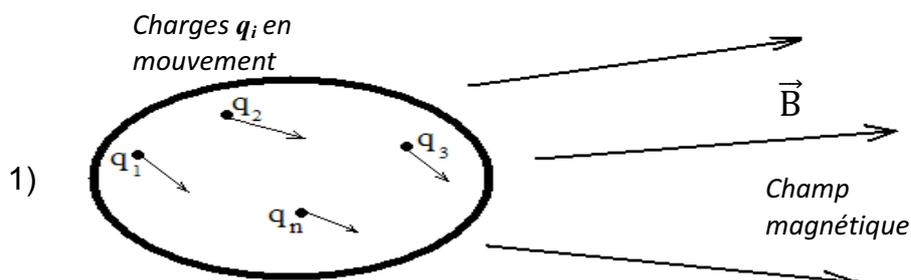


Figure. V-2b

Une charge ou une distribution de charges électriques en mouvement crée dans son espace avoisinant un champ dit « magnétique ».

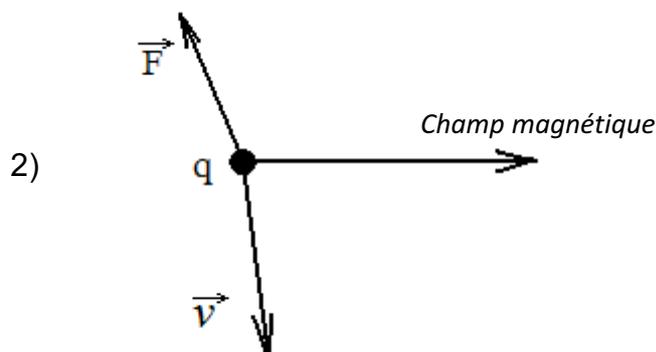


Figure. V-3b

Ce champ magnétique exerce sur une charge électrique extérieur q en mouvement une force \vec{F} (ou sur un courant puisqu'un courant n'est rien d'autre qu'un ensemble de charges en mouvement).

Tout comme le champ électrique \vec{E} , le champ magnétique est aussi un champ vectoriel. Ce champ vectoriel est symbolisé par la lettre \vec{B} et appelé plus précisément :

$$\vec{B} = \text{Champ d'induction magnétique}$$

Et, ses unités :

$$[\vec{B}] = \text{T} = \frac{\text{N}}{\text{A.m}} = \frac{\text{V.s}}{\text{m}^2} \quad (i-1)$$

(T est l'abréviation de tesla en souvenir de l'ingénieur scientifique serbo-américain que fut Nicolas Tesla (1857-1943) qui à émigré aux USA vers 1880)

V-2. Champ d'induction magnétique \vec{B}

V-2-1. Définition

Soit une charge ou une distribution de charges électriques en mouvement. En plus du champ électrique \vec{E} , un champ d'induction magnétique \vec{B} est créé par ces charges en mouvement.

Une charge électrique extérieure test q va subir de la part de \vec{B} une force magnétique :

$$\vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B} \quad [\text{N}] \quad (i-2)$$

Le champ d'induction magnétique \vec{B} (aussi dit densité de flux magnétique) est défini à travers la relation (i-2). A noter que cette relation n'est pas déduite théoriquement, mais est basée sur des observations expérimentales.

Alors, la combinaison du champ électrique et du champ d'induction magnétique permet de définir un nouveau champ dit champ électromagnétique, d'où le nom de théorie de l'électromagnétisme ou électromagnétique.

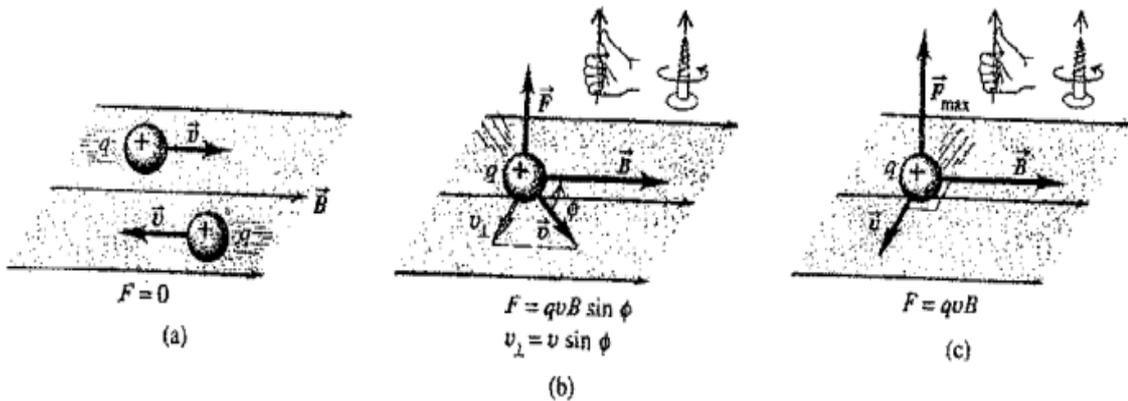


Figure. V-4

V-2-2. Ligne de champ magnétique et flux magnétique

Tout comme dans le cas du champ électrique, le champ magnétique peut être géométriquement représenté par des lignes de champ magnétique. Les lignes de champ sont ainsi des courbes dans l'espace dessinées de telle sorte qu'en chaque point de l'espace, la courbe soit tangente au vecteur champ d'induction magnétique.

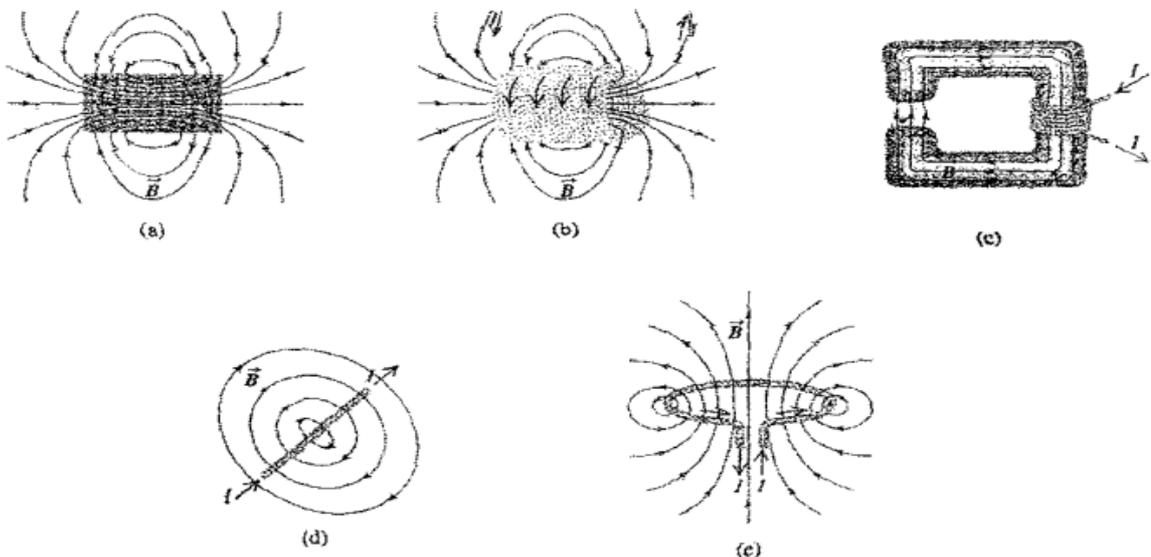


Figure. V-5

Soit une surface A non fermée traversée par un champ \vec{B} .

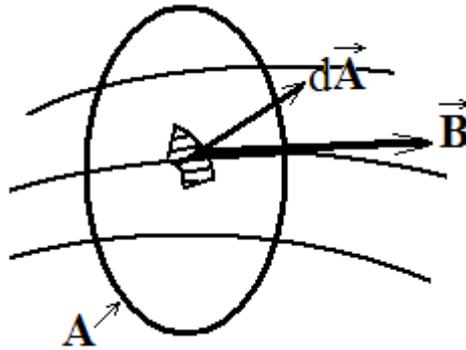


Figure. V-6

On appelle flux magnétique élémentaire, la grandeur scalaire :

$$d\phi = (\vec{B} \cdot d\vec{A}) \quad \left[\frac{V \cdot s}{m^2} \cdot m^2 = V \cdot s \right]$$

Le flux total à travers toute la surface A non fermée sur elle-même est alors :

Flux magnétique :
$$\phi = \iint_A (\vec{B} \cdot d\vec{A}) \quad [V \cdot s] \quad (i-3)$$

L'unité de ϕ , volt . seconde, est dite aussi le Weber abrégé Wb.

$$[\phi] = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ V} \cdot \text{s} = 1 \text{ Wb} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{A}}$$

en l'honneur du physicien allemand Wilhelm Weber (1804-1891).

De par l'équation (i-3), on comprend pourquoi le champ d'induction magnétique \vec{B} est aussi appelé champ de densité de flux magnétique.

V-3. Loi de Gauss du magnétisme

Considérons une surface A fermée (c'est-à-dire comprenant un volume comme par exemple un ballon) plongée dans un champ \vec{B} .

