

EFFETS D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE APPLIQUÉ À UN VOLUME REMPLI DE SERUM PHYSIOLOGIQUE SIMULANT UN ORGANE VIVANT

1 -	INTRODUCTION	3
1.1 -	But de l'expérimentation	3
1.2 -	Présentation de l'expérimentation	3
1.3 -	En conclusion	3
	DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION	4
1.4 -	Simulation d'un cerveau humain par un liquide physiologique	4
1.5 -	Champ magnétique émis par bobines de Helmholtz	4
	1.5.1 - Fréquences du champ magnétique rayonné	5
	1.5.2 - Valeur du champ magnétique appliqué lors de toutes des mesures	5
1.6 -	Capteurs plongés dans le liquide soumis au champ magnétique radiofréquences	5
1.7 -	Amplificateur différentiel large bande du signal des capteurs plongés dans le liquide	6
	1.7.1 - Caractéristiques de l'amplificateur différentiel :	7
2 -	MESURES	7
2.1 -	Phénomènes de conduction dans l'eau salée	7
2.2 -	Présentation	7
2.3 -	Mesure du champ magnétique pénétrant dans volume rempli d'air puis de sérum physiologique	8
	2.3.1 - Champ magnétique dans l'air fonction et la fréquence à 3 profondeurs	8
	2.3.2 - Champ magnétique dans l'air et l'eau salée fonction de la fréquence	9
	2.3.3 - Atténuation du champ magnétique par la conduction de l'eau salée au centre de la sphère ...	9
2.4 -	Tension entre électrodes séparées de 1 centimètre en présence de ± 100 nT	10
	2.4.1 - Tension entre électrodes à pointes dans l'air	10
	2.4.2 - Tension induite dans l'eau salée par le champ magnétique - fonction de la profondeur	10
	2.4.3 - Tension induite dans l'eau salée par le champ magnétique - fonction de la fréquence	11
2.5 -	Courant entre électrodes pointes à 1 centimètre en présence de 100 nT	11
	2.5.1 - Courant mesuré par la méthode du shunt $R_{SH} = 100 \Omega$	12
2.6 -	Influence de la surface d'électrode sur les mesures de tension et courant avec 100 nT	13
	2.6.1 - Tension entre électrodes 1 cm ² avec champ magnétique 100 nT - fonction de la fréquence ..	13
	2.6.2 - Courant entre électrodes 1 cm ² avec 100 nT - fonction de la fréquence	14
	2.6.3 - Courant surfacique par dm ² induit par un 100 nT - fonction de la fréquence	15
	2.6.4 - Puissance volumique par dm ² induit par un 100 nT - fonction de la fréquence	16
	2.6.5 - Impédance de l'eau salée - fonction de la fréquence	17
2.7 -	Evolution du courant induit avec ± 100 nT dans un organe selon sa taille	17
	2.7.1 - Photos de l'expérience des diamètres d'organe :	18
	2.7.2 - Champ émis par la bobine plate de 62 cm de diamètre.	19
	2.7.3 - Evolution du courant induit en surface d'un volume selon le diamètre du récipient	19

2.8 -	Recommandation européenne 1999/519/CE/12/07/99 et décret 2002-775 du 3 mai 2002	20
2.8.1 -	<i>Valeur de référence et restriction de base du champ maximal</i>	20
2.9 -	Très fort courant induit par un champ maximal de 6,25 μT autorisé par le décret 2002-775	21
2.9.1 -	<i>Respecter la restriction de base du décret 2002-775</i>	22
2.9.2 -	<i>Impédance surfacique de l'eau salée - fonction de la fréquence pour 4 récipients</i>	23
2.10 -	Loi de prédiction du courant induit dans un organe.....	23
2.10.1 -	<i>Formule de calcul du courant induit en μA / cm^2 dans du sérum - en unités pratiques</i>	23
2.10.2 -	<i>Formule de calcul du courant induit en A / m^2 dans du sérum - en unités U.S.I</i>	24
3 -	INFORMATIONS SUR LE SYSTÈME LINKY ET SON COURANT CPL	25
3.1 -	Rythme temporel des émissions du signal CPL relevée sur site Toulousains en 2018	25
3.2 -	Champ rayonné par le signal CPL Linky	25
3.3 -	Puissance électrique du signal CPL émis par chaque compteur Linky	26
4 -	CERVEAU ET CHAMP MAGNETIQUE – EXPERIMENTATIONS CONNUES	26
4.1.1 -	<i>Démodulation audio du courant porteur en ligne CPL</i>	26
4.1.2 -	<i>Influence des ondes sur l'eau</i>	27
4.1.3 -	<i>Casque du docteur Persinger</i>	27
5 -	BILAN DE L'ETUDE	28
5.1 -	Effets d'un champ magnétique dans le milieu conducteur électrique d'un organe	28
5.2 -	Evaluation des effets biologiques d'un courant induit dans les organes	29

1 - INTRODUCTION

1.1 - But de l'expérimentation

Depuis le début du déploiement du système Linky par ENEDIS, le Laboratoire de Recherches de Robin des Toits Midi-Pyrénées est sensibilisé par le fait que de nombreuses personnes, qui n'étaient pas particulièrement sensibilisées au sujet du Linky, se retrouvent rapidement chez elles en situation de souffrance diffuse et parfois violente dès la pose du nouveau compteur par Enedis. L'intrigante corrélation entre pose de compteur Linky et douleurs, que l'on retrouve dans de nombreux témoignages pose question, même si certains cas peuvent être expliqués par d'autres causes.

Les études précédentes sur système Linky que le laboratoire de Recherches de Robin des Toits Midi-Pyrénées a menées, disponibles sur le site de Robin des Toits, nous ont révélé des résultats précieux sur les tensions, courants, rayonnement radiofréquences, et rythme réels du signal CPL Linky sur sites.

Elles ont aussi permis d'estimer le champ magnétique que pourrait induire un courant CPL Linky dans une pièce à vivre en parcourant les câbles électriques dans les murs selon leur configuration.

On pourra utilement se reporter aux documents qui développent ces études sur le site :

- "[Mesure Rayonnement magnétique CPL Linky en habitat v3.pdf](#)"
- "[Champ Magnétique CPL toulouse et DataLog Balma 2018 03 31.pdf](#)"
- "[Datalog courants mesures CPL 2018 03 11 14h v1.pdf](#)"
- "Des harmoniques du CPL LINKY peuvent être écoutées" <https://www.youtube.com/watch?v=IFBtkx6hs30>

1.2 - Présentation de l'expérimentation

Nous cherchons ici à mesurer, évaluer, les effets induits dans un cerveau humain ou autre organe, par un champ magnétique alternatif dont l'amplitude et la fréquence sont comparables à celles connues du signal CPL Linky.

La simulation électrique du cerveau est simple en première approche. Il s'agit d'un bocal sphérique de 25 cm de diamètre rempli de sérum physiologique - eau pure titrée à 9% de Chlorure de Sodium - censé représenter la conductivité de l'organe à l'échelle d'une tête humaine.

Le champ magnétique est créé entre deux bobines placées dans une configuration "bobines de Helmholtz". Elles encadrent de part et d'autre le bocal rempli d'eau salée de façon à rayonner un champ magnétique de divergence et homogénéité raisonnable (± 3 dB). Une normalisation des mesures compense ces variations mesurées.

Les paramètres électriques relevés du signal induit par le champ magnétique de ± 100 nano teslas en plusieurs profondeurs de la sphère conductrice, et à plusieurs fréquences entre 20 kHz et 2000 kHz, sont :

- le champ magnétique dans l'air puis dans l'eau salée pour évaluer la modification due au milieu,
- la tension électrique induite entre électrodes espacées de 1 centimètre dans l'eau salée,
- le courant électrique induit entre électrodes espacées de 1 centimètre dans l'eau salée,
- l'influence de l'écartement des électrodes sur le signal induit.
- la tension électrique induite entre électrodes de surface 1 cm² dans l'eau salée,
- le courant électrique induit entre électrodes de surface 1 cm² dans l'eau salée,
- l'impédance de l'eau salée entre électrodes de surface 1 cm²,
- la puissance dissipée dans l'eau salée.

1.3 - En conclusion

Les valeurs mesurées dans ces simulations sont reproductibles. Nous ne sommes pas compétents pour déterminer si elles peuvent avoir un impact sur le fonctionnement d'un neurone, une région neuronale, ou autre organe soumis à un champ magnétique alternatif dû au CPL, surtout que celui-ci est de nature pulsée.

Nous verrons aussi que le champ maximal réglementaire de **6250 nT** autorisé par le **décret 2002-775** induit dans le milieu conducteur un courant énorme, en contradiction avec la restriction de base en **milliampères/m²** qui est aussi stipulée dans ce **décret 2002-775** pour protéger les êtres humains.

En cours de document et dans sa conclusion, nous soulevons des hypothèses, donnons des résultats qui nous l'espérons, seront discutés, évalués, étudiés par des spécialistes en sciences anatomiques, neurosciences, etc... mais aussi les organismes officiels de normalisation, afin de confirmer si en définitive, un courant induit par un champ magnétique pulsé, d'une intensité comparable à celle qu'un courant CPL Linky peut parfois émettre, peut affecter la dynamique du vivant dans certains organes, et si oui, quels en seraient les effets court et long terme.

DESCRIPTION DE L'EXPÉRIMENTATION

Le but de cette étude est de mesurer l'apparition éventuelle d'effets électriques, tension et courant, induits par un champ magnétique radiofréquences traversant un milieu conducteur, qui simule un organe vivant.

Pour cela, nous avons simulé un milieu organique d'un point de vue de ses caractéristiques électriques simples. Il s'agit de sérum physiologique, et pour les mesures, nous avons rendu possible le placement de capteurs de mesure dedans. Le champ magnétique à l'extérieur du milieu organique est réalisé par un dispositif à deux bobines qui émet un champ relativement homogène sur la zone étudiée.

1.4 - Simulation d'un cerveau humain par un liquide physiologique

En première approche, le liquide qui baigne les cellules du corps humain est du sérum physiologique. C'est une eau pure titrée à **9% massique de Chlorure de Sodium** par litre.

Pour simuler le volume d'une tête, un récipient sphérique de 24 centimètres de diamètre, 20 centimètres de hauteur est rempli à la hauteur de 19 centimètres par 7 litres de sérum physiologique.

Pour l'expérience, l'eau qui a servie est filtrée par un filtre céramique 0,5 microns (filtre Doulton) et dosée en chlorure de sodium à 9 grammes par litre, dosage du sérum physiologique.

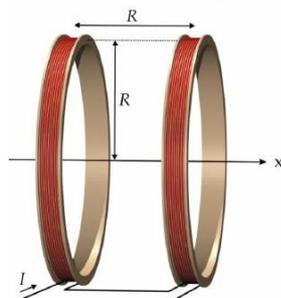
L'orifice du haut permet l'introduction dans l'eau à des profondeurs ajustable par réglage d'un trépied extérieur de sondes de tension, de courant, et de champ magnétique.

1.5 - Champ magnétique émis par bobines de Helmholtz

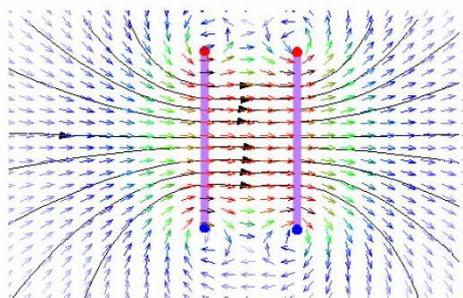
Le champ magnétique est créé entre deux bobines plates de 5 spires de fil de 1 millimètre de diamètre, placées dans une configuration "bobines de Helmholtz". Elles encadrent de part et d'autre le bocal rempli d'eau salée de façon à rayonner un champ magnétique de divergence et d'homogénéité contenues dans $\pm 3\text{dB}$.



En théorie, les deux bobines doivent être séparées de leur rayon. Ici, leur diamètre est de 26 centimètres. Elles sont séparées de 19 centimètres pour recevoir le bocal entre elles. Les bobines sont blindées avec du papier métallique non fermé et mis à la masse pour bloquer les couplages capacitifs entre bobines et milieu aqueux.



(a) dispositif



(b) spectre magnétique

1.5.1 - Fréquences du champ magnétique rayonné

Nous savons que le signal CPL Linky actuellement observé à Toulouse oscille en bi fréquence à **64 et 74 kHz**. Nous avons aussi mené "**l'expérience du poste radio grandes ondes**" à Toulouse, très facile à réaliser, (voir vidéo sur Youtube citée § 1.1) qui nous révèle que le courant CPL présent dans les fils électriques du réseau est clairement démodulé dans un périmètre assez large par un poste radio vers **180 kHz**, indiquant la présence effective d'harmoniques électromagnétiques conséquentes.

Plus récemment, une expérimentation sur Avignon a montré que le courant CPL est démodulé à **765 kHz** par un récepteur "Ondes courtes", ce qui élargit encore la bande de fréquences dans laquelle on peut s'attendre à un champ magnétique parasite émis par cette technologie.

