

L'électrosmog dans l'environnement



Office fédéral de
l'environnement,
des forêts et
du paysage
OFEFP

Les installations de distribution d'électricité, les appareils électriques ainsi qu'une multitude de stations émettrices pour différentes applications de radiocommunication génèrent un rayonnement non ionisant (RNI). Suivant son intensité, cet électrosmog peut être nocif pour la santé humaine. L'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant édictée par le Conseil fédéral vise à protéger la population de ces effets néfastes.

Cette brochure décrit les principales sources d'électrosmog, évalue les risques qu'il présente, met en évidence les lacunes existant en matière de recherche et donne des conseils destinés à réduire l'exposition individuelle.

OFEFP, juin 2005

L'électrosmog dans l'environnement



Mieux vaut prévenir que guérir

Ces dix dernières années, les multiples possibilités des technologies modernes de l'information et de la communication ont profondément modifié notre quotidien. La téléphonie mobile et Internet sont deux exemples de développement très rapide parmi beaucoup d'autres.

Que ce soit à la maison, au travail, dans la rue ou sur la route, nous utilisons de plus en plus d'appareils électriques et d'applications de radiocommunication. Mais toute médaille a son revers: ce progrès engendre une charge croissante de rayonnement non ionisant (RNI) dans l'environnement. Aussi, afin de protéger la population contre les atteintes à la santé que ce rayonnement pourrait entraîner, le Conseil fédéral a-t-il mis en vigueur, en février 2000, l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI). Ce texte prescrit, pour les rayonnements émis par les installations tels que les installations de distribution d'électricité, les antennes de téléphonie mobile ou les émetteurs de radiodiffusion, des valeurs limites d'immission qui protègent la population des atteintes à la santé aujourd'hui reconnues scientifiquement. Il renferme en outre des prescriptions strictes pour les installations situées à proximité des endroits où des gens séjournent pendant une période prolongée. Dans ces lieux, la charge est limitée de manière encore plus sévère à titre de précaution.

La relative complexité de ce sujet, l'absence d'organes sensoriels qui nous permettraient de percevoir le rayonnement, les lacunes qui subsistent toujours en matière de recherche, ainsi que les incertitudes en ce qui concerne les risques d'atteinte à la santé, laissent une large place aux spéculations et aux peurs diffuses. Avec la présente publication, l'OFEFP souhaite contribuer à dépassionner le débat. Les connaissances dont nous disposons jusqu'ici concernant les effets du RNI sur la santé humaine sont présentées de la manière la plus objective possible. Nous avons en outre tenté de faire la lumière sur ce rayonnement invisible dans notre quotidien afin de le rendre plus compréhensible.

Cette brochure fait également appel à notre responsabilité, puisque c'est souvent nous qui générons l'électrosmog. Dans de nombreux logements, la majeure partie de la charge en RNI n'est pas due aux installations externes de distribution d'électricité mais bien à nos propres appareils électriques. Et c'est là que la protection voulue par l'État trouve ses limites. C'est donc à chacun de nous qu'il appartient, dans son propre intérêt, de faire usage de manière judicieuse et raisonnable des possibilités de la technologie moderne.



Philippe Roch
Directeur de l'OFEFP

Sommaire

Le spectre électromagnétique

Dans cette vue d'ensemble graphique, les différents types de rayonnement électromagnétique sont classés selon leur fréquence. « Electrosmog » est un terme générique désignant tous les rayonnements techniques non ionisants situés entre 0 hertz et 300 gigahertz.

> pages 4 à 5

Électrosmog et santé



Il a été démontré qu'un rayonnement non ionisant de forte intensité est nocif pour la santé. Toutefois, des effets biologiques peuvent se manifester même lors d'expositions à des niveaux très inférieurs aux valeurs limites recommandées au plan international. La science ne pouvant pour l'instant pas évaluer de manière précise la nocivité de ces effets, le meilleur remède est encore d'appliquer le principe de précaution.

> pages 6 à 13

Ordonnance sur le RNI



L'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), en vigueur en Suisse depuis février 2000, fixe des valeurs maximales pour l'exposition de courte durée de l'homme à des installations de distribution d'électricité. Les valeurs limites de l'installation fixées à titre de précaution diminuent en outre l'exposition de longue durée à un grand nombre de sources d'émissions dans les zones d'habitation.

> pages 14 à 19

Distribution d'électricité



Les champs électriques et magnétiques sont des phénomènes accessoires inévitables induits par la transmission de courant et l'utilisation d'électricité. Les niveaux de charge les plus élevés se manifestent à proximité immédiate des lignes à haute tension et des stations de transformation.

> pages 20 à 27

Chemin de fer



Les champs magnétiques le long des lignes ferroviaires fluctuent de manière importante: l'accélération et le freinage des locomotives augmentent le flux de courant, renforçant par là même les champs. La charge est d'autant plus élevée que le nombre de trains circulant sur un tronçon est important.

> pages 34 à 37

Radiodiffusion, faisceaux hertziens, radiocommunication d'amateurs



La plupart des stations émettrices à forte puissance destinées à la diffusion de programmes de radio et de télévision sont situées à une certaine hauteur où il n'y a le plus souvent aucune maison d'habitation dans la zone critique proche. La valeur limite de l'installation peut donc généralement être respectée sans problème.

> pages 46 à 51

Appareils électriques domestiques



Dans la plupart des logements, l'électromog est généré par les ménages eux-mêmes. Dans ce domaine, les gens sont donc à même de réduire sensiblement leur exposition en appliquant des mesures simples. Par exemple, les appareils électriques fonctionnant en permanence, tels que les radioréveils, ne devraient pas être placés à proximité d'endroits où des personnes séjournent pendant des heures.

> pages 28 à 33

Téléphonie mobile



En Suisse, des milliers de stations de base permettent une couverture des réseaux de téléphonie mobile sur pratiquement tout le territoire. Le revers de la médaille est une augmentation du rayonnement haute fréquence généré par les antennes.

> pages 38 à 45

Applications de radiocommunication dans les bâtiments



Dans les habitations, on utilise aussi de plus en plus d'applications de radiocommunication, telles que les téléphones ou les écouteurs sans fil, les interphones bébé ou les stations WLAN pour accéder sans fil à Internet. Bien que leur puissance d'émission soit relativement faible, la charge de rayonnement haute fréquence induite par ces équipements peut être prépondérante à l'intérieur des locaux.

> pages 52 à 55

Index, Glossaire, Impressum

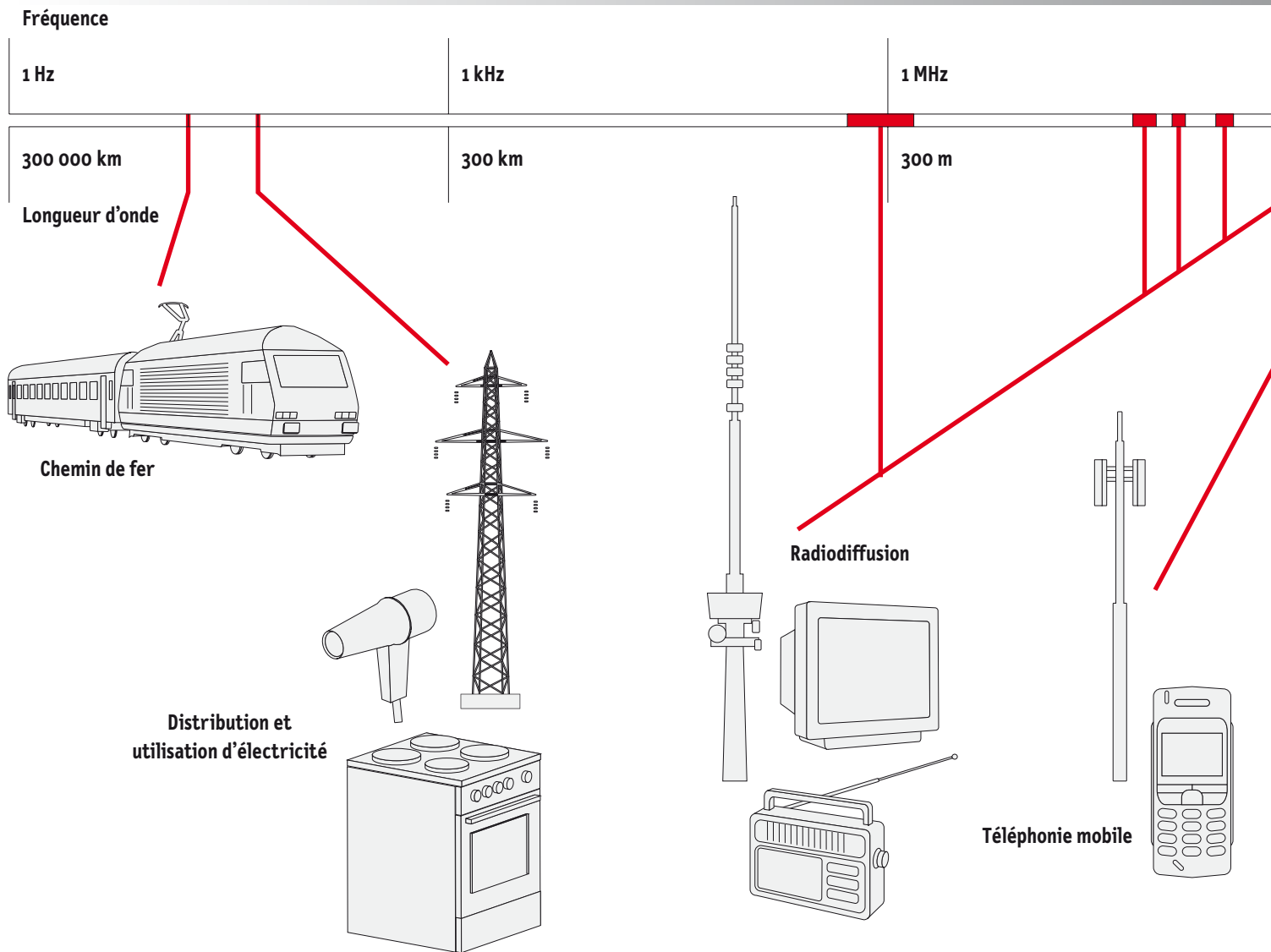
> page 56

Lecture, Liens

> page 57

Spectre électromagnétique

Champs basse fréquence



La figure donne un aperçu de l'ensemble du spectre électromagnétique. Le rayonnement électromagnétique existe sous différentes formes dans notre environnement naturel et technique. Il comprend notamment les champs électriques et magnétiques des lignes à haute tension, le rayonnement des émetteurs de téléphonie mobile et de radio, la lumière visible et les rayons X. Ces différents types de rayonnement se différencient du point de vue physique par leur fréquence, en d'autres termes, par le nombre d'oscillations par seconde. Les caractéristiques de propagation diffèrent selon la fréquence, de même que les effets sur l'homme.

Subdivision du spectre des fréquences

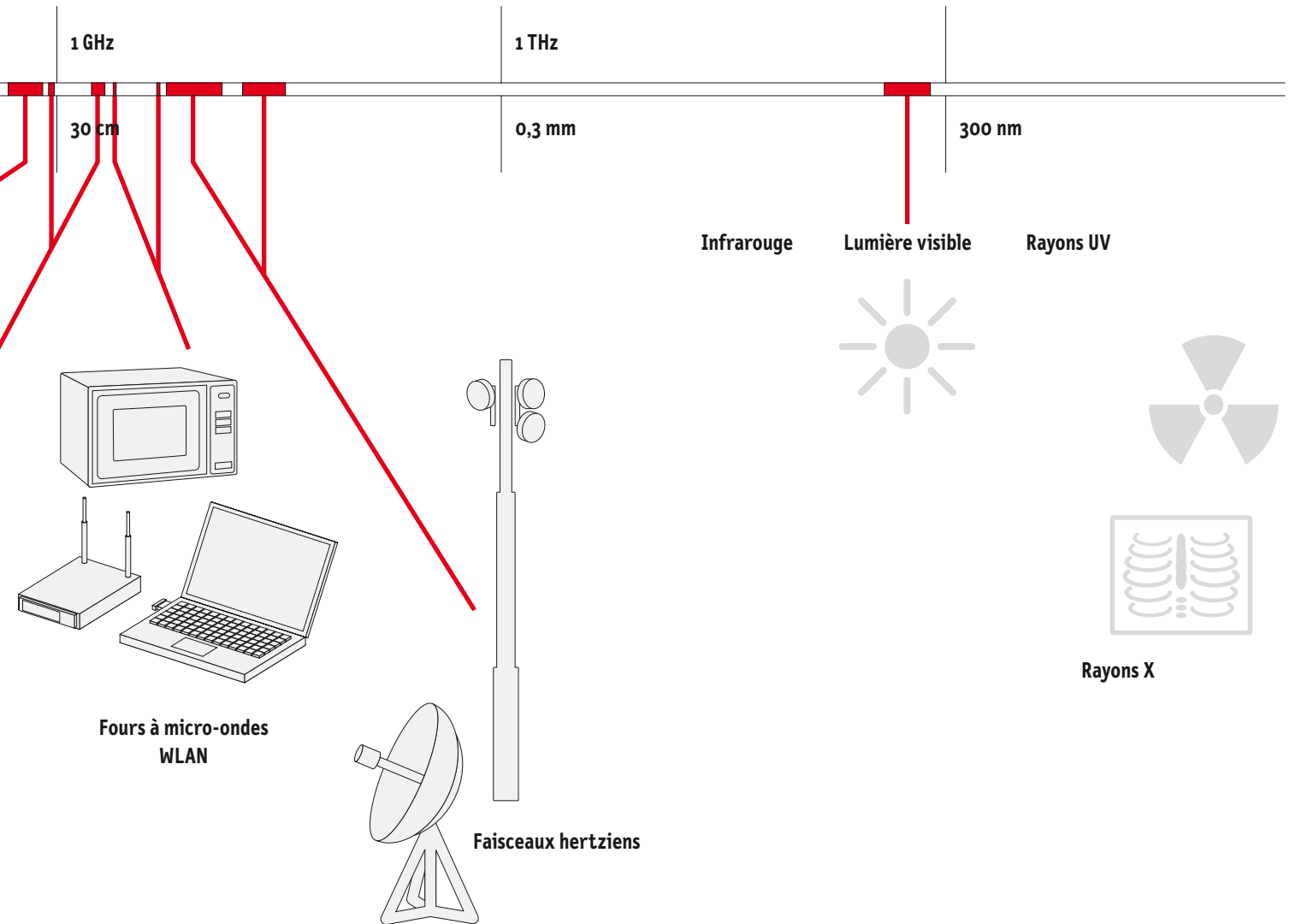
Le spectre des fréquences du rayonnement électromagnétique se subdivise en gros en rayonnement ionisant et en rayonnement non ionisant. S'agissant de ce dernier, on distingue le rayonnement basse fréquence, le rayonnement haute fréquence, le rayonnement infrarouge, la lumière visible et le rayonnement ultraviolet. Les rayonnements basse et haute fréquences générés par la technologie sont également appelés « électrosmog ».

Champs basse fréquence

Font partie du domaine des basses fréquences, les champs électriques et magnétiques des lignes de contact des chemins de fer, des lignes à haute tension et des appareils électro-ménagers. Le courant ferroviaire présentant une fréquence de 16,7 oscillations par seconde, la fréquence des champs qu'il génère est également de 16,7 hertz (Hz). La fréquence du réseau public de distribution d'électricité est en revanche de 50 Hz.

Rayonnement non ionisant | Rayonnement ionisant

Champs haute fréquence



Rayonnement haute fréquence

On parle de rayonnement haute fréquence à partir de 30 000 oscillations par seconde. Dans ce domaine, le champ électrique est couplé au champ magnétique et ces deux champs se propagent librement dans l'espace sous forme d'ondes. Cette propriété est utilisée pour la transmission d'informations sans fil. Parmi les domaines d'application concrets, on peut citer les stations émettrices et réceptrices de radio et de télévision, la téléphonie mobile, ainsi que les faisceaux hertziens et les radars. Les fréquences se situent ici entre quelques centaines de kilohertz pour les

ondes moyennes de la radio et quelques milliards de hertz (gigahertz) dans le cas d'installations de radiocommunication à faisceaux hertziens.

Les fréquences du rayonnement de chaleur (infrarouge) et de la lumière visible sont encore plus élevées. Ces deux rayonnements font partie du rayonnement non ionisant bien qu'ils ne soient pas considérés comme de l'électrosmog.

