

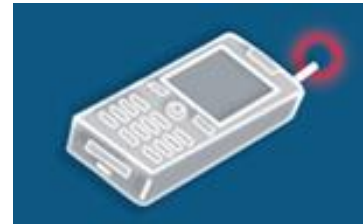


Téléphones mobiles et smartphones

Date:

09. Juillet 2019

Les smartphones connaissent depuis plusieurs années une popularité croissante : en Suisse, 97 % de la population de plus de 16 ans utilise un téléphone mobile ou un smartphone [1]. La manière d'utiliser ces appareils a aussi changé : la plupart des gens s'en servent moins pour téléphoner que pour accéder à des applications web mobiles.



La voix et les données sont transmises par des ondes électromagnétiques de haute fréquence qui vont et viennent entre le téléphone mobile et la station de base, cette dernière assurant la connexion avec le réseau de télécommunication. Différentes technologies peuvent être utilisées, comme la téléphonie mobile classique, Bluetooth ou WLAN. Le rayonnement électromagnétique à haute fréquence qu'elles émettent expose les utilisateurs à des charges de rayonnement au niveau de la tête ou de la main, lorsqu'ils portent cet appareil à l'oreille pour téléphoner ou lorsqu'ils l'utilisent pour naviguer sur internet [2]. Les composants électroniques et la batterie des téléphones mobiles émettent quant à eux des courants électriques qui génèrent des champs électromagnétiques de basse fréquence. Ce rayonnement est également absorbé par la tête et les mains des utilisateurs.

Un téléphone mobile émet des signaux seulement durant une conversation ou un transfert de données. Lorsqu'il est inactif mais enclenché, le téléphone émet un signal à intervalle de quelques minutes pour signaler sa position. La charge de rayonnement est donc négligeable. Le rayonnement diminue en fonction de la distance avec l'appareil.

L'intensité de l'exposition durant l'utilisation du téléphone dépend de différents facteurs :

- Le rayonnement est plus faible lorsque la liaison est de bonne qualité. Pour assurer une liaison de qualité, il importe qu'il y ait le moins possible d'obstacles susceptibles de l'atténuer, entre la station de base et le téléphone mobile. La qualité de la liaison est affichée sur l'écran par des barrettes.
- L'exposition diminue rapidement lorsque la distance augmente ; une possibilité offerte par l'utilisation d'un kit mains-libres, par exemple.
- La quantité de rayonnement absorbée par la tête lors d'une conversation téléphonique varie selon le modèle d'appareil utilisé ; elle est indiquée par l'indice de débit d'absorption spécifique, ou indice DAS. Le rayonnement absorbé par la tête est d'autant plus faible que la valeur de l'indice DAS est basse. L'indice DAS indiqué dans le mode d'emploi de l'appareil ou que l'on trouve sur internet correspond à la valeur maximale de l'appareil ; la valeur effective peut être plus faible dans l'usage quotidien [3]. En Allemagne, l'Office fédéral de la radioprotection (lien) publie une liste des valeurs DAS concernant les téléphones mobiles.



L'intensité du champ magnétique est fonction de la technologie mise en œuvre. Avec un téléphone doté de la technologie UMTS (3G) et LTE (4G), l'exposition au niveau de la tête est nettement plus faible qu'avec un téléphone GSM (2G) [2]. Les téléphones mobiles UMTS et LTE règlent leur puissance bien plus efficacement que les appareils GSM. Les téléphones mobiles LTE (4G) n'utilisent en moyenne qu'1 % de la puissance maximale d'émission (« Output Power Levels of 4G User Equipment and implications on realistic RF EMF exposure assessments, 2018 ») alors qu'ils permettent de transmettre un plus grand nombre de données, tout comme les modèles UMTS.

L'actuelle introduction de la 5G se déroule dans des gammes de fréquences déjà utilisées pour la téléphonie mobile et le WLAN.

Il subsiste des incertitudes quant aux effets sur la santé d'une exposition prolongée au rayonnement à haute fréquence émis par les téléphones mobiles ; une exposition de courte durée ne présente quant à elle aucun risque.

Des incertitudes subsistent également quant aux effets sur la santé d'une exposition prolongée au rayonnement à basse fréquence généré par les composants électroniques et la batterie des appareils ; une exposition de courte durée ne présente aucun risque.

Les conseils ci-dessous vous aident à réduire votre exposition au rayonnement des téléphones mobiles ou smartphones :

- Utilisez des écouteurs ou un **kit mains libres** Bluetooth à faible rayonnement (classe de puissance 2 ou 3) afin de réduire l'exposition au niveau de la tête.
- Utilisez de préférence les réseaux mobiles modernes, tels que LTE (4G) ou UMTS (3G), dont le rayonnement est plus faible que celui de l'ancienne technologie GSM. Réglez votre appareil en conséquence ou adressez-vous à votre revendeur.
- A l'intérieur ou dans le train, utilisez si possible une connexion WLAN pour téléphoner ou pour échanger des données ; réglez votre appareil en conséquence.
- Prudence avec les accessoires de protection et anti-radiations censés réduire le rayonnement ! S'ils entravent la qualité de la liaison, le téléphone doit émettre à plus haute intensité.
- Les porteurs d'**implants médicaux** électroniques doivent respecter une distance de 30 cm entre le téléphone mobile et l'implant.