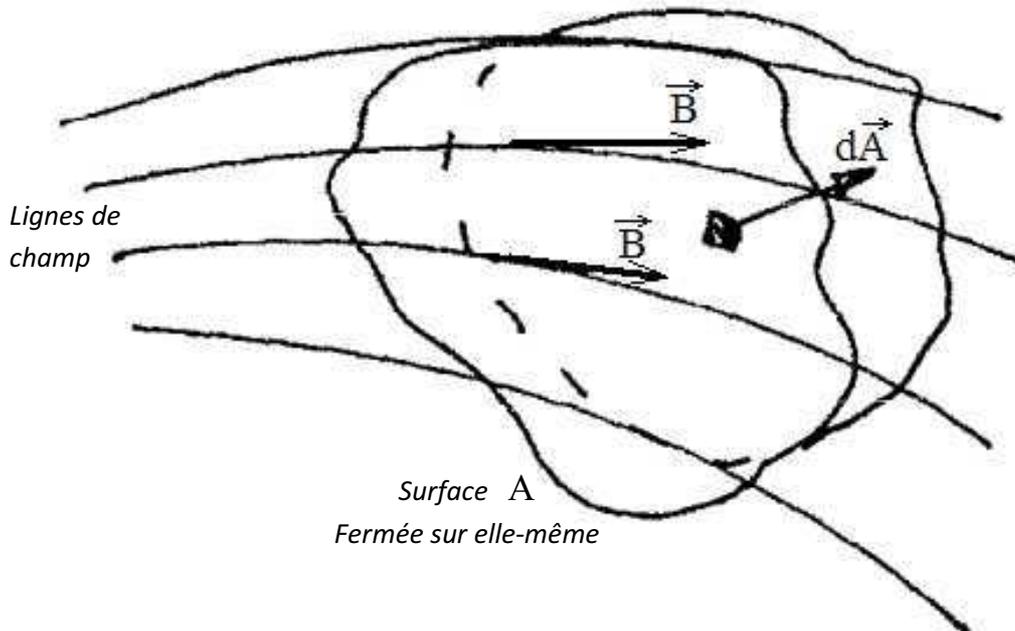


Figure. V-7

La loi de Gauss du magnétisme s'exprime par :

$$\oint_A (\vec{B} \cdot d\vec{A}) = 0 \quad [\text{V} \cdot \text{s}] \quad (i-4)$$

Le flux magnétique net traversant une surface fermée est nul. Ceci traduit le fait que contrairement au cas électrique où il existe évidemment des «monopôles» électriques (c'est ce que l'on appelle les charges), il n'y a pas de monopôle magnétique.

De plus, contrairement aux lignes de champ électrique qui peuvent aboutir en un point (sur une charge électrique par exemple), les lignes de champ magnétique ne

peuvent pas se concentrer en un point de l'espace, ce qui indiquerait la présence d'un monopôle magnétique.

V-4. Force de Lorentz et mouvement d'une particule dans un champ magnétique \vec{B}

Soit une charge électrique q en mouvement dans un champ électrique \vec{E} et un champ d'induction \vec{B} .

Nous savons que : $\vec{F}_E = q \cdot \vec{E}$ [N] force électrique

$\vec{F}_B = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ [N] force magnétique

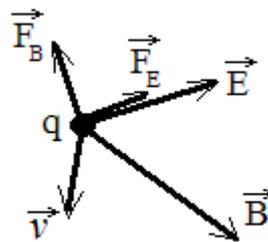


Figure. V-8

Donc la force totale \vec{F} due aux champs \vec{E} et \vec{B} agissant sur q est :

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q \cdot \vec{E} + q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\boxed{\vec{F} = q \cdot (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})} \quad [N] \quad (i-5)$$

\vec{F} est dite force de Lorentz, en hommage au physicien néerlandais Hendrik Artoon Lorentz (1853-1928).

Considérons une particule de masse m , de charge électrique q , placée dans un champ \vec{B} constant, de vitesse \vec{v} parallèle à \vec{B} et dont $|\vec{v}|$ constante.

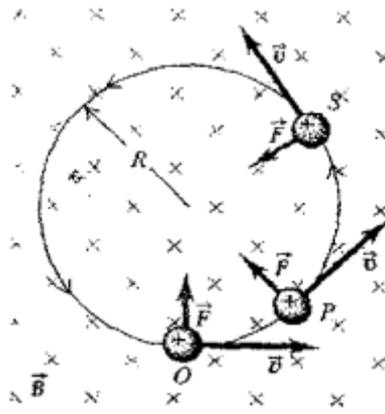


Figure. V-9

Par l'équation (i-5), on a : $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$

Comme \vec{v} est perpendiculaire à \vec{B} , \vec{F} est un vecteur contenu dans le plan et toujours perpendiculaire à \vec{v} . Il s'agit d'une force centripète :

$$F = |q| \cdot v \times B = m \cdot a_n = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

d'où :
$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} \quad [\text{m}]$$

qui équivaut au rayon du cercle de la trajectoire circulaire.

L'impulsion (ou la quantité de mouvement) de la particule vaut :

$$p = m \cdot v \quad [\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

d'où :
$$\boxed{R = \frac{p}{|q| \cdot B} \quad [\text{m}]} \quad (i-6)$$

La trajectoire de la particule est donc un cercle de rayon R.

$$\text{La vitesse angulaire : } \omega = \frac{v}{R} = \frac{v}{m \cdot v / |q| \cdot B} = \frac{|q| \cdot B}{m} \quad [\text{rad/s}]$$

$$\text{d'où la fréquence cyclotronique : } f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{|q| \cdot B}{2\pi \cdot m} \quad [\text{Hz}]$$

L'idée de faire effectuer des trajectoires circulaires à des particules chargées est à la base de la technologie des accélérateurs cyclotrons. Pour accroître l'énergie des particules, un champ \vec{E} est superposé au champ \vec{B} et c'est la force électrique \vec{F}_E qui accroît la vitesse $|\vec{v}|$.

V-5. Loi d'Ampère et applications

Afin de déterminer la valeur du champ \vec{B} produit par les courants, on admet deux approches possibles bien distinctes :

- Par la loi d'Ampère ;
- Par la loi de Biot-Savart.

Nous allons tout d'abord considérer la loi d'Ampère puis dans le paragraphe suivant la loi de Biot-Savart.

V-5-1. Théorème d'Ampère

André Marie Ampère (1775-1836), physicien français, est impressionné par les travaux de Hans Christian Oersted. Il reprend en 1826 l'étude de l'action d'un courant électrique sur une aiguille aimantée et en quelques jours « découvre » la loi expérimentale qui porte son nom.

Considérons n conducteurs I_1, I_2, \dots, I_n dans l'espace et un contour fermé ℓ entourant ces n conducteurs.

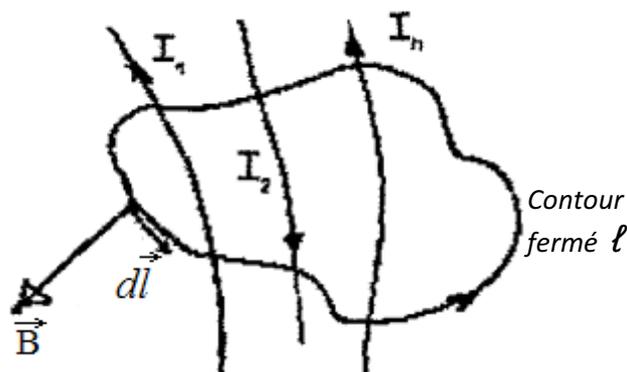


Figure. V-10

La loi d’Ampère stipule :

$$\oint_{\ell} (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \text{constante} \cdot \sum_{i=1}^n I_i$$

La constante de proportionnalité est notée μ_0 et est dite « perméabilité magnétique du vide ».

Sa valeur numérique est déterminée par la définition même de l’unité de l’Ampère, via la loi d’Ampère !

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[N \cdot s^2 / C^2 = \frac{Wb}{A \cdot m} = T \cdot m / A = H / m = V \cdot s / A \cdot m \right] \quad (i-7)$$

Ayant défini cette constante de proportionnalité, la loi devient :

$$\oint_{\ell} (\vec{B} \cdot d\vec{l}) = \mu_0 \cdot \sum_{i=1}^n I_i \quad \left[V \cdot \frac{s}{m} \right] \quad (i-8)$$

C’est la loi d’Ampère.

Fixer un sens de parcours de ℓ revient par la règle de tire-bouchon à fixer un signe aux courants électriques. Le signe est positif (+) si la règle est vérifiée, négatif (-) dans le cas contraire. Dans la somme en (i-8), les courants doivent être comptés avec leur signe respectif.

V-5-2. Condition d’utilisation de la loi d’Ampère et domaines d’application

La loi d’Ampère est simple à utiliser et permet de calculer le champ \vec{B} lorsque la forme des lignes de champ d’induction peut être déterminée par symétrie. Le courant fermé ℓ doit avoir une position simple (tangente ou perpendiculaire) par rapport aux lignes de champ. Souvent, le contour ℓ représente lui-même une ligne de champ d’induction.

Ainsi, deux applications appellent la loi d'Ampère pour calculer la valeur de champ d'induction magnétique :

- Champ créé par un conducteur rectiligne parcouru par un courant I ;
- Champ créé par une bobine toroïdale (tore) parcouru par I.

V-6. Loi de Biot-Savart

Comme indiqué préalablement, la loi de Biot-Savart permet de calculer aussi le champ d'induction magnétique \vec{B} en point de l'espace, créé par un conducteur de forme quelconque et parcouru par un courant I.