Rayonnement ionisant

C'est dans le domaine du rayonnement ultraviolet que s'effectue la transition vers le rayonnement ionisant, qui comprend les rayons X et les rayons gamma. À l'inverse du rayonnement non ionisant, le rayonnement ionisant possède une énergie suffisante pour modifier directement les éléments constitutifs des êtres humains (atomes ou molécules).

Les effets néfastes d'un rayonnement non ionisant de forte intensité sur la santé humaine ont été prouvés scientifiquement, et de manière incontestable. Toutefois, dans notre environnement, les personnes ne sont jamais exposées à des immissions aussi élevées, excepté lors d'accidents du travail. Des effets biologiques peuvent néanmoins déjà se manifester à des intensités très inférieures aux valeurs limites de nocivité recommandées au plan international. La science n'étant pas en mesure d'évaluer la dangerosité de ces effets, le meilleur remède reste la prudence.

L'électrosmog nous rend-il malades?

Effets du rayonnement basse fréquence > p 7

Effets d'excitation importants > p 7

Effets infraliminaires > p 7

Risque accru de leucémie chez les enfants? > p 7

Effets du rayonnement haute fréquence > p 10

Effets thermiques dangereux > p 10

Une multitude d'effets athermiques > p 10

Le phénomène de l'électrosensibilité > p 11

Électrosensitivité > p 11

Électrosensibilité > p 11

Évaluation des effets du rayonnement haute fréquence > p 12

Explications concernant le tableau > p 13

Effets du rayonnement basse fréquence

Contrairement à certains animaux comme les poissons ou les oiseaux migrateurs, l'homme ne possède pas d'organe capable de déceler les champs électriques ou magnétiques. Il peut tout au plus les percevoir de manière indirecte. Certaines personnes sentent, par exemple, un chatouillement sur la tête lorsqu'elles se trouvent juste au-dessous d'une ligne à haute tension. Le champ électrique alternatif de la ligne fait vibrer les cheveux, ce qui peut être ressenti comme un chatouillement ou un picotement. Même s'il est inconfortable, cet effet ne présente aucun danger.

Effets d'excitation importants

Il a été prouvé que des champs électriques et magnétiques d'intensité encore plus élevée—d'une intensité qui ne se présente généralement pas dans l'environnement—sont dangereux pour l'homme. Lors d'une exposition à des champs magnétiques extrêmement élevés dépassant les 10 000 microtesla (μT), on observe des effets sur la conduction des cellules nerveuses et musculaires. Des champs magnétiques d'une telle intensité génèrent des courants électriques dans le corps humain, qui déclenchent des impulsions dans les cellules nerveuses et peuvent entraîner une contraction musculaire involontaire. Une exposition du cœur à des immissions de plus de 100 000 μT peut entraîner une contraction du muscle cardiaque—ce que l'on appelle la fibrillation ventriculaire—qui peut être fatale.

Ces effets des champs magnétiques basse fréquence sur les cellules nerveuses et musculaires sont appelés effets d'excitation. Ils ont été clairement démontrés du point de vue scientifique et servent de base pour fixer des valeurs limites de nocivité au plan international; ils ne se manifestent pas lorsque ces valeurs limites sont respectées.

Effets infraliminaires

Plusieurs études démontrent cependant l'existence de réactions biologiques induites par des champs de basse fréquence dont l'intensité est nettement inférieure aux valeurs limites internationales: on parle alors d'effets infraliminaires.

Des expériences portant sur l'homme et sur l'animal ont, entre autres, mis en évidence des modifications du comportement et de la capacité d'apprentissage (mémorisation) ainsi que des effets sur le système hormonal. La sécrétion de la mélatonine, une hormone épiphysaire, est notamment diminuée. La mélatonine règle le rythme biologique jour-nuit (rythme circadien), stimule le système immunitaire et inhibe la croissance tumorale. Une diminution du taux de mélatonine est associée à des troubles du sommeil, à de la fatigue ou à une humeur dépressive. Autre effet des champs magnétiques basse fréquence de faible intensité observé lors de recherches: des modifications de la croissance, du métabolisme cellulaire et du matériel génétique cellulaire.

Il existe donc incontestablement des effets infraliminaires, mais on ne sait pas comment ils sont induits. On ne sait pas non plus, en l'état actuel des connaissances, si, et dans quelles conditions, ils présentent un risque pour la santé.

Risque accru de leucémie chez les enfants?

Les études épidémiologiques, qui analysent la prévalence de certaines maladies dans des groupes de population choisis, constituent un moyen de mieux connaître les effets du rayonnement non ionisant sur la santé. Depuis le début des années 80, des études de ce type sont menées dans différents pays afin de déterminer si les champs magnétiques basse fréquence ont une incidence sur la formation ou le développement des cancers. Pendant longtemps, les résultats obtenus étaient peu cohérents et contradictoires. Des études très récentes ainsi que des méta-analyses d'études antérieures réalisées dans l'intervalle arrivent toutefois à des conclusions concordantes: à partir d'une exposition moyenne à un champ magnétique de 0,4 μT sur une période prolongée, le risque de cancer du sang pourrait être deux fois plus élevé chez les enfants.

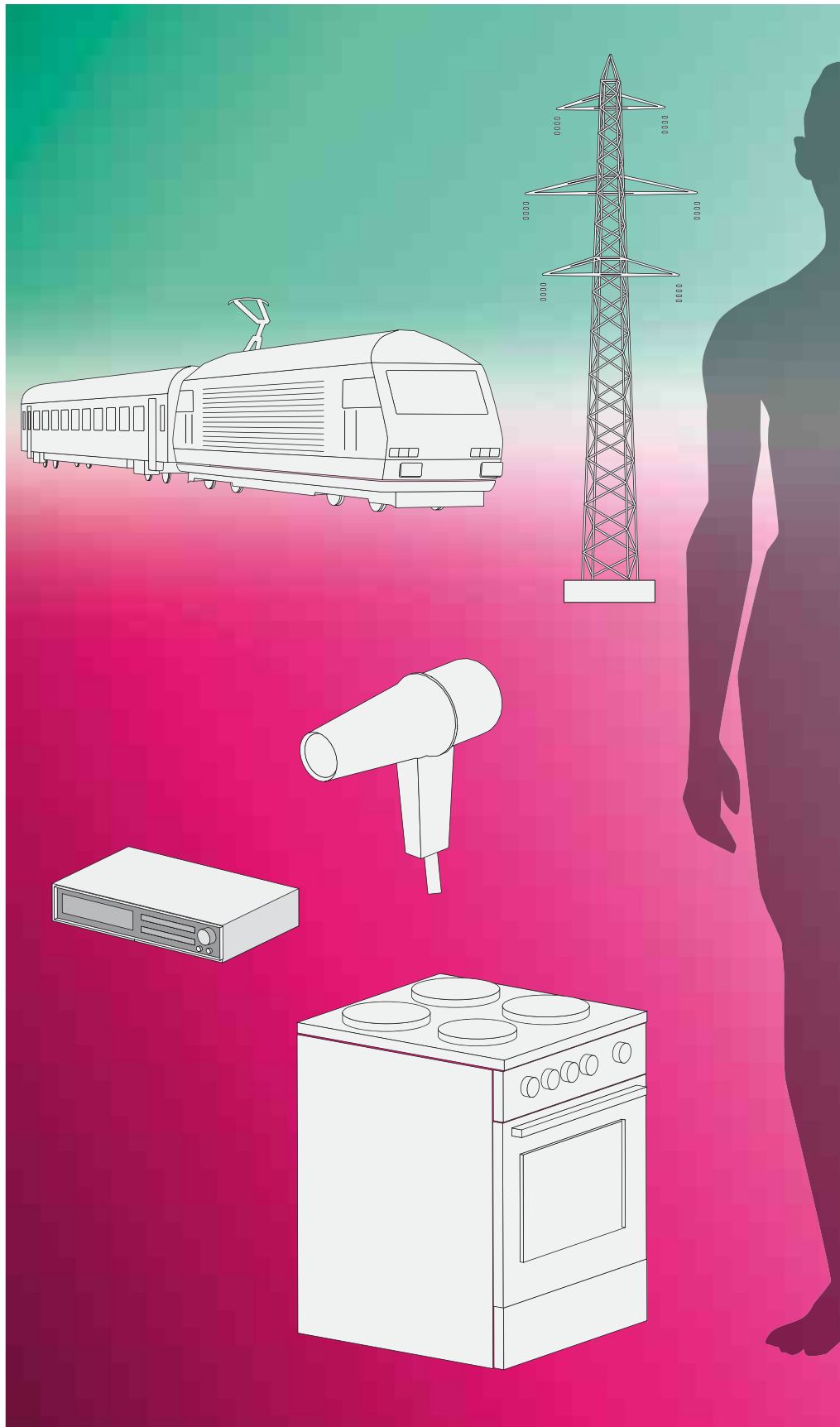
Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) arrive à la même conclusion, raison pour laquelle il a classé, en 2001, les champs magnétiques basse fréquence comme peut-être cancérigènes pour l'homme. Le CIRC estime en effet que,

Champs basse fréquence

même si cela n'est pas probable ou prouvé, il est possible que des champs magnétiques de faible intensité représentent un risque de leucémie.

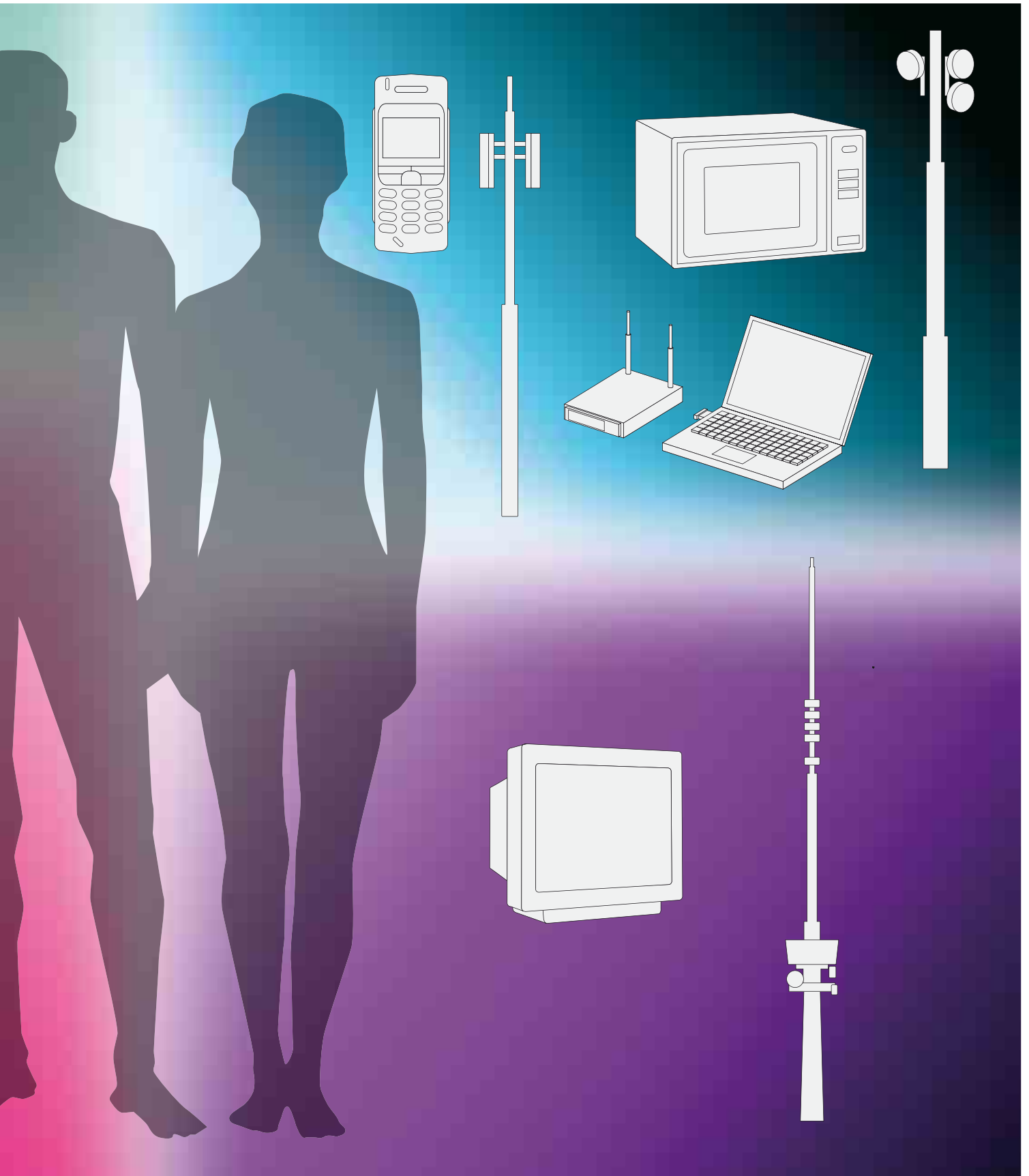
Dans notre pays, 60 enfants sont atteints de leucémie chaque année. S'il s'avérait qu'une exposition de longue durée à des champs magnétiques basse fréquence de plus de $0,4 \mu\text{T}$ devait effectivement doubler le risque de leucémie chez les enfants - ce qui n'est évidemment pas encore prouvé - environ un nouveau cas par an pourrait être expliqué par les effets des champs magnétiques; les 59 autres seraient imputables à des causes différentes.

La suspicion de risque accru de leucémie est néanmoins une raison suffisante pour limiter autant que possible, à titre de précaution, l'exposition de longue durée à des champs magnétiques basse fréquence. S'agissant de l'exposition à des sources liées aux appareils électriques domestiques, c'est à chacun d'agir pour la limiter à son domicile. Les installations électriques dans l'environnement tombent en revanche dans le champ d'application de l'ordonnance sur le RNI en vigueur depuis février 2000. Avec cette ordonnance, la Confédération a édicté des mesures à titre de précaution qui visent à diminuer les champs magnétiques aux lieux de séjour relativement long, notamment les logements, les écoles, les hôpitaux, les bureaux et les places de jeux. Dans ces endroits, les nouvelles lignes à haute tension et stations de transformation doivent respecter, à pleine capacité, une valeur limite de l'installation de $1 \mu\text{T}$. Toutefois, l'exposition de longue durée est généralement bien plus faible, les installations ne fonctionnant que rarement à pleine capacité.



L'homme est exposé quotidiennement au rayonnement non ionisant des sources les plus diverses. Les lignes de contact des chemins de fer, les installations d'approvisionnement en courant ou les appareils électriques domestiques génèrent des champs électriques et magnétiques de basse fréquence. Lorsque ces champs sont très intenses, ils provoquent dans le corps des courants électriques qui peuvent déclencher des contractions nerveuses ou musculaires involontaires.

Champs haute fréquence



Les émetteurs de radio et de télévision, les antennes de téléphonie mobile, les téléphones mobiles, les radars et les micro-ondes produisent un rayonnement haute fréquence. Ce rayonnement a des propriétés physiques différentes de celles des champs basse fréquence et se différencie aussi par la nature des effets induits chez l'homme. Dans le corps, un rayonnement haute fréquence intense se transforme en chaleur, ce qui peut affecter des organes sensibles. Actuellement, les effets du rayonnement de faible intensité sont encore mal connus.

Effets du rayonnement haute fréquence

Dans les fours à micro-ondes, nous utilisons les effets thermiques d'un rayonnement intensif haute fréquence: les légumes et la viande absorbent l'énergie du rayonnement et se réchauffent. Il en va de même pour les tissus biologiques. Toutefois, cet échauffement rapide des tissus biologiques ne se produit pas uniquement sous l'effet des micro-ondes, mais avec tous les types de rayonnement électromagnétique de haute fréquence, donc également sous l'effet du rayonnement des émetteurs radio ou de téléphonie mobile. Cependant, la condition pour qu'il y ait échauffement est que le rayonnement ait une intensité suffisante.

De nombreuses réactions biochimiques ne s'effectuent dans le corps humain que dans une plage de température relativement étroite. Les maladies entraînant une fièvre élevée nous montrent qu'une augmentation de quelques degrés Celsius de la température corporelle peut déjà perturber notablement ces mécanismes. C'est pourquoi il n'est en principe pas souhaitable que l'organisme soit exposé à des effets thermiques dus au rayonnement électromagnétique.

Effets thermiques dangereux

Dans notre vie quotidienne, nous ne sommes généralement pas exposés à un rayonnement haute fréquence d'intensité suffisamment élevée pour que ses effets thermiques soient nocifs pour notre santé.