Autres conseils:

- **N'utilisez JAMAIS de téléphone mobile lorsque vous êtes au volant.** Même avec un kit mains libres, la conversation détourne l'attention du conducteur.
- **N'utilisez JAMAIS de téléphone mobile** lorsque vous êtes à vélo ou lorsque vous traversez une route à pied.



1 Stations de base

Pour toute information détaillée concernant le rayonnement des stations de base, veuillez-vous adresser à l'Office fédéral de l'environnement OFEV [4] ou aux services cantonaux chargés de la protection contre le rayonnement non ionisant (RNI).

Des informations complémentaires sur la 5G sont disponibles sur les sites de l'OFEV et de l'OFCOM.

2 Technologies de téléphonie mobile

Le GSM (*Global System for Mobile Communication*) [5] est une norme numérique de téléphonie mobile principalement utilisée pour la téléphonie et l'échange de SMS (*Short Messages*). Il s'agit de la deuxième génération (2G) de la technologie de communication mobile. Le GPRS (*General Packet Radio System*) et l'EDGE (*Enhanced data rate for global evolution*) sont des extensions du GSM, qui permettent d'échanger des données et d'accéder à internet.

La norme UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) [6] se distingue du GSM par un débit de données plus élevé et par de meilleurs services pour la transmission de données et de multimédia. Elle est cependant également utilisée pour la téléphonie et le SMS. L'UMTS est la troisième génération (3G) de la technologie de communication mobile. La technologie LTE (Long Term Evolution) [7], qui appartient à la quatrième génération (4G), permet des débits de données encore une fois nettement plus élevés. L'introduction de la 5G est actuellement en cours.

Le GSM a connu son pic de diffusion à l'échelle mondiale en 2012. Ces dernières années, les smartphones dotés de la technologie UMTS, puis ceux équipés de la technologie LTE, ont enregistré une forte croissance et ils gagnent actuellement de plus en plus de parts de marché (ill. 1).

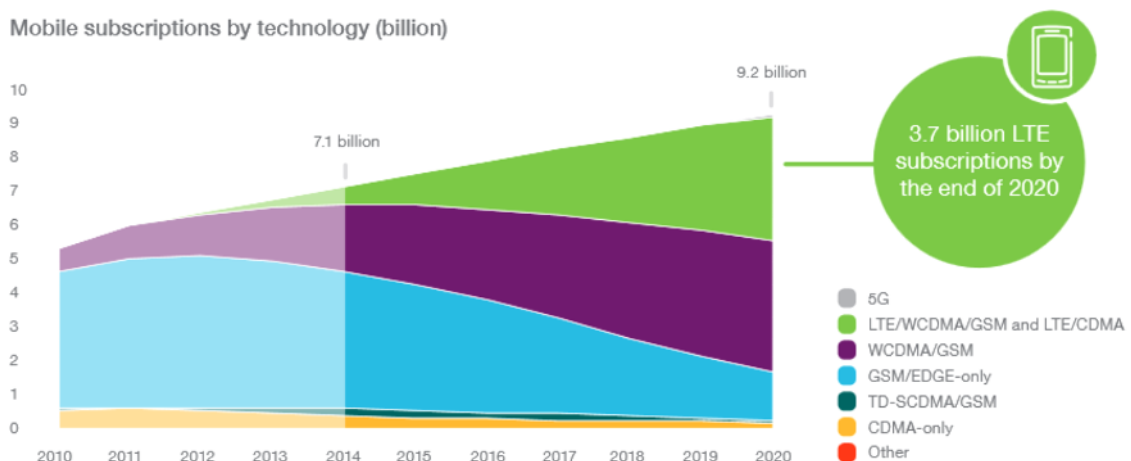


Illustration 1 : Diffusion des technologies de communication mobile à l'échelle mondiale

En principe, la norme LTE supporte toutes les bandes de fréquences des réseaux existants des 2e et 3e générations. Elle utilise toutefois principalement les fréquences dans la bande des 2,6 GHz et



celles dans la bande des 800 MHz (tableau 1).

Le tableau 1 montre les bandes de fréquences actuellement disponibles en Suisse, ainsi que les largeurs de bande correspondantes [5, 6, 7]

Bande de fréquences	Largeur de bande	Utilisé pour	Puissance d'émission de crête	Puissance d'émission moyenne (communication téléphonique typique)
800 MHz	2x30 MHz		250 mW	Zone rurale: 1,5 mW ; moins en zone urbaine
900 MHz	2x35 MHz	2G	2 W	250 mW
1800 MHz	2x75 MHz	jusqu'alors 2G et 3G	1 W	125 mW
2100 MHz	1x20 MHz 2x60 MHz 1x15 MHz	jusqu'alors 2G et 3G	250 mW	Zone rurale: 1,5 mW ; moins en zone urbaine
2600 MHz	2x70 MHz 1x50 MHz	jusqu'alors 3G	250 mW	Zone rurale: 1,5 mW ; moins en zone urbaine
3400-3800 MHz	400 MHz		250 mW	Zone rurale: 1,5 mW ; moins en zone urbaine



3 Brève description des diverses technologies de communication mobile

Des informations et une documentation plus détaillées se trouvent sur le site de l'Office fédéral de la communication, www.ofcom.admin.ch.