Théorème de Biot-Savart et ses applications

Jean-Baptiste Biot (1774-1862) et Félix Savart (1791-1841) sont tous deux des scientifiques français. Ils formulent en 1820 la loi expérimentale qui porte leurs noms.

En un point P de l'espace, l'élément du conducteur $d\vec{l}$, parcouru par I, génère un champ d'induction magnétique élémentaire $d\vec{B}$.

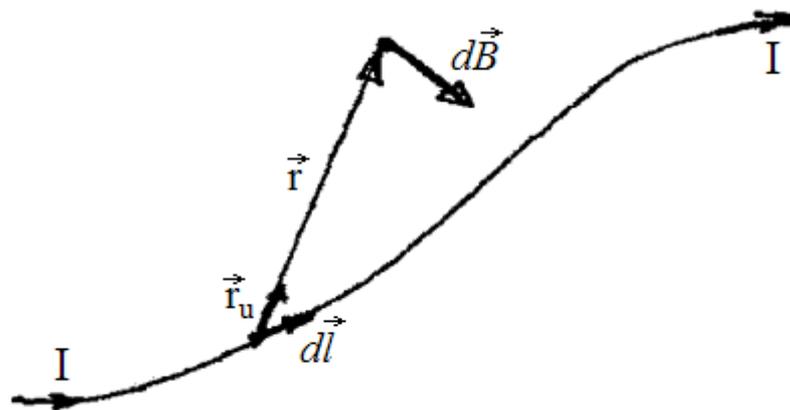


Figure. V-11

avec $\vec{r}_u = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$ le rayon vecteur unité :
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot r^2} d\vec{l} \times \vec{r}_u$$

Loi de Biot et Savart :
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot r^2} d\vec{l} \times \frac{\vec{r}}{r} \quad [\text{T}] \quad (i-9)$$

Si l'on veut déterminer en P le champ d'induction magnétique \vec{B} dû à l'ensemble du fil conducteur, alors :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi \cdot r^2} \times \int_{\ell} \frac{d\vec{l} \cdot \vec{r}_u}{r^2} \quad [\text{T}] \quad (i-10)$$

Le sens de $d\vec{B}$ est donné par la règle du tire-bouchon. La direction de $d\vec{B}$ est elle donnée par le produit vectoriel $d\vec{l} \times \vec{r}_u$.

Calculer avec la loi de Biot-Savart n'est pas toujours facile ! Il faut être très prudent dans son choix du système de coordonnées. De plus, il faut que le fil conducteur ℓ ait une forme possédant une symétrie.

Si la forme est vraiment quelconque (sans aucune symétrie), la loi de Biot-Savart devra être résolue par calcul numérique !

La loi de Biot-Savart s'applique sur quatre cas cités suivant pour en calculer la valeur du champ \vec{B} :

- Conducteur rectiligne de longueur infinie ;
- Boucle de courant de rayon a ;
- Solénoïde (bobine) de N spires ;
- Conducteur de longueur finie.

CONCLUSION

D'une manière générale, l'étude portant sur les champs électromagnétiques dans une vraie pratique reste toujours ignorée par des nombres de population que ce soit scientifique ou non.

A l'issu de ce travail, on constate que nous sommes parmi les êtres le plus exposés aux champs électromagnétiques mais plus généralement aux radiofréquences.

Malgré cela, les effets des champs électromagnétiques sur les vivants en particulier sur l'homme, ne sont pas pris en considération à cause de l'inexistence des entités responsables et autoritaires sur ce plan.

Des mauvaises conséquences peuvent être vécues par la population mais dominée par l'ignorance, elle ne sera pas curieuse à déterminer la cause ou peut-être pas de moyens pour en découvrir et, voire restée sans préoccupation mais tout en courant à la hauteur de l'avancement de la technologie moderne.

Les résultats publiés ne resteront pas à ce stade, du fait que plus la technologie avance, plus les effets seront complexes.

L'étude des effets de champ électromagnétique sur les êtres vivants ne peut forcément pas être achevée en une période courte mais, à l'issu des recherches faites aboutissant à des résultats, nous arrivons grâce à la connaissance des mécanismes biologiques ou écologiques, à faire des extrapolations pour mieux se mettre en garde et dans la position de prévention en permanence.

Enfin, se poser des questions éventuellement sur l'avancement de la technologie, nous fait expliquer déjà qu'on n'ignore pas complètement l'existence des rayonnements électromagnétiques à notre entourage même sans pouvoir l'expliquer.

BIBLIOGRAPHIE

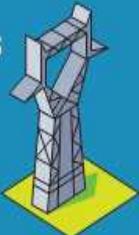
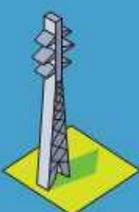
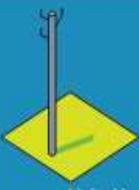
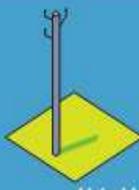
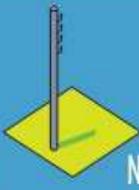
- [1] : RTE (Gestion du Réseau de Transport d'Electricité),
“ **Les champs électromagnétiques de très basse fréquence** ”
EDF (Electricité de France).
- [2] : Commission européenne / Eurobaromètre spécial,
“ **Les champs électromagnétiques ; Rapport** ”
Terrain : octobre – novembre 2006
Publication : juin 2007
- [3] : David Sénéchal, Professeur Département de Physique,
“ **Ondes électromagnétiques** ”
Université de Sherbrooke Faculté des Sciences, Avril 2002
- [4] : Internet : www.inrs.fr
“ **Dossier Les champs électromagnétiques/visu.html** ”
- [5] : Site : <http://fr.wikibooks.org>
“ **Effets_des_rayonnements_electromagnetiques_sur_le_vivant** ”
- [6] : A. KASSATKINE et M. PÉRÉKALINE,
“ **Cours d'électrotechnique** ”
Editions MIR. MOSCOU
- [7] : BIO electric / Vivre en harmonie au quotidien,
“ **Les champs électromagnétiques** ”
Site : http://www.bioelectric.be/01_02_champs_electromagnetiques.html
- [8] : Pierre ZWEIACKER , Risque et sécurité des systèmes techniques,
Cours Postgrade 2001 – 2002,
“ **La problématique du risque lié à l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques** ”
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2002.
- [9] : Site : http://www.plandecampagne.net/paraondes/articles_presse.htm
“ **Protégez-vous des ondes électromagnétiques avec le Compensateur Biophysique** ”

Annexe 1/6

ORDRES DE GRANDEUR DES CEM

Les réseaux électriques

Les lignes aériennes

Exemples de champs électriques et magnétiques à 50 Hz pour des lignes électriques aériennes	
CHAMPS ÉLECTRIQUES (EN V/m)	CHAMPS MAGNÉTIQUES (EN μ T)
<p>Lignes à 400 000 volts</p> <p>sous la ligne 5 000 à 30 mètres de l'axe 2 000 à 100 mètres de l'axe 200</p> 	<p>Lignes à 400 000 volts</p> <p>sous la ligne 30 à 30 mètres de l'axe 12 à 100 mètres de l'axe 1,2</p> 
<p>Lignes à 225 000 volts</p> <p>sous la ligne 3 000 à 30 mètres de l'axe 400 à 100 mètres de l'axe 40</p> 	<p>Lignes à 225 000 volts</p> <p>sous la ligne 20 à 30 mètres de l'axe 3 à 100 mètres de l'axe 0,3</p> 
<p>Lignes à 90 000 volts</p> <p>sous la ligne 1 000 à 30 mètres de l'axe 100 à 100 mètres de l'axe 10</p> 	<p>Lignes à 90 000 volts</p> <p>sous la ligne 10 à 30 mètres de l'axe 1 à 100 mètres de l'axe 0,1</p> 
<p>Lignes à 20 000 volts</p> <p>sous la ligne 250 à 30 mètres de l'axe 10 à 100 mètres de l'axe Négligeable</p> 	<p>Lignes à 20 000 volts</p> <p>sous la ligne 6 à 30 mètres de l'axe 0,2 à 100 mètres de l'axe Négligeable</p> 
<p>Lignes à 230 volts</p> <p>sous la ligne 9 à 30 mètres de l'axe 0,3 à 100 mètres de l'axe Négligeable</p> 	<p>Lignes à 230 volts</p> <p>sous la ligne 0,4 à 30 mètres de l'axe Négligeable à 100 mètres de l'axe Négligeable</p> 

Annexe 2/6

Principe de fonctionnement d'un téléphone mobile

Le téléphone mobile est un appareil servant à transmettre de la voix via un réseau spécifique. Son principal avantage est qu'il permet de communiquer partout où la couverture réseau est suffisante. Pour cela, le téléphone mobile va numériser la voix pour l'émettre sur une fréquence de l'ordre du gigahertz. Grâce à un procédé extrêmement ingénieux utilisant la compression, l'utilisation de multiples antennes relais très puissantes, un réseau hexagonal et le multiplexage, on a réussi à faire passer toutes les communications mobiles françaises sur seulement 500 fréquences. Cependant, l'émetteur, - c'est-à-dire le téléphone portable- a une puissance d'environ 2 Watts ; puissance négligeable en temps normal, mais qui devient potentiellement dangereuse lorsqu'on l'approche de l'encéphale.