Le seuil de danger est atteint lorsque le rayonnement absorbé provoque une hausse de plus de 1 à 2°C de la température corporelle. Des effets similaires à ceux de la fièvre ou de la chaleur se manifestent

alors: on observe des altérations de la mémoire et de différentes fonctions corporelles ainsi que des troubles de la reproduction. Les organes mal irrigués par le sang dans lesquels la chaleur se dissipe difficilement présentent un risque particulièrement grand. C'est le cas notamment des yeux: le cristallin peut s'opacifier; c'est ce que l'on appelle la cataracte. Si la hausse de chaleur est encore plus grande, elle peut entraîner des brûlures internes, voire la mort par un coup de chaleur.

Des exemples bien documentés d'accidents du travail survenus à l'étranger, concernant principalement des installations radar, prouvent la dangerosité des rayonnements haute fréquence de forte intensité. Par exemple, un mécanicien qui s'est trouvé par inadvertance à proximité immédiate d'un émetteur radar a éprouvé une sensation de chaleur intense et a été gravement brûlé. Souffrant de lésions cutanées et de troubles sévères de la coagulation, il a dû être conduit à l'hôpital, avec deux de ses collègues également touchés. Tous trois se plaignaient de fatigue, de vertiges, de maux de tête et d'une sensation de pression sur les yeux. Ces effets aigus du rayonnement intensif de haute fréquence sont bien documentés du point de vue scientifique. Ils ne se manifestent qu'à partir d'une certaine intensité de rayonnement. On se base sur ce seuil pour définir des valeurs limites internationales destinées à protéger la population des atteintes à la santé liées à une exposition de courte durée.

Une multitude d'effets athermiques

Différentes études révèlent toutefois l'existence d'effets biologiques induits par un rayonnement ayant une intensité net-

tement inférieure à celle des valeurs limites internationales. Ces réactions n'étant pas dues à un échauffement, on les appelle effets athermiques.

Des expériences menées sur des volontaires ont notamment montré que le rayonnement de la téléphonie mobile pouvait avoir une influence sur les flux cérébraux et les phases du sommeil. Des études en laboratoire ont mis en évidence des modifications comportementales chez l'animal ou des modifications physiologiques dans des cultures de cellules induites par un rayonnement haute fréquence de faible intensité.

D'autres indices proviennent d'études épidémiologiques. Des études menées à proximité d'émetteurs de radio et de télévision montrent que les taux de leucémie et de lymphomes dépassent les valeurs attendues. Ces résultats manquent toutefois de cohérence, et bon nombre d'études reposent sur une méthodologie déficiente.

Certaines indications concernant les effets possibles sur la santé sont également fournies par la population. Ainsi, les habitants vivant à proximité immédiate de l'ancien émetteur à ondes courtes de Schwarzenbourg (BE) se plaignaient souvent de différents troubles, tels que nervosité, agitation, insomnie, faiblesse générale, fatigue et douleurs aux membres. Une étude épidémiologique demandée par la Confédération a mis en évidence une relation statistique entre les troubles du sommeil et l'exploitation de l'émetteur. L'étude n'a cependant pas pu déterminer de manière formelle si ces effets étaient vraiment imputables au rayonnement de l'émetteur ou éventuellement à d'autres facteurs secondaires.

Le rayonnement haute fréquence induit incontestablement des effets athermiques, mais on ne comprend toujours pas les mécanismes. Les connaissances actuelles ne permettent pas non plus de dire si, et dans quelles conditions, ces effets présentent un risque pour la santé. Une évaluation sérieuse s'avère difficile parce que certaines expériences n'ont pas pu être répétées ou que les résultats obtenus sont contradictoires. Au vu de ces incertitudes, la communauté scientifique doit poursuivre l'étude des effets du rayonnement haute fréquence de faible intensité sur la santé humaine.



Un rayonnement électromagnétique de forte intensité entraîne un réchauffement du corps humain, ce qui peut provoquer des troubles semblables à ceux de la fièvre. Les valeurs limites de l'ORNI nous protègent de ces effets thermiques indésirables.

Le phénomène de l'électrosensibilité

L'homme n'a pas d'organe sensoriel qui lui permette de reconnaître directement le rayonnement non ionisant. Certaines personnes sont toutefois extrêmement sensibles et sont capables de percevoir des champs même très faibles. Par ailleurs, certaines personnes imputent en partie les symptômes qu'elles présentent à l'électrosmog. La littérature spécialisée et le public appellent ces phénomènes électrosensitivité et électrosensibilité. On ne fait pas toujours une distinction claire entre ces deux notions, qui sont parfois aussi mises en opposition.

Électrosensitivité:

On désigne par ce terme la capacité de certaines personnes à percevoir consciemment un rayonnement électromagnétique de faible intensité. Ce phénomène peut être mesuré au cours d'expériences. Les sujets doivent différencier une immersion réelle d'une exposition simulée. Environ 5 % des personnes sont capables de faire la différence avec une probabilité plus élevée que celle due au hasard. Le fait d'être capable de percevoir des champs magnétiques de faible intensité ne signi-

fie pas pour autant que ces personnes présentent également des problèmes de santé liés à l'électrosmog.

Électrosensibilité:

On parle d'électrosensibilité ou d'hyper-sensibilité électromagnétique, lorsque des personnes imputent des problèmes de santé à l'influence du rayonnement non ionisant. Ces personnes se plaignent souvent de symptômes non spécifiques, tels que troubles du sommeil, maux de tête, nervosité, fatigue générale, difficultés à se concentrer, bourdonnements ou sifflements d'oreilles (acouphènes), vertiges, douleurs aux membres ou au cœur.

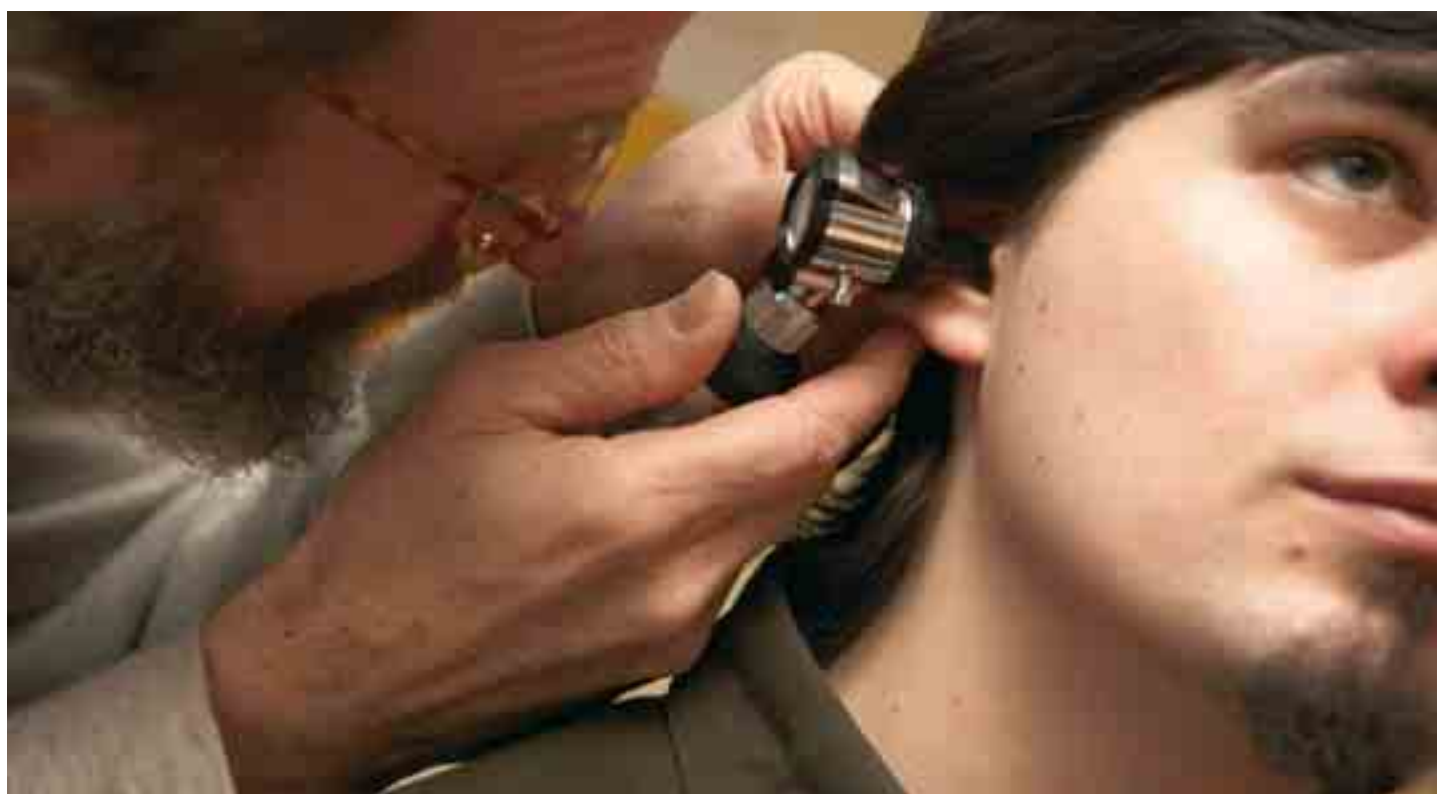
Il n'est généralement pas possible de déterminer avec précision les causes de ces effets sur la santé. Parallèlement à l'électrosmog, d'autres facteurs entrent en ligne de compte, notamment le stress, le bruit, la lumière scintillante et les substances chimiques, ainsi que des maladies physiques ou psychiques. Il n'existe jusqu'ici pas non plus de critères généralement reconnus pour dresser un diagnostic objectif de l'électrosensibilité. Il semble en outre que les deux phénomènes – électrosensibilité et électrosensitivité – soient indépendants. Aussi une personne électrosensible ne présente-t-elle

pas forcément une capacité de perception des champs supérieure à la moyenne et vice-versa.

De nombreuses questions concernant ces deux phénomènes restent sans réponse; il existe donc un besoin important en matière de recherche dans ce domaine.



Irradiation de la tête par des champs électromagnétiques, tels que ceux émis par les téléphones mobiles, au cours d'une expérience scientifique. Une exposition de 30 minutes modifie déjà l'activité cérébrale. Ce résultat ne permet toutefois pas de tirer des conclusions sur les effets possibles sur la santé.



Les personnes électrosensibles sont incommodées par le rayonnement non ionisant même bien inférieur aux valeurs limites d'immission reconnues au plan international. Elles souffrent souvent de symptômes non spécifiques, tels que des acouphènes.

Évaluation des effets du rayonnement haute fréquence

Existence	Effet		
	Sérieux	Limitation du bien-être	Impact sanitaire peu clair
Prouvée	Effets thermiques (p. ex. altérations de la mémoire et de différentes fonctions corporelles, opacification du cristallin [cataracte], brûlures internes)		
Probable		Symptômes non spécifiques (céphalées, fatigue, difficultés de concentration, malaise, sensation de brûlure sur la peau, etc.)	Flux cérébraux Phases du sommeil
Possible	Leucémies/ Lymphomes Tumeurs cérébrales	Qualité du sommeil Hypersensibilité électromagnétique	Fonctions cognitives, temps de réaction
Improbable	Mortalité Autres types de tumeurs		
Non évaluable	Avortement Génotoxicité Cancer du sein Tumeurs oculaires Tumeurs des testicules	État psychique Symptômes non spécifiques (troubles du sommeil, céphalées, etc.)	Système hormonal Système immunitaire Hypertension artérielle

Source d'exposition

Diverses, dépassant la valeur limite d'immission

Téléphones mobiles

Téléphones mobiles

Téléphones mobiles

Émetteurs TV/radio

Téléphones mobiles

Émetteurs radio

Téléphones mobiles

Téléphones mobiles

Téléphones mobiles

Diverses

Appareils diathermiques

Exposition professionnelle

Diverses

Téléphones mobiles

Pistolets radar

Diverses

Stations de base de téléphonie mobile

Diverses

Diverses

Émetteurs radio

Explications concernant le tableau

Le tableau ci-contre se fonde essentiellement sur l'étude bibliographique, publiée en 2003 et actualisée en 2004, sur le rayonnement haute fréquence et la santé (« Hochfrequente Strahlung und Gesundheit »; OFEFP UM-162-D, disponible uniquement en allemand) réalisée par l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Bâle sur mandat de l'OFEFP. Elle contient une évaluation différenciée des résultats de plus de 200 études.

Ce rapport évalue d'une part la certitude avec laquelle un effet a été prouvé (existence) et distingue les niveaux suivants:

prouvé: l'effet peut être démontré de manière scientifique;

probable: un effet a été constaté à plusieurs reprises dans différentes études. La qualité des études est telle que l'influence d'autres facteurs peut être exclue avec une assez grande certitude. Aucun mécanisme d'action plausible n'a toutefois pu être mis en évidence;

possible: l'effet a été observé de manière sporadique dans les études, mais les résultats ne sont pas cohérents. Les données scientifiques sont corroborées par des rapports de cas;

improbable: il n'existe pas d'indications concernant l'effet, mais plusieurs indications relatives à son absence;

non évaluable: les données disponibles sont insuffisantes pour permettre une évaluation.



D'autre part, le rapport évalue l'impact sanitaire des effets indépendamment de la certitude avec laquelle ils peuvent être mis en évidence:

sérieux: l'effet représente une limitation radicale de la qualité de vie. Il est délétère et réduit l'espérance de vie;

limitation du bien-être: la qualité de vie et le bien-être sont fortement limités; les symptômes ne sont toutefois pas directement délétères;

impact sanitaire peu clair: les effets sont mesurables du point de vue physiologique. Les changements observés se situent toutefois dans le cadre des réponses « adaptatives » des personnes en bonne santé. Ils ne présentent pas de risque sanitaire en eux-mêmes et ne restreignent pas la qualité de vie car ils sont généralement imperceptibles. Cependant on ignore s'ils représentent un risque sanitaire à long terme.



L'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), en vigueur depuis février 2000, vise à protéger la population suisse contre l'électrosmog. Elle fixe des valeurs maximales pour l'exposition de courte durée afin de prévenir les risques d'atteinte à la santé connus et documentés scientifiquement. Les valeurs limites de l'installation fixées à titre de précaution pour un grand nombre de sources d'émission limitent en outre l'exposition de longue durée dans les zones d'habitation.

**Prescriptions destinées
à protéger la population
contre l'électrosmog**

Le concept de protection dans l'ordonnance > p 15

Champ d'application de l'ORNI > p 15

Limitation de l'exposition de courte durée > p 16

Valeurs limites d'immission > p 16

Limitation de l'exposition de longue durée à titre de précaution > p 17

Valeurs limites de l'installation > p 17

Lieux à utilisation sensible > p 17

Nouvelles zones à bâtir > p 18

Contrôle grâce à des calculs ou à des mesures > p 18

Mesure de réception > p 18

Mesure de contrôle > p 19

Mesure du rayonnement de la téléphonie mobile > p 19

Le concept de protection dans l'ordonnance

Le rayonnement non ionisant est omniprésent dans notre environnement immédiat, que ce soit à la maison ou au travail. Il est généré par les installations et les appareils électriques, ainsi que par tous les types de stations émettrices. Au vu de l'évolution technologique et de l'utilisation accrue des appareils électriques et des applications de radiocommunication dans les activités professionnelles et de loisirs, l'exposition devrait continuer à augmenter. Afin de protéger la population contre les effets avérés ou suspectés de ce rayonnement sur la santé, le Conseil fédéral a édicté l'ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI), qui est entrée en vigueur le 1^{er} février 2000.

Le champ d'application de l'ORNI se limite aux sources d'émission stationnaires, telles que les lignes électriques, les stations de transformation, les chemins de fer, ainsi que les émetteurs de téléphonie mobile, radiodiffusion ou radar. En

revanche, l'ORNI ne s'applique pas aux téléphones mobiles ou sans fil, aux écrans, aux fours à micro-ondes ou aux autres appareils électriques. Pour limiter le rayonnement de ces équipements, il faut des prescriptions et des normes reconnues au plan international que notre pays ne peut pas édicter seul.

Le rayonnement non ionisant ne doit pas porter atteinte à la santé et au bien-être de la population. L'ORNI poursuit cet objectif de deux manières:

- elle limite l'exposition de courte durée au rayonnement afin de prévenir, de manière fiable, ses effets nocifs reconnus scientifiquement;
- elle réduit également, à titre de précaution, l'exposition de longue durée afin de protéger la population des éventuels risques d'atteinte à la santé encore insuffisamment connus.