3.1 Puissance d'émission

GSM

Dans les cellules GSM [5], la transmission des signaux entre le téléphone mobile et la station de base se fait sur une fréquence porteuse déterminée, sous forme de courts paquets insérés dans une trame de huit intervalles de temps. Le premier intervalle de temps, ou canal de contrôle, transmet les données système du réseau au téléphone mobile et synchronise ce dernier avec la station de base. Les stations de base émettent le canal de contrôle à pleine puissance et en permanence, afin que les téléphones mobiles puissent trouver la cellule au moment où ils sont enclenchés, en cas d'itinérance ou lors du transfert intercellulaire (handover). Même si aucune conversation n'est menée dans la cellule, la fréquence porteuse est émise à pleine puissance dans les huit intervalles de temps. Les sept autres intervalles de temps peuvent être utilisés pour les conversations.

La charge de rayonnement des téléphones mobiles dépend beaucoup de la puissance d'émission, qui dépend elle-même de la qualité de la liaison entre l'appareil et la station de base. Lorsque la liaison est bonne, le téléphone mobile émet moins de rayonnement que lorsqu'elle est mauvaise. Les liaisons sont généralement plus mauvaises depuis l'intérieur d'un bâtiment, car les murs et les fenêtres modernes à vitrage isolant empêchent le passage des ondes. Par ailleurs, la qualité de la liaison radio diminue lorsque la distance avec la station de base augmente : c'est la raison pour laquelle les liaisons sont souvent meilleures en ville, où il y a une forte densité de stations de base, qu'à la campagne (tableau 2).

Un autre facteur déterminant pour l'intensité du rayonnement des téléphones GSM est la fréquence des changements de cellule ou de groupe de cellules (cluster). A chaque fois que le téléphone doit établir la liaison avec la nouvelle cellule ou le nouveau cluster, il émet brièvement à la puissance maximale. Une fois la liaison établie, il ajuste la puissance d'émission à un niveau inférieur, de sorte que l'utilisateur subit une moindre charge de rayonnement.



Tableau 2 : Réduction de la puissance d'émission d'un téléphone GSM grâce à une bonne liaison et peu de changement de cellules [9].

Comparaison	Réduction de la puissance d'émission
Extérieur vs intérieur	68 %
Ville vs campagne	10 %
Stationnaire vs en mouvement	45 %

Grâce à la régulation automatique de la puissance, la puissance d'émission effective d'un téléphone mobile pourrait être très inférieure à sa puissance maximale. Or différentes études montrent que tel n'est pas le cas. Lors d'une étude menée en Italie [9], on a mesuré durant 2 à 6 mois la puissance émise par les téléphones mobiles de six personnes utilisant l'appareil pour leurs besoins quotidiens. Il est apparu que, selon la bande de fréquences utilisée, les téléphones émettaient encore à 67 % ou 50 % de la puissance maximale malgré la régulation de la puissance. Une étude menée en Suède a abouti à des constats similaires [10]. On suppose que cela s'explique par le fait que les stations de base peuvent provoquer des changements de cellules fréquents même si l'utilisateur du téléphone ne se déplace pas, ceci pour optimiser l'utilisation du réseau [9] (tableau 3).

Tableau 3 : Part en % du temps durant lequel un appareil GSM 900/1800 MHz émet à la puissance maximale

		Durée d'émission à la puissance maximale en % de la durée totale, à 900/1800 MHz
Etude [10]	Ville	25
	Campagne	50
Etude [9]	Ville	48 / 39
	Campagne	60 / 49

UMTS

Les téléphones mobiles UMTS sont capables de régler la puissance de manière beaucoup plus efficace que les appareils GSM. Ils émettent à la puissance la plus basse possible pour établir la liaison, puis augmentent la puissance jusqu'à garantir une qualité de communication suffisante. Pour la transmission de la voix et des données, la téléphonie UMTS utilise une technique totalement différente de celle du GSM : le WCDMA



(Wideband Code Division Multiple Access). Avec cette technique, les participants d'un réseau communiquent tous sur la même fréquence. La séparation des canaux se fait par un code de canal attribué à chaque participant lorsqu'il établit la liaison. Ce procédé est radicalement différent des autres systèmes de téléphonie (GSM, LTE, DECT, TETRA, etc.), dans lesquels les participants actifs dans une cellule sont séparés des autres par des fréquences ou des intervalles de temps différents.

Les stations de base UMTS sont connectées entre elles en *cluster*. A l'intérieur d'un *cluster*, le téléphone n'a pas besoin de changer de cellule, et le changement de cellule d'un *cluster* à un autre ne nécessite jamais la puissance maximale de l'appareil. Toutefois, si la couverture de l'UMTS est incomplète, le téléphone peut basculer sur le réseau GSM lors du changement de cellule et il émet alors à une puissance plus élevée. Les mesures [11] montrent que les appareils dotés de la technologie UMTS permettent de téléphoner avec des puissances d'émission bien inférieures à leur puissance d'émission maximale.

Etant donné que la puissance d'émission dépend de la quantité de données transmises, le téléphone émet à une puissance nettement plus élevée lors du transfert de données que lors de communications téléphoniques, celles-ci ne représentant qu'un faible volume de données (tableau 4).

Tableau 4 : Puissance d'émission d'un appareil UMTS en fonction de l'activité [11]

	Puissance d'émission moyenne (μW)	Puissance d'émission moyenne (en % de la puissance maximale)
Appel stationnaire	4,6	0,004
Appel en marchant	9,5	0,008
Téléchargement de données (upload)	135,9	0,11
Téléchargement de données (download) + appel	61,5	0,05

La puissance d'émission maximale des téléphones mobiles UMTS est de 250 mW, mais les puissances mesurées dans la pratique sont nettement inférieures. D'après des simulations effectuées par les fabricants et les exploitants de réseau, la puissance d'émission moyenne est d'environ 1,5 mW dans un environnement rural et encore plus faible dans le milieu urbain [12]. Les téléphones mobiles UMTS émettent ainsi à une puissance nettement inférieure à celle des téléphones mobiles GSM.