Effets

Tout d'abord, il faut savoir que l'intensité d'un champ électromagnétique diminue à mesure que l'on s'éloigne de la source et donc le soucis rencontré avec ces ondes serait un problème de proximité avec la source ; c'est chose sûre mais il faut savoir que ce sujet est très délicat à traiter car aujourd'hui peu d'études fiables sont effectuées, et que malgré les recommandations et les mesures des spécialistes, on ne respecte pas le principe de précaution qui voudrait que l'on ait des études fiables avant de commercialiser la technologie. Ce non respect est principalement dû à la pression des industriels qui veulent réaliser toujours plus de profit et à la pression des consommateurs qui, mal informés, souhaitent toujours plus de technologie.

Bien que nous ayons très peu de sources fiables, nous pouvons en parler dans le cadre de notre TPE qui nous le rappelons avait pour objectif de passer en revue les différents type de rayonnement électromagnétiques et leurs conséquences sur le vivant.

L'étude sur les glandes parotides

Il a été observé par des chercheurs israéliens financés par l'OMS que, « téléphoner longtemps avec son portable augmenterait nettement le risque de cancer des glandes salivaires plus particulièrement des glandes parotides et ce risque est d'autant plus élevé pour les utilisateurs qui téléphonent plus de 22h par mois et en plus sur la même oreille. ».

En effet, une très grande étude a été effectuée à partir de 67 millions de personnes dans les pays baltiques âgés entre 20 et 69 ans concernant le lien entre cancer des glandes parotides qui est un cancer très rare (1 personne atteinte sur 100 000 par an) et la téléphonie mobile. L'objectif de cette étude était de tester les hypothèses qu'une exposition aux radiofréquences du portable (450-1800 MHz) à long terme augmentait fortement le risque d'un cancer aux glandes parotides. Pour mener à

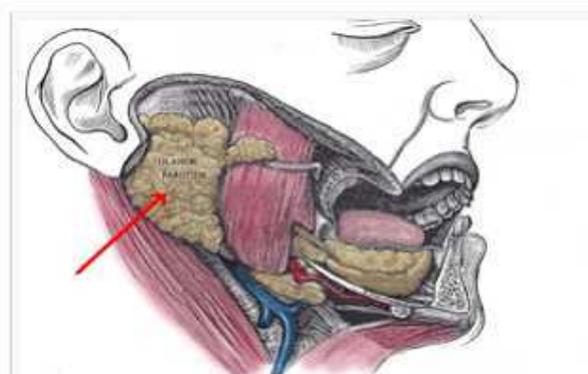


Fig. 36 : Position des glandes parotides sur la tête.

bien cette tâche, les chercheurs ont interviewé les personnes non atteintes et étudié les dossiers médicaux de tous les patients atteints de cette tumeur. Les questions portaient sur le train de vie, la durée d'utilisation du téléphone, la fréquence etc.

Il a été aussi différencié dans l'étude le NMT (Nordique mobil téléphone) et le GSM (Global System Mobil), ce dernier ayant une puissance de signal inférieure au NMT.

Après 5 ans d'études, il a été établi qu'en effet il peut y avoir un fort lien entre cette tumeur et l'utilisation du mobile mais aussi des problèmes de peau peuvent apparaître. Plus précisément, l'étude publiée dans *American Journal of Epidemiology* en décembre 2007 révèle que les risques de développer une tumeur cancéreuse de ces glandes sont près de 50% plus élevés auprès d'utilisateurs fréquents de téléphones cellulaires (22 heures par mois). L'étude montre aussi que le risque est encore plus grand si les utilisateurs placent toujours l'appareil sur la même oreille, s'ils ne disposent pas d'un écouteur, ou s'ils se trouvent dans des zones rurales.

Des experts dénoncent les risques du portable, jeudi 22 janvier 2004, par Muriel FRAT

LEFIG

La croisade alarmiste de quatre scientifiques français contre le téléphone cellulaire et les antennes-relais

Dangereux ou pas dangereux ? La controverse sur la nocivité ou l'innocuité des portables et des antennes-relais de téléphonie. Quatre scientifiques, proches des associations de défense des riverains d'émetteurs, publient aujourd'hui un livre blanc intitulé santé, on vous ment!(1) que Le Figaro s'est procuré. Ses auteurs évoquent les dangers des pylônes et des portables, des insomnies, des céphalées en passant par les troubles cardiaques. Ils réclament l'application du principe de précaution et dénoncent les pressions scientifiques, orchestrées, selon eux, par les opérateurs.

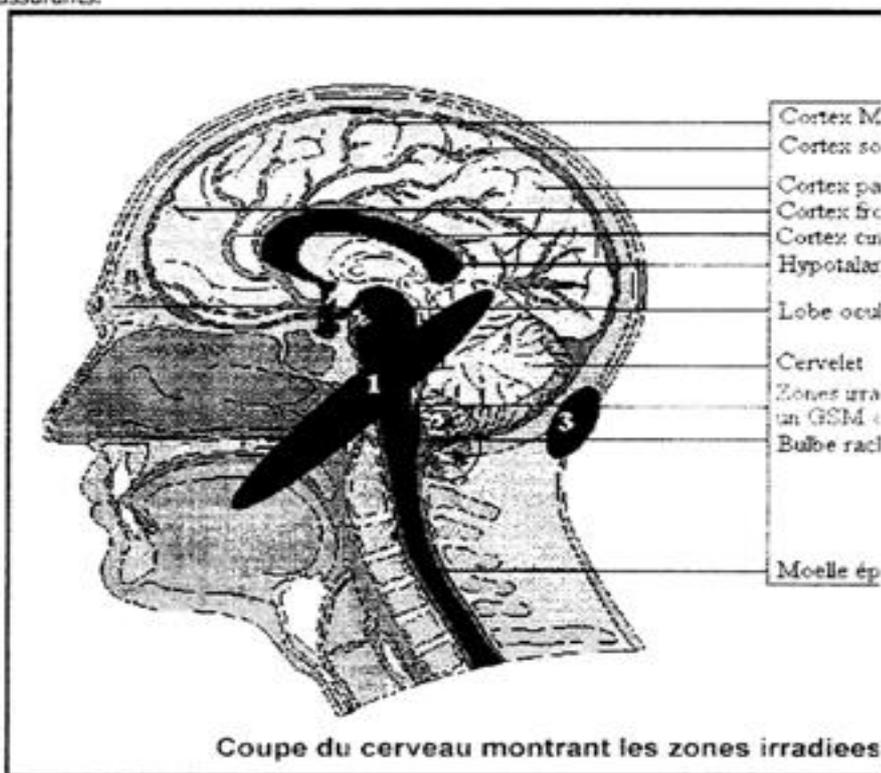
Depuis plusieurs années, la communauté scientifique s'oppose à coup d'études sur les effets sanitaires des portables et des antennes-relais. Fondés sur une recension d'études internationales, plusieurs rapports (du Pr Zmirou en 2001, des sénateurs Lorrain et Raoul en 2002, de l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale en 2003) ont conclu à l'absence de risques, en ce qui concerne le GSM de téléphonie mobile actuelle.

Aujourd'hui, un livre blanc dénonce la dangerosité de la téléphonie mobile. Il a été rédigé par Pierre Le Ruz, docteur en physiologie, auteur de publications sur les effets biologiques des radiations non ionisantes, Richard Gautier, biologiste pharmacien, ancien interne des Hôpitaux de Paris, Daniel Oberhausen, professeur de physique, ancien élève de l'École normale de Cachan, Roger Santini, docteur ès sciences, enseignant-chercheur dans une école d'ingénieur, membre de la Bioelectromagnetics Society américaine et de l'Union radio-scientifique internationale (Ursi).

Les quatre scientifiques passent en revue les études à l'origine des rapports de 2001, 2002 et 2003, en pointant leurs lacunes et leurs interprétations, qu'ils estiment infondées. Ils abordent "ce que les rapports officiels français ne disent pas" et évoquent les travaux qu'ils ont réalisés, par les experts qui se veulent rassurants.

Le livre blanc conclut que le portable et les antennes-relais ne sont pas sans risques pour l'homme. "Les faits rapportés dans ce livre blanc sont loin de confirmer la position officielle très optimiste des experts français (rapports 2001, 2002, 2003), à savoir qu'il n'y a pas de danger avéré en l'état actuel des connaissances. La réalité des risques pour la santé résultant de l'exposition aux ondes électromagnétiques de la téléphonie mobile apparaît clairement, particulièrement dans le domaine de l'action des micro-ondes sur le cerveau."

Les auteurs insistent en particulier sur les effets biologiques des champs électromagnétiques sur l'activité cérébrale qui surviennent "à des doses nettement inférieures aux valeurs limites actuelles" : troubles du sommeil et de l'humeur, fatigue, dépression. Ils s'inquiètent aussi des conséquences des mêmes champs sur la barrière hémato-encéphalique (BHE), limite entre le sang et le cerveau, qui filtre des éléments nutritifs indispensables à ce dernier (comme le glucose) et bloque des substances potentiellement nocives pour les cellules nerveuses.



La perméabilisation de la BHE causée par le portable peut provoquer "la formation de micro-oedèmes, l'inflammation de la dure (la plus superficielle et la plus résistante des trois méninges) et donc l'apparition de migraines et de maux de tête. Ces derniers sont d'ailleurs retrouvés dans les enquêtes épidémiologiques chez les utilisateurs de portable." La perméabilisation de cette barrière "pourrait être impliquée dans le développement de certaines tumeurs ou leucémies."