Champ d'application de l'ORNI

Installations couvertes par l'ORNI:

- lignes à haute tension (aériennes et lignes en câbles)
- stations de transformation
- sous-stations et postes de couplage
- installations électriques domestiques
- chemins de fer et trams
- stations de téléphonie mobile
- installations de radiocommunication à faisceaux hertziens
- raccordements téléphoniques sans fil (WLL)
- stations émettrices pour la radiodiffusion
- installations de radiocommunication à usage professionnel
- stations émettrices pour la radiocommunication d'amateurs
- stations radar

Installations non couvertes par l'ORNI:

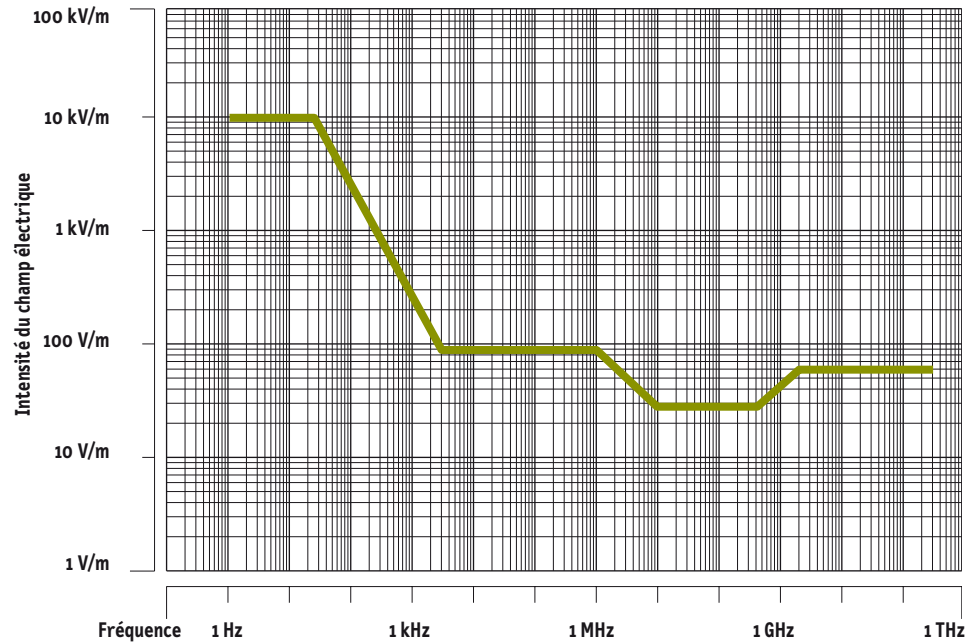
- téléphones mobiles
- téléphones sans fil
- Bluetooth
- fours à micro-ondes
- cuisinières
- appareils électriques (tels que téléviseurs, écrans d'ordinateur, radios-réveils, sèche-cheveux, rasoirs, fers à repasser, etc.)
- appareils médicaux
- équipements sur le lieu de travail

L'ORNI contient des prescriptions s'appliquant aux installations stationnaires générant un rayonnement non ionisant dans une gamme de fréquences de 0 hertz à 300 gigahertz.

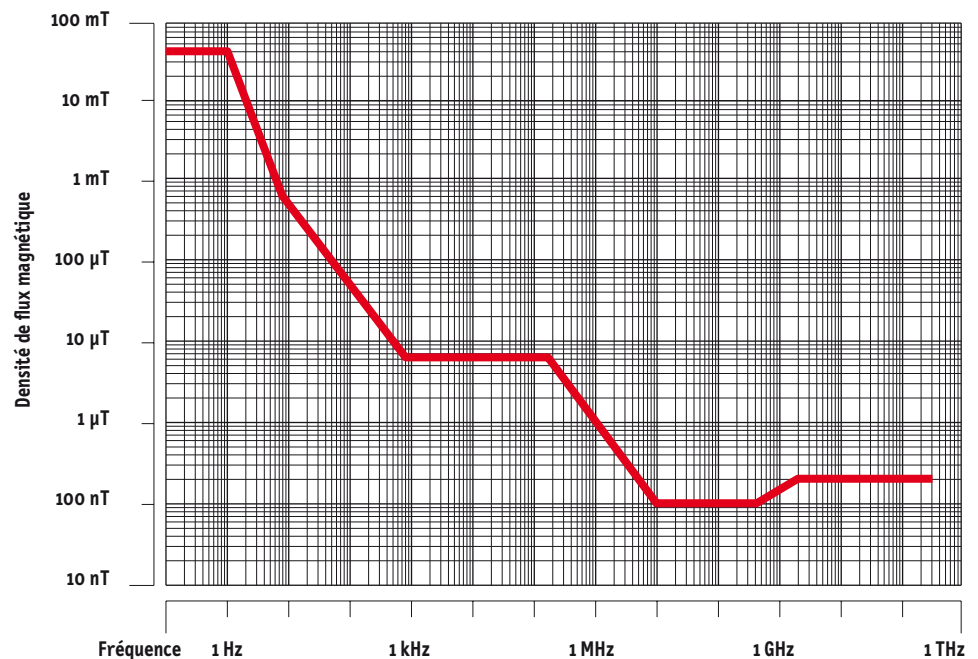
Les installations stationnaires – telles que l'antenne de téléphonie mobile à l'arrière-plan – doivent respecter les valeurs limites de l'ORNI. Ici, le rayonnement électromagnétique est déterminé à l'aide d'une antenne de mesure.

Limitation de l'exposition de courte durée

Afin de limiter l'exposition de courte durée, l'ORNI fixe des valeurs limites d'immission qui se fondent sur les recommandations de la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) et sont appliquées dans de nombreux pays. Si ces valeurs limites sont respectées, aucun des effets néfastes sur la santé reconnus scientifiquement ne peut se produire. Ces effets comprennent notamment un échauffement du corps induit par le rayonnement de forte intensité des émetteurs ou le déclenchement involontaire d'impulsions nerveuses ou de contractions musculaires induit par des champs électriques ou magnétiques de forte intensité. Les valeurs limites d'immission doivent être respectées partout où des personnes séjournent, que ce soit de manière prolongée ou pour de courtes durées.



Les valeurs limites d'immission prescrites par l'ORNI pour l'intensité du champ électrique (courbe verte) varient en fonction de la fréquence du rayonnement. En réalité, les effets sur l'homme se manifestent à des intensités différentes selon la fréquence.



Les valeurs limites d'immission pour la densité de flux magnétique (courbe rouge) sont également fonction de la fréquence pour la même raison.

Valeurs limites d'immission

- Les valeurs limites d'immission de l'ORNI sont harmonisées au plan international.
- Elles visent à protéger la population des atteintes à la santé scientifiquement reconnues.
- Elles prennent en compte la totalité du rayonnement haute ou basse fréquence généré à un emplacement donné.
- Elles doivent être respectées partout où des personnes séjournent, même brièvement.

Installation	Fréquence	Valeur limite d'immission
Chemins de fer	16,7 Hz	300 µT et 10 000 V/m
Lignes à haute tension	50 Hz	100 µT et 5000 V/m
Émetteurs de radiodiffusion	10 – 400 MHz	28 V/m
Émetteurs de téléphonie mobile	900 MHz	41 V/m
	1800 MHz	58 V/m
Émetteurs UMTS	2100 MHz	61 V/m

Exemples de valeurs limites d'immission pour différentes fréquences.

Limitation de l'exposition de longue durée à titre de précaution

Les valeurs limites d'immission garantissent une protection contre des effets aigus reconnus, mais elles ne protègent pas contre les effets présumés induits par des intensités de rayonnement plus faibles, et en particulier en cas d'exposition de longue durée. Dans ce domaine, les besoins en matière de recherche sont encore importants. Toutefois, lorsqu'il a édicté l'ORNI, le Conseil fédéral ne voulait pas attendre que les résultats de recherches ultérieures soient connus et il a donc pris des mesures visant à limiter l'exposition de longue durée à titre de précaution. Les dispositions se fondent sur le principe de précaution défini dans la loi sur la protection de l'environnement (LPE), tel que fixé à l'art. 1, al. 2: « Les atteintes qui pourraient devenir nuisibles ou incommodantes seront réduites à titre préventif et assez tôt. » Un simple soupçon est donc

déjà suffisant sans qu'il soit nécessaire de prouver la nocivité. La LPE prescrit en outre à l'art. 11 que des nuisances environnementales de ce type doivent être limitées par des mesures prises à la source, à la condition que l'état de la technique et les conditions d'exploitation le permettent et que cela soit économiquement supportable.

L'ORNI met en œuvre ce principe de précaution en fixant des valeurs limites de l'installation pour différentes catégories de sources d'émission qui s'appliquent au rayonnement d'une seule installation et sont nettement inférieures aux valeurs limites d'immission: près de 10 fois plus faibles pour les installations de téléphonie mobile, et même 100 fois plus faibles dans le cas de nouvelles lignes à haute tension. Ces valeurs doivent être respectées aux endroits où des personnes séjournent pendant une période prolongée. La Suisse dispose ainsi d'une des réglementations les plus strictes au monde pour la protection de ces lieux dits à utilisation sensible.

Étant donné l'incertitude concernant les risques d'atteinte à la santé, ces valeurs limites de l'installation, bien que strictes, n'offrent toutefois pas une sécurité à 100 %. Les autorités et les spécialistes en médecine ne peuvent délivrer aucune garantie d'innocuité, ni maintenant ni à l'avenir. Cette situation ne concerne d'ailleurs pas uniquement le problème des rayonnements mais aussi bon nombre de technologies nouvelles. Il est impossible d'exclure tous les risques potentiels d'atteinte à la santé de manière scientifique; les processus vitaux sont trop variés pour qu'il soit possible d'étudier et d'an-

ticiper tout effet biologique imaginable. Cependant, les valeurs limites de l'installation réduisent l'exposition à long terme et, de ce fait, également le risque d'éventuelles conséquences pour la santé qui ne sont pas encore élucidées à ce jour.



Lieux à utilisation sensible

La protection grâce aux valeurs limites de l'installation, pour répondre au principe de précaution, ne concerne que les endroits dans lesquels des personnes séjournent régulièrement pendant une période prolongée. Dans ces lieux, l'exposition de longue durée doit être maintenue à des niveaux aussi bas que possible. Sont considérés comme des lieux à utilisation sensible notamment les logements, les écoles, les hôpitaux, les bureaux et les places de jeux.

En revanche, n'entrent pas dans cette catégorie, les balcons et les terrasses en toiture, les escaliers, les garages, les dépôts et les locaux d'archives, les postes de travail non permanents, les églises, les salles de concert et de théâtre, les terrains de camping, les installations sportives et de loisirs, les compartiments de train et les terrasses panoramiques.

Valeurs limites de l'installation

- Les valeurs limites de l'installation de l'ORNI sont fixées à titre de précaution.
- Elles sont nettement inférieures aux valeurs limites d'immission.
- Elles se fondent sur le principe de précaution défini dans la loi sur la protection de l'environnement et ont été fixées sur la base de critères techniques, économiques et d'exploitation.
- Elles limitent le rayonnement d'une seule installation.
- Elles doivent être respectées partout où des personnes séjournent pendant une période prolongée.
- Elles visent à maintenir une charge en électromog faible dans les lieux à utilisation sensible, ce qui diminue également le risque d'atteintes potentielles à la santé.

Les valeurs limites de l'installation ne reposent pas sur des connaissances médicales ou biologiques mais elles ont été fixées en fonction de critères techniques, économiques et d'exploitation. Il ne s'agit donc pas de valeurs garantissant une innocuité et leur respect ne permet pas d'exclure toute conséquence néfaste pour la santé. À l'inverse, cela ne signifie pas non plus que des atteintes à la santé se manifesteraient au cas où ces valeurs seraient dépassées.

Installation	Fréquence	VLInst
Chemins de fer	16,7 Hz	1 µT (moyenne sur 24h)
Lignes à haute tension	50 Hz	1 µT
Émetteurs de radiodiffusion	10-860 MHz	3 V/m
Émetteurs de téléphonie mobile	900 MHz	4 V/m
	1800 MHz	6 V/m
Émetteurs UMTS	2100 MHz	6 V/m

Exemples de valeurs limites de l'installation (VLInst) pour différentes installations. Ces valeurs doivent être respectées dans le mode d'exploitation déterminant. Des informations complémentaires sont données dans les descriptions des différentes catégories d'installations.



À proximité d'installations de distribution existantes ou projetées qui émettent un rayonnement non ionisant, la mise en zone de terrains à bâtir n'est dorénavant autorisée que là où les valeurs limites de l'installation peuvent être respectées, afin de protéger la population.

Nouvelles zones à bâtir

Parallèlement aux mesures de limitation à la source, l'ORNI veille aussi à réduire autant que possible l'exposition de longue durée par des prescriptions concernant la planification. Elle limite la création de nouvelles zones à bâtir à proximité d'installations existantes ou projetées. Elle empêche ainsi la création de nouveaux lieux à utilisation sensible à forte charge. Depuis le 1^{er} février 2000, la définition de nouvelles zones à bâtir n'est autorisée que là où les valeurs limites de l'installation peuvent être respectées.

La situation des zones à bâtir situées à proximité d'une source d'émission définies avant cette date est différente: il est possible d'y construire sans limitations de l'utilisation, même lorsque la valeur limite de l'installation est dépassée. L'installation concernée devra néanmoins être assainie; l'ORNI fixe l'étendue de l'assainissement pour chaque catégorie d'installation.

Les installations de téléphonie mobile doivent, par exemple, être assainies de manière à ce que la valeur limite de l'installation soit respectée sans exceptions dans tous les lieux à utilisation sensible. Cette exigence n'est en revanche pas posée aux lignes électriques et aux installations de chemins de fer: s'agissant de la transmission de courant, l'ORNI exige uniquement que l'ordre des phases soit optimisé et que les lignes de contact des voies de chemins de fer soient équipées d'un conducteur de retour. L'ordonnance ne prescrit aucune mesure d'assainissement supplémentaire, même lorsque ces mesures ne suffisent pas à descendre au-dessous de la valeur limite de l'installation dans la zone à bâtir. Le Conseil fédéral était en effet d'avis que, dans le cas de lignes de courant et de contact existantes, une réduction des émissions au-dessous de la valeur limite de l'installation serait une mesure généralement excessive, raison pour laquelle il a refusé de revenir en arrière en ce qui concerne des zones à bâtir déjà définies.

Contrôle grâce à des calculs ou à des mesures

Les autorités compétentes de la Confédération, du canton ou de la commune contrôlent si les valeurs limites de l'ORNI sont respectées. Ce contrôle peut s'effectuer à l'aide de calculs ou de mesures.

S'agissant des installations de téléphonie mobile, par exemple, les exploitants doivent remettre en même temps que la demande de permis de construire, une fiche de données spécifiques au site. Sur la base de la puissance de l'émetteur et de la direction d'émission des antennes, on calcule le rayonnement à proximité de l'installation. L'autorité compétente du canton ou de la commune examine l'exactitude de ces données et de ces calculs. Des calculs similaires sont également effectués pour d'autres types d'installations, notamment les nouvelles lignes à haute tension ou les nouvelles lignes de contact des voies de chemins de fer.

Le rayonnement ne peut être mesuré qu'une fois l'installation mise en service. On distingue les mesures de réception et les mesures de contrôle.

Mesure de réception

Une mesure de réception est effectuée afin de s'assurer que la valeur limite de l'installation est respectée dans un mode d'exploitation défini – par exemple pour les installations de téléphonie mobile à pleine capacité et à la puissance maximale d'émission admise. Une mesure de ce type est généralement effectuée lorsqu'un calcul de prévision de la charge indique que le niveau atteint plus de 80 % de la valeur limite de l'installation. Ces mesures requièrent des compétences techniques particulières et une grande expérience; aussi, le propriétaire de l'installation fait-il souvent appel à une entreprise spécialisée pour les réaliser. En vertu du principe de causalité, le propriétaire de l'installation doit prendre à sa charge les frais liés à ces mesures.