LTE

La norme LTE [8] supporte toutes les fréquences utilisées pour la téléphonie mobile. Par rapport à la norme UMTS, la principale nouveauté du LTE réside dans l'introduction de nouveaux procédés de codage pour les liaisons descendantes et ascendantes. Ces procédés complexes permettent d'exploiter le système avec des largeurs de bande de canal évolutives entre 1,4 MHz et 20 MHz. Le LTE offre



donc une grande souplesse, puisqu'il peut être utilisé dans les diverses largeurs de bande allouées à l'opérateur et – au contraire de l'UMTS – n'exige pas des largeurs de bandes fixes de 5 MHz ou d'un multiple de cette fréquence. Dans cette technologie très complexe, la distribution des signaux porteurs dans les plages de temps et de fréquence est rapide et optimisée, ce qui confère au LTE un très net gain d'efficacité et de rapidité par rapport aux technologies précédentes.

Le LTE offre non seulement des débits nettement plus élevés et une meilleure utilisation du spectre de fréquences que ses prédécesseurs, mais aussi un temps de latence réduit (temps de transfert d'un paquet de données de l'expéditeur au destinataire). Avec la technologie LTE, le temps de latence est de 5 millisecondes au maximum, alors qu'il est en moyenne de 70 à 140 millisecondes avec l'UMTS. Cette performance se traduit par une meilleure réactivité du réseau et une amélioration des services en temps réel, comme la transmission VoIP (voix sur IP, applications vidéo).

5G

La 5G est la nouvelle norme internationale de téléphonie mobile. Elle permet d'atteindre des débits de données maximaux de 10 Gbits/s avec des temps de réaction réduits. Dans les gammes de fréquences actuellement disponibles, la technologie radio de la 5G est comparable à celle de la 4G, avec la même technique de modulation. Toutefois, la largeur de bande disponible est bien plus importante pour la 5G. Les bandes de fréquences récemment mises aux enchères pour la 5G se situent dans un spectre déjà utilisé pour les applications de télécommunication à haute fréquence.

4 Mesures de l'exposition

4.1 Indice DAS lors d'une exposition au rayonnement à haute fréquence



Illustration 2 : Mesure de l'indice DAS au moyen d'une tête « fantôme ». Source de l'image : [13]

L'indice DAS (débit d'absorption spécifique) est le meilleur moyen de définir l'exposition d'un corps au rayonnement. Il s'exprime en W/kg et indique la puissance (W) qui est absorbée par le corps humain (kg). L'indice DAS est déterminé pour chaque modèle de téléphone mobile au moyen d'une tête de mannequin simulant les propriétés du cerveau humain (ill. 2) et recevant le rayonnement émis dans les pires conditions d'utilisation d'un téléphone. La valeur ainsi déterminée est comparée à la valeur limite de l'ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), fixée à 2

W/kg [14]. Les indices DAS des différents modèles de téléphones mobiles sont publiés sur divers sites internet, tels que lien OFS. Les téléphones mobiles vendus en Suisse doivent obligatoirement respecter la valeur limite de 2 W/kg.

Dans le cadre du projet FP7 mené par l'UE [2], on a mesuré l'exposition au rayonnement découlant de l'utilisation d'appareils mobiles dotés de différentes technologies, en fonction de la distance entre l'appareil et le corps humain. Il en est clairement ressorti que l'exposition pouvait être réduite en ne tenant pas l'appareil près de l'oreille, mais à une distance de plus de 20 cm. L'utilisation d'un kit mains libres, par exemple, permet de respecter cette condition. Les nouvelles technologies de transmission réduisent aussi la charge de rayonnement : les indices DAS des appareils UMTS (3G) ou utilisant la technologie WLAN sont inférieurs à ceux des appareils GSM (2G).

Selon l'étude SEAWIND [2], l'exposition au rayonnement est la plus forte lorsque le téléphone mobile porté près du corps est utilisé comme point d'accès WiFi mobile (en « *tethering* », selon la terminologie anglaise). De même, les applications de données à très haut débit provoquent en règle générale des charges de rayonnement plus élevées que les conversations téléphoniques (ill. 3).