Le rapport met également en cause la téléphonie mobile dans l'augmentation du nombre de maladies neurodégénératives comme d'Alzheimer et l'autisme. "Craintes d'autant plus grandes que toutes les émissions de radiofréquences sont concernées (téléphone ou UMTS, stations de base comprises, réseaux sans fil, WiFi, émetteurs personnels de surveillance des bébés) et pourraient aller jusqu'à 0,6 volt par mètre, voire moins." Il est donc, selon eux, indispensable de diminuer les niveaux d'exposition de la population.

Dans certains cas, la téléphonie mobile ne serait pas étrangère à l'épilepsie : "Si la compréhension de la genèse de l'épilepsie n'est pas encore suffisante, il est probable que les champs électromagnétiques jouent un rôle dans la survenue de crises épileptiques."

des recherches, les raisons relatives au déclenchement des crises ou favorisant celles-ci sont beaucoup plus nettes. Les champs électromagnétiques, tels ceux de la téléphonie mobile, sont démontrés comme capables de déclencher des crises d'épilepsie." Leur avertissement est d'autant plus sérieux que l'UMTS, technologie de nouvelle génération, s'apprête à fondre sur la France. L'étude des ministères des Affaires économiques, de l'Environnement et de la Santé néerlandais présentée à l'automne 2003 (no novembre 2003), citée dans le livre blanc, on observe "une modification des temps de réaction et de la mémorisation, une diminution de l'attention visuelle".

Face aux risques potentiels, le livre blanc formule un certain nombre de conseils et de propositions. Il est vivement recommandé de limiter la durée d'une communication à trois minutes et d'attendre quinze minutes entre chaque appel. L'usage du kit mains libres, qui permet d'utiliser le téléphone de la tête, est donc souhaitable. Les jeunes de moins de 16 ans, les femmes enceintes et les porteurs de simulateurs devraient utiliser le mobile le moins possible.

Les signataires du livre blanc, qui "élèvent une énergique protestation contre le harcèlement moral et professionnel dont sont victimes de nombreux scientifiques en Europe et aux Etats-Unis", appellent enfin de leurs vœux la création d'une autorité indépendante des groupes

(1) Collection Résurgence, médecine et environnement.

Imprimer le document  - Télécharger le document complet (PDF)  - Haut d

Les risques des portables, 13 octobre 1999, Michel ALBERGANTI

Le 1

Supplément d'enquête sur les risques des téléphones portables

Les effets sur le cerveau des micro-ondes émises par les « mobiles » sont faibles, mais sans doute pas nuls. Les radionucléides au sein de l'encéphale, notamment, peuvent être perturbés. Pour tenter de lever le doute, la France va lancer de nouvelles recherches

Les téléphones portables, qui équipent aujourd'hui plus d'un Français sur quatre, émettent le même type de rayonnement que les fours à micro-ondes, à une puissance, heureusement, bien moindre. TUMEURS OU OEDÈMES au cerveau, migraines, voire leucémies, maladies de Parkinson ou d'Alzheimer, pertes de mémoire : les hypothèses les plus alarmistes ont circulé à propos des possibles effets que ces ondes peuvent avoir sur la santé. LES ETATS-UNIS, où ont eu lieu les premières études, semblent abandonner aujourd'hui leurs travaux, sans être parvenus à démontrer l'existence d'un risque sanitaire réel. L'EUROPE ET LE JAPON ont décidé de poursuivre les recherches pour tenter, notamment, d'élucider l'influence des micro-ondes sur le bon fonctionnement de la barrière hémato-encéphalique, qui isole le système nerveux du flux sanguin.



UN FOUR à micro-ondes collé à l'oreille... A priori abusive, une telle description de l'utilisateur de téléphone portable n'est, pourtant, pas éloignée de la réalité : les mobiles actuels fonctionnent avec des micro-ondes de 900 mégahertz (MHz) ou 1 800 MHz, fréquences voisines de celle de 2 450 MHz utilisée par les fours. Sans aller jusqu'à cuire le cerveau, ces micro-ondes n'en engendrent pas moins une élévation de température due à l'augmentation de la température moléculaire de l'eau contenue dans les tissus cérébraux.

Heureusement, l'importance du phénomène est proportionnel à la puissance des appareils et, quand celle des fours se situe au watt (W), celle des téléphones portables est limitée à 2 W. Il n'empêche. Les hypothèses les plus diverses ont circulé quant aux effets des radiations de faible puissance sur les tissus cérébraux. Elles pourraient, en effet, provoquer des cancers, tumeurs ou maladies du cerveau, ou bien des migraines, des pertes de mémoire, voire des leucémies, maladies de Parkinson ou d'Alzheimer...

Qu'en est-il en réalité ? Les Etats-Unis, qui ont initié les études sous l'impulsion de Motorola, semblent abandonner aujourd'hui leurs travaux. « Les résultats actuels n'indiquent pas que les micro-ondes des téléphones cellulaires peuvent engendrer des problèmes de santé », indique John Moulder, spécialiste américain du cancer au Medical College du Wisconsin, à Milwaukee. Néanmoins, il est impossible pour la science de fournir des assurances absolues de sécurité. »

UNE NOUVELLE PISTE



Ses collègues européens et japonais jugent pourtant nécessaire de poursuivre les recherches. Ils appuient notamment sur une nouvelle piste, susceptible de relancer les craintes du public. Les micro-ondes ont, en effet, le pouvoir de perturber le fonctionnement de la « barrière hémato-encéphalique ». Une couche de cellules qui sépare le sang du cerveau et qui, à l'état normal, est parfaitement étanche, mais les micro-ondes pourraient altérer cette barrière. Dans ce domaine, l'Allemagne et la Finlande disposent de programmes comparables à celui que la France a lancé en octobre sous le nom de Comobio.

L'étude du phénomène de perméabilisation de la barrière hémato-encéphalique a débuté en 1975. Les premiers résultats d'une équipe de chercheurs de l'université suédoise de Lund, menée par le neurochirurgien Salford, ont récemment ému la communauté scientifique. Ces travaux auraient montré que la barrière hémato-encéphalique de rats exposés à des micro-ondes devenait d'autant plus perméable qu'elle était soumise à des puissances faibles. Dans ce cas, un téléphone portable équipé d'un casque d'écoute deviendrait alors

“ Effets des champs électromagnétiques sur les êtres vivants ”

que l'appareil posé contre l'oreille. Les « utilisateurs passifs », c'est-à-dire les personnes se trouvant utilisateur de mobile ou d'un relais du réseau GSM, seraient particulièrement touchés...

Cette thèse inquiétante semble, heureusement, résulter d'une erreur d'interprétation des travaux suédois. « Bertil Persson, le p travaille avec le neurochirurgien Leif Salford, m'a confirmé que de tels résultats concernent d'anciens travaux qui ne portent pa fréquences des téléphones portables », indique Bernard Veyret, directeur de recherche au laboratoire de physique des interact matière du CNRS, à Bordeaux. Le chercheur français, qui a assisté à la présentation des derniers résultats des Suédois de l'univ lors de la 26e assemblée générale de l'Union radio-scientifique internationale, en août à Toronto (Canada), affirme que l'hypoth augmentation des effets aux faibles puissances de micro-ondes est aujourd'hui abandonnée. C'est le phénomène inverse qui, a semble, selon lui, se confirmer : « A Toronto, Leif Salford a indiqué avoir observé une augmentation limitée à 50 % de la perm barrière hémato-encéphalique pour une exposition aux micro-ondes comprise entre 0,1 et 0,3 W/kg. Mais, au-dessus de cette v perméabilité croît rapidement. »

« RÉSULTATS CONTRADICTOIRES »

Au-delà du malentendu, ce résultat reste préoccupant. L'effet des ondes électromagnétiques issues des téléphones portables e mW/kg, c'est-à-dire en puissance absorbée par unité de masse. La valeur obtenue par Leif Salford comme limite au-delà de la du rat se détériore rapidement - 0,3 W/kg - est proche de celle qu'induit un téléphone portable dans le cerveau d'un être huma déduire de cette expérience l'existence d'un véritable danger pour l'homme ? « Nous sommes aujourd'hui confrontés à une fou contradictoires », note Pierre Aubineau, directeur de recherche au laboratoire Signalisation et interactions moléculaires du CNR Bordeaux-II. De fait, toujours à Toronto, l'équipe japonaise du département de chirurgie du cancer de l'école de médecine de l Tokyo a présenté des travaux concluant à « l'innocuité du téléphone mobile pour l'être humain ». Elle a exposé des rats, penda deux et quatre semaines, à des micro-ondes de 1 439 MHz de fréquence engendrant des puissances massives absorbées de 0 W/kg. Malgré la violence du rayonnement, aucune détérioration de la barrière hémato-encéphalique n'a été observée.

Les chercheurs allemands du département de neurologie expérimentale de l'institut Max-Planck de Cologne sont rassurants eux plus nuancés. « L'irradiation par des micro-ondes de fréquence et d'intensité correspondant à l'émission des téléphones cellulai que des changements inexistantes ou négligeables de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique », indique le professeur Alexander Hossmann. Le nombre d'épanchements d'albumine, la molécule utilisée pour détecter le franchissement anormal de n'est statistiquement significatif que pour des puissances massives absorbées de 7,5 W/kg ».