Une mesure de réception ne peut jamais être effectuée de manière entièrement indépendante de l'exploitant de l'installation, celui-ci devant fournir les informations nécessaires concernant le mode d'exploitation actuel pendant la mesure. Dans le cas d'installations de téléphonie mobile, l'ORNI exige que la valeur limite de l'installation soit respectée à pleine capa-

cité et à la puissance maximale d'émission, niveau rarement atteint car la station de base émet généralement à une puissance inférieure. Les résultats de la mesure de la puissance actuelle d'émission doivent donc être extrapolés pour obtenir la puissance maximale d'émission admise. C'est uniquement cette extrapolation qui permet aux autorités de juger si la valeur limite est respectée, et pour effectuer ce calcul, les informations données par l'exploitant concernant le mode d'exploitation au moment de la mesure sont indispensables.

Mesure de contrôle

La mesure de contrôle a un objectif différent. Elle vise à déterminer la charge de rayonnement dans les conditions réelles d'exploitation de l'installation. Cette mesure peut être réalisée indépendamment de l'exploitant.

Mesure du rayonnement de la téléphonie mobile

Il existe différentes techniques permettant de mesurer le rayonnement des installations de téléphonie mobile:

Mesure à large bande: cette méthode mesure globalement le rayonnement dans un large domaine de fréquences à l'aide d'une sonde qui saisit, outre le rayonnement des installations de téléphonie mobile, notamment aussi celui des émetteurs de télévision ou de radiodiffusion, sans toutefois permettre une différenciation des diverses contributions au rayonnement;

Mesure à sélection de fréquence: cette technique est utilisée lorsqu'une mesure à large bande ne permet pas de déterminer de manière concluante qu'une installation de téléphonie mobile respecte la valeur limite de l'installation. Elle saisit de manière ciblée uniquement le rayonnement de l'installation à contrôler. Les mesures à sélection de fréquence sont plus complexes et plus longues que les mesures à large bande et nécessitent en outre un équipement de mesure plus sophistiqué;

Mesure à sélection de code: cette technique est utilisée pour le rayonnement UMTS lorsque les résultats obtenus avec les deux premières ne sont pas concluants. Elle saisit de manière sélective uniquement la part constante du signal UMTS qui est ensuite extrapolée. Cette méthode permet d'attribuer sans ambiguïté les signaux mesurés à une installation émettrice.



Cette antenne de mesure tenue à la main (en haut) permet de détecter la charge la plus élevée dans la pièce. L'analyseur de spectre (au centre et en bas) reproduit les résultats de la mesure à sélection de fréquence. Chaque fréquence étant enregistrée séparément, il est possible de déterminer, de manière ciblée, le rayonnement d'une seule installation de téléphonie mobile.



Là où de l'électricité est générée, transportée et utilisée, il se produit aussi des phénomènes secondaires inévitables, comme les champs électriques et magnétiques. Ces champs sont d'autant plus forts que l'intensité du courant et la tension sont plus élevés et que la distance par rapport aux installations électriques est plus faible. Dans le domaine de la distribution d'électricité, les charges les plus importantes se manifestent à proximité immédiate des stations de transformation et des lignes à haute tension.

**Champs basse fréquence
et courant électrique**

Parcours du courant entre la centrale électrique et la prise > p 21

Les trois grandeurs du courant > p 22

Courant alternatif triphasé > p 22

Comment les champs se forment > p 22

Champs magnétiques des lignes aériennes > p 23

Réduction du champ magnétique par une optimisation des phases > p 24

Évolution du champ magnétique d'une ligne à haute tension > p 25

Champs électriques des lignes aériennes > p 25

Dimension spatiale plus faible des champs magnétiques des lignes en câbles > p 26

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution > p 26

Champ magnétique d'une station de transformation > p 27

Parcours du courant entre la centrale électrique et la prise

En Suisse, la majeure partie du courant électrique provient de centrales hydrauliques qui sont souvent situées à une très grande distance des centres de consommation. Lorsque le courant sort de la prise, il a déjà parcouru un long chemin. Les générateurs des différents types de centrales produisent du courant ayant une fréquence de 50 hertz (Hz) et une tension de 6 à 27 kilovolts (kV).

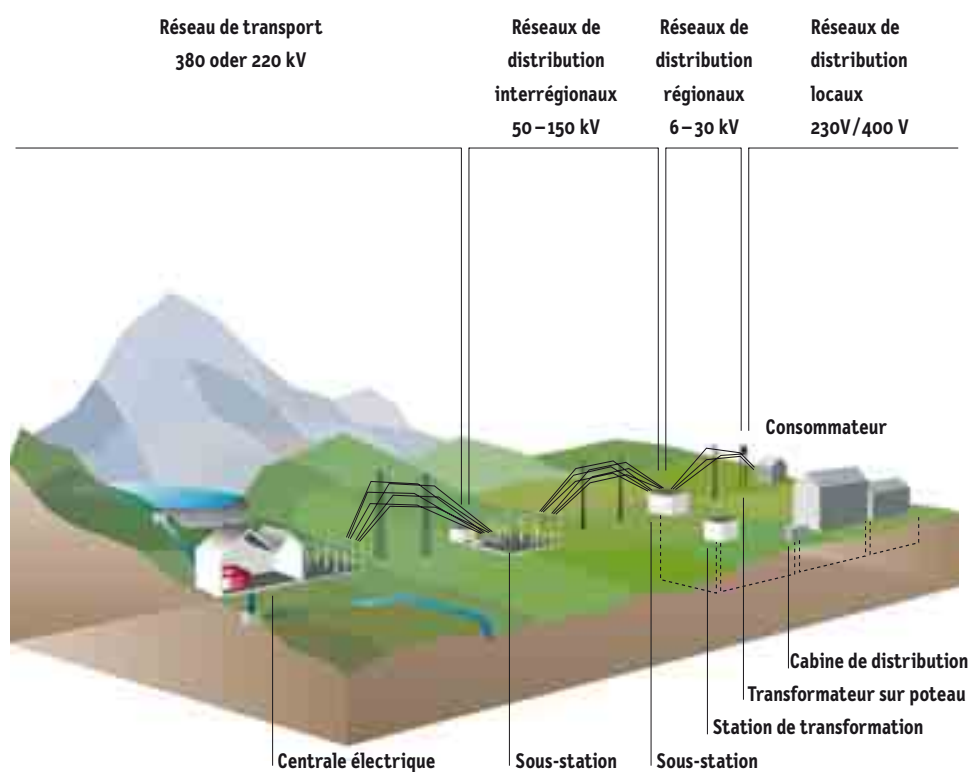
Des tensions de réseau élevées minimisent les pertes dans les lignes de transport; les transformateurs des centrales augmentent donc la tension avant d'alimenter les lignes de transport. Les grandes distances sont généralement couvertes à des tensions de 220 ou de 380 kV. Ce

réseau de lignes à haute tension est principalement constitué de lignes aériennes sur des pylônes en treillis.

Pour la distribution interrégionale, la tension est abaissée jusqu'à 50 à 150 kV dans des sous-stations. Le transport de courant s'effectue alors souvent par des lignes aériennes sur des pylônes en béton.

L'alimentation régionale s'effectue à une tension de 6 à 30 kV à l'aide de câbles enterrés ou de lignes aériennes sur des poteaux en bois.

Enfin, dans les quartiers et les villages, des stations de transformation abaissent la tension à 230 et 400 volts (V), la tension domestique usuelle.



Entre la centrale électrique et le consommateur, le courant est d'abord porté à de hautes tensions, puis ramené à des tensions plus basses. Des champs électriques et magnétiques sont générés le long des lignes ainsi qu'à proximité immédiate des stations de transformation.

Les trois grandeurs du courant

Trois grandeurs sont utilisées pour caractériser le courant:

Intensité: elle est mesurée en ampères (A) et indique la quantité de courant passant à travers un conducteur. Si l'on compare avec une conduite d'eau, l'intensité du courant correspond au débit, à la quantité d'eau transportée par unité de temps. Plus il y a de courant qui circule, plus l'intensité du courant est élevée. Dans les logements, les fusibles situés dans la boîte de distribution limitent le courant à 10 ou à 16 A. Les lignes à haute tension les plus puissantes sont conçues pour des intensités de courant pouvant aller jusqu'à 2500 A.

Tension: elle est mesurée en volts (V). Dans l'exemple de la conduite d'eau, elle correspond à la pression d'eau, qui existe même lorsque le robinet est fermé et que l'eau ne coule pas. De même, un câble électrique branché dans une prise – par exemple celui d'une lampe de chevet – est aussi sous tension lorsque la lumière n'est pas allumée, donc qu'aucun courant ne circule. La tension des piles usuelles est de 1,5 à 12 V, la tension domestique de 230 V et, dans les lignes à haute tension, elle peut atteindre 420 000 V.

Fréquence: elle désigne le nombre d'oscillations par seconde et est exprimée en hertz (Hz; 1 Hz = 1 oscillation par seconde). Cette grandeur est importante uniquement pour le courant alternatif. Dans les piles, le pôle positif et le pôle négatif sont fixes: elles fournissent donc du courant continu qui circule toujours dans le même sens. En revanche, dans le courant alternatif, le sens du flux est périodiquement inversé. Dans les logements, la fréquence du courant est de 50 Hz; elle reste constante (à 50 Hz) au cours du transport du courant de la centrale à la prise électrique. Seules la tension et l'intensité du courant changent en fonction du niveau du réseau.

Comment les champs se forment

Que ce soit au travail, à la maison ou pendant les loisirs, nous utilisons partout des installations et des appareils fonctionnant à l'électricité. Là où le courant circule, des champs électriques et magnétiques sont générés. C'est notamment le cas à proximité immédiate des lignes à haute tension, des sous-stations et des stations de transformation, mais pas seulement; les appareils électriques utilisés à la maison ou au travail produisent aussi ce type de champs.

Les champs électriques se forment dès qu'une ligne ou un appareil sont sous tension, ce qui est le cas dès qu'un appareil est relié à la prise de courant par son câble. Lorsque l'appareil est mis en marche, le courant circule de sorte qu'il se forme également un champ magnétique en plus

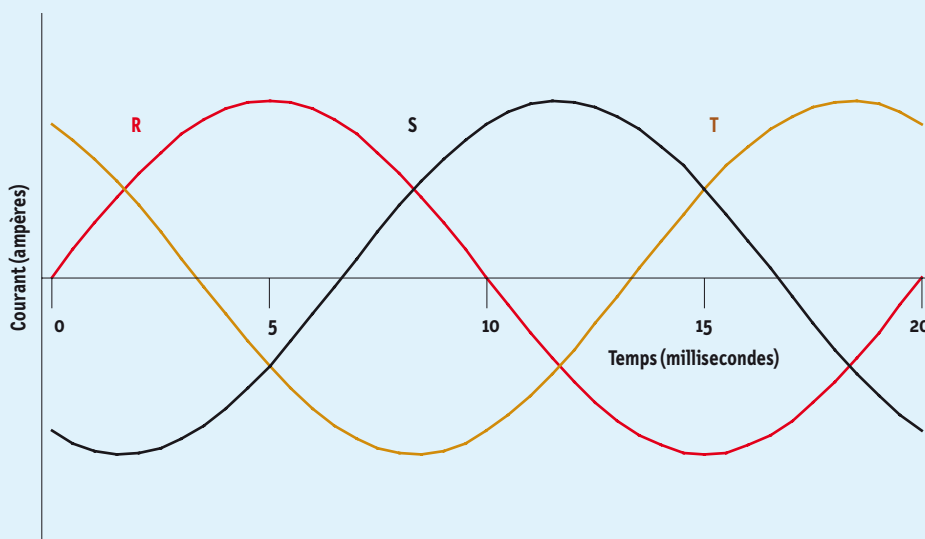
du champ électrique. Notre réseau électrique fonctionnant avec du courant alternatif ayant une fréquence de 50 hertz (Hz), les champs électriques et magnétiques générés sont également des champs alternatifs de 50 Hz.

Les champs électriques et les champs magnétiques présentent certaines caractéristiques similaires. Ils ont en commun le fait que leur intensité diminue rapidement avec la distance par rapport à la source. Les possibilités de blindage sont en revanche différentes: le blindage des champs électriques est efficace alors que les champs magnétiques passent à travers pratiquement tous les matériaux. Seuls certains alliages métalliques spéciaux ou des tôles d'aluminium épaisses sont capables de les atténuer en partie.

Courant alternatif triphasé

Le réseau de courant à 50 Hz est exploité avec du courant alternatif triphasé, à savoir du courant triphasé où les trois conducteurs de phase forment un terne. Les courants alternatifs dans les différents conducteurs sont décalés d'un tiers de la période d'oscillation – ils ont des relations des phases différentes. Il existe six combinaisons possibles pour raccorder les phases R, S et T aux trois conducteurs de phase d'un terne. Tant

qu'il n'y a pas de deuxième terne à proximité, les six combinaisons génèrent un champ magnétique d'intensité similaire. Dès que deux ternes sont relativement proches, les champs magnétiques des ternes peuvent se renforcer ou s'affaiblir mutuellement. Cet effet dépend de la manière dont l'ordre des phases du deuxième terne est fixé par rapport au premier.

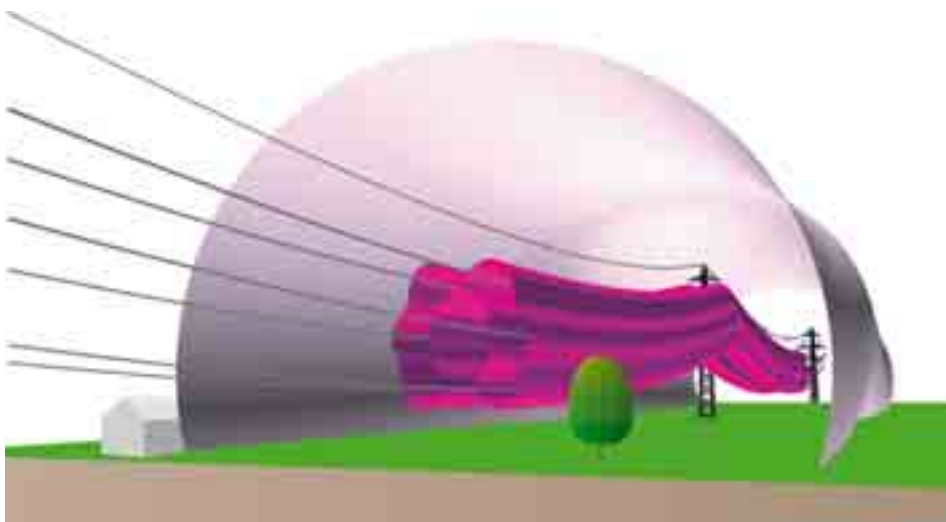


Dans le courant triphasé, les flux dans les trois conducteurs sont décalés d'un tiers de la période d'oscillation. On désigne par R, S et T les différentes phases.

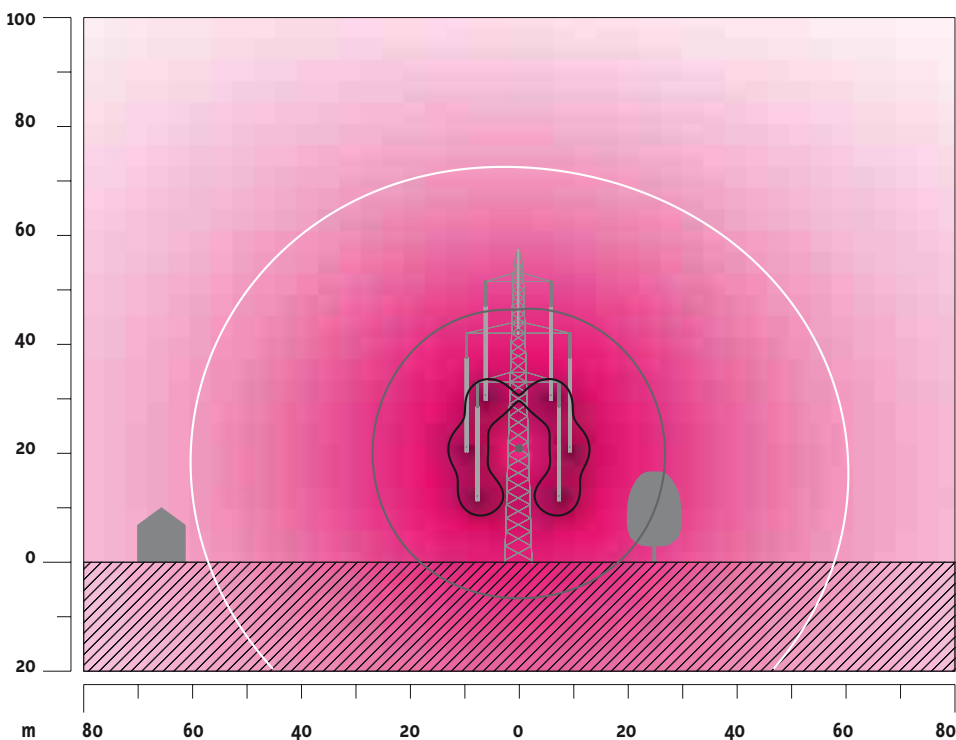
Champs magnétiques des lignes aériennes

L'intensité des champs magnétiques est indiquée en microtesla (μT). Plus l'intensité de courant est élevée et plus la distance entre les câbles conducteurs de courant est grande, plus la dimension spatiale du champ magnétique d'une ligne à haute tension est importante. Les charges les plus élevées à proximité du sol se trouvent à mi-distance entre deux pylônes, là où les conducteurs sont le plus bas. Elles varient selon le type de construction de la ligne et l'intensité du courant. Le champ magnétique diminue avec la distance par rapport à la ligne; il est donc d'autant plus faible que la ligne est éloignée du sol. Dans le cas de lignes à plusieurs ternes ou de lignes à haute tension en parallèle, les champs magnétiques des différents ternes peuvent se renforcer ou s'affaiblir mutuellement. La charge peut toutefois être diminuée par une optimisation de l'ordre des phases.