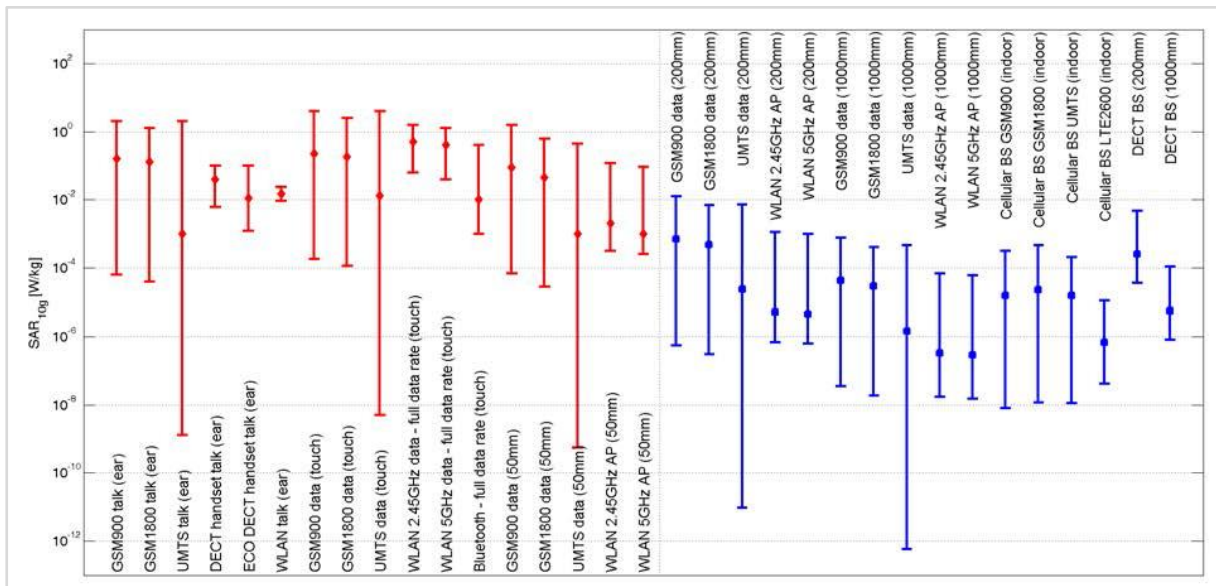


Illustration 3 : Estimation de la charge de rayonnement en fonction de la technologie de transmission et de la distance (en rouge : près du corps / en bleu : entre 20 cm et 1 m de distance)

4.2 Kit mains libres, oreillettes

Oreillettes filaires : la charge de rayonnement au niveau de la tête a fait l'objet de diverses études. Bit-Babik et al. [15] ont mesuré le rayonnement d'appareils GSM 900 MHz à l'aide de calculs de modélisation et de mesures sur des têtes « fantôme » et ont ainsi démontré que l'utilisation d'oreillettes réduit toujours l'exposition de la tête. Les mesures ont montré qu'en utilisant des oreillettes, l'indice DAS dans la tête est 8 à 20 fois inférieur à celui mesuré lorsque le téléphone mobile est porté près de l'oreille. L'absorption dans la tête est en outre réduite lorsque le téléphone et le fil sont près du corps, car ce dernier absorbe ainsi une part de rayonnement. Troulis et al. [16] ont effectué des essais avec



le GSM 1800 MHz et démontré qu'en raison de cette absorption de rayonnement par le corps, le téléphone mobile perd en efficacité et émet par conséquent un rayonnement plus élevé. Un point important est de veiller à tenir le téléphone de manière à ce que l'antenne (qui se trouve généralement au dos de l'appareil) ne soit pas dirigée vers le corps, car cela diminue la qualité de la liaison. D'une manière générale, on peut affirmer que la tête et donc l'organe particulièrement sensible qu'est le cerveau sont moins exposés lorsque le téléphone mobile est utilisé avec une oreillette. Lors d'une étude réalisée en Allemagne dans le cadre du programme de recherche sur la télécommunication mobile (Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm DMF) [17], des tests effectués avec le GSM 1800 dans les pires conditions possibles ont certes donné pour résultat des indices DAS élevés dans une région précise et circonscrite de l'oreille interne, mais le constat global reste que l'utilisation d'un équipement mains libres a pour effet de réduire d'une manière générale l'exposition au niveau de la tête.

Oreillettes Bluetooth : dans les kits mains libres équipés d'oreillettes Bluetooth, celles-ci sont reliées au téléphone non pas par un fil, mais par des ondes radio (pour plus d'information, consultez notre page internet « Bluetooth »). Sur mandat de l'OFSP, une étude a été effectuée avec deux kits mains libres équipés d'oreillettes Bluetooth [18]. Les indices DAS mesurés pour ces deux systèmes d'oreillettes étaient de 0,001 et 0,003 W/kg, soit des valeurs respectivement 30 et 10 fois inférieures à l'indice DAS de l'appareil de téléphonie mobile émettant le rayonnement le plus faible (DAS 0,03) qui était alors disponible sur le marché.

4.3 Accessoires de protection

Manning et al. [19] ont testé différents accessoires de protection. Les autocollants et coussinets apposés sur l'écouteur n'ont que très peu d'effets : selon les cas, l'indice DAS mesuré a soit légèrement augmenté, soit légèrement diminué. La qualité de la liaison a elle aussi été peu modifiée. Couvrir l'antenne permet d'obtenir jusqu'à 99 % de réduction du DAS, mais cela diminue dans la même mesure la qualité de la liaison. Certains étuis de protection pour téléphones mobiles réduisent le DAS sans diminuer la qualité de la liaison, d'autres affaiblissent la liaison dans la même proportion qu'ils réduisent le DAS. La forme de l'étui, notamment le fait qu'il couvre ou non le clavier, joue à cet égard un rôle décisif.

Selon une étude réalisée par Oliver et al. [20], aucun des neufs petits autocollants testés, censés réduire le DAS, n'a donné de résultat positif. Les mesures n'ont pas même montré de diminution du DAS dans la zone de la tête où l'absorption est habituellement la plus élevée.