Aux Etats-Unis, ce thème de recherche prête certains à sourire. « Si vous mettez un rat dans un four à micro-ondes, sa barrière affectée, lance Kenneth Foster, professeur de bio- ingénierie à l'université de Pennsylvanie. Mais il n'existe pas de preuve que l des ondes de téléphone puisse avoir un tel effet. » Selon lui, « le problème est social, pas seulement scientifique. La question e quelle sorte de preuve le public a besoin pour se sentir rassuré ».

Imprimer le document  - Télécharger le document complet (PDF)  - Haut d

Article "Des Savants boycottent le téléphone cellulaire", Sud-Ouest, dimanche 28 mars 1999

SUD

Sans attendre les résultats des études sur les risque du portables, des chercheurs ont déjà modifié leur comportement. Prenez ce bon professeur Colin Blakemore : il enseigne la physiologie à l'université d'Oxford, et il siège à la com gouvernementale sur les téléphones cellulaires. Il a cessé de se servir du sien, car il a déjà noté des problèmes de concentratio communications sans fil. Or l'écouteur du portable, générateur d'ondes électromagnétiques, se pose face à la zone du cerveau mémoire à court terme.

Jim Penman, de l'université d'Aberdeen, ne sachant pas si les effets des radiations des portables étaient ou non dangereux, mi au prix de quelques acrobaties. Il a doté son portable d'un écouteur pour baladeur et il tient l'appareil le plus éloigné de son or se faire entendre !

Le National Radiological Protection Board aura beau faire, le public des savants anti-portable aura du mal à croire à l'innocuité appareil.

Imprimer le document  - Télécharger le document complet (PDF)  - Haut d

Article "Faut-il jeter son portable ?", Sud-Ouest, dimanche 28 mars 1999

SUD

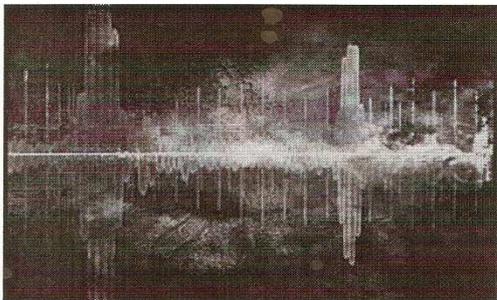
Par le Dr Catherine Petitnicolas

Les études se multiplient pour mesurer les effets du téléphone cellulaire

Le téléphone portable est-il dangereux pour la santé ? Cet appareil émet des ondes ultracourtes de très haute fréquence qui le

"Effets des champs électromagnétiques sur les êtres vivants"

bornes du réseau. Ces ondes sont émises au niveau de l'antenne. La puissance de ces micro-ondes est très faible (0,1 watt en elle est absorbée pour moitié par la tête de l'utilisateur. Cette énergie transmise à la peau et aux muscles du visage, décroît très liquide céphalo-rachidien et le cerveau puisque l'exposition diminue avec le carré de la distance. Mais la crainte d'un hypothétique apparu en 1991 aux Etats-Unis, à la suite du décès par tumeur du cerveau d'une "accro" du portable dont la famille intenta un Motorola. La plainte fut classée sans suite, mais constructeurs et opérateurs ont financé des études sur ce sujet éminemment p



"Pour l'instant, nous avons très peu de pistes", reconnaît Elizabeth Cardis, ch rayonnements et cancer au Centre international de recherche sur le cancer. constaté une légère augmentation de risque de cancers du cerveau et de leu opérateurs radars, mais ceux-ci subissent des expositions très élevées.

Si les portables font courir un risque faible, quelques cas peuvent apparaître, nombre d'utilisateurs." C'est la raison pour laquelle l'Organisation mondiale d demandé de coordonner une étude mondiale pour savoir si l'on constate une tumeurs au cerveau ainsi que de cancer du nerf acoustique (neurinome) et d salivaires chez les utilisateurs de téléphones mobiles" indique Elizabeth Cardi

Deux objectifs

" En fait, on risque d'avoir plus de surprises du côté de la physiologie du cerveau que du côté des cancers" estime Llius Miro, p biophysique médicale et expert européen. Avec le Dr René de Sèze à Nîmes, il s'intéresse à d'éventuelles modifications des hor par l'hypophyse chez des volontaires exposés durant un mois à deux ou trois heures de portable par jour. Pour l'instant aucune mise en évidence. ils ont en revanche décelé de très fines modifications au niveau de l'électroencéphalogramme numérique qu d'une tranquillisation.

Berand Veyret, directeur du laboratoire de physique des interactions onde-matière du CNRS à Bordeaux, travaille, lui sur des m et des cultures de cellules. avec deux objectifs, la mise en évidence d'éventuelles modifications du métabolisme cérébral et de l'oreille interne. "Pour l'instant aucune étude ne montre d'effets sur la santé susceptibles d'être extrapolés à partir des effets bi effets sur l'homme" résume ce chercheur.

Quant à l'étude d'Alan Preece, de l'université de Bristol, qui doit être publiée en avril dans le journal of Radiation Biology, elle a négatifs sur la mémoire et l'attention mis en avant par certains journaux britanniques à sensation.

Imprimer la page - Télécharger le document complet (PDF) -

Extrait de "Portables : A consommer avec modération", Science et Vie, Avril 1999

SCIE

Portables : "A consommer avec modération"

[...] Les études scientifiques qui mettent en évidence les effets nocifs des téléphones portables sur le cerveau se multiplient. D figurer la mention "Nuit gravement à la santé" sur les portables comme on le fait sur les paquets de cigarettes ? (NDLR : comm depuis décembre 2003 en Angleterre)

En revanche, les champs produits par les mobiles sont à très haute fréquence (900 mégahertz pour les appareils SFR et France Mhz pour ceux de Bouygues) et par conséquent quelque peu pénétrants : de 2 à 3 cm selon les tissus.

L'altération de l'ADN par les ondes électromagnétiques a été montrée par l'équipe du Dr Anne-Marie Maes. En 1993, elle publia Bioelectromagnetics une revue scientifique américaine de référence, les résultats d'une expérience qui consistait à soumettre in sanguines humaines (des lymphocytes) à des champs électromagnétiques de 2450 Mhz, **mais à des puissances cent fois pl celles des portables**. La distance d'exposition était comparable à celle d'un téléphone mobile, et la durée d'émission variait d à deux heures, sans interruption.

Deux ans plus tard, une autre expérience (également publiée dans la revue Bioelectromagnetics), effectuée par l'équipe du Dr laboratoire de pharmacologie de l'université de Washington, à Seattle (Etats-Unis), confirmait les travaux du Dr Maes [...].

Dans le cadre d'une étude non encore publiée, mais présentée en novembre dernier lors d'un congrès scientifique à Vienne (Au Anne-Marie Maes a refait son expérience sur les lymphocytes humains. Mais cette fois elle a utilisé **les mêmes fréquences q téléphones cellulaires**. Là encore elle a constaté des **altérations au sein des chromosomes**.

L'année dernière, le Dr Henry Lai a également refait ses expériences avec les fréquences de la téléphonie mobile : les résultats à ceux des expériences précédentes.

Après avoir traversé la peau, les muscles du visage et les os du crâne, ces ondes électromagnétiques atteignent, à 2 cm de pro la plus superficielle -mais aussi la plus sensible- du cerveau : le cortex. [...]

Annexe 3/6

Un livre de Wikibooks.

Les ultraviolets, rayonnements électromagnétiques situés juste après le violet de la lumière visible, (d'où leur nom signifiant « au-delà du violet »), sont des rayonnements invisibles et imperceptible par nos sens. Pourtant ils sont omniprésents et nous sommes y sommes quotidiennement exposés. Émis en plus grosse partie par le soleil (5 % de son énergie) ils peuvent être aussi émis par des lampes. Ils ont été découverts par le physicien allemand *Johann Wilhelm Ritter*^[1] d'après leur action chimique sur le chlorure d'argent. Les rayons ultraviolets sont décomposés en trois types distincts en fonction de leur position et longueur d'onde sur le spectre électromagnétique. On trouve ainsi les UV-A, les UV-B et les UV-C.

- Les UV-A sont les plus faibles des UV au niveau de l'énergie, mais ils pénètrent plus profondément dans la peau, jusqu'au derme superficiel. Ce sont les UV qui se rapprochent le moins des ionisants. Ils se trouvent à la limite de la lumière visible, à une longueur d'onde de 400 à 315 nm.
- Les UV-B eux, ne sont que partiellement filtrés par l'atmosphère et, arrivant à la surface du corps, ils sont arrêtés par la couche cornée et ne traversent que l'épiderme ; ils n'atteignent pas le derme et ont une longueur d'onde allant de 315 à 280 nm.
- Les UV-C, situés juste après les rayon X ont une longueur d'ondes de 280 à 100 nm, ils sont les plus nocifs, les plus énergétiques (longueur d'onde plus faible) mais sont arrêtés presque en totalité par la couche d'ozone qui les absorbe. D'où l'importance de celle-ci.

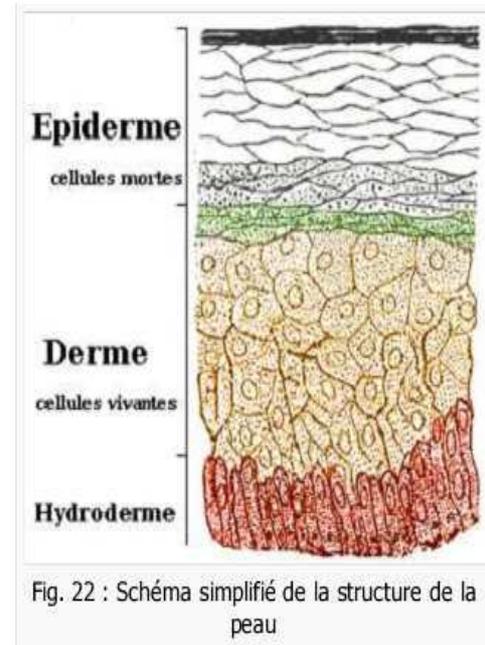


Fig. 22 : Schéma simplifié de la structure de la peau

Annexe 4/6

Analyseur HF 32D

Pour les champs électromagnétiques alternatifs HF de type GSM, UMTS, DECT, BLUETOOTH et les fours micro-ondes constituant les sources parasites des champs électromagnétiques de haute fréquence (HF). Les analyseurs HF de Gigahertz solutions sont équipés d'antenne HF en série (périodiques et logarithmique)

Caractéristiques : affichage 3,5 digits de 1 à 1999 microW/m. Précision : +/- 6 dB. Gamme de fréquence : 800 à 2500 MHz (2,5GHz). Capteur par antenne périodique (logarithmique, valeur moyenne, signal audio proportionnel à l'intensité) Alim : 9 V (pile 6LF22)

Livré avec pile, antenne, câble d'antenne (RG 174), atténuateur facteur 100.

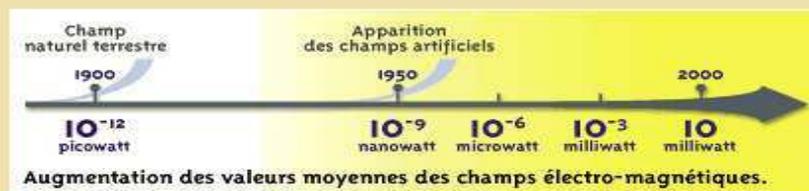
Dimension : 225 x 74 x 32 mm.



certains appareils mécaniques ou manuels sont remplacés par des versions électriques (réveille-matin, électroménagers...)

la baisse constante des prix des composants électroniques (lecteur de CD, radio...) incite le public à les accumuler.

On assiste donc réellement à une augmentation de ce qu'il faut bien appeler désormais la " pollution électromagnétique ".



Mesure de rayonnement électromagnétique haute fréquences

Commander



Prix

186.58 euros

Annexe 5/6

De très nombreuses études scientifiques concernant les effets des champs électromagnétiques sur les êtres vivants nous fournissent quantités d'informations à ce sujet, ce qui permet de dire que les expositions de longue durée aux champs électromagnétiques générés par la fréquence de 50/60 hertz augmentent les risques de santé...

Selon le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer), des problèmes sérieux apparaissent pour des expositions à des champs magnétiques à partir de 2 à 3 milligauss, une exposition de longue durée à un champ magnétique de 4 milligauss (soit 0,4 microtesla) augmentent le risque de leucémie chez l'enfant.

* Il convient de noter que des champs magnétiques de cette valeur se rencontrent à 200 mètres d'une ligne électrique de 220.000 volts en pleine charge, ou encore à 50 cm d'un radio-réveil.

De nombreuses études épidémiologiques ont montré que les champs électriques et magnétiques font notamment chuter la sécrétion de mélatonine, cette hormone synthétisée par l'épiphyse ou la glande pinéale possédant deux fonctions essentielles :

- Elle exerce un rôle très important dans les défenses immunitaires, l'exposition à ces champs provoquant un affaiblissement de nos défenses immunitaires, une personne exposée se défendra moins bien contre les cancers hormono-dépendants ou contre les maladies infectieuses,...

- et elle régule les rythmes biologiques, les champs électriques et magnétiques perturbant ces rythmes biologiques et provoquant des troubles de sommeil, la mélatonine étant produite surtout pendant la nuit, l'exposition à ces champs pendant le sommeil est donc plus perturbante que pendant la journée.

Certaines personnes sont très sensibles à ces rayonnements, elles sont hypersensibles, on dit aussi électrosensibles ou encore hyperélectrosensibles.

En France, comme dans la plupart des autres pays, les normes officielles applicables sont établies selon le "Guide provisoire pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électromagnétiques aux fréquences de 50 / 60 hertz", qui est publié par la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements non-ionisants (ICNIRP).

Ces valeurs limites établies en fonction des effets immédiats que peuvent avoir les courants induits dans l'organisme par les champs électriques ou magnétiques sur l'être humain, sont de :

- 5.000 V/m pour le champ électrique et,
- 1.000 milligauss (100 microteslas) pour le champ magnétique.

Étant bien précisé dans ce guide, qu'elles ne sont pas adaptées aux expositions de longue durée, mais comme il s'agit de la seule norme officielle en France, c'est elle qui s'applique.

Par qui ces normes sont-elles décidées ?...

Chaque pays fixe ses propres normes nationales, toutefois, dans la majorité des cas, les normes nationales s'inspirent des recommandations émises par l'ICNIRP.

Cette organisation non-gouvernementale qui est reconnue officiellement par l'OMS, examine les données scientifiques émanant de tous les pays du monde.

En s'appuyant sur une étude approfondie de la littérature scientifique, l'ICNIRP établit des limites d'exposition recommandées, ces recommandations sont réexaminées et mises à jour périodiquement.

La variation de l'intensité d'un champ électromagnétique en fonction de la fréquence est complexe, une liste donnant une limite pour chaque valeur et chaque fréquence serait difficile à comprendre.

Les chiffres ci-dessus sont un résumé des limites d'exposition recommandées dans les domaines qui préoccupent l'opinion publique :

- les appareils électro-ménagers,
- les stations relais de téléphonie mobile,
- les fours à micro-ondes,
- et les lignes électriques aériennes...

Leur dernière mise à jour remonte à Avril 1998.

Or, d'après de nombreuses études épidémiologiques, il s'avère que des risques sérieux peuvent apparaître à partir de 2 mG, soit à un seuil 500 fois plus bas que les limites officielles indiquées ci-dessus.

Quelques pays prenant d'ailleurs en compte ce seuil de 2 mG comme référence pour établir des normes, des recommandations, ou des conseils, c'est le cas de la norme suédoise TCO 03 par exemple, qui fixe les limites des champs électriques et magnétiques émis par les ordinateurs à 50 cm de l'écran, aux valeurs données dans le tableau ci-dessous :

- | | |
|--|-----------|
| - Champ électrique E.L.F (extrêmement basses fréquences) | < 10 V/m |
| - Champ magnétique 5 Hz à 2 kHz | < 2 mG |
| - Champ électrique V.L.F (très basses fréquences) | < 1 V/m |
| - Champ magnétique V.L.F (2 kHz à 400 kHz) | < 0,25 mG |

Nous sommes tous exposés à des champs électriques et magnétiques plus ou moins importants, mais à partir de quels seuils existe-t-il des risques ?...

De nombreuses études ont montré que des risques graves apparaissent à partir de 2 à 3 milligauss surtout dans le cas d'expositions de longue durée, des troubles pouvant également être ressentis à des valeurs plus faibles, les valeurs limites le plus souvent retenues étant de :

- 0,5 mG pour le champ magnétique,
- et 5 V/m pour le champ électrique.

Ces risques dépendent de 3 facteurs principaux :

- L'intensité du champ électrique (en V/m) et du champ magnétique (en mG).
- La durée et le moment de l'exposition : les risques graves apparaissent surtout pour des expositions de longue durée (plusieurs années et une grande partie de la journée), d'autre part, l'exposition durant le sommeil est plus perturbante que l'exposition pendant l'activité.
- Les sensibilités individuelles peuvent être très différentes, pour les personnes très sensibles comme les jeunes enfants ou bien les femmes enceintes, ces seuils s'avèrent trop élevés, l'idéal sera de limiter ces champs à des valeurs aussi faibles que possible, soit à 0,1 mG et 1V/m, à l'emplacement du lit en particulier, bien sûr, ces exigences seront différentes selon les pièces et selon les lieux...

Une même mesure sera rassurante en France, mais se montrera inquiétante pour nos amis Suisses, car ces seuils sont différents selon le pays...

Exemple : les opérateurs de téléphonie mobile sur le marché se partagent les fréquences de communication de 900 et 1.800 Mégahertz et plus récemment 2.000 Mhz pour l'UMTS...

La recommandation Européenne du 12/7/1999 qui ne tient compte que de l'effet thermique, propose que dans les habitations riveraines des antennes-relais, l'intensité du champ électrique ne soit pas supérieure à :

- 41 Volts/mètre pour une fréquence de 900 MHz.
- 58 Volts/mètre pour une fréquence de 1.800 MHz.
- 61 Volts/mètre pour une fréquence de 2.100 MHz.

Au vu des inquiétudes soulevées et des témoignages collectés, la Suisse, elle, a abaissé cette valeur à 4 V/m, soit dix fois moins qu'en France, pour les mêmes raisons, l'Italie et la Russie se limitent elles aussi à des valeurs bien inférieures et elles ont retenu un seuil de 6 V/m.

La France, anticipant différemment les éventuels effets uniquement thermiques de ces hyperfréquences sur notre santé et n'étant pas convaincue par les nombreux résultats des études épidémiologiques, se cantonne à suivre la recommandation Européenne de 41 V/m, alors que la ville de Paris souhaite que les antennes n'émettent pas plus de 2 V/m...

De nombreux spécialistes et experts indépendants estiment cependant que la densité de puissance de ces antennes ne devraient pas dépasser 0,6 V/m dans les lieux habités...

Le cas des lignes aériennes haute tension...

Plus le voltage d'une ligne est important, plus la zone de rayonnement sera large et plus ses valeurs seront élevées...

Exemple : une ligne de 230 Volts rayonnera moins loin qu'une ligne de 20.000 Volts qui rayonnera moins loin qu'une ligne de 225.000 Volts,...

Heureusement, il existe un moyen simple pour se protéger, car les champs électriques peuvent être déviés par une haie d'arbres d'une bonne hauteur qui absorbera ces champs qui repartiront à la terre.

Par contre, les champs magnétiques, eux, seront beaucoup plus difficiles à stopper car ils traversent tous les matériaux, leur zone de rayonnement variant selon les périodes de l'année et ces champs résultants de l'intensité, soit du passage du courant dans les câbles, de ce fait, en hiver, l'augmentation de la demande pour les besoins du chauffage élargit leur zone d'influence et élève consécutivement leur intensité, les arbres absorbant cependant ceux-ci en grande partie, par contre l'hiver, du fait qu'ils ont moins de feuilles, la zone active sera beaucoup plus étendue...

Il convient également de parler des avantages et des inconvénients d'une ligne enterrée, l'enfouissement permet de supprimer totalement le champ électrique, en revanche, le champ magnétique, lui, reste présent, en étant toutefois certes atténué car les fils sont torsadés (torsadés), les câbles enfouis à une profondeur d'environ 1 mètre sont plus proches de la façade et ils rayonnent cependant directement vers le rez-de-chaussée.

La Suède, pays en pointe, préconise que les nouvelles lignes électriques aériennes soient éloignées d'au moins 75 mètres de toute habitation et d'école dans l'enceinte desquelles le champ magnétique soit inférieur à 2 mG...

En France, une ligne à très haute tension, soit 400.000 Volts peut surplomber à 6 mètres le toit d'une habitation, les champs magnétiques ainsi générés pouvant atteindre des valeurs allant jusqu'à 300 mG à l'intérieur de celle-ci...

Les recommandations de la Commission Européenne du 12/7/1999 préconisant une valeur limite de 1.000 mG pour les champs électriques, et 5.000 V/m pour les champs électriques, comme on peut le constater, ces deux valeurs sont très éloignées de celles adoptées en Suède en vertu du principe de précaution...

* 1 tesla valant 10.000 gauss et 1 mG (milliGauss) vaut 100 nT (nanoTesla).

V/m = Volts par mètre

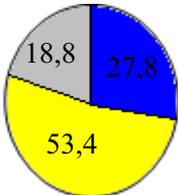
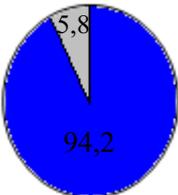
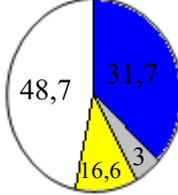
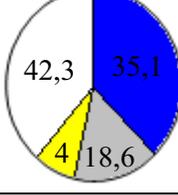
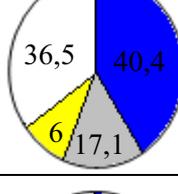
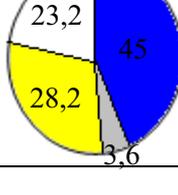
Annexe 6/6

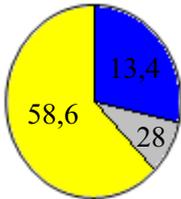
Sondage et résultats personnels effectués

Etude épidémiologique réalisé sur 165 personnes résidant à Diégo-Suarez entre le 31 Août et le 09 Novembre 2009.

Une série de questions posées à des personnes situées dans des endroits différents.

Questions : « Répondez par OUI ou par NON ».

Questions		Résultats
1. Utilisez-vous personnellement un téléphone mobile ?	<input type="checkbox"/> Oui	Pensez-vous que vous prenez un risque ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	<input type="checkbox"/> Non	Pourquoi ? <input type="checkbox"/> C'est risqué <input type="checkbox"/> Autre raison
		 <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui – Oui ■ Oui – Oui ■ Non – Autre
2. Connaissez-vous les champs électromagnétiques ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non  <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui ■ Non
3. Est-ce qu'à votre avis il est possible de guérir d'une maladie provoquée par un champ électromagnétique ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ça dépend <input type="checkbox"/> Ne sait pas  <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui ■ Non ■ Ça dépend ■ Ne sait pas
4. Est-ce qu'à votre avis il existe des moyens de se protéger personnellement contre les champs électromagnétiques ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ça dépend <input type="checkbox"/> Ne sait pas  <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui ■ Non ■ Ça dépend ■ Ne sait pas
5. Est-ce qu'à votre avis les scientifiques ont tendance à minimiser les dangers des champs électromagnétiques ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ça dépend <input type="checkbox"/> Ne sait pas  <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui ■ Non ■ Ça dépend ■ Ne sait pas
6. Estimez-vous que les informations disponibles sur ce sujet sont faibles ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ça dépend <input type="checkbox"/> Ne sait pas  <ul style="list-style-type: none"> ■ Oui ■ Non ■ Ça dépend ■ Ne sait pas

Questions		Résultats								
7. Est-ce que, à votre connaissance, il existe, à Madagascar, des lois qui fixent des limites aux champs électromagnétiques ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Ne sait pas	 <p>■ Oui ■ Non ■ Ne sait pas</p> <table border="1"><thead><tr><th>Réponse</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Oui</td><td>13,4</td></tr><tr><td>Non</td><td>2,8</td></tr><tr><td>Ne sait pas</td><td>58,6</td></tr></tbody></table>	Réponse	Pourcentage	Oui	13,4	Non	2,8	Ne sait pas	58,6
Réponse	Pourcentage									
Oui	13,4									
Non	2,8									
Ne sait pas	58,6									

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
<i>Chapitre I. GENERALITE SUR LES CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES</i>	3
I-1. Définitions	3
I-1-1. Champs électromagnétiques	3
I-1-2. Champ électrique	3
I-1-3. Champ magnétique.....	4
I-1-4. Champs naturels	4
I-1-5. Ondes électromagnétiques.....	5
I-2. Comparaison des propriétés des champs électriques et magnétiques	5
I-3. Gamme de fréquence et longueur d’onde correspondante	6
I-3-1. Les basses fréquences	6
I-3-2. Les moyennes fréquences	7
I-3-3. Les hautes fréquences	7
I-3-4. Les rayonnements ionisants	9
I-3-5. Les rayonnements non-ionisants	9
I-4. Les appareillages ou sources d’émission du CEM	9
I-5. Classification de quelques appareils suivant leurs fréquences appropriées ...11	
<i>Chapitre II. EFFETS DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES</i>	
SUR LES VIVANTS	13
II-1. Effets des rayonnements électromagnétiques sur l’homme	13
II-1-1. Exemple d’interaction humaine avec des CEM	14
II-1-2. Effets directs	14
II-1-3. Effets des Ultraviolets	17
II-1-4. Effets indirects	18
II-2. Effets des rayonnements électromagnétiques sur les animaux	19
II-3. Effets des rayonnements électromagnétiques sur les végétaux	20
<i>Chapitre III. DETECTION DE CHAMPS ELECTROMAGNETIQUES</i>	23
III-1. Mesurage du CEM en fonction de la distance à la source	23
III-1-1. Méthode et grandeurs physiques mesurées	23
III-1-2. Exemples	24

III-2. Appareils de mesure ou de détection des CEM	24
III-2-1. Exemple d'appareils de mesure	25
III-2-2. Comparaison d'utilisation entre les appareils	28
<i>Chapitre IV. PREVENTION DES RISQUES</i>	30
IV-1. Normes et protections	30
IV-1-1. Les valeurs limites d'exposition	31
IV-1-2. Diminution du champ électromagnétique en fonction de la distance	34
IV-2. Etude d'un cas particulier : les “ Ordinateurs ”	36
IV-2-1. Principe de fonctionnement	36
IV-2-2. Les pollutions produites	37
IV-2-3. Incidences sur la santé	37
IV-2-4. Normes et directive d'utilisation	39
<i>Chapitre V. IMPLICATION PEDAGOGIQUE</i>	41
Fiche pédagogique	42
V-1. Notion fondamentale de base	43
V-1-1. Historique	43
V-1-2. Phénomène d'attraction des aimants	43
V-1-3. Champ magnétique et électrique	44
V-2. Champ d'induction magnétique	46
V-2-1. Définition	46
V-2-2. Ligne de champ magnétique et flux magnétique	47
V-3. Loi de Gauss du magnétisme	49
V-4. Force de Lorentz et mouvement d'une particule dans un champ magnétique	50
V-5. Loi d'Ampère et applications	52
V-5-1. Théorème d'Ampère	52
V-5-2. Condition d'utilisation de la loi d'Ampère et domaines d'application	53
V-6. Loi de Biot-Savart	54
Théorème de Biot-Savart et ses applications	54
CONCLUSION	56
ANNEXES & BIBLIOGRAPHIE	