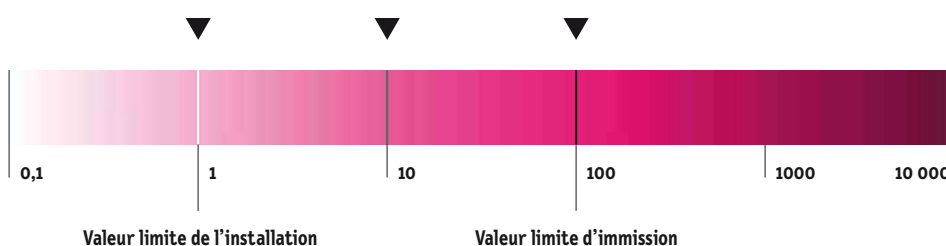
Les murs des bâtiments ne font pratiquement pas écran aux champs magnétiques. Les lignes aériennes de 380 kV peuvent donc augmenter l'exposition aux champs magnétiques dans les habitations voisines jusqu'à une distance de 150 à 200 m. Au-delà, il existe une charge de fond normale, qui se situe entre 0,02 et 0,04 μT dans les constructions raccordées au réseau électrique. Le champ magnétique peut toutefois être beaucoup plus élevé à proximité d'appareils électriques.



Représentation en perspective du champ magnétique d'une ligne à haute tension typique de 380 kV à deux ternes, à pleine charge (1920 A). La charge la plus forte se manifeste autour des six câbles conducteurs; elle dépasse les 100 microtesla (μT) à l'intérieur des cylindres rouges et s'élève encore à 1 μT au niveau de l'enveloppe du grand tunnel.



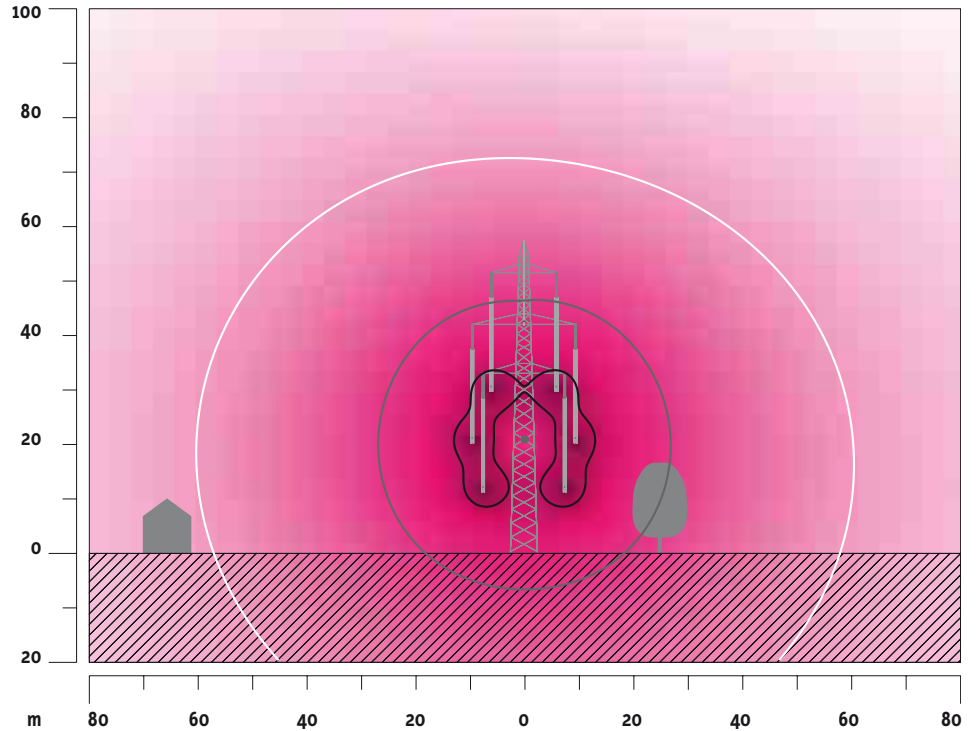
Coupe transversale du champ magnétique de la ligne à haute tension représentée ci-dessus à mi-distance entre deux pylônes, là où les câbles conducteurs sont le plus proche du sol. La charge diminue à mesure de l'éloignement par rapport à la ligne et n'est pas influencée par les murs des bâtiments, les arbres ou le terrain. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



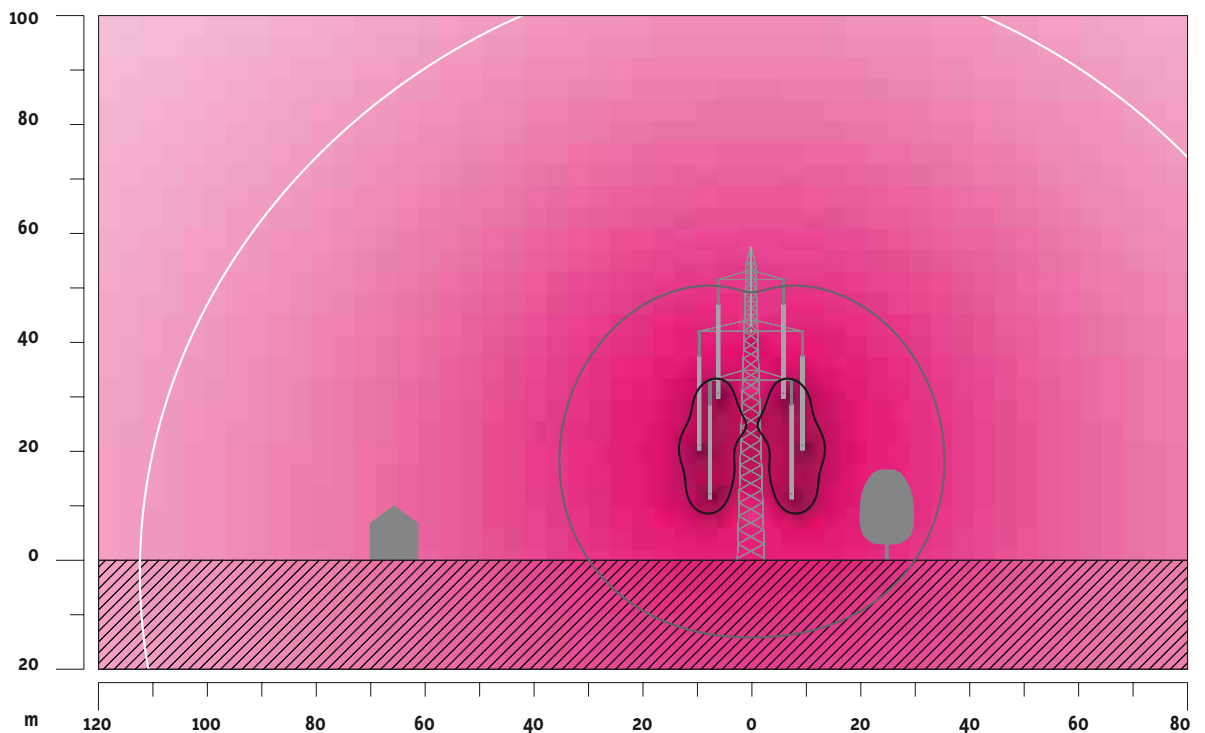
Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (μT).

Réduction du champ magnétique par une optimisation des phases

Contrairement aux champs électriques, les champs magnétiques sont très difficiles à arrêter. Le meilleur moyen de limiter leur extension est un positionnement favorable des câbles conducteurs et une optimisation des phases. Les oscillations des courants alternatifs circulant dans les différents conducteurs d'une ligne à haute tension sont décalées - elles ont une relation des phases différente. Suivant la manière dont les trois phases sont raccordées aux câbles conducteurs aux extrémités d'une ligne, la dimension spatiale du champ magnétique sera plus ou moins grande. L'optimisation des phases vise à raccorder les câbles conducteurs de manière à minimiser la dimension spatiale du champ magnétique. Il existe à cet effet des programmes de simulation qui calculent, sur la base de la disposition des conducteurs ainsi que des principales directions des flux de charge existants, l'ordre des phases le plus approprié.



Une disposition favorable des câbles conducteurs et une optimisation de l'ordre des phases permettent de réduire de manière significative la dimension spatiale du champ magnétique des lignes aériennes. La figure ci-dessus montre le champ magnétique d'une ligne à haute tension de 380 kV à deux ternes, dont les phases ont été optimisées. La figure ci-dessous représente la même ligne avec un ordre des phases défavorable. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs.



Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (μT).



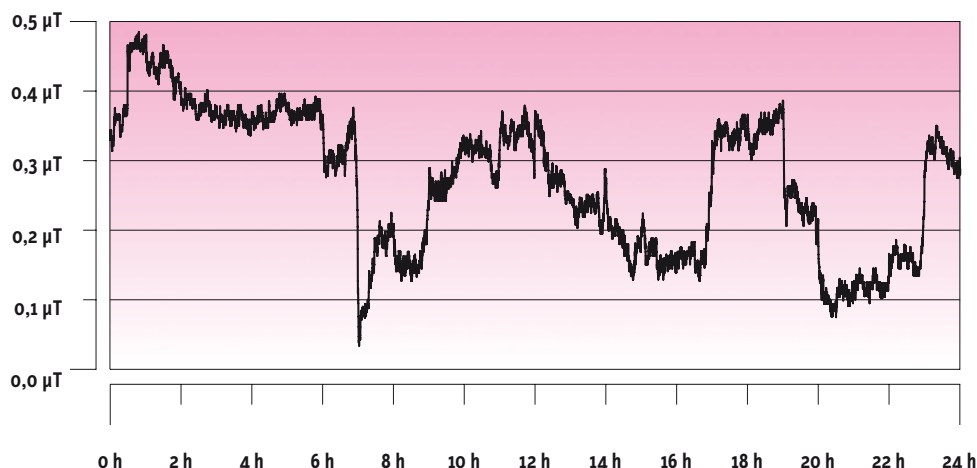
Valeur limite de l'installation

Valeur limite d'immission

Évolution du champ magnétique d'une ligne à haute tension

Les champs magnétiques sont fonction de l'intensité du courant, donc de la consommation d'électricité des ménages et des entreprises. Aussi, l'évolution de la charge aux alentours d'une ligne à haute tension reflète-t-elle les fluctuations de la consommation de courant selon l'heure de la journée et la saison.

Contrairement à l'intensité du courant, la tension reste pratiquement constante. Il en va de même pour le champ électrique d'une ligne à haute tension, qui est proportionnel à la tension.

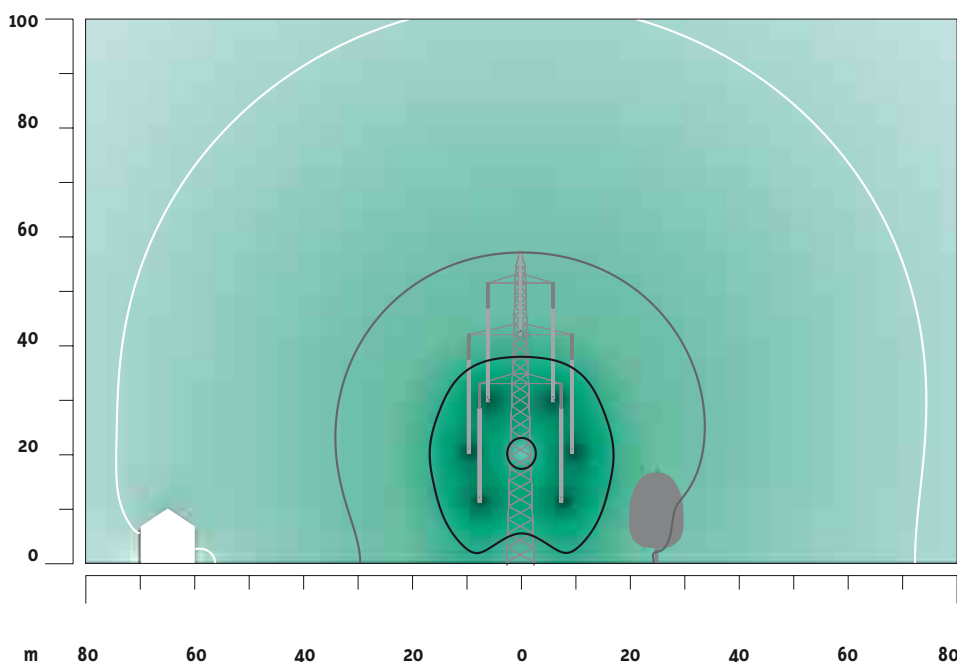


Exemple montrant l'évolution du champ magnétique sur 24 heures à proximité d'une ligne à haute tension de 220 kV, un jour ouvré du mois de janvier. Le champ magnétique fluctue en fonction de l'importance du flux de courant dans les deux ternes.

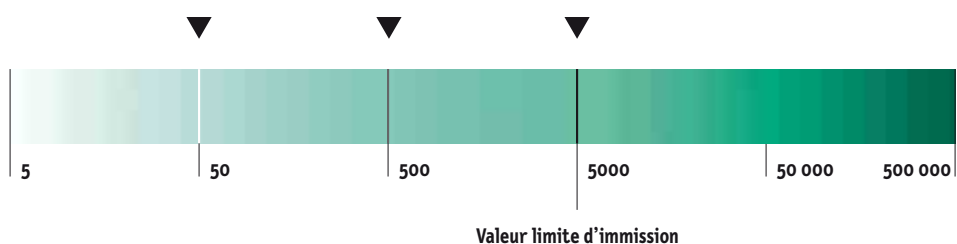
Champs électriques des lignes aériennes

L'intensité d'un champ électrique est mesurée en volts par mètre (V/m). Elle dépend essentiellement de la tension et de la distance par rapport au conducteur électrique. Sous une ligne à haute tension de 380 kV, l'intensité du champ électrique à proximité du sol peut atteindre 5000 V/m. Plus la tension est basse, plus l'intensité du champ est faible. Ainsi, elle peut atteindre jusqu'à 3000 V/m sous une ligne de 220 kV, au maximum 700 V/m pour des lignes de 110 kV et jusqu'à 400 V/m sous une ligne de 50 kV. Comme le montre la figure, l'intensité du champ électrique diminue avec l'éloignement par rapport aux câbles conducteurs.

Le champ électrique est déjà déformé et atténué par des matériaux peu conducteurs, comme les arbres, les buissons ou les maisons. La conductivité des matériaux de construction suffit généralement à atténuer de plus de 90 %, voire plus, l'intensité d'un champ électrique extérieur pénétrant à l'intérieur des bâtiments.



Coupe transversale du champ électrique d'une ligne à haute tension de 380 kV à deux ternes, à mi-distance entre deux pylônes, là où les câbles conducteurs sont le plus bas et présentent la distance minimale admissible par rapport au sol. Directement sous la ligne, la valeur limite d'immission de 5000 volts par mètre est encore tout juste respectée. Les bâtiments, les arbres et le sol distordent le champ électrique et l'atténuent. Ainsi, la charge liée aux lignes aériennes est pratiquement négligeable dans les immeubles d'habitation. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



Échelle de l'intensité du champ électrique en volts par mètre (V/m).