4.4 Champs magnétiques de basse fréquence émis par le GSM

Un téléphone mobile GSM émet et reçoit des signaux toutes les 4,6 ms durant 577 μ s. Cela génère un appel de courant de même rythme au niveau de la batterie, produisant ainsi une composante de rayonnement à basse fréquence de 217 Hz. Une étude menée sur mandat de l'OFSP a mesuré les composantes de rayonnement à basse fréquence de cinq modèles de téléphones mobiles [21]. Des intensités de champ magnétique élevées ont été observées principalement pour les multiples de 217 Hz (tableau 5, ill. 4).



Tableau 5 : Champs magnétiques de basse fréquence et indices DAS de téléphones mobiles GSM [21]

		Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4	Modèle 5
Champ magnétique à une distance de 5 mm (μT)	Face	4,7	7,25	14,63	6,09	4,94
	Dos	29,46	31,89	33,68	29,5	28,07
Champ magnétique à la surface (μT)	Face	8,3	12,4	19,3	8,3	11,4
	Dos	52,8	35,1	66,1	74,8	56,3
Indice DAS (W/kg)		0,826	1,01	1,02	0,438	0,707

L'illustration 4 présente les variations du champ magnétique d'un téléphone mobile GSM en fonction de la fréquence. La valeur limite recommandée par l'UE [14] dépend de la fréquence. Les champs magnétiques de fréquences 3 à 5 fois plus élevées que la fréquence de base de 217 Hz dépassent la valeur limite.

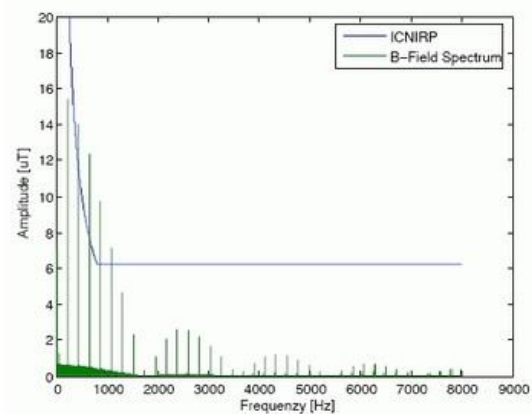


Illustration 4 : Champ magnétique d'un téléphone mobile GSM en fonction de la fréquence. La fréquence de base est de 217 Hz. Les multiples de 217 Hz apparaissent clairement. En bleu, le champ magnétique qui correspond à la valeur limite recommandée dans l'Union européenne. Source : [21]



5 Effets sur la santé

5.1 Cancer

Champs magnétiques de basse fréquence

Les champs magnétiques de basse fréquence sont générés par le courant produit par la batterie du téléphone mobile et par les composants électroniques de l'appareil. Il n'existe aucune étude sur les effets de ces champs magnétiques sur la santé. En 2012, le Centre international pour la recherche sur le cancer (CIRC) a néanmoins classé de manière générale les champs magnétiques statiques et de basse fréquence comme « peut-être cancérigènes pour l'homme » (groupe 2B) [22]. Elle s'est basée pour cela sur des études épidémiologiques qui indiquent qu'une exposition constante et de longue durée à des champs magnétiques de faible intensité, entre 1 et 0,4 μT , pourrait augmenter le risque de leucémie chez les enfants et le risque de maladie d'Alzheimer [6]. Il subsiste cependant des doutes quant à savoir si ce risque existe aussi avec les téléphones mobiles.

Champs magnétiques de haute fréquence

Sur la base d'études indiquant un possible lien entre l'utilisation de téléphones mobiles ou sans fil et le risque de tumeur au cerveau, le Centre international pour la recherche sur le cancer (CIRC) a déclaré en 2011 les champs magnétiques comme « peut-être cancérigènes pour l'homme » (groupe 2B) [23]. Le CIRC juge toutefois les données disponibles et les éléments probants limités, car ces études présentent des défauts concernant la méthodologie et l'estimation de la durée de l'exposition.

5.2 Autres effets étudiés

Effets sur l'activité cérébrale

L'électroencéphalographie (EEG) permet de mesurer l'activité cérébrale. Le rayonnement des téléphones mobiles peut influencer l'activité cérébrale aussi bien à l'état de veille qu'à l'état de sommeil. Il subsiste toutefois des incertitudes quant à l'effet de cette modification de l'activité cérébrale sur la santé humaine.

Perception et traitement des stimuli

Par le passé, des études ont indiqué que le rayonnement de la téléphonie mobile pouvait avoir pour effet de réduire les temps de réaction aux stimuli. Selon des études plus récentes, cet effet ne se produit plus dans tous les cas.

Sensations auditives liées aux micro-ondes

Rien n'indique que le rayonnement des téléphones mobiles augmente le risque d'acouphènes.

Effets sur le système cardio-vasculaire

L'influence du rayonnement des téléphones mobiles sur la pression artérielle, le pouls, la variabilité de



la fréquence cardiaque et l'irrigation sanguine cutanée n'a été que très peu étudiée et les résultats obtenus ne sont pas consistants.

Effet sur le bien-être

Lors d'enquêtes, certaines personnes interrogées attribuent des symptômes non spécifiques (c.-à-d. qui ne sont pas des manifestations cliniques directes de maladies) tels que la fatigue, des vertiges ou des maux de tête au rayonnement des téléphones mobiles. Un tel lien de cause à effet n'a cependant pas pu être établi de manière consistante dans des études épidémiologiques [25-28]. Il convient cependant de relever que l'on manque encore d'études à long terme permettant d'évaluer l'effet du rayonnement des téléphones mobiles sur le bien-être général [29].