Basée de ces résultats, nous avons exploré les effets du champ magnétique dans le sérum physiologique sur une bande de fréquences élargie, de **20 kHz à 2000 kHz**.

1.5.2 - Valeur du champ magnétique appliqué lors de toutes des mesures

Dans le document [Mesure Rayonnement magnetique CPL Linky en habitat v3.pdf](#), nous avons étudié le rayonnement magnétique du signal CPL Linky par les câbles 230 volts dans une pièce d'une habitation ordinaire en fonction du câblage électrique physique dans ses murs.

D'après le document [Champ Magnetique CPL toulouse et DataLog Balma 2018 03 31.pdf](#), un signal CPL dont l'amplitude serait celle observée à Balma et qui parcourrait un câblage avec les phase et neutre séparés, émettrait un champ magnétique de $\rightarrow \pm 40$ nano teslas au milieu de la pièce.

En prenant la valeur maximale du courant $\pm 1,5$ Ampères que peut fournir le circuit **APE031** de Texas Instruments qu'utilise le compteur Linky pour son CPL, le champ magnétique atteindrait $\rightarrow \pm 190$ nano teslas.

Ces résultats nous ont conduits à effectuer les mesures qui suivent avec un champ constant, choisi à ± 100 nano teslas, valeur réaliste pour un fort courant CPL Linky, ceci entre les fréquences **20 kHz et 2000 kHz**.

La tension sinusoïdale qui alimente les bobines est réglée et issue d'un générateur de laboratoire. Une résistance série de **1 k Ω** avec les bobines permet d'avoir un courant constant sur la bande des fréquences. Le champ est étalonné à ± 100 nT @ **100 kHz** par le **ME3840B GIGAHERTZ SOLUTIONS** placé au centre des bobines. Le courant est constant jusqu'à **1000 kHz**. Les bobines une petite surtension vers **1400 kHz**.

1.6 - Capteurs plongés dans le liquide soumis au champ magnétique radiofréquences

Un trépied ajustable gradué supporte une plateforme sur laquelle est placée le préamplificateur différentiel large bande des capteurs et le départ de la gaine qui les supporte.



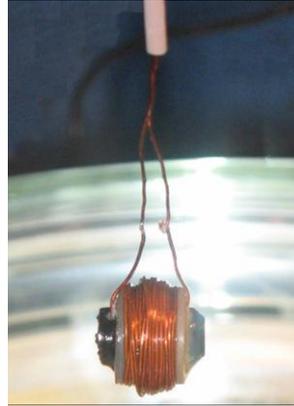
Il permet de plonger à une profondeur précise au millimètre :

- une sonde de mesure de tension, 2 pointes au bout d'un fil isolé ou 2 plaques, espacées de 1 centimètre,
- ou une bobine permettant le relevé du champ magnétique dans le volume plein d'air ou de liquide.



Capteur de tension entre pointes

Capteur de mesure de champ magnétique



1.7 - Amplificateur différentiel large bande du signal des capteurs plongés dans le liquide

Un préamplificateur différentiel large bande faible bruit, placé sur la plateforme supérieure du trépied réglable gradué, a été étudié, réalisé et optimisé en gain et bande passante par notre Laboratoire de Recherches afin d'amplifier le signal des différents capteurs pour cette série de mesures. Cette structure électronique à transistors faible bruit est du type "cascode différentiel" amplifiée par un amplificateur opérationnel large bande **AD8051**.

Amplificateur différentiel avec son blindage - potentiomètre de shunt connecté à l'entrée



Sur la photo, il est recouvert d'un film conducteur relié à la masse électrique pour le protéger de couplages capacitifs, comme le sont les bobines excitatrices.

Une dérivation sur les fils d'entrée (fils en cuivre émaillé) permet de placer une impédance en parallèle pour la mesure par méthode du shunt du courant induit et de l'impédance du fluide, décrite § 2.5.1.

Le signal amplifié est envoyé via un câble coaxial vers un oscilloscope pour les mesures.

1.7.1 - Caractéristiques de l'amplificateur différentiel :

Gain différentiel	: 927 x
Bande passante en tension @ -3 dB	: 3 kHz – 1600 kHz
Impédance d'entrée différentielle	: 30 kΩ
Réjection du mode commun	: - 75 dB
Bruit en sortie (entrée ouverte)	: 20 mVpp
Bruit en sortie (entrée court-circuit)	: 10 mVpp
Capteur de tension placé en l'air entre bobines émettant 100nT	: < 20 mV → 2 MHz
Capteur de tension en court-circuit placé dans l'air entre bobines à 100nT	: < 10 mV → 2 MHz

2 - MESURES

2.1 - Phénomènes de conduction dans l'eau salée

Le milieu partiellement conducteur électrique constitué par l'eau salée constitue une "spire conductrice", d'impédance et géométrie complexes, dans laquelle le champ magnétique alternatif qui le traverse fait naître par induction une circulation de courant, exactement à l'image d'un couplage entre bobines dans un transformateur.

Le sens de la circulation du courant, circulaire, est théoriquement perpendiculaire au champ magnétique. Toutefois, des relevés parallèles au champ à différents endroits dans la sphère de liquide montrent aussi une tension induite variable, indiquant que la circulation est complexe, en 3 dimensions, dépendante des axes de symétrie de l'expérience.

En effet, le centre du bocal est placé 3 centimètres sous l'axe des bobines émettrices et le niveau de remplissage s'arrête à 1 centimètre sous le bord haut. Ces deux facteurs s'additionnent et portent le décentrement du liquide de l'axe des bobines à plus de 3 centimètres, provoquant une circulation de courants complexes. Seule une simulation numérique 3D pourrait résoudre ce problème volumique.

Toutefois, les mesures qui suivent, dans le plan central entre les 2 bobines, sont suffisamment précises en première approche pour évaluer l'interaction champ magnétique → effets dans un milieu organique conducteur. Pour toutes les mesures qui suivent, l'eau salée n'est pas reliée au potentiel de la masse par une électrode, car celle-ci modifie complètement la circulation des courants induits dans l'eau salée. Elle est donc laissée isolée par le bocal en verre, en contact uniquement avec les électrodes de mesure.

Les valeurs de tension, courant et champ magnétiques relevées en présence du champ magnétique de ± 100 nano teslas sont des valeurs crête à crête. Pour éclaircir le document, la précision crête à crête est omise.

2.2 - Présentation

Les mesures dans l'eau salée soumise au champ magnétique de ± 100 nano teslas, entre **20 kHz et 2000 kHz**, concernent 5 paramètres :

- Atténuation du champ magnétique dans l'eau salée
- Tension induite entre électrodes immergées
- Courant induit entre électrodes immergées
- Impédance du signal induit dans l'eau entre électrodes immergées
- Influence de l'écartement des électrodes immergées sur les valeurs

Le § 2.3 montre la propagation du champ magnétique à cœur du bocal, aux fréquences du CPL Linky et au delà.

Le § 2.4 détaille les mesures de tension courant entre deux points espacés de 1 centimètre dans le milieu conducteur exposé au champ magnétique, en dépendance de la profondeur et de la fréquence,

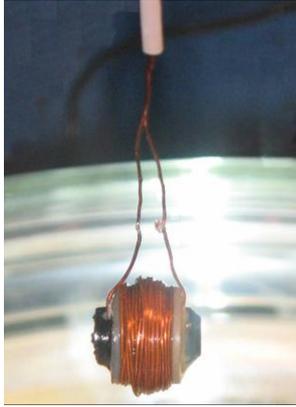
Le § 2.5 explique la méthode du shunt qui permet de calculer le courant circulant dans le liquide exposé,

Le § 2.6 étudie avec des électrodes de grande surface, en fréquence et profondeur, la circulation du courant dans le milieu conducteur exposé au champ magnétique, l'impédance de l'eau salée, et la puissance dissipée dans le milieu.

Le § 2.7 étudie la répartition radiale du courant circulant circulairement dans un organe avec électrodes **1 cm²**.

2.3 - Mesure du champ magnétique pénétrant dans volume rempli d'air puis de sérum physiologique

Capteur de mesure du champ magnétique



La sonde qui capte le champ magnétique est une self de **88 spires** de fil **0,6 mm** bobinée sur un noyau de plastique, **6mm** de diamètre. Elle fonctionne dans l'air et l'eau.

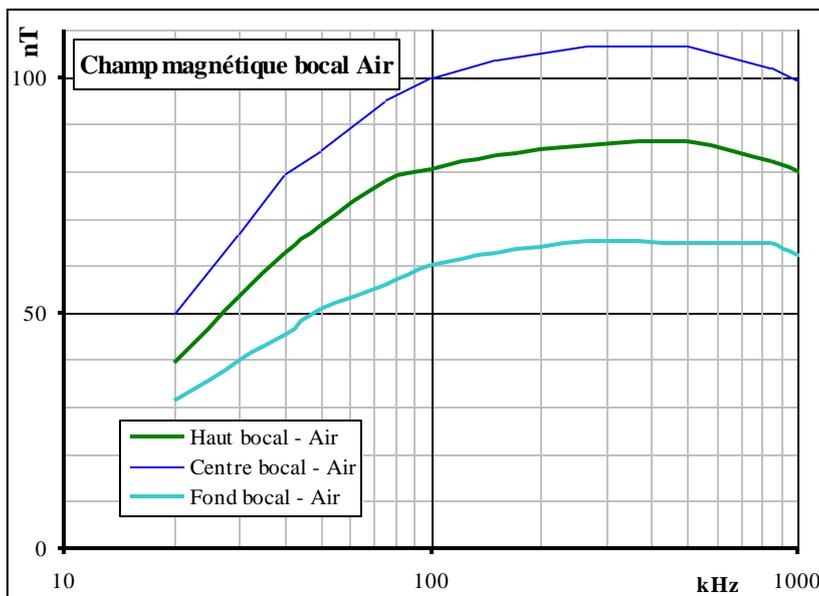
De dimension arbitraire, nous ne cherchons pas une mesure absolue du champ magnétique sur la plage des fréquences mais ses variations relatives par rapport au champ de référence dans l'air.

Pour cela, nous relevons la tension aux bornes de la bobine chargée par une résistance de **11 Ω** pour révéler le courant induit dans celle-ci. C'est en effet le courant induit qui est proportionnel au champ magnétique alternatif ambiant et non la tension. **11 Ω** sont fixés expérimentalement pour obtenir une réponse suffisamment constante sur la bande de fréquence de mesures dans l'air, comme montrée en § 2.3.1.

2.3.1 - Champ magnétique dans l'air fonction et la fréquence à 3 profondeurs

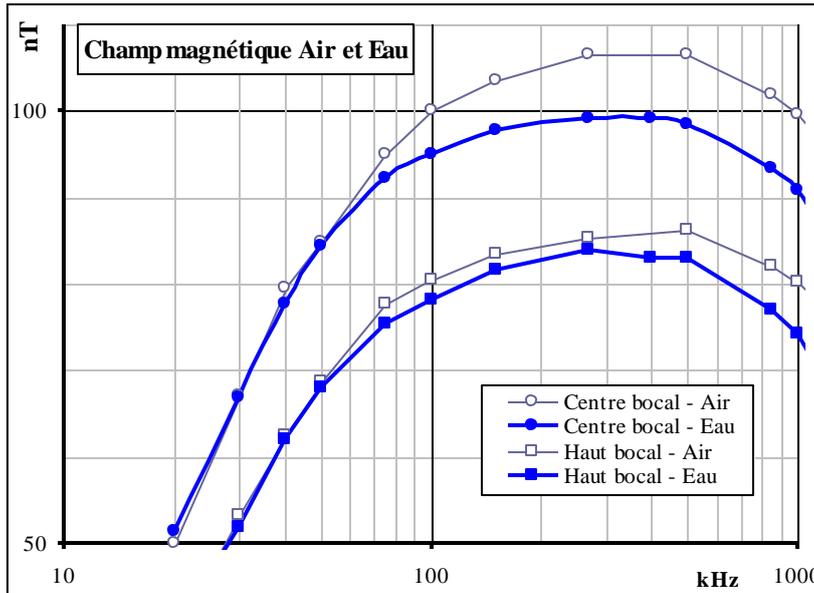
Au centre des deux bobines, le capteur magnétique est placé à 3 hauteurs dans le bocal grâce au trépied gradué externe ; en haut, au centre et au fond de bocal rempli d'air.

Le champ magnétique ayant été ajusté au centre à \pm **100 nano teslas** à **100 kHz** avec le **ME3840B**, les champs magnétiques ainsi relevés aux x autres points seront les valeurs de références pour les comparer avec celles dans l'eau salée.



Champs magnétiques dans l'air - en fréquence - à 3 altitudes

2.3.2 - Champ magnétique dans l'air et l'eau salée fonction de la fréquence



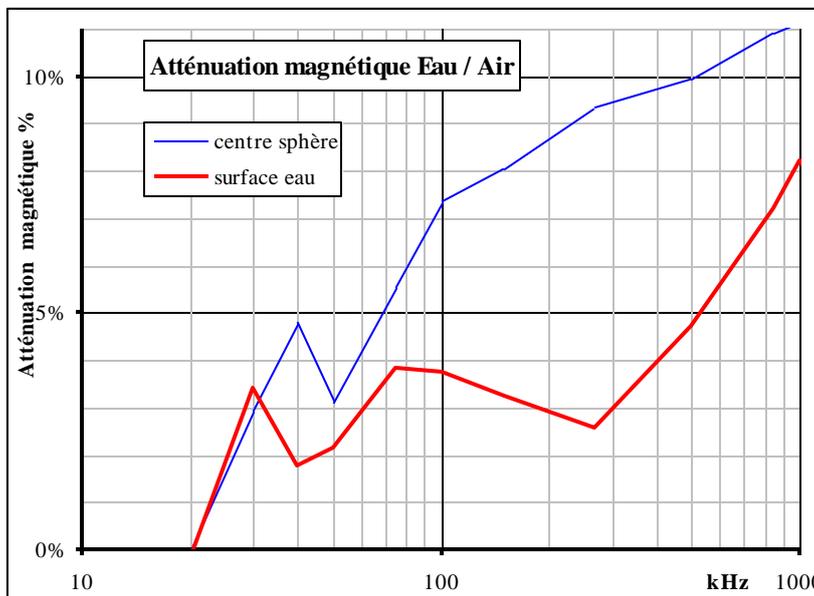
Champs magnétiques comparés dans l'air et l'eau salée - en fréquence - à 2 altitudes

Nota : Pour les mesures magnétiques dans le milieu liquide, il n'a pas été nécessaire d'isoler les soudures de la bobine immergée. En effet, son impédance est extrêmement faible devant l'impédance mesurée de l'eau salée, et les **30 k Ω** d'impédance d'entrée de l'amplificateur créent un courant de fuite négligeable dans le liquide.

2.3.3 - Atténuation du champ magnétique par la conduction de l'eau salée au centre de la sphère

Le relevé comparatif du champ magnétique dans l'air et l'eau salée montre que le milieu liquide transforme en partie l'énergie magnétique en un courant induit de Foucault.

La courbe dessous montre la proportion du champ magnétique absorbée en fonction de la fréquence du champ magnétique extérieur, lui constant à ± 100 nano teslas.



Pourcentage d'absorption du champ magnétique dans l'eau salée - en fréquence - à 2 profondeurs

Elle indique qu'aux fréquences du CPL Linky et jusqu'à **1000 kHz**, il y a pénétration à plus de **90 %** du champ magnétique au cœur du volume d'eau salée, et donc à priori des organes du corps humain.

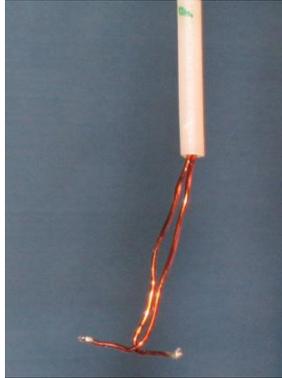
Par ailleurs, les courants de Foucault sont d'autant plus élevés que les fréquences sont hautes, et ce jusqu'à ce que "l'effet de peau", qui augmente aussi aux fréquences élevées, concentre les courants induits à la surface du volume soumis au champ magnétique alternatif. Ce phénomène n'est pas étudié ici car il concerne

peu les fréquences CPL compte tenu de la conduction de l'eau salée. Les tension et courant induits dans l'eau salée en présence d'un champ magnétique alternatif vont être étudiés dans les paragraphes qui suivent.

2.4 - Tension entre électrodes séparées de 1 centimètre en présence de ± 100 nT

La sonde qui recueille la tension entre deux pointes espacées de 1 centimètre se compose de deux fils de cuivre émaillés, étamés au bout comme le détaille la photo ici.

Capteur de tension entre pointes



Elle peut être placée à tout endroit dans la sphère de liquide grâce au trépied gradué extérieur au bocal. La bobine de relevés de champ magnétique immergée est déplaçable de la même façon dans le volume du liquide.

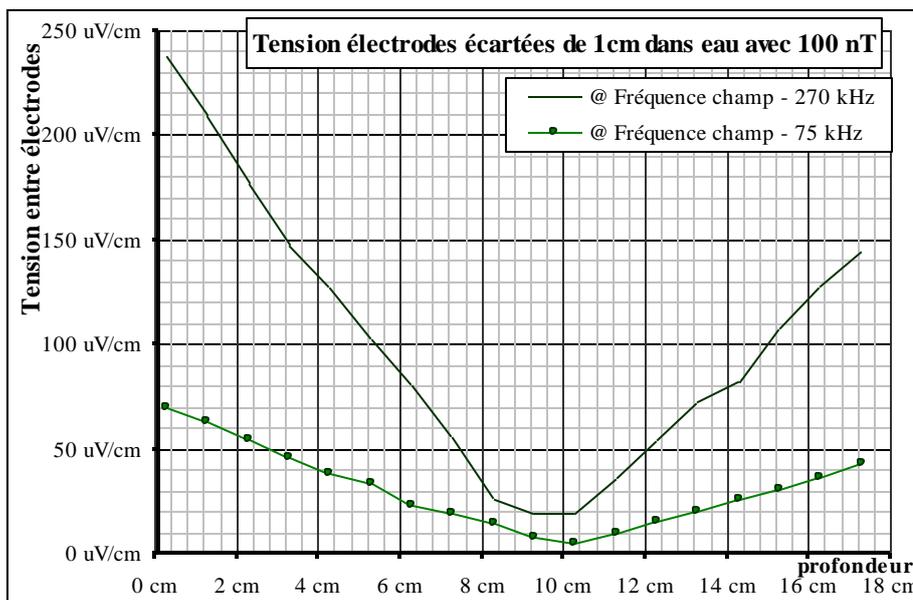
2.4.1 - Tension entre électrodes à pointes dans l'air

Le signal amplifié **927** fois du capteur de tension placé en l'air entre bobines émettant **100 nT** est négligeable. L'amplificateur différentiel délivre un signal inférieur à **20 mV** jus qu'à **2 MHz**. Cela signifie que les couplages capacitifs entre bobines et fils du capteur sont bien bloqués par les blindages.

2.4.2 - Tension induite dans l'eau salée par le champ magnétique - fonction de la profondeur

Nous avons vu que le champ magnétique est partiellement absorbé par l'eau salée qui est un conducteur électrique, et qu'une circulation de courant induit apparaît perpendiculairement au champ magnétique alternatif. Dû à l'impédance volumique de l'eau, ce courant fait naître entre les deux points de l'électrode une tension alternative proportionnelle, exprimée en volts par centimètre d'écartement.

Les courbes dessous détaillent, aux fréquences **75 kHz** et **270 kHz**, la tension entre électrodes en fonction de leur profondeur. Nous traçons ici la tension de sortie de l'amplificateur divisée par son gain.



Tension entre électrodes placées à 1 centimètre - en profondeur - à 2 fréquences

On constate une différence importante de niveau entre les courbes aux deux fréquences du test. Le zéro de l'axe profondeur correspond à la surface de l'eau.

On voit bien dans ces courbes l'effet du courant induit dans la "spire" constituée au sein du volume sphérique placé dans le champ magnétique. La tension mesurée, proportionnelle au courant induit, est maximale en surface et au fond. Elle réduit en plongeant, puis s'annule et inverse sa phase par rapport au courant sinusoïdal dans les bobines, vers 10 centimètres, centre de la sphère d'eau salée.

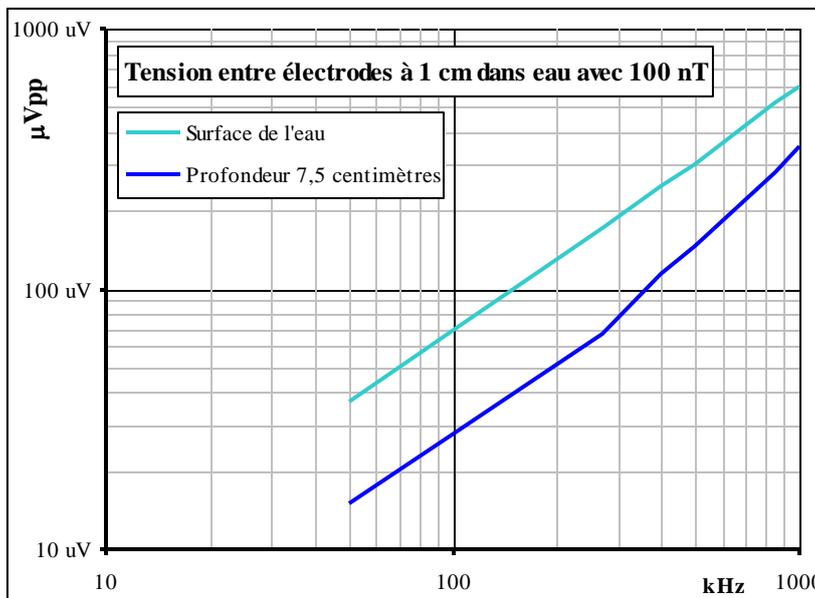
Nous constatons que les valeurs de tension recueillies sont très faibles puisqu'elles sont de l'ordre de **0,1 milli volts** par centimètre d'espacement.

Le chapitre § 2.6 nous montrera que la forme et l'écartement des électrodes influent surtout sur le courant intercepté, plus que la tension. C'est une conséquence logique puisque le champ magnétique induit dans le liquide une densité de courant que la géométrie de l'électrode intercepte plus ou moins selon sa surface.

L'étude suivante confirme la relation linéaire entre fréquence du champ magnétique externe et tension induite.

2.4.3 - Tension induite dans l'eau salée par le champ magnétique - fonction de la fréquence

A 2 profondeurs choisies, en surface et à **7,5** centimètres de profondeur, nous mesurons la tension apparaissant entre les électrodes espacées de 1 centimètre pendant l'application du champ magnétique de ± 100 nano teslas sur l'eau salée. La tension entre électrodes est égale à celle en sortie de l'amplificateur divisée par son gain.



Tension entre électrodes à pointes placées à 1 centimètre - en fréquence - à 2 profondeurs

La faible tension mesurée est très nettement corrélée à la fréquence du champ magnétique, avec une loi quasi linéaire. Elle est la conséquence du courant induit à travers l'impédance du liquide conducteur compris entre les électrodes. Nous allons mesurer ce courant induit grâce à la méthode du shunt décrite § 2.5.1.

2.5 - Courant entre électrodes pointes à 1 centimètre en présence de 100 nT

Nous avons relevé le courant à 2 profondeurs choisies, en surface et à **7,5** centimètres de profondeur. Comme précédemment, le courant tangentiel de surface est plus important que celui mesuré en profondeur.

Les relevés en courant sont effectués avec la sonde de tension, électrodes dénudées et espacées de **1** centimètre. Elles sont placées alignées dans le plan des bobines, perpendiculaire au champ magnétique appliqué pour "dériver" le courant circulant dans la "spire" constituée dans l'eau salée conductrice.

2.5.1 - Courant mesuré par la méthode du shunt $R_{SH} = 100 \Omega$

Le courant induit dans le milieu liquide circule dans le milieu de façon répartie. La plongée d'électrodes perpendiculairement à la circulation du courant ne le perturbe pas lorsque l'impédance de mesure est grande (l'entrée de l'amplificateur différentiel fait $30 \text{ k}\Omega$).

La méthode du shunt consiste à relever la tension entre électrodes, d'abord en haute impédance devant celle du milieu mesuré, puis en présence d'une résistance shunt en parallèle des électrodes qui court-circuite localement l'impédance du milieu et dérive le courant circulant. Ainsi, l'application de la faible impédance entre électrodes détourne le courant qui passait dans le volume entre électrodes vers le shunt sans modifier sa valeur.

Le shunt adapté à la géométrie des électrodes à pointes qui dérive le courant, est ici une résistance de 100Ω . La tension recueillie aux bornes du shunt est amplifiée.

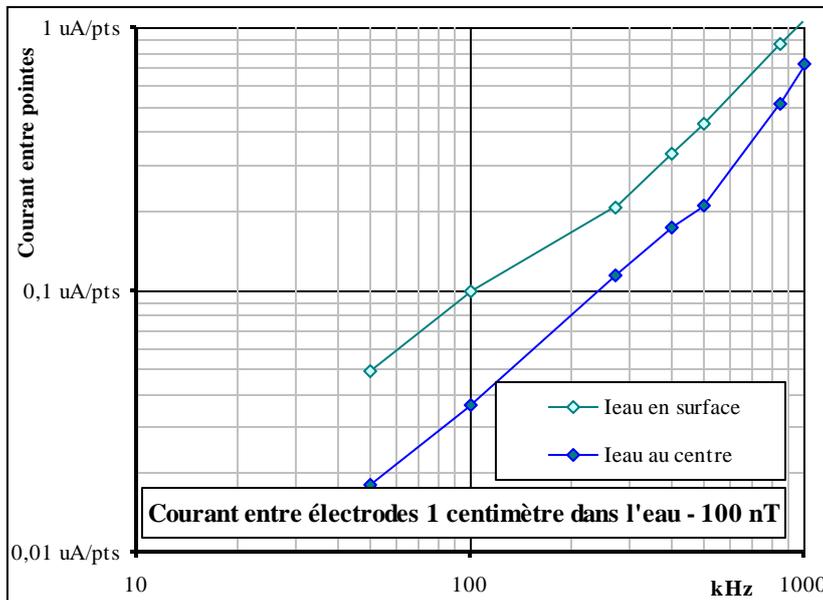
La méthode du shunt nous permet de calculer le courant surfacique intercepté par la surface des électrodes par la formule obtenue simplement :

$$i_{EAU \text{ entre } \text{électrodes}}(freq) = \frac{U_{\infty} * U_{SHUNT}}{R_{SHUNT} * (U_{\infty} - U_{SHUNT})} \text{ (A/cm}^2\text{)}$$

La valeur de cette densité de courant est un courant par unité de surface, ici en ampères par centimètre carré. Nous avons relevé le courant à 2 profondeurs choisies, en surface et à $7,5$ centimètres de profondeur. Le courant tangentiel de surface est plus important que celui mesuré en profondeur, comme précédemment.

Dans le cas des électrodes à pointes, leurs surfaces sont mal définies. Nous verrons § 2.6 les résultats de cette méthode avec des électrodes de surface bien définie.

Elle nous permettra de connaître l'impédance équivalente du milieu dans lequel plongent les électrodes.



Courant entre électrodes à pointes placées à 1 centimètre - en fréquence - à 2 profondeurs

Le courant induit, très faible, est très nettement corrélé selon une loi quasi linéaire à la fréquence du champ magnétique. Une exploration à des fréquences supérieures aurait certainement mis en évidence un renforcement de l'effet de peau se traduisant par une diminution du courant en profondeur et l'augmentation de celui-ci en surface.

Nous constatons que les valeurs de courant recueillies entre les pointes de ces électrodes sont très faibles. Le chapitre § 2.6 prouve qu'une grande surface d'électrodes intercepte en proportion le courant surfacique pour le dériver vers le shunt.

2.6 - Influence de la surface d'électrode sur les mesures de tension et courant avec 100 nT

Dans une densité de courant volumique comme celui induit par le champ magnétique dans l'eau salée, le courant intercepté est proportionnel à la surface de l'électrode.

Une paire d'électrodes de 1 cm² circulaires a été réalisée pour vérifier ce phénomène. Elles sont en cuivre étamé et espacées de 1 centimètre pour intercepter un volume intérieur de **1 cm³**.

Captteur de tension circulaire immergé de 1 cm² et de volume intérieur 1 cm³



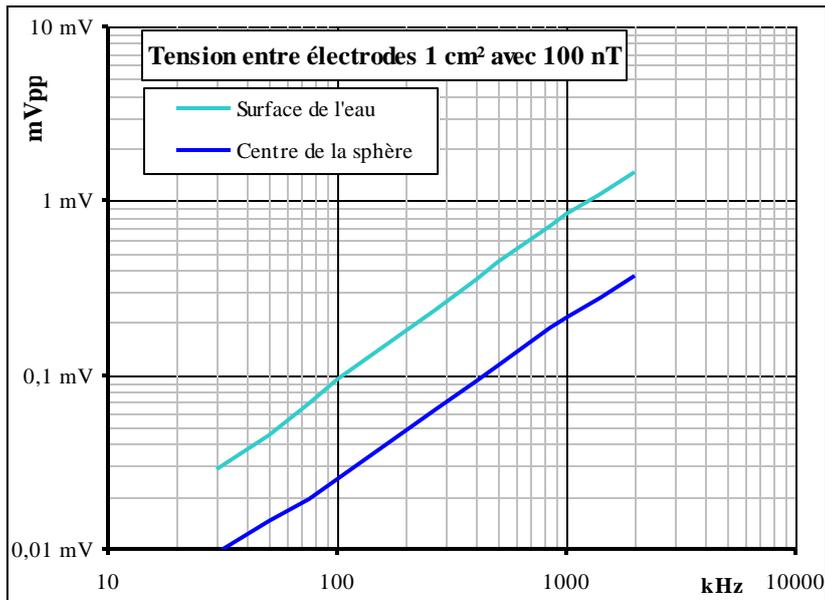
2.6.1 - *Tension entre électrodes 1 cm² avec champ magnétique 100 nT - fonction de la fréquence*

A nouveau, nous relevons à diverses fréquences selon la méthode du shunt, les tensions en surface puis à **7,5 cm** de profondeur. Le shunt, de **10,5 Ω** cette fois, est retiré et placé en entrée de l'amplificateur différentiel pour chaque double mesure.



Plongée des électrodes circulaires de 1 cm² de surface dans le sérum physiologique.

Pour cette série, la fréquence a été poussée jusqu'à **2MHz**. Afin de compenser les valeurs variables en fréquence et en profondeur du champ magnétique dans l'air mesurées en § 2.3.1, nous avons normalisé les tensions recueillies entre électrodes pour un champ de **100 nT** au centre, à toutes les fréquences.



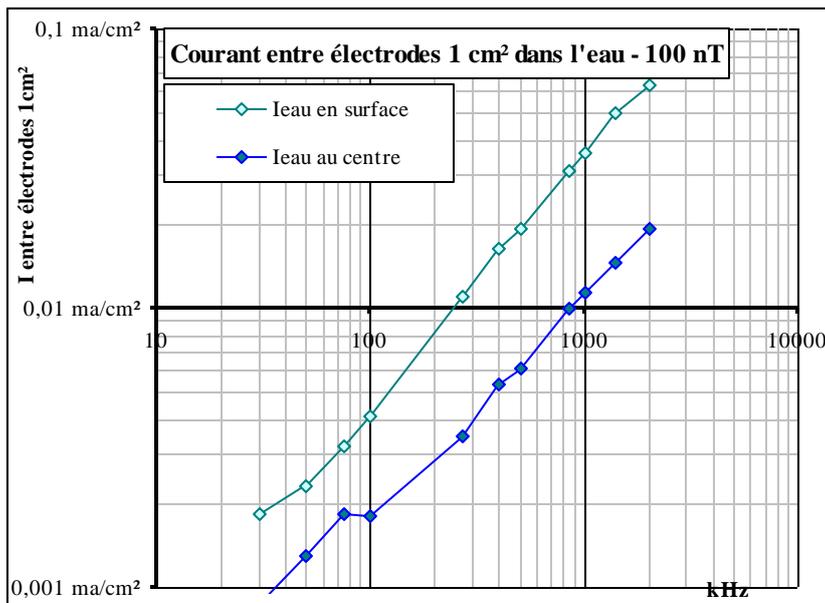
Tension entre électrodes 1 cm² à 100 nT - en fréquence - à 2 profondeurs

Nous retrouvons bien la tension induite proportionnelle à la fréquence du champ magnétique appliqué. Bien que cette fois la surface des électrodes soit importante, la tension induite est du même ordre de grandeur que celle relevée avec les électrodes pointe, ce qui est normal. En revanche, nous verrons dans le paragraphe suivant qui concerne le courant induit, que la surface des électrodes de 1 cm² dérive avec le shunt un courant surfacique beaucoup plus élevé que les électrodes à pointe, de surface très petite.

2.6.2 - Courant entre électrodes 1 cm² avec 100 nT - fonction de la fréquence

La formule de la méthode du shunt nous permet de déduire le courant surfacique intercepté par la surface des électrodes, ici tracée en milliampère par cm² :

$$i_{EAU \text{ entre électrodes}}(freq) = \frac{U_{\infty} * U_{SHUNT}}{R_{SHUNT} * (U_{\infty} - U_{SHUNT})} \text{ (A/cm}^2\text{)}$$

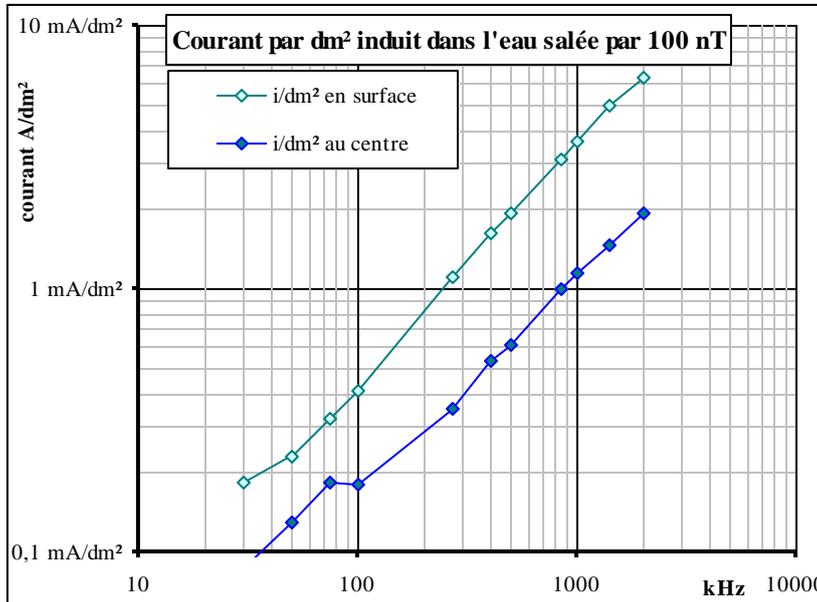


Courant dans l'eau salée entre électrodes 1 cm² avec 100 nT - en fréquence - 2 profondeurs

On constate un courant par centimètre carré relativement faible, même à la surface du liquide, là où la circulation de courant induit est maximale.

2.6.3 - Courant surfacique par dm^2 induit par un 100 nT - fonction de la fréquence

Exprimé par rapport à **1 dm^2** , surface de l'ordre de grandeur de celles de certains organes humains, le courant surfacique induit par le champ magnétique de **100 nT** dans le sérum physiologique semble peu conséquent, d'un point de vue électronique. Mais nous nous abstenons de conclure car nous ne connaissons pas les effets biologiques de tels courants induits à cœur du cerveau ou tout autre organe par un champ magnétique externe.



Courant par dm^2 induit par 100 nT dans l'eau salée - en fréquence - 2 profondeurs

Concrètement, cela signifie qu'un champ magnétique à des radiofréquences pénètre à cœur un volume organique et induit dedans une circulation circulaire de courant réparti augmentant linéairement avec la fréquence du champ magnétique.

Par exemple, si on considère en périphérie d'un des lobe d'un cerveau, une section de 1 cm de hauteur et 5 centimètres en largeur alors qu'il est soumis à un champ magnétique Linky de ± 100 nT, il serait le siège d'un courant alternatif induit de **15 μA** à la fréquence 75 KHz (G1), et **125 μA** à 490 KHz (G3) **sur 5 cm^2** , ce qui semble faible, encore une fois, d'un point de vue électronique.

On peut supposer que des contrastes de résistivité dans l'organisme provoquent des concentrations de courant induit, un "effet fenêtre", par exemple aux interfaces entre organes, dans le corps calleux entre les deux hémisphères du cerveau par exemple, ou les yeux dans leurs orbites, le cristallin dans l'humeur vitrée, etc. Dans le tractus digestif également, l'estomac, l'intestin ont un pH et une conductivité très différents de celui du sang. Entourés d'un tissu de résistivité différente, ce seraient alors eux qui concentreraient le flux de courant induit à leur échelle. Nous pouvons étendre ce raisonnement aux cellules, vaisseaux sanguins et tout organes voisins de conductivités relatives contrastées...

Enfin, il est plausible d'imaginer que certaines géométries d'organes, cellules, synapses, cellules gliales, etc ..., favorise une résonance électro-chimique à l'une des fréquences testées ici. Si elle correspond à celle du signal Linky et que la personne est soumise localement à son champ magnétique pulsé, la zone va être anormalement sollicitée. Elle pourrait être indisposée ou tomber malade si le champ est permanent.

Très versés dans la physique et l'électricité, nous ne sommes pas compétent en biologie pour juger des effets possibles de courants électriques alternatifs sur le vivant, même faibles provoqués par un champ magnétique de ± 100 nT, qui lui représente déjà un fort champ émis dans le cas de câbles électrique qui rayonneraient beaucoup.

Dans la conclusion de ce rapport, nous émettons le souhait d'un partenariat avec des chercheurs, scientifiques, etc. professionnels ou amateurs éclairés, sachant mesurer les effets de courants électriques radiofréquences pulsés sur des organes cellules, neurones, pour savoir si les résultats de cette étude sont de nature inquiétantes ou non.

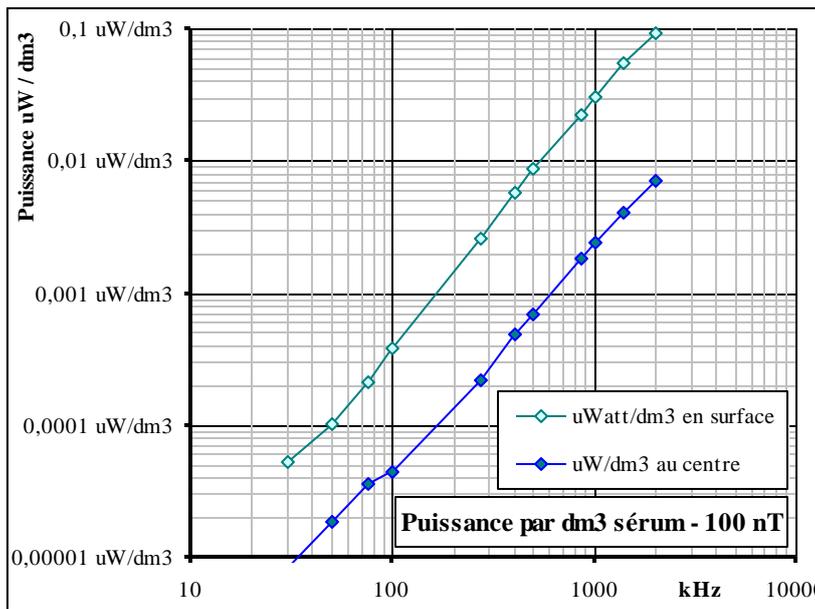
2.6.4 - Puissance volumique par dm² induit par un 100 nT - fonction de la fréquence

Connaissant la tension et le courant, nous pouvons estimer la puissance volumique dissipée par le sérum physiologique dans le volume de 1 cm³ défini par la géométrie des 2 électrodes en présence du champ magnétique, par la formule :

$$P_{\text{volumique}}_{\text{EAU}}(\text{freq}) = U_{\text{ELECTRODES}} * I_{\text{ELECTRODES}} * \text{Cos}(\phi) \quad (\text{W} / \text{dm}^3)$$

Le $\text{cos}(\phi)$ représente la phase entre tension et courant induits. Aux radiofréquences du CPL Linky, le sérum physiologique a certainement un comportement de nature électrolytique plus que résistif. Son déphasage ϕ n'est probablement pas nul.

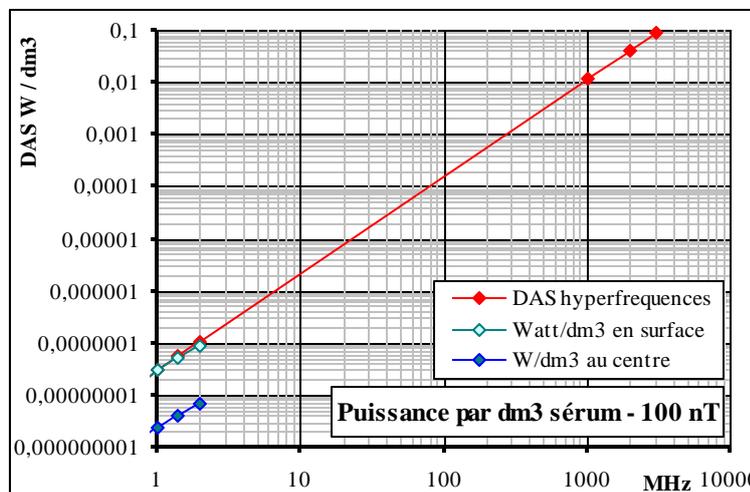
Les courbes dessous montrent la puissance maximale dissipée par dm³ en surface et au centre de la sphère de sérum physiologique, s'il se comportait électriquement comme une "résistance pure" avec $\text{cos}(\phi) = 1$.



Puissance par dm³ maximale induite par 100 nT dans l'eau salée - en fréquence - 2 profondeurs

Il apparaît, même dans le pire cas où $\text{cos}(\phi)$ égal à 1, que la puissance thermique dissipée par cm³ en présence du champ magnétique de $\pm 100 \text{ nT}$ reste extrêmement faible. Elle semble ne pas pouvoir causer d'effet thermique dissipatif à ces intensité et fréquence du champ magnétique.

Nous rappelons ici que le **D.A.S** défini pour les téléphones portables approche le **Watt par dm³**. Sur la courbe dessous, nous extrapolons jusqu'à **3 Gigahertz** les puissances dissipées aux fréquences du CPL avec un champ magnétique de $\pm 100 \text{ nano teslas}$ (courbes bleues). Nous atteignons **100 mW/dm³** en surface, ordre de grandeur des valeurs en effet annoncées pour les téléphones portables.



2.6.5 - Impédance de l'eau salée - fonction de la fréquence

Le sérum physiologique parcouru par un courant induit magnétiquement est le siège de tensions dans son volume de par son impédance. Celle-ci n'est certainement pas résistive mais "complexe" comme celle d'un électrolyte. Un angle ϕ exprime la phase entre tension et courant induits aux radiofréquences. De plus, on peut l'exprimer par unité de surface perpendiculaire au courant.

Zsurfactive EAU a une forme complexe :

$$Z_{surfactive\ EAU}(freq) \approx \cos(\phi).Z + j.\sin(\phi).*Z$$

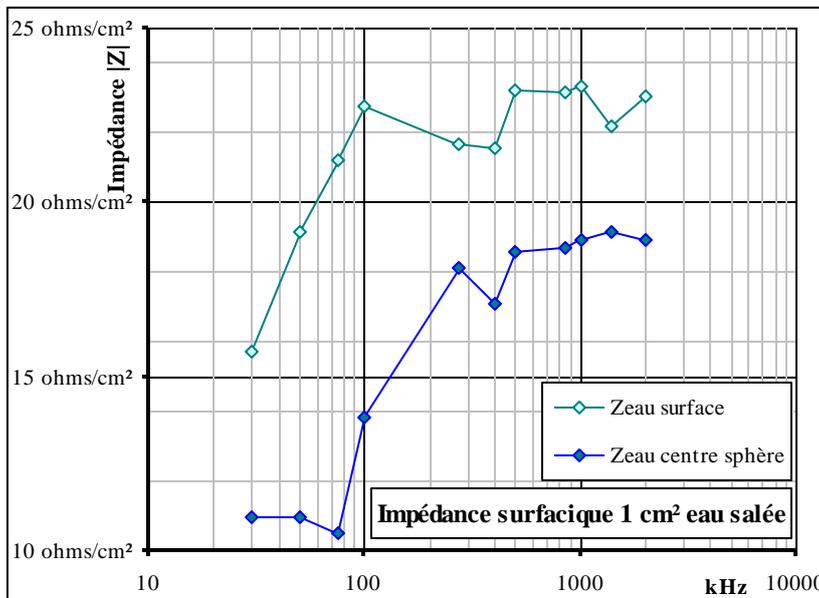
Ne connaissant pas l'angle ϕ , la méthode du shunt ne nous permet de déduire que le module de l'impédance surfactive de l'eau salée :

$$Z = \|Z_{surfactive\ EAU}\| = \sqrt{Z_{REEL}^2 + Z_{IM}^2}$$

par la formule de la méthode du shunt avec les tensions relevées :

$$\|Z_{surfactive\ EAU}\|_{(freq)} = R_{SHUNT} * \frac{(U_{\infty} - U_{SHUNT})}{U_{SHUNT}} (\Omega / cm^2)$$

Les valeurs indicatives de l'impédance surfactive que nous affichons ici sont en Ω par cm^2 , surface représentative des organes physiologiques. Si nous la calculons pour $1\ dm^2$, sa valeur serait **divisée par 100**.



Impédance surfactive de l'eau salée sous champ magnétique 100 nT - en fréquence - 2 profondeurs

2.7 - Evolution du courant induit avec $\pm 100\ nT$ dans un organe selon sa taille

La densité de courant volumique induit par le champ magnétique dans l'eau salée est de symétrie cylindrique, ce qui signifie qu'elle est maximale en surface d'un volume et s'annule au centre perpendiculairement à l'axe du vecteur magnétique.

Nous avons placé successivement 4 récipients de forme cylindrique au centre d'une grande bobine émettant un champ de $\pm 100\ nT$ pour relever le courant avec les électrodes de $1\ cm^2$.

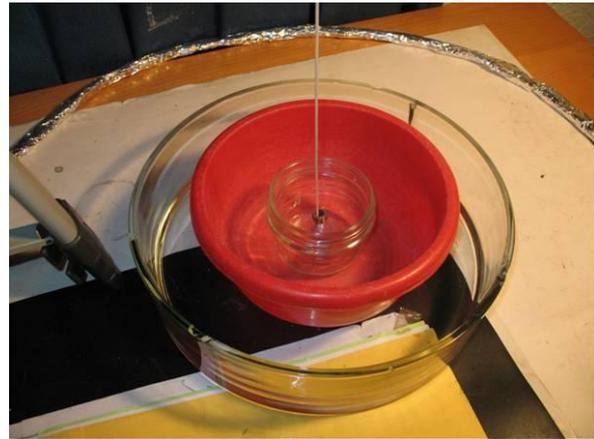
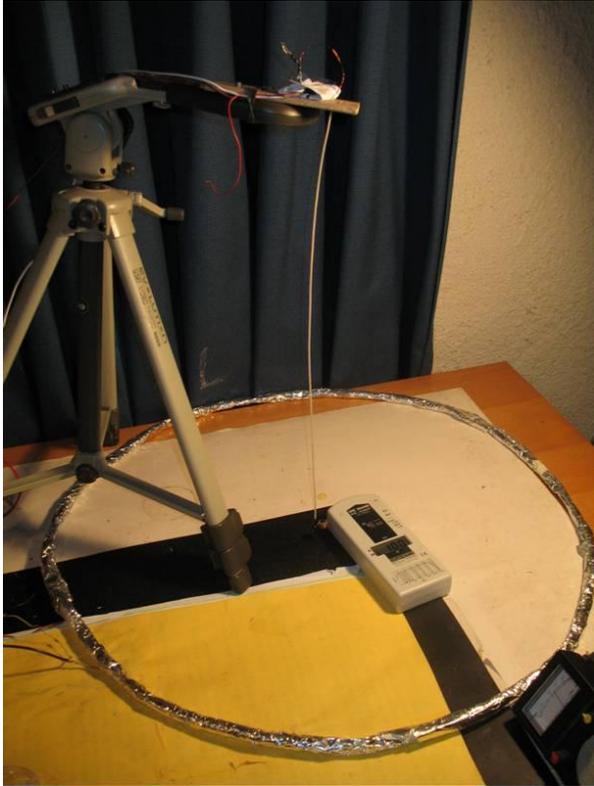
Les relevés ont été faits à différents rayons du récipient et sur une plage de fréquence entre **20 et 2000 kHz**.

La bobine fait 62 centimètres de diamètre. Elle est blindée de façon à ne pas influencer capacitivement le liquide. Comme pour les bobines de Helmholtz, le blindage est coupé à mi-bobine de façon ne pas créer une spire en court-circuit.

Les 4 récipients de **7, 16, 21,5 et 27 cm de diamètre** sont remplis à hauteur de 5 cm de sérum physiologique. Les électrodes circulaires de **1 cm²** sont plongées grâce au trépied ajustable à **2,5cm de profondeur** au bord extérieur des récipients pour les mesures.

L'appareil utilisé l'étalonnage du champ au centre de la bobine est le **GIGAHERTZ SOLUTIONS ME 3840B**.

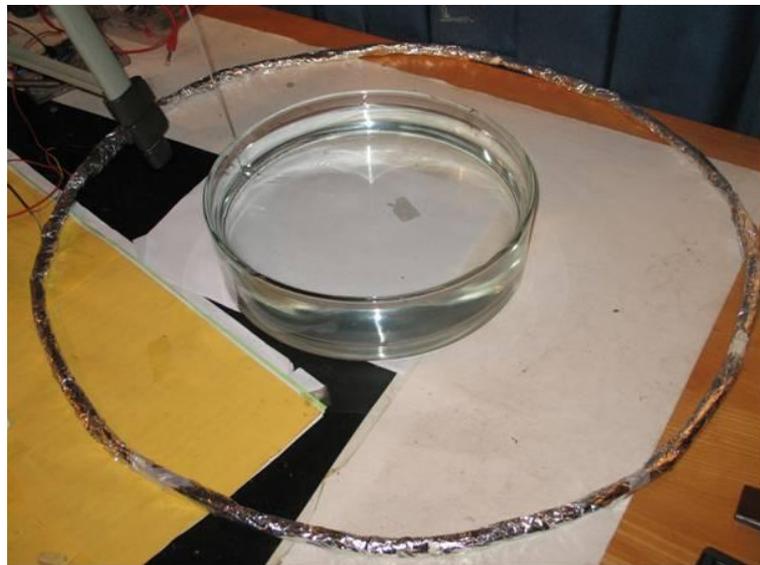
2.7.1 - Photos de l'expérience des diamètres d'organe :



Trépied réglable sous lequel sont placés la bobine plate blindée 10 spires - 62 centimètres et 3 (sur 4) récipients qui seront remplis de sérum physiologique.



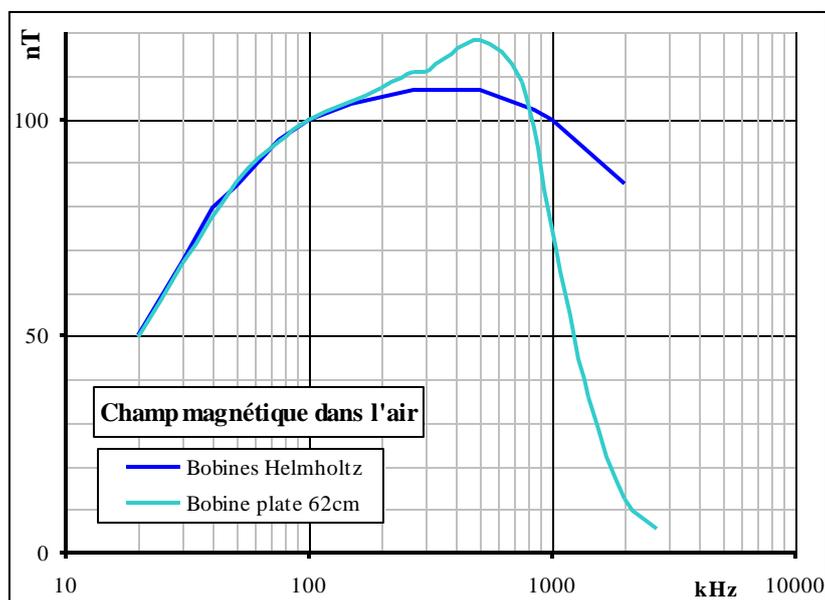
Etalonnage du champ magnétique à ± 100 nano teslas à 100 kHz au centre avec le ME2830 B GIGAHERTZ SOLUTIONS à côté du capteur bobine.



Electrodes 1 cm² plongées à 2,5cm de profondeur dans le sérum physiologique

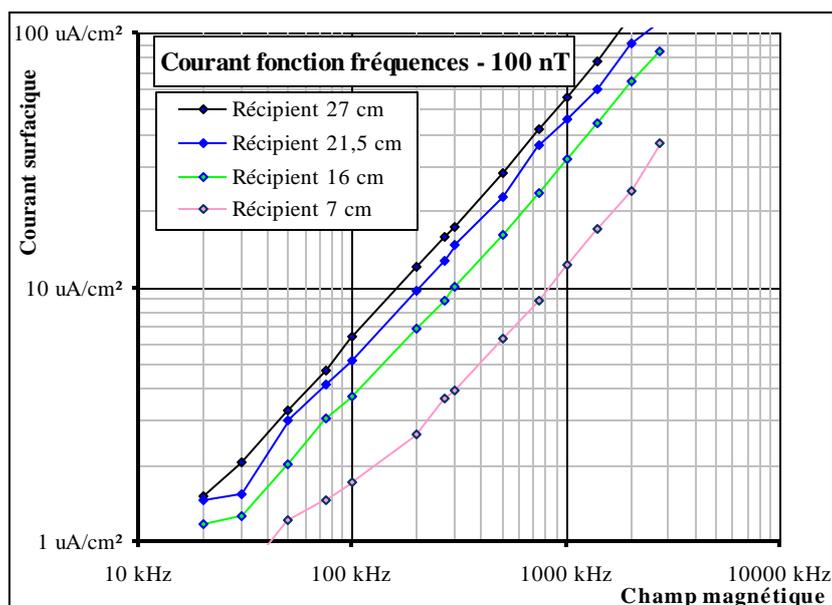
2.7.2 - Champ émis par la bobine plate de 62 cm de diamètre.

Nous relevons le champ magnétique grâce à notre capteur bobine. Le graphique dessous montre que la bobine excitatrice de 62 cm résonne vers **800 kHz** par rapport à celles de Helmholtz. Ce relevé sert à **linéariser** les mesures au-delà de **500 kHz**.



2.7.3 - Evolution du courant induit en surface d'un volume selon le diamètre du récipient

Partant du principe que la circulation du courant induit est maximale en surface d'un volume de liquide conducteur exposé à un champ magnétique, nous avons placé les électrodes circulaires de **1 cm²** déjà utilisées précédemment au bord de **4 récipients de 7, 16, 21,5 et 27 centimètres** de diamètre, remplis avec 5 centimètres de sérum physiologique. Les électrodes sont plongées à mi-hauteur comme sur la photo page précédente, et le champ magnétique de ± 100 nT varie entre **20 et 2000 kHz** pour les mesures. La méthode du shunt est appliquée pour les relevés.

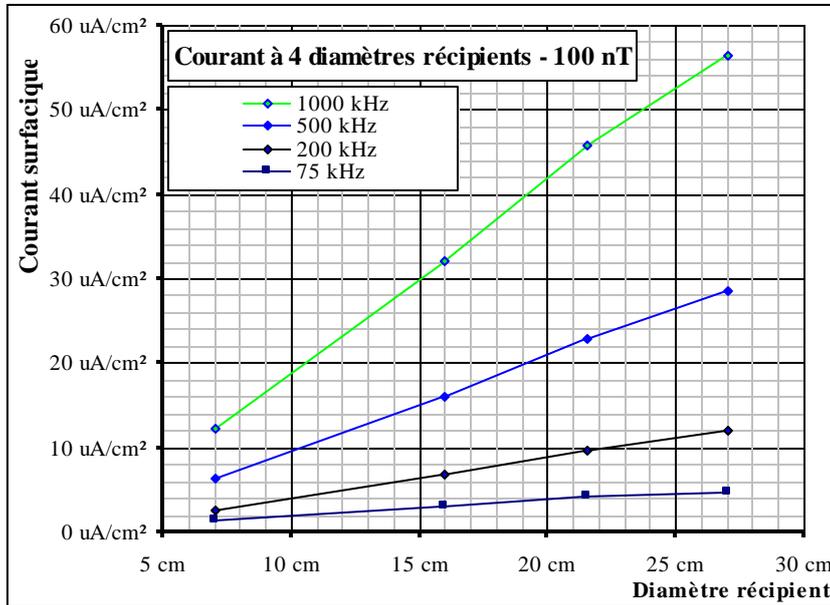


Courant induit par cm² à l'extérieur de 4 récipients de diamètre variable.

Comme les courbes du § 2.6.3, nous retrouvons la dépendance linéaire du courant induit avec la fréquence du champ magnétique appliqué.

La valeur du courant par centimètre carré est là encore faible, surtout aux fréquences CPL G1. Nous ne savons pas juger si, pulsé exactement à l'image du courant CPL, il peut interférer avec la physiologie du vivant, voire altérer son fonctionnement.

Lorsque nous représentons les courbes précédentes en fonction du diamètre des récipients, la relation linéaire entre courant et diamètre de circulation est évidente aux 4 fréquences choisies. Nous retrouvons ici l'explication de la courbe qui montre le courant mesuré en fonction de la profondeur à deux fréquences en § 2.4.2.



Evolution du courant induit dans le sérum physiologique fonction du diamètre externe de la circulation

La déduction de ces courbes est qu'à un champ magnétique donné, les organes seront parcourus à leur surface supposée homogène électriquement par un courant au prorata de leur diamètre. Concrètement, on peut supposer que les yeux seront moins impactés que le foie ou le cerveau.

2.8 - Recommandation européenne 1999/519/CE/12/07/99 et décret 2002-775 du 3 mai 2002

La recommandation européenne 1999/519/CE/12/07/99, relative à la limitation de l'exposition du public au champs électromagnétiques, fondée sur la recommandation de la Commission Internationale de protection contre les Rayonnements non Ionisants (ICNIRP) et inspirée des orientations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), stipule des recommandations sur les champs électrique et magnétique de façon à limiter le courant induit dans l'organisme à **quelques mA/m²** selon la fréquence.

Le décret 2002-775 du 3 mai 2002 reprend pratiquement tous les termes de la recommandation européenne 1999/519/CE/12/07/99 pour la définition du champ maximal admissible entre 1 Hz et 300 GHz de façon à respecter le courant induit dans le corps humain.

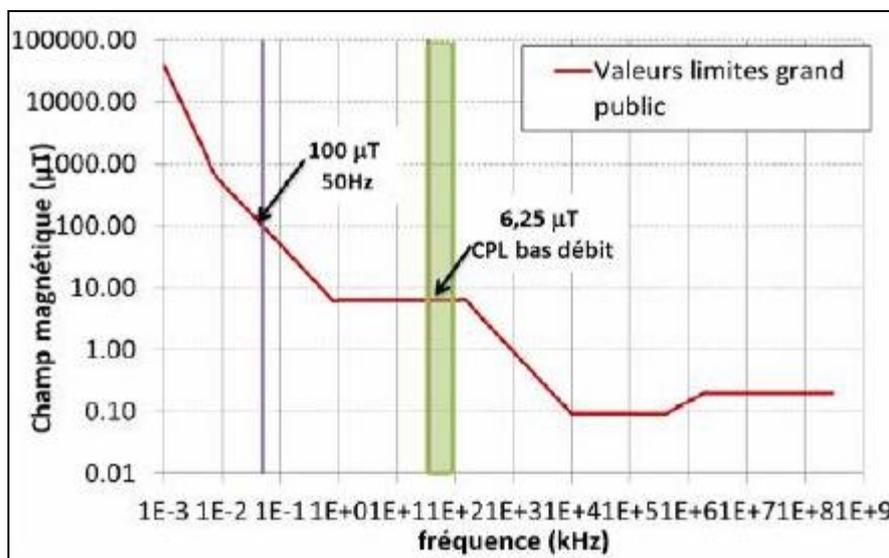
2.8.1 - Valeur de référence et restriction de base du champ maximal

La recommandation 1999/519/CE/12/07/99 définit pour toutes les fréquences entre 1 Hz et 300 GHz, une **valeur de référence** pour le champ magnétique auquel peut être soumis un être humain, avec une **Restriction de Base** prioritaire sur cette **valeur de référence** à certaines fréquences pour s'assurer que le courant induit par le champ magnétique reste dans le gabarit de sécurité en **mA/m²** défini par la recommandation. C'est donc la restriction de base qui **prévaut** sur la valeur de référence du champ magnétique.

Le décret 2002-775 du 3 mai 2002 reprend les termes de la recommandation européenne 1999/519/CE/12/07/99 et fixe **valeur de référence** et **restrictions de base** pour le champ maximal applicable au grand public à chaque fréquence.

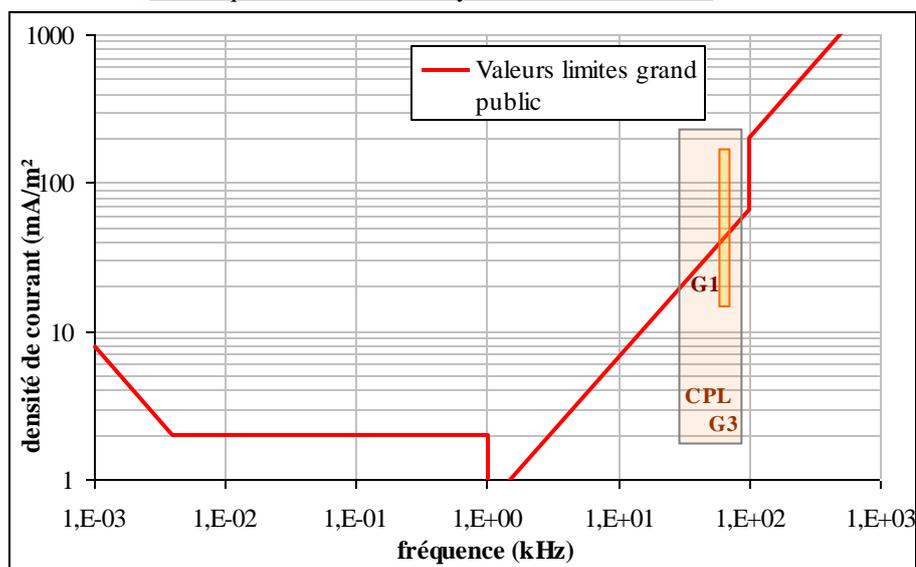
-> La **restriction de base** du décret 2002-775 pour les fréquences du CPL sous 100 kHz est réduite d'un facteur **3**. Elle protège donc plus l'humain contre les courants induits que la recommandation 1999/519/CE.

Le **décret 2002-775** annonce page 3 que "le respect des niveaux de référence garantit le respect de la valeur de référence". Ce décret est actuellement utilisé par ENEDIS pour affirmer la conformité du compteur Linky, En § 2.2, la courbe du décret **2002-775** (dessous) définit la **valeur de référence** du champ magnétique maximal applicable à l'humain pour respecter la limite du courant induit.



Décret 2002-775 - Valeur de référence du champ magnétique maximal applicable à l'humain

Mais en § 2.1, ce décret **2002-775** fixe la **restriction de base** qui pondère à certaines fréquences le champ de référence pour respecter le critère réel de protection du corps humain, à savoir le courant induit maximal admissible en **mA/m²**, aux fréquences CPL du Linky entre 20 et 60 mA/m².

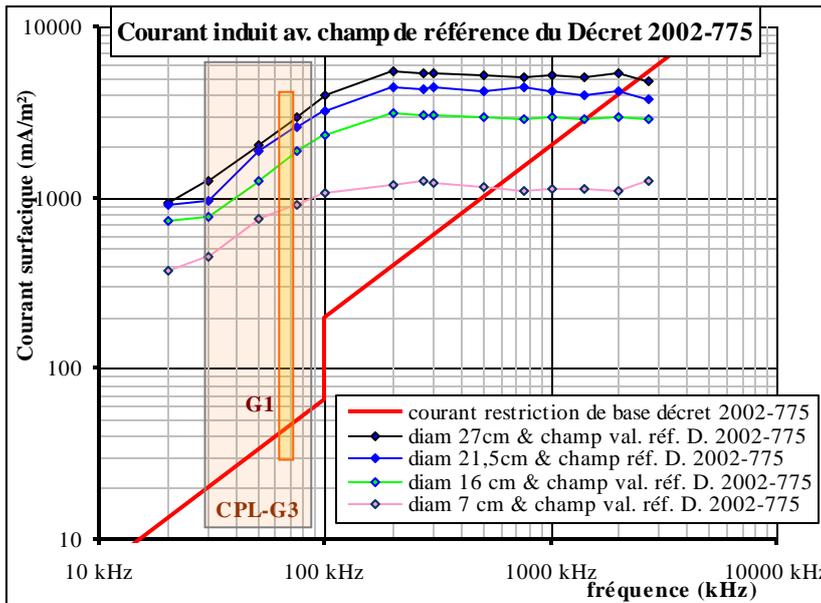


Restriction de base du décret 2002-775 – Densité de courant maximale dans le corps humain

2.9 - Très fort courant induit par un champ maximal de **6,25 µT** autorisé par le décret 2002-775

ENEDIS affirme que le compteur Linky est conforme à la valeur du champ de référence de **6,25 µT** du décret **2002-775**, en omettant de préciser qu'aux fréquences du CPL Linky, une **restriction de base** limite le champ maximal admissible, comme nous allons le voir maintenant.

Nous extrapolons dessous les courbes du § 2.7.3 du courant induit sous un champ de **100 nT** jusqu'à **6,25 µT**, **valeur de référence** du champ maximal proposé par le décret **2000-775** aux fréquences du CPL. Rappelons que le courant mesuré en § 2.7.3 est collecté entre **20 et 2000 kHz** par deux électrodes circulaires de **1 cm²** comme spécifié par le décret **2002-775**, placées en bordure de **4 récipients de 7, 16, 21,5 et 27 centimètres** de diamètre remplis avec 5 centimètres de sérum physiologique.



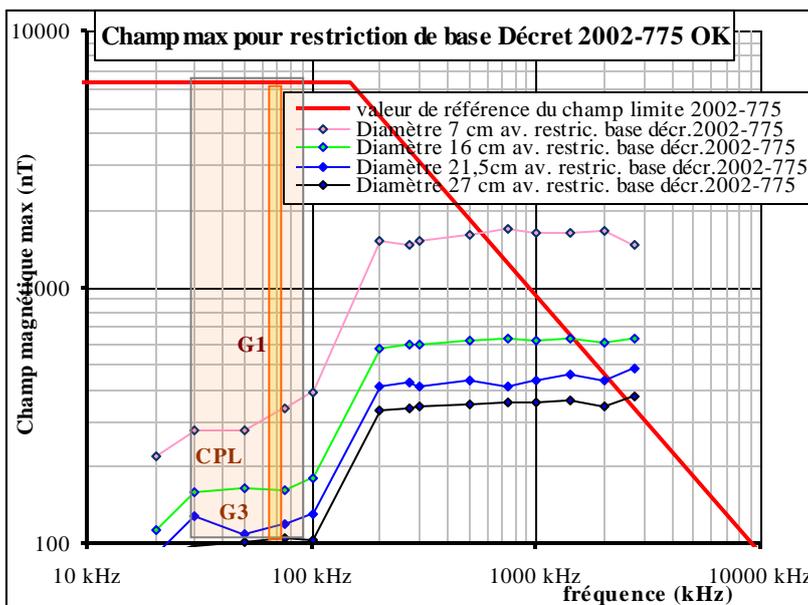
Courant induit dans le sérum en fonction du diamètre par le champ maximal du décret 2002-775

On voit nettement ici que le courant induit dans le sérum physiologique sous un champ magnétique extrapolé à la limite réglementaire fixée par le décret **2002-775** donne un courant induit de **plusieurs Ampères par m²** dans un sérum physiologique, à comparer à la restriction de base de ce même décret **2002-775** qui doit être respectée pour protéger le grand public.

Aux fréquences du CPL Linky, nous sommes bien au dessus de **cette limite** (courbe rouge). La **valeur de référence** de **6,25 μT** n'est donc pas adéquate puisque le **courant induit est jus qu'à 100 fois trop fort**.

2.9.1 - Respecter la restriction de base du décret 2002-775

Pour respecter la **restriction de base** du décret **2002-775** sur le **courant induit maximal** dans le corps humain, un calcul inverse en partant du courant induit sous 100 nT nous donne, selon le diamètre de l'organe et la fréquence, le **champ magnétique maximal** qu'il **ne faut pas dépasser**.

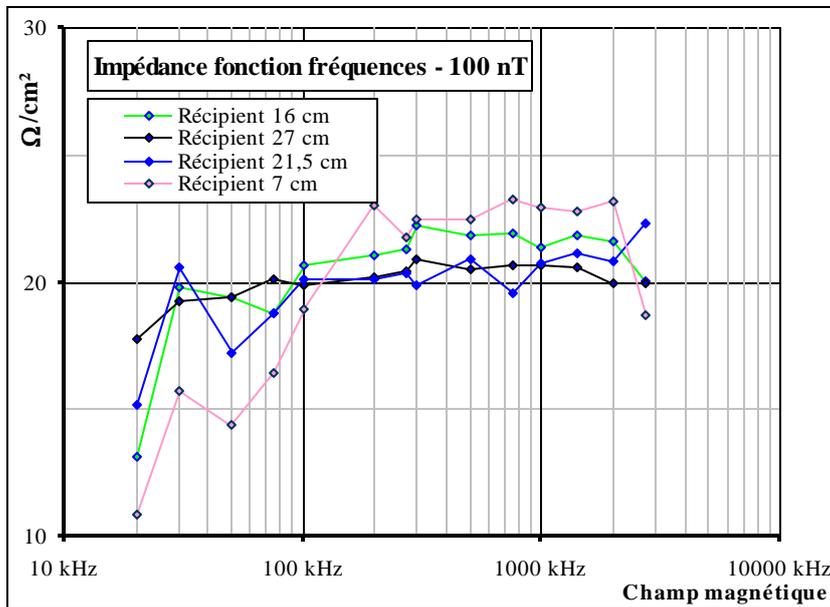


Champ magnétique limite pour respecter la restriction de base du décret 2002-775 en mA/m²

Nous avons montré dans le rapport du Labo Robin des Toits Midi Pyrénées "**Mesure Rayonnement magnétique CPL Linky en habitat v3.pdf**" que ces valeurs de champ peuvent être dépassées aux fréquences du CPL Linky selon les configurations des câbles du réseau Enedis public.

2.9.2 - Impédance surfacique de l'eau salée - fonction de la fréquence pour 4 récipients

Comme au § 2.6.5, nous évaluons l'impédance du sérum physiologique sur les mesures dans les 4 récipients. Elle donne une valeur similaire comprise entre **15 et 25 Ω par cm²** indépendante de la taille du récipient.



Impédance surfacique de l'eau salée sous champ magnétique 100 nT - en fréquence – 4 récipients

2.10 - Loi de prédiction du courant induit dans un organe

Nos mesures permettent de définir ici une loi de premier ordre permettant de calculer jusqu'à **2 MHz** l'intensité du courant induit **I** par un champ magnétique **B** à travers une surface **S_d** dans l'organe à une profondeur donnée **P**, sans avoir besoin d'y planter d'électrode.

Connaissant :

- **B** : l'intensité du champ magnétique
- **F** : la fréquence du champ magnétique
- **D** : le diamètre de l'organe (sphère équivalente supposée de conductivité du sérum phy)
- **P** : la profondeur dans l'organe à laquelle on souhaite calculer le courant induit
- **S_d** : la surface à travers laquelle on souhaite calculer la densité du flux de courant induit

2.10.1 - Formule de calcul du courant induit en **μA / cm²** dans du sérum - en unités pratiques

La conductivité électrique est variable selon les organes et la fréquence. Une formule de premier ordre définissant **k** a été trouvée jusqu'à **2,7 MHz** pour ajuster la valeur calculée avec celles des expériences menées. Dans ces conditions, avec les unités affichées dans la formule, le calcul proposé ici donne une précision à **± 10%** du courant par unité de surface.

$$I_{INDUIT} (\mu A / cm^2) = k * B_{(nT)} * F_{(kHz)} * D_{(cm)} * \left(1 - \frac{2 * P_{(cm)}}{D_{(cm)}} \right) * S_{d (cm^2)}$$

avec

$$k = \left(0,205 + \frac{3,7}{F_{(kHz)}} \right) * 10^{-4}$$

2.10.2 - Formule de calcul du courant induit en A / m^2 dans du sérum - en unités U.S.I

Si nous souhaitons exprimer le calcul en Unités du Système International, par rapport au m^2 comme dans la **décret 2002-775** qui propose en **restriction de base** de ne pas dépasser des **mA/m²** dans le corps humain, la constante **k** s'ajuste comme suit pour un courant ici exprimé en Ampères par mètre carré :

$$I_{INDUIT (A/m^2)} = k_{USI} * B_{(T)} * F_{(Hz)} * D_{(m)} * \left(1 - \frac{2 * P_{(m)}}{D_{(m)}}\right) * S_{d(m^2)}$$

avec

$$k_{USI} = \left(0,205 + \frac{3,7}{F_{(kHz)}}\right) * 10^{-2}$$

3 - INFORMATIONS SUR LE SYSTÈME LINKY ET SON COURANT CPL

Le système Linky, peut-être à terme déployé sur toute l'Europe, utilise la technologie CPL* (*acronyme de "Courant Porteur en Ligne"*) pour collecter nos données privées depuis notre compteur jusqu'au concentrateur et en sens inverse, envoyer au compteur mises à jour, changements de paramètres, gestion à distance, etc. Le "compteur" Linky est en fait un véritable ordinateur sur lequel le client final n'a aucun contrôle.

La technologie CPL utilise un courant de nature pulsée que chaque compteur Linky peut injecter dans le réseau 230 volts 50 hertz afin de dialoguer avec son concentrateur ERDF local.

Définies par la norme **CENELEC CPL-G1**, les fréquences porteuses CPL en service sont actuellement entre **64 et 74 KHz**. Il est prévu qu'elles soient portées jusqu'à **90,6 kHz** avec le protocole **G3**, ce qui augmentera encore les émissions électromagnétiques parasites. En effet, bien que le courant CPL soit un signal sinusoïdal, son caractère pulsé sans fenêtrage temporel rajoute des harmoniques supérieures, une pollution radiofréquence conséquente constatée § 3.2.



Promotion du CPL Linky par Enedis, ERDF ANFR et le CSTB en 2016.

3.1 - Rythme temporel des émissions du signal CPL relevée sur site Toulousains en 2018

Mesurés et enregistrés sur sites en 2018 par l'équipe de Robin des Toits, les salves de courant CPL sont permanentes. Elles circulent en moyenne **35% du temps**, à raison de plusieurs dizaines de salves par minute à Toulouse. Ces salves durent plus d'une seconde et se suivent, ce qui donne des trains d'ondes de parfois 5 secondes.

Ces données issues de relevés plusieurs fois réitérés en région Toulousaine invalident totalement les valeurs rassurantes du rythme temporel annoncé par ERDF ci-dessus, extraites d'une information par l'ANFR et le CSTB en 2016.

3.2 - Champ rayonné par le signal CPL Linky

La promotion officielle par Enedis et l'ANFR du CPL annonce une valeur du rayonnement à **0,1 V/m**. Cette amplitude de rayonnement CPL est vraisemblable car le CPL ajoute une petite tension ajoutée sur le **230 V**.

Mais cette unité apporte une confusion car le **V/m** est à la fois l'unité de mesure d'un champ électrique, un voltage par unité de longueur, et celle des champs électromagnétiques hyperfréquences qui n'a rien à voir.

Le **V/m** des opérateurs de radio téléphonie mobile est une unité de flux pour mesurer la propagation des champs électromagnétiques en champ libre dans le vide. Elle est quadratique et prend en compte l'impédance caractéristique du vide :

$$\begin{aligned} Z_{VIDE} &= 377\Omega \\ V / m &= \sqrt{Z_{VIDE} * Watts / m^2} \end{aligned}$$

3.3 - Puissance électrique du signal CPL émis par chaque compteur Linky

Avant tout, parler en **V/m** dans la promotion officielle du CPL occulte la valeur élevée du **courant CPL** émise par chaque compteur et sa **puissance** radiofréquence rayonnée par les câbles auxquels il est relié.

Il faut en effet savoir que le réseau **230 V** dans lequel est émis le "**courant**" (et non "voltage") CPL présente une **très faible impédance** aux fréquences du CPL, de l'ordre de **1 Ω**. La simple loi d'Ohm $U = Z * I$ nous prédit que l'apparition d'une petite tension CPL demande un courant CPL important.

Sous **1 Ω, 1 Volt CPL** donne la valeur importante de **1 Ampère CPL**.

La puissance CPL qui sera rayonnée par chaque compteur selon $P = U * I$ sera de 1 Watt.

Nous signalons qu'un talkie-walkie de **1 Watt** avec une antenne accordée permet une transmission en champ libre de plusieurs kilomètres !

À ces radiofréquences, et vu l'impédance du réseau électrique 230 V, le courant CPL rayonne via les câbles du réseau un **champ magnétique**, jugé potentiellement **cancérigène par l'OMS**, bien plus qu'un champ électrique.

C'est la raison pour laquelle le Laboratoire de Recherches de Robin des Toits Midi-Pyrénées étudie les effets possibles du CPL surtout sous les aspects des champs magnétique et électromagnétique, plus qu'électrique.

Dans notre document "**Champ Magnétique CPL toulouse et DataLog Balma 2018 03 31.pdf**" la puissance émissive d'un Linky en fonctionnement dans un appartement a été mesurée à **850 milli watts**.

C'est une puissance très conséquente en radio émission, surtout si elle est rayonnée par une antenne adaptée.

Et justement, les grandes longueurs des câbles du réseau urbain, ceux dans les murs de votre habitation, tous les appareils connectés au réseau, forment à eux tous une immense **antenne rayonnante pour ce signal CPL**, sur **tout le territoire Français**. Sa qualité d'émission est extrêmement variable et imprévisible selon le passage des câbles électriques, leur longueur, altitude, les appareils connectés dessus, etc.

Fait très intéressant, la société Texas Instrument a conçu un circuit électronique spécialisé pour émettre et recevoir du CPL, le composant **APE031**. Très puissant, il peut émettre le CPL jusqu'à **1,5 watts crête**.

Un article récent d'un journal informatique ayant démonté un compteur Linky, confirme que ce **APE031** bien intégré dedans pour l'émission/réception des signaux CPL. Son niveau de puissance émise étant adapté en permanence selon le niveau de pollution électrique du réseau, nous craignons que certains compteurs soient reprogrammés à distance jusqu'aux **1,5 watts**.

Enfin, l'expérience édifiante, facile à faire avec un simple poste de radio "grandes ondes" et décrite sur Youtube (mots clés "HARMONIQUES CPL LINKY", vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=IFBtkx6hs30>), permet de se rendre compte à quel point le rayonnement puissant et haché du champ électromagnétique CPL, émis par les câbles du réseau, est très bien capté par endroits et audible dans un large périmètre avec un poste radio réglé vers **180 kHz en grandes ondes** (pas la bande FM).

4 - CERVEAU ET CHAMP MAGNETIQUE – EXPERIMENTATIONS CONNUES

Nous savons désormais qu'un champ magnétique de 100 nT induit dans un milieu conducteur électrique de similaire à la matière vivante, un courant électrique de quelques milliampères par dm² à l'image du champ magnétique.

4.1.1 - Démodulation audio du courant porteur en ligne CPL

Le courant induit par le champ magnétique est exactement à son image en termes de contenu harmonique, de fréquences, et rythme percussif de celui-ci. Or, l'écoute sonore de la démodulation d'amplitude d'un signal CPL réalisée par notre Laboratoire de Recherches révèle que le contenu informationnel perçu auditivement est un bruit impulsif, très désagréable par son aspect haché et son contenu non harmonique. Nous savons aussi que ce CPL circule en permanence. Dans l'hypothèse où le vivant est influencé par le contenu informationnel du courant qui le traverse, il devient important de considérer ce contenu informationnel.

4.1.2 - Influence des ondes sur l'eau

Il existe un certain nombre d'expériences réputées qui ont prouvé que les messages d'information et les ondes électromagnétiques ont un effet vérifiable sur l'organisation de la matière, vivante ou non.

Masaru Emoto est très célèbre avec ses photos de cristaux de glace dont la géométrie est fortement influencée par le contenu de messages émis vers l'eau, ou des ondes diffusées à côté durant le gel de l'eau. Il serait très intéressant d'observer l'influence du son du courant CPL démodulé sur les cristaux de glace.

Désormais, un certain nombre de chercheurs mettent également en évidence les relations entre intention et harmonie du vivant, au sens large.

Enfin certains chercheurs en physique quantique postulent que le vide dans lequel "flottent" tous les atomes est en fait une matrice très énergétique qui porte cette matière et propage champs électriques et magnétiques.

Les champs interagissent donc intimement en permanence avec toute matière, y compris celle du vivant, très finement organisée.

Vu sous cet angle, en prenant conscience que le vivant est d'une précision chirurgicale dans la division cellulaire, au niveau de l'ADN, des échanges ioniques dans les synapses, de la nutrition, etc., le bruit électromagnétique des technologies actuelles propagé par le "vide", électrosmog qui n'existe absolument pas dans la nature, serait équivalent à une opération chirurgicale menée sur table vibrante, rendant aléatoires les gestes du chirurgien.

4.1.3 - Casque du docteur Persinger

Dans les années 2000, une étude originale a été développée par le Docteur Persinger sur l'impact de champs magnétiques faibles sur le cerveau humain. Les expérimentations visaient à explorer les ressentis de volontaires en temps réel lorsque des champs magnétiques artificiels étaient envoyés dans leur cerveau.

"Casque de Dieu" du Docteur Persinger pour l'étude de l'effet d'un champ magnétique sur le cerveau



A cet effet, ils portaient un casque muni de bobines électriques collées par endroits, comme le montrent ces photos trouvées sur le web. Certains patients atteignaient des états de conscience modifiés qui étaient parfois très agréables, au point que cette expérience a été surnommée "le Casque de Dieu".

La caractéristique importante de cette investigation originale est que les champs magnétiques appliqués, qui étaient faibles comme l'indique la taille des bobines sur la photo, avaient un effet indéniable. Nous ne connaissons pas les fréquences, la force et les formes d'ondes appliquées aux bobines de ce casque.

5 - BILAN DE L'ETUDE

Nous avons étudié ici l'effet électrique d'un champ magnétique sinusoïdal de ± 100 nanoteslas entre 20 et 2000 kHz sur un cerveau humain, simulé simplement par un volume sphérique rempli de sérum physiologique représentant la conductivité de l'organe aux fréquences de l'étude. Nous avons comparé ces résultats aux normes protégeant le vivant en vigueur, le décret 2002-775 et la recommandation 1999/519/CE.

La valeur de 100 nT du champ magnétique est celle que pourrait être émise dans une pièce à vivre d'un habitat configurée défavorablement par un courant CPL Linky pulsé aux radiofréquences du G1. Nous l'avons dimensionnée sur la base des caractéristiques réelles du signal CPL Linky fonctionnel relevées à Toulouse en 2018.

Pour s'assurer que les résultats de cette étude n'ont pas été influencés par la géométrie des bobines émettant le champ magnétique, nous avons aussi placé la sphère liquide au centre d'une bobine plate de 62 cm, et de plus de 1 mètre de diamètre. Nous avons retrouvé exactement nos résultats, ce qui montre que seul le champ magnétique présent est responsable des effets présentés ici.

5.1 - Effets d'un champ magnétique dans le milieu conducteur électrique d'un organe

Les mesures faites dans cette étude nous révèlent qu'un champ magnétique de ± 100 nT & 74 kHz :

- ① pénètre à cœur dans le cerveau humain et tout organe de conduction électrique similaire, ceci pratiquement sans atténuation aux fréquences du signal CPL Linky,
- ② induit dans la matière vivante du cerveau électriquement conductrice, une circulation de courant circulaire perpendiculaire au champ magnétique qui décroit depuis la surface externe vers le centre de la sphère conductrice, puis ré augmente vers son autre face,
- ③ induit un courant électrique de **30 milliampères par m²** dans le volume en surface de la sphère de sérum physiologique. C'est une valeur qui représente le déplacement de **18750 milliards d'électrons par cm² et par seconde**, ce qui peut éventuellement avoir un effet sur la dynamique physiologique du vivant. Les contrastes de caractéristiques physiologiques des différentes régions et interfaces des organes, leur géométrie, leur forte conductivité comme celle du sang, etc., peuvent renforcer ce courant induit par "l'effet fenêtre".
- ④ induit jusqu'à **2 MHz** un courant dans le volume augmentant proportionnellement à sa fréquence : les harmoniques supérieures seront donc amplifiées par rapport à la fréquence de base,
- ⑤ émis par un signal CPL induit un courant dans le volume de la matière vivante exactement à son image en termes de rythme, percussif et pulsé, et les variations d'amplitudes de sa force,
- ⑥ émis par un signal CPL provoque dans le sérum physiologique une puissance thermique théorique dissipée similaire au D.A.S inférieure à **100 nano watt / dm³**, à priori négligeable,
- ⑦ émis jusqu'à la fréquence de **2 MHz** n'est pratiquement pas affecté par "l'effet de peau" qui concentre les courants induits de plus en plus en surface d'un volume lorsque la fréquence augmente, peut-être à cause de la conductivité partielle du sérum physiologique par rapport à celle d'un métal où "l'effet de peau" est maximal.
- ⑧ Le **décret 2002 - 775** protège le grand public des effets de champs électromagnétiques. Il définit à la fois une valeur de référence et une restriction de base qui sont **incohérents**.
En respectant la valeur de référence de ce décret aux fréquences du CPL Linky, le courant induit dans le sérum physiologique dépasse jusqu'à 100 fois la restriction de base de ce même **décret 2002 - 775**.

5.2 - Evaluation des effets biologiques d'un courant induit dans les organes

Cette étude confirme qu'aux fréquences du CPL Linky et jusqu'à 2 MHz, il y a pénétration quasiment à **100 %** du champ magnétique à cœur d'un volume de sérum physiologique, et donc à priori des organes du corps humain. Nous ne pouvons pas aujourd'hui avancer qu'il est à l'origine des malaises que décrivent des personnes ressentent lors de l'activation du courant Linky CPL chez elles.

Toutefois, le rapport de l'**Union Internationale des télécommunications UIT-R.2158-3-2014** signale clairement que très fréquemment, lorsqu'un CPL parcourt des câbles non prévus pour, il y a dépassement fréquent des normes de rayonnement électromagnétique, et de façon imprévisible selon les câbles.

Le décret **2002-775**, qui régit le champ magnétique maximal émis par des dispositifs selon la fréquence, donne aux fréquences du CPL Linky un champ réglementaire de **6250 nT**. L'extrapolation du courant induit à un tel niveau de champ atteint une valeur énorme de **1000 à 5000 milliampères par m²**.

Ce décret **2002-775** exige en **restriction de base** le respect d'un courant maximal dans le corps en fonction de la fréquence, en **milliampères par m²**. Ce critère est prioritaire sur le champ magnétique valeur de référence,

Les expérimentations du courant induit par un champ magnétique dans un organe simulé démontrent clairement l'incohérence entre **valeurs de référence** et **restrictions de base** du décret **2002-775** aux fréquences du CPL Linky.

ENEDIS se prévaut de la **valeur de référence** qui permet ainsi au système CPL d'impacter **jusqu'à 100 fois plus** de courant induit dans le vivant que n'autorise la restriction de base selon la géométrie et la conductivité de l'organe.

D'un point de vue physique, la restriction de base définit un courant de **50 milliampères par m²** aux fréquences du CPL Linky. Cela représente un déplacement de **312 500 électrons par micron carré** chaque seconde, ce qui est considérable à l'échelle des échanges ioniques d'une cellule d'un organisme biologique.

Versés dans la physique et l'électricité, nous ne sommes pas équipés pour des études biologiques qui permettraient d'évaluer les effets possibles d'un tel courant électrique alternatif traversant le vivant, surtout les organes vitaux. Il existe beaucoup d'études scientifiques probantes sur les actions d'un champ magnétique à ces fréquences sur les organes.

Une thèse de Laurent BERNARD dans le domaine public est très intéressante à ce sujet. Son titre est "**Caractérisation électrique des tissus biologiques et calcul des phénomènes induits dans le corps humain par des champs électromagnétiques ...**", et est téléchargeable à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00179791v3>

La réponse à la question des dangers sur le vivant des courants électriques induits aux radiofréquences du CPL Linky nécessite la contribution de chercheurs et scientifiques compétents dans les techniques des sciences médicales, de la biologie, des neurosciences.

Enfin, notre Laboratoire de Recherches de Robin des Toits Midi-Pyrénées dispose du matériel nécessaire pour diagnostiquer préventivement, bien avant mise en service du CPL Linky, le champ magnétique qui serait rayonné par un courant alternatif de même nature que celui du CPL Linky dans un habitat dans sa configuration électrique habituelle. Ce matériel peut se révéler précieux pour vérifier si un habitant sera indisposé par l'activation du CPL Linky chez lui, et prendre ses dispositions.