Dimension spatiale plus petite des champs magnétiques des lignes en câbles

Alors que le transport de courant à grande échelle s'effectue principalement dans des lignes aériennes, la distribution locale de courant se fait en grande partie par des lignes en câbles enterrées.

Dans le cas des lignes aériennes, l'air entre les ternes fait office d'isolation. Les conducteurs doivent présenter un écartement minimal pour éviter une décharge disruptive. Dans les lignes en câbles, les conducteurs de courant sont entourés d'un matériau très isolant et peuvent donc être placés à proximité les uns des autres, ce qui réduit la dimension spatiale du champ magnétique.

Comparée à celui d'une ligne aérienne, la dimension spatiale du champ magnétique d'une ligne en câbles est donc nettement plus petite pour une même intensité de

courant. Toutefois, juste au-dessus du tracé d'une ligne en câbles, la charge peut être aussi élevée que directement sous une ligne aérienne, mais elle diminue plus rapidement avec la distance.

Contrairement au champ magnétique, le champ électrique est complètement arrêté par le blindage des câbles ainsi que par la terre; aucun champ électrique n'est donc décelable même juste au-dessus de la ligne.

Aujourd'hui, il est également possible techniquement de poser des lignes à haute tension de plus de 50 kV dans le sol. Des solutions de ce type sont toutefois beaucoup plus onéreuses que des lignes aériennes. En cas de dommages, les réparations sont en outre plus coûteuses et prennent plus de temps. C'est pourquoi les entreprises de distribution d'électricité privilégient les lignes aériennes.

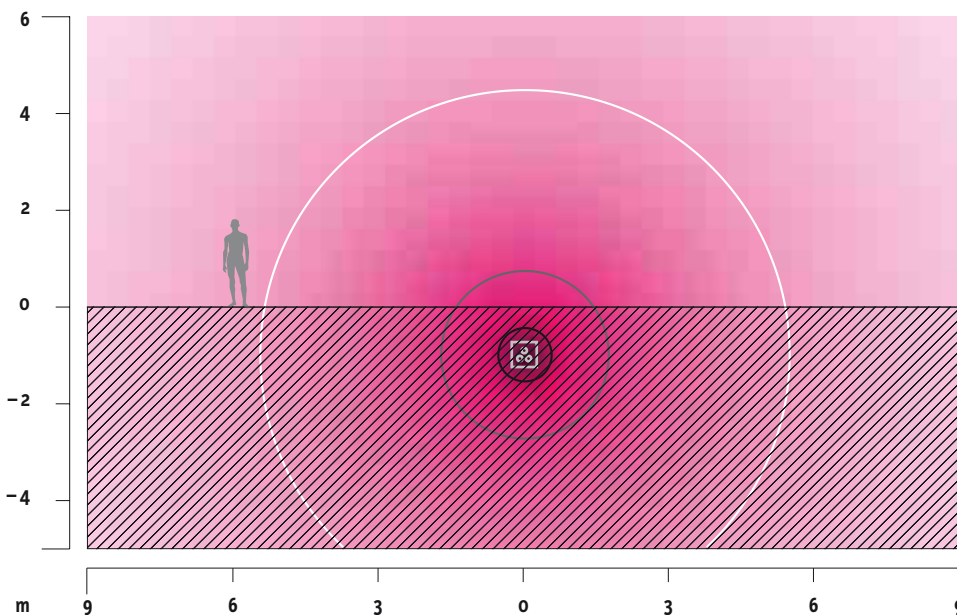
Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution

Les limitations des émissions fixées à titre de précaution dans l'ORNI pour les lignes à haute tension sont différentes selon qu'il s'agit d'installations nouvelles, modifiées ou anciennes.

Installations nouvelles: les lignes à haute tension nouvellement posées ou remplacées sur le tracé des lignes existantes doivent respecter la valeur limite de l'installation de 1 microtesla (μT) dans les lieux à utilisation sensible, tels que les logements. Cette valeur s'applique à la pleine capacité de la ligne. Toutefois, comme le flux de courant varie au cours du temps et que le maximum n'est atteint qu'occasionnellement, la charge moyenne est nettement inférieure à 1 μT lorsque la valeur limite de l'installation est respectée. Les autorités peuvent autoriser, dans des cas exceptionnels, un dépassement de cette valeur limite.

Modification d'une installation: on entend par ce terme toutes les modifications de la disposition des conducteurs, de l'ordre des phases ou du mode d'exploitation d'une ligne à haute tension existante. Dans les lieux à utilisation sensible où la valeur limite de l'installation de 1 μT était déjà dépassée avant la modification, on ne peut pas augmenter davantage le champ magnétique. Dans tous les autres lieux à utilisation sensible, la valeur limite de l'ins-

Représentation en perspective d'une ligne en câbles enterrée avec trois conducteurs dans des tubes en plastique séparés, noyés dans du béton.



Coupe transversale du champ magnétique d'une ligne en câbles enterrée. Le bloc de tubes se trouve ici à 0,8 mètre sous la surface du sol. Les conducteurs de courant de 745 A étant à une faible distance les uns des autres, la dimension spatiale du champ magnétique est nettement moindre que celle des lignes aériennes; la charge diminue aussi plus rapidement avec l'éloignement.



Ligne aérienne de 220 kV près de Laax (GR).

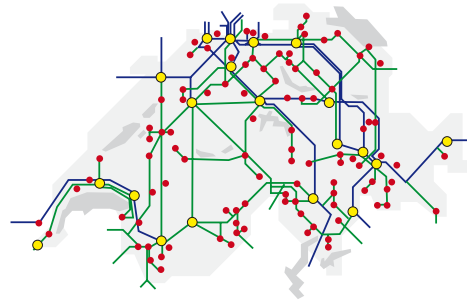
tallation doit être respectée. Dans ce cas aussi, les exigences peuvent exceptionnellement être assouplies.

Installations anciennes: lorsque ce type d'installation dépasse la valeur limite de l'installation dans des lieux à utilisation sensible, l'ordre des phases doit être optimisé. Il n'y a pas d'autre exigence; si la ligne ne respecte toujours pas la valeur limite de l'installation après l'optimisation des phases, cette situation est tolérée.

Type de ligne	Distance nécessaire pour respecter la valeur limite de l'installation de $1 \mu\text{T}$
---------------	--

Ligne aérienne de 380 kV	60–80 m
Ligne aérienne de 220 kV	40–55 m
Ligne aérienne de 110 kV	20–30 m
Ligne aérienne de 50 kV	15–25 m
Ligne en câbles de 110 kV	3–6 m

Ces données relatives à la distance directe par rapport aux câbles sont valables lorsque l'ordre des phases est optimisé. Plus les conducteurs sont hauts, plus la distance minimale latérale nécessaire pour respecter la valeur limite de l'installation est faible.



Le réseau des lignes à haute tension en Suisse: lignes de 380 kV (en bleu) et lignes de 220 kV (en vert).

Représentation en perspective du champ magnétique d'une station de transformation à laquelle des personnes ont accès, à pleine charge (630 kVA). Au niveau de l'enveloppe rouge foncée, le champ magnétique est de $100 \mu\text{T}$ et au niveau de l'enveloppe claire, il est encore de $1 \mu\text{T}$. La station de transformation représentée ici a été bien conçue et est équipée de composants optimisés. Dans les stations moins bien construites, le champ magnétique peut être nettement plus étendu.

Champ magnétique d'une station de transformation

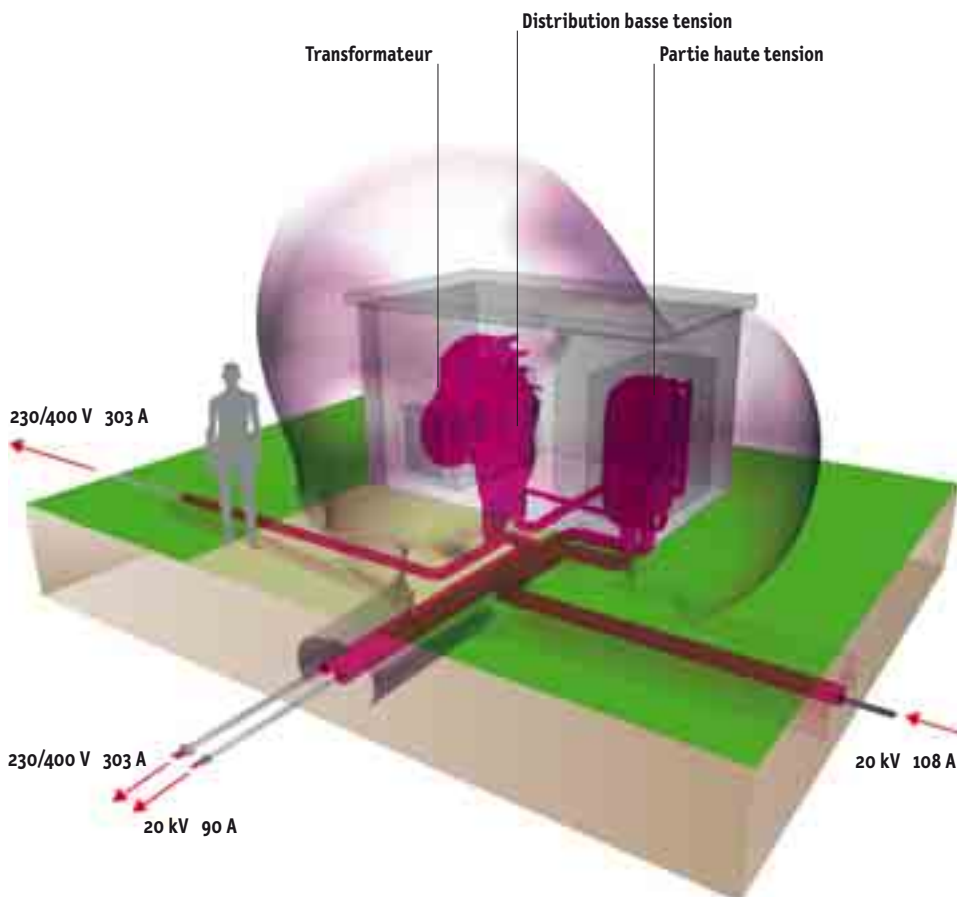
Les transformateurs augmentent ou diminuent la tension électrique. Ils sont utilisés dans les centrales électriques, les sous-stations, les quartiers d'habitation et les zones industrielles. Les stations de transformation dans les villages et les quartiers urbains sont alimentées par le réseau de distribution de courant régional à une tension de 6000 à 30 000 V qu'ils transforment en 230 et 400 V, tension qui est utilisée dans les ménages. Une station de transformation simple se compose d'une partie haute tension, d'un transformateur et d'une distribution basse tension. La connexion entre le transformateur et la distribution basse tension, ainsi que la distribution basse tension elle-même, génèrent les champs magnétiques les plus importants car à cet endroit l'intensité de courant est plus forte qu'au niveau de la partie haute tension. Les champs magnétiques sont en outre encore augmentés par la séparation spatiale des différents conducteurs de phase dans la distribution basse tension.

Il existe une grande variété de stations de transformation; il est donc pratiquement

impossible d'énoncer des règles générales s'appliquant aux champs magnétiques qu'ils génèrent.



Des champs magnétiques relativement forts sont générés non seulement par les lignes à haute tension mais aussi par les sous-stations implantées à l'intérieur de la clôture.



Dans la plupart des logements, la charge ambiante en rayonnement n'est pas due à des sources d'émissions externes. Ce sont plutôt les appareils électriques domestiques qui constituent la principale cause d'électrosmog. C'est donc aux habitants qu'il appartient de réduire à titre de précaution, par des mesures simples, la charge à laquelle ils sont exposés. Afin de protéger leur santé, ils devraient avant tout ne pas placer des appareils fonctionnant en permanence à proximité d'endroits où des personnes séjournent des heures durant.

Nos propres appareils sont souvent la principale source d'électrosmog

Sources domestiques d'électrosmog > p 29

Exposition accrue à proximité des appareils électriques > p 29

Problématique des appareils fonctionnant en continu > p 29

Diminution de l'électrosmog à titre de précaution > p 30

Prescriptions pour les nouvelles installations domestiques > p 30

Absence de valeurs limites pour les appareils électriques > p 30

Fours à micro-ondes > p 30

Appareils électriques utilisés à la maison > p 31

Appareils de cuisine > p 31

Moins d'électrosmog dans la chambre à coucher > p 32

Écrans > p 32

Éclairage > p 33

Sources domestiques d'électrosmog

Nous pouvons aussi être exposés chez nous à de l'électrosmog venant de l'extérieur, notamment celui des lignes à haute tension, des stations de transformation, des lignes de chemins de fer ou des installations de téléphonie mobile implantées à proximité. Toutefois, le plus souvent, c'est l'électrosmog généré à la maison qui prédomine. Il s'agit plus particulièrement des émissions suivantes:

- champs électriques et magnétiques basse fréquence des installations électriques domestiques, en d'autres termes de la boîte de distribution et de la boîte à fusibles fixe, des lignes électriques, des prises ainsi que des câbles de raccordement;
- champs basse fréquence des éclairages ou des appareils électriques;
- rayonnement électromagnétique haute fréquence généré par les téléphones sans fil ou les réseaux sans fil pour les ordinateurs (voir p. 52).

Exposition accrue à proximité des appareils électriques

Dans les bâtiments d'habitation raccordés au réseau électrique, la charge de fond typique du champ magnétique de la distribution d'électricité est de 0,02 à 0,04 microtesla (μT). Cette valeur s'applique à la grande majorité des bâtiments situés en dehors de la zone d'influence directe de sources d'émission dont les effets se manifestent sur une distance importante, telles que les lignes à haute tension, les lignes de contact des chemins de fer ou les stations de transformation.

À ces immissions s'ajoutent généralement les champs magnétiques des appareils électriques domestiques à proximité desquels la charge peut être significativement accrue. Les sources suivantes génèrent en particulier des champs magnétiques élevés:

- appareils produisant de la chaleur et consommant beaucoup de courant, tels que les cuisinières, les chauffe-eau, les sèche-cheveux ou les fers à repasser;
- les appareils munis d'un électro-aimant ou d'un transformateur, tels que les téléviseurs, les lampes halogènes basse tension ou les radios-réveils;
- les appareils à moteur électrique, tels que les perceuses, les robots de cuisine ou les aspirateurs.



Dans le cas d'un sèche-cheveux, par exemple, un champ magnétique de plus de 100 μT peut se manifester à proximité immédiate de la surface du boîtier, mais il diminue rapidement avec l'éloignement. À une distance de 30 cm, le champ magnétique d'un sèche-cheveux n'est plus que de 0,01 à 7 μT , selon l'appareil, et de 0,01 à 0,3 μT à une distance de 1 m. La situation est similaire pour une cuisinière électrique: si le champ magnétique à proximité immédiate se situe entre 1 et 50 μT , il s'affaiblit ensuite; à une distance de 30 cm, il atteint 0,15 à 8 μT et, à 1 m, il n'est plus que d'environ 0,01 à 0,04 μT .

Problématique des appareils fonctionnant en continu

Nous ne sommes généralement exposés que brièvement à des appareils du type décrit ci-dessus car ils ne sont pas utilisés en permanence. Il en va autrement des appareils électriques à fonctionnement continu, tels que les radios-réveils. S'ils sont placés à proximité d'endroits où l'on séjourne quotidiennement pendant plusieurs heures, par exemple près d'un lit ou d'un canapé, ils peuvent donner lieu à une exposition de longue durée. L'exposition peut être nettement abaissée en plaçant les appareils fonctionnant en continu à une distance suffisante. Dans le cas d'un radio-réveil, un éloignement d'environ 1 m est suffisant pour que son champ magnétique ne se distingue plus de la charge de fond. Les champs magnétiques n'étant pratiquement pas arrêtés par les murs, même épais, il faut également tenir compte de l'aménagement dans les pièces voisines lorsqu'on choisit l'emplacement d'appareils électriques fonctionnant en continu.

Diminution de l'électromog à titre de précaution

On peut aisément diminuer la charge dans son logement en prenant des mesures relativement simples:

- **Éteindre l'appareil et débrancher la prise:** les appareils fonctionnant en stand-by utilisent en permanence un peu de courant et génèrent donc aussi un champ magnétique. Si les appareils sont mis hors circuit, le champ magnétique disparaît. Si l'on débranche en outre la prise en cas de non-utilisation pendant une période prolongée, on élimine également le champ électrique.
- **Maintenir une certaine distance:** étant donné que la charge diminue en fonction de l'éloignement par rapport à la source d'émission, on devrait veiller à placer les appareils électriques à une distance suffisante dans les endroits où l'on séjourne volontiers. La distance minimale recommandée est de 1 m pour un radio-réveil et de 2 m pour un téléviseur. Les champs magnétiques traversant les murs pratiquement sans être atténués, ces distances s'appliquent également aux appareils se trouvant dans les pièces voisines.
- **Ne pas faire fonctionner les appareils électriques longtemps près du corps:** lorsque des installations ou des appareils électriques fonctionnent pendant des périodes prolongées, par exemple des chauffages électriques au sol, on

peut être exposé à des charges particulièrement élevées, et ce d'autant plus lorsqu'ils sont près du corps, comme c'est le cas notamment pour les couvertures chauffantes ou les matelas à eau électriques. Là aussi, la charge peut être diminuée en arrêtant l'appareil et en débranchant la prise pendant la nuit.

Prescriptions pour les nouvelles installations domestiques

L'ORNI ne fixe aucune valeur limite de l'installation visant à limiter, à titre de précaution, les émissions pour les installations électriques domestiques. Elle contient néanmoins des prescriptions techniques concernant la disposition des conducteurs et des systèmes de distribution visant à réduire les champs. Les nouvelles installations doivent être conformes à l'état reconnu de la technique. Il faut en particulier ordonner si possible les lignes d'alimentation en étoile à partir du tableau de distribution, éviter les boucles dans les lignes d'alimentation et placer le système de distribution principal à une distance suffisante des chambres à coucher.

Absence de valeurs limites pour les appareils électriques

En Suisse, la législation ne définit pas de valeurs limites pour le rayonnement non

ionisant des appareils électriques. Bien que des mesures techniques destinées à diminuer les champs électriques et magnétiques soient sans conteste souhaitées, elles doivent être décidées à l'échelon international afin de ne pas constituer une entrave au commerce. Il existe des normes dans ce sens, notamment le label TCO bien connu pour les écrans d'ordinateur.

L'intensité des champs des appareils électriques n'est pas comparable aux valeurs limites fixées par l'ORNI pour des installations telles que les lignes à haute tension ou les stations de transformation. Les appareils électriques génèrent en effet des champs non homogènes de dimensions très réduites alors que les valeurs limites de l'ORNI ont été fixées pour des champs beaucoup plus étendus.

Fours à micro-ondes

Les fours à micro-ondes utilisent les effets thermiques du rayonnement haute fréquence de 2,45 gigahertz (GHz) afin de réchauffer les aliments. Ils sont équipés d'écrans et de dispositifs de protection afin que pratiquement aucun rayonnement ne puisse sortir de l'appareil.

Toutefois, on ne peut jamais empêcher totalement les fuites de rayonnement. Elles se situent, dans le cas d'appareils en bon état, au niveau de la fenêtre et de la porte du four, mais sont si faibles qu'elles ne présentent aucun danger pour la santé. Lorsque le joint de la porte est très sale ou endommagé, il peut arriver que les fuites soient plus importantes. Pour diminuer l'exposition aux micro-ondes, on peut prendre les précautions suivantes:

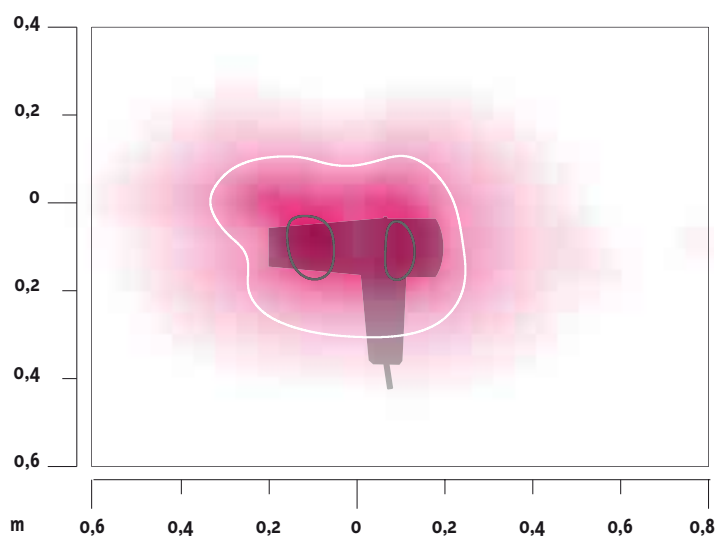
- contrôler régulièrement si les joints de la porte du four et le boîtier sont en bon état; les appareils endommagés ou fonctionnant depuis un certain temps devraient être contrôlés par un spécialiste et, au besoin, remplacés;
- veiller à garder les yeux à une distance suffisante de la fenêtre lorsque l'appareil est en marche;
- lorsqu'on se tient pendant une période prolongée à proximité d'un four à micro-ondes enclenché, veiller à respecter une distance d'au moins 1 m.



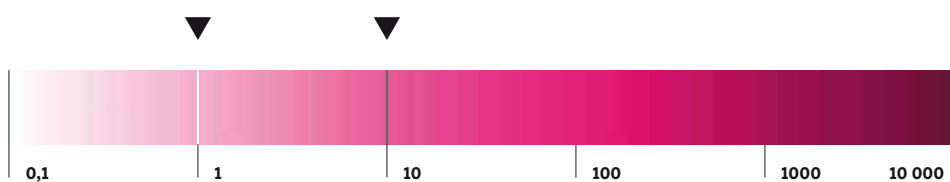
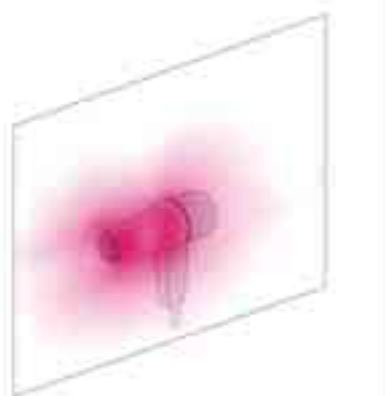
L'ordonnance sur le RNI ne s'applique qu'aux installations stationnaires et ne fixe pas de valeurs limites pour les appareils fonctionnant à l'électricité. Toutefois, des champs magnétiques élevés peuvent également apparaître à proximité immédiate des appareils domestiques.

Appareils électriques utilisés à la maison

Appareil	Champ magnétique (en μT)		
	à une distance de 3 cm	à une distance de 30 cm	à une distance de 1 m
Sèche-cheveux	6 – 2000	0,01 – 7	0,01 – 0,3
Rasoir électrique	15 – 1500	0,08 – 9	0,01 – 0,3
Perceuse	400 – 800	2 – 3,5	0,08 – 0,2
Scie électrique	250 – 1000	1 – 25	0,01 – 1
Aspirateur	200 – 800	2 – 20	0,1 – 2
Machine à laver	0,08 – 50	0,15 – 3	0,01 – 0,15
Sèche-linge	0,3 – 8	0,1 – 2	0,02 – 0,1
Fer à repasser	8 – 30	0,1 – 0,3	0,01 – 0,03



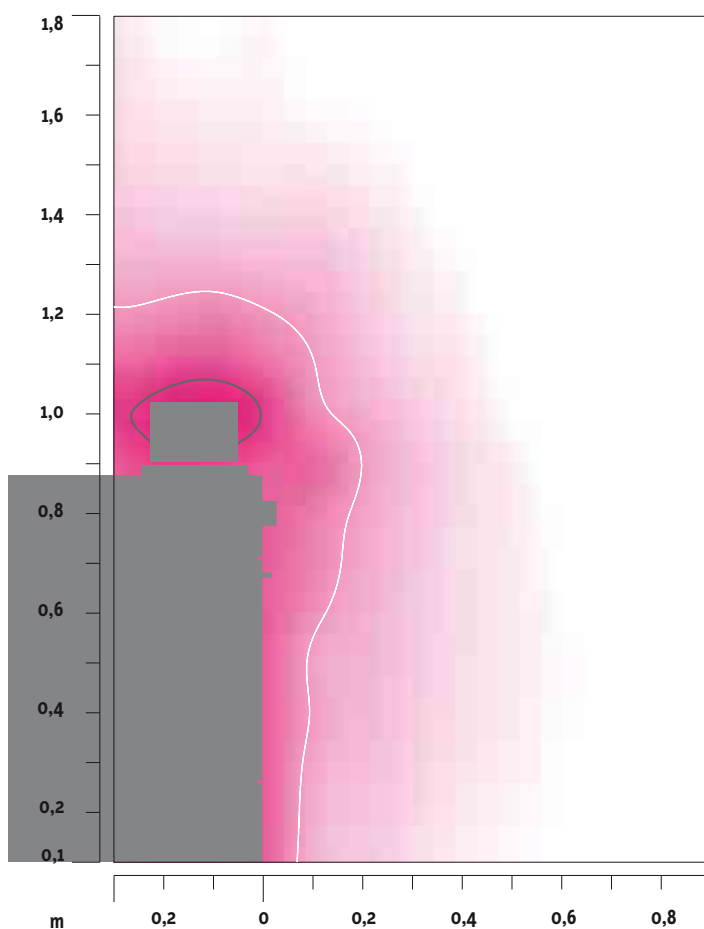
Champ magnétique d'un sèche-cheveux. Les charges les plus importantes se manifestent à proximité immédiate de la surface du boîtier. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (μT).

Appareils de cuisine

Appareil	Champ magnétique (en μT)		
	à une distance de 3 cm	à une distance de 30 cm	à une distance de 1 m
Cuisinière électrique	1 – 50	0,15 – 8	0,01 – 0,04
Four à micro-ondes	40 – 200	4 – 8	0,25 – 0,6
Réfrigérateur	0,5 – 2	0,01 – 0,3	0,01 – 0,04
Machine à café	1 – 10	0,1 – 0,2	0,01 – 0,02
Mixeur plongeant	60 – 700	0,6 – 10	0,02 – 0,25
Toaster	7 – 20	0,06 – 1	0,01 – 0,02



Comme tous les appareils produisant de la chaleur et consommant beaucoup de courant, les cuisinières électriques, génèrent aussi des champs magnétiques intenses. Toutefois, la charge baisse dès qu'on s'en éloigne un peu.



Moins d'électrosmog dans la chambre à coucher

L'homme passe environ un tiers de sa vie au lit; vu le temps passé dans la chambre à coucher, l'aménagement de cette pièce revêt donc une importance capitale. Si les appareils électriques sont placés à un endroit défavorable, il est exposé pendant une période prolongée aux champs qu'ils génèrent. Ainsi, le champ magnétique d'un radio-réveil ne s'affaiblit qu'à une distance de 1 m.

Afin de diminuer autant que possible l'exposition pendant le sommeil, il y a lieu d'appliquer les recommandations suivantes:

- dans la chambre à coucher et les pièces adjacentes, placer les appareils, tels que les ordinateurs ou les téléviseurs, à une distance d'au moins 2 m du lit; renoncer au fonctionnement en stand-by et éteindre complètement les appareils pendant la nuit;
- placer également les appareils électriques pour la surveillance des bébés et

des enfants en bas âge à au moins 2 m de leur lit;

- les radios-réveils fonctionnant sur le secteur ne devant jamais se trouver à proximité immédiate de la tête, veiller à les placer à une distance d'au moins 1 m;
- ne jamais dormir longtemps avec un coussin chauffant ou une couverture chauffante branchés;
- ne pas faire passer des câbles de raccordement sous le lit;
- ne pas placer le lit à proximité de gaines montantes ou de boîtes à fusibles.

Écrans

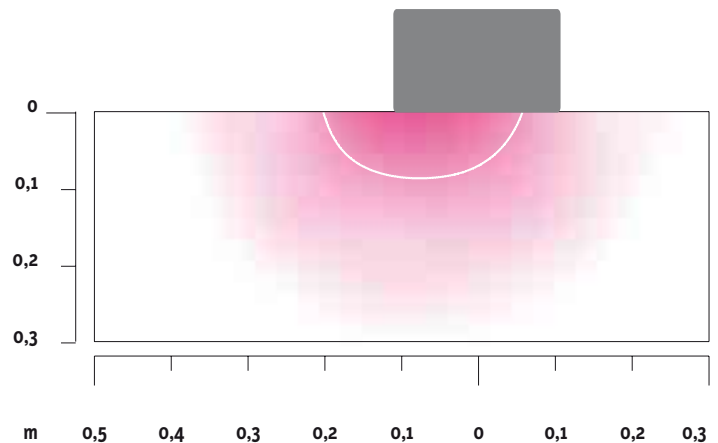
Les écrans à tube cathodique des ordinateurs et des téléviseurs génèrent différents types de champs et de rayonnements: des champs électrostatiques, des champs électriques et magnétiques basse fréquence, un rayonnement non ionisant haute fréquence ainsi qu'un faible rayonnement X. Pour diminuer, à titre de précaution, la charge liée au rayonnement



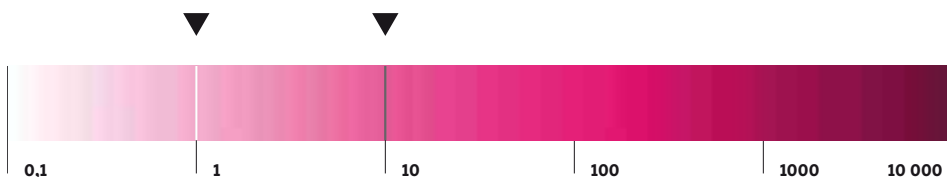
des écrans, il y a lieu d'adopter les mesures suivantes:

- **label TCO:** veiller, lors de l'achat d'un nouvel écran, à ce qu'il porte le label suédois TCO. Des dénominations telles que TCO 99 ou TCO 03 désignent des écrans d'ordinateurs à faible rayonnement.
- **maintenir une certaine distance:** veiller à se tenir à une distance minimale de 50 cm des écrans d'ordinateur et de 2 m des téléviseurs; ceci vaut également pour les pièces adjacentes.
- **les écrans plats génèrent moins d'électrosmog:** les écrans plats génèrent aussi des champs électriques et magnétiques basse fréquence puisqu'ils sont branchés sur le secteur, mais ils n'émettent pas de rayonnement.

Appareil	Champ magnétique (en μT)		
	à une distance de 3 cm	à une distance de 30 cm	à une distance de 1 m
Radio-réveil	3–60	0,1–1	0,01–0,02
Couverture chauffante électrique	jusqu'à 30		
Téléviseur	2,5–50	0,04–2	0,01–0,15
Écran TCO	0,2 (50 cm)		
Chauffage électrique au sol	0,1–8		
Radiateur	10–180	0,15–5	0,01–0,25



Champ magnétique d'un radio-réveil. Pour éviter une exposition de longue durée pendant le sommeil, la distance minimale entre le lit et ce type d'appareils électriques fonctionnant en permanence devrait être d'au moins un mètre. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (μT).



Éclairage

Les systèmes d'éclairage tels que les lampes halogènes basse tension génèrent des champs magnétiques relativement intenses, qui sont dus à la fois aux transformateurs, destinés à réduire la tension usuelle du réseau domestique de 230 V à 12 V, et aux fils conducteurs. Pour obtenir la même puissance, l'intensité du courant dans les conducteurs des lampes fonctionnant à une tension plus basse doit être plus forte que dans les éclairages conventionnels, ce qui génère obligatoirement des champs magnétiques plus élevés. De plus, lorsque les conducteurs de courant ne sont pas serrés les uns contre les autres, le champ se renforce et peut encore être décelé à l'étage supérieur.

Afin de diminuer l'exposition à titre de précaution, on prendra en considération les aspects suivants lors du choix de l'éclairage:

– **Lampes à incandescence:** ce sont les éclairages qui génèrent les champs magnétiques les plus faibles. Toutefois ces lampes consomment sensiblement plus

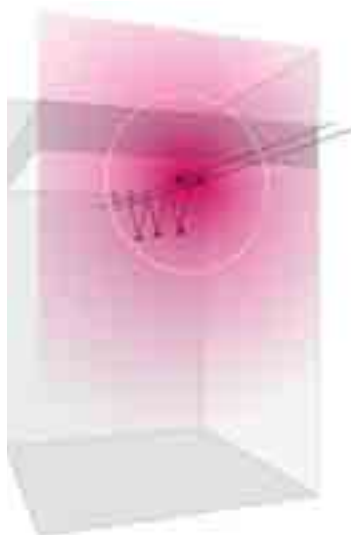