Effet sur le sommeil

De nombreuses études en laboratoire ont examiné l'influence du rayonnement de la téléphonie mobile sur le sommeil. Certaines ont montré que les personnes exposées à un tel rayonnement avant l'endormissement s'endormaient plus rapidement [30] et présentaient une activité cérébrale électrique modifiée durant le sommeil [31]. La plupart de ces études ne permettaient toutefois pas d'établir un lien entre le rayonnement des téléphones mobiles et le sommeil. Lors d'études épidémiologiques [25, 27], il n'a pas été possible d'établir un lien consistant entre la qualité auto-évaluée du sommeil et l'exposition au rayonnement à haute fréquence. Les téléphones mobiles ne sont souvent pas éteints durant la nuit et peuvent de ce fait influencer la qualité du sommeil. Une étude menée avec 439 personnes a montré que le fait d'être réveillé la nuit par un téléphone mobile était associé à un surcroît de fatigue, des maux de tête et une plus grande fatigabilité ; aucune influence sur les facultés cognitives (p. ex., la capacité de concentration) n'a toutefois été décelée [32].

Troubles de l'attention chez les enfants

Le rapport entre les troubles de l'attention chez les enfants et le rayonnement des téléphones mobiles a été examiné dans un nombre restreint d'études [33]. Un possible lien entre l'exposition au rayonnement à haute fréquence et des troubles du comportement chez des enfants et des jeunes personnes a été décelé [33], mais ces résultats ne sont pas encore suffisamment confirmés et l'on ne peut pas exclure que d'autres facteurs soient en cause.

Fertilité

Vu le petit nombre d'études réalisées à ce sujet, l'influence du rayonnement des téléphones mobiles sur la fertilité ne peut pas être évaluée de manière définitive. La plupart des études ont examiné l'effet du rayonnement émis par les téléphones mobiles sur la mobilité et la densité des spermatozoïdes [34]. Elles évaluent toutefois de manière insatisfaisante l'exposition au rayonnement, de sorte que leurs résultats ne permettent pas de tirer des conclusions définitives.

Interférence avec les implants

Les téléphones mobiles peuvent perturber le fonctionnement des stimulateurs cardiaques (inhibition, stimulation inadéquate, mode asynchrone) [35-37]. Les stimulateurs cardiaques de nouvelle génération [38, 39], les défibrillateurs implantables [35] et les stimulateurs cérébraux [40] sont moins sensibles aux dysfonctionnements. Une distance de 30 cm entre l'implant et le téléphone mobile devrait toutefois être respectée. Il est par conséquent recommandé aux porteurs d'implants de ne pas porter



le téléphone mobile dans une poche intérieur et de téléphoner du côté opposé à l'implant [35].

Accidents de la circulation

Les dangers de l'utilisation d'un téléphone mobile au volant sont prouvés. Téléphoner au volant augmente significativement le risque d'accidents, mortels ou non [40-42]. L'effet de l'utilisation du téléphone mobile sur la conduite automobile est comparable à celui d'une alcoolémie élevée (0,08 %) [43]. Le danger persiste un certain temps après la conversation téléphonique. L'utilisation d'un kit mains libres ne diminue pas le risque.

6 Dispositions légales

Les téléphones mobiles doivent être conformes à la norme de produit européenne SN EN 50360 [44]. L'indice DAS mesuré conformément à la norme EN 50361 [45] ne doit pas dépasser la valeur limite de l'ICNIRP [14], soit 2 W/kg. Pour les appareils dotés d'une technologie offrant plusieurs services (p. ex., UMTS ou WLAN), l'indice DAS doit être déterminé pour chaque fréquence. Si les différents services présentent en plusieurs endroits un indice DAS maximum et si la part de l'indice DAS des autres services représente moins de 5 %, l'indice DAS déterminant est celui qui atteint la valeur la plus élevée [46].

L'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI) [47] règle les conditions à respecter en ce qui concerne le rayonnement des stations de base de la téléphonie mobile.



7 Bibliographie

1. gfs.Bern. Neues Nutzungsverhalten, deutliche Nutzensicht, verstärkte Sensibilität gegenüber gesundheitlichen Risiken – Schlussbericht. Studie im Auftrag von Forum Mobil, Januar 2015.
2. SEAWIND - Sound Exposure & Risk Assessment of Wireless Network Devices, FP7-Final Summary Report 2012.
3. Roser et al., Development of an RF-EMF Exposure Surrogate for Epidemiologic Research, Int J Environ. Res. Public Health 2015.
4. <http://www.handystrahlung.ch/sar.php>
5. <http://www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01079/01086/index.html?lang=de>
6. BAKOM, Faktenblatt GSM, Juni 2015 <http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01182/index.html?lang=de>
7. BAKOM, Faktenblatt UMTS, 12. Juni 2015 <http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01178/index.html?lang=de>
8. BAKOM, Faktenblatt LTE und LTE+, Juni 2015 <http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01397/03794/index.html?lang=de>
9. Medienmitteilung Swisscom: <https://www.swisscom.ch/de/about/medien/press-releases/2015/10/20151008-MM-Swisscom-ruestet-ihr-Mobilfunknetz-fuer-die-Zukunft.html>
10. Ardoino L, Barbieri E, Vecchia P. Determinants of exposure to electromagnetic fields from mobile phones. Radiat Prot.Dosimetry 2004;111:403-6.
11. Lönn S et al. Output power levels from mobile phones in different geographical areas; implications for exposure assessment. Occupational and Environmental Medicine 2004;61:769-72.
12. Georg R. Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR-Werte), die während der alltäglichen Nutzung von Handys auftritt. 2006
13. Report ITU-R M.2039-2: Characteristics of terrestrial IMT-2000 systems for frequency sharing/interference analyses (11/2010).
14. European commission. Health and electromagnetic fields EU-funded research into the impact of electromagnetic fields and mobile telephones on health. 2006.
15. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521.
16. Bit-Babik G et al. Estimation of the SAR in the human head and body due to radiofrequency radiation exposure from handheld mobile phones with hands-free accessories. Radiat.Res. 2003;159:550-7.
17. Troulis SE, Scanlon WG, Evans NE. Effect of a hands-free wire on specific absorption rate for a waist-mounted 1.8 GHz cellular telephone handset. Phys Med Biol 2003;48:1675-84.
18. Kühn S et al. Bestimmung von SAR-Werten bei der Verwendung von Headsets für Mobilfunktelefone. 2008. Siehe "Weitere Informationen"
19. Kramer A et al. Development of Procedures for the Assessment of Human Exposure to EMF from Wireless Devices in Home and Office Environments. 2005.
20. Manning MI, Densley M. On the effectiveness of various types of mobile phone radiations shields. SAR Test Report 0113. 2001
21. Oliver JP, Chou CK, Balzano Q. Testing the effectiveness of small radiation shields for mobile phones. Bioelectromagnetics 2003;24:66-9.
22. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 80, 2002, Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-frequency Electric and Magnetic Fields.



23. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 102, 2012, Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields.
24. Sage C, Johansson O, Sage SA. Personal digital assistant (PDA) cell phone units produce elevated extremely-low frequency electromagnetic field emissions. *Bioelectromagnetics*. 2007; 28:386-92.
25. Berg-Beckhoff G, Blettner M, Kowall B, Breckenkamp J, Schlehofer B, Schmiedel S, Bornkessel C, Reis U, Potthoff P, Schüz J. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup Environ Med*. 2009;66(2):124-30.
26. Blettner M, Schlehofer B, Breckenkamp J, Kowall B, Schmiedel S, Reis U, Potthoff P, Schüz J, Berg-Beckhoff G. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med*. 2009;66(2):118-23.
27. Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med*. 2006;63(5):307-13
28. Thomas S, Kühnlein A, Heinrich S, Praml G, Nowak D, von Kries R, Radon K. Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults: a cross-sectional study based on dosimetry. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(6):463-70.
29. Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations-Effects on wellbeing and health. *Pathophysiology*. 2009 Aug;16(2-3):123-35.
30. Mann K, Röschke J. Sleep under exposure to high-frequency electromagnetic fields. *Sleep Med Rev*. 2004;8(2):95-107.
31. Huber R, Treyer V, Borbély AA, Schuderer J, Gottselig JM, Landolt HP, Werth E, Berthold T, Kuster N, Buck A, Achermann P. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res*. 2002;11(4):289-95
32. Schoeni A, Roser K, Rössli M (2015) Symptoms and Cognitive Functions in Adolescents in Relation to Mobile Phone Use during Night. *PloS ONE* 10(7).
33. Thomas S, Heinrich S, von Kries R, Radon K. Exposure to RF-EMF and behavioural problems in Bavarian children and adolescents. *Eur J Epidemiol*. 2010;25:135-41.
34. Zilberlich A. et al. Habits of cell phone usage and sperm quality – does it warrant attention? *Reproductive BioMedicine Online*, 2015, Volume 31, Issue 3, 421-426.
35. Kainz W et al. Electromagnetic compatibility of electronic implants - review of the literature 1. *Wien.Klin.Wochenschr*. 2001;113:903-14.
36. Tandogan I et al. Effects of mobile telephones on the function of implantable cardioverter defibrillators. *Ann.Noninvasive.Electrocardiol*. 2005;10:409-13.
37. Barbaro V et al. On the mechanisms of interference between mobile phones and pacemakers: parasitic demodulation of GSM signal by the sensing amplifier. *Phys Med Biol* 2003;48:1661-71.
38. Trigano A et al. Reliability of electromagnetic filters of cardiac pacemakers tested by cellular telephone ringing. *Heart Rhythm*. 2005;2:837-41.
39. Hekmat K et al. Interference by cellular phones with permanent implanted pacemakers: an update. *Europace*. 2004;6:363-9.
40. Kainz W, Alesch F, Chan DD. Electromagnetic interference of GSM mobile phones with the implantable deep brain stimulator, ITREL-III. *Biomed.Eng Online*. 2003;2:11.
41. McEvoy P et al. Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. *BMJ* 2005.



42. Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *N.Engl.J.Med.* 1997;336:453-8.
43. Violanti JM. Cellular phones and fatal traffic collisions. *Accid.Anal.Prev.* 1998;30:519-24.
44. Strayer DL et al. A comparison of the cell phone driver and the drunk driver. *Hum Factors.* 2006 ;48:381-91.
45. CENELEC. EN SN 50360: 2013-01 Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz). Deutsche Fassung EN 50360:2001 + Cor. :2006 + A1:2012.
46. DIN EN 62209-1:2007-03. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) (IEC 62209-1:2005); German version EN 62209-1:2006.
47. IEC. 62209-2:2010 Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices - Human models, instrumentation, and procedures - Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz).
48. SR 814.710 Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (Stand 1.7.2012).

Contact spécialisé

Office fédéral de la santé publique OFSP
emf@bag.admin.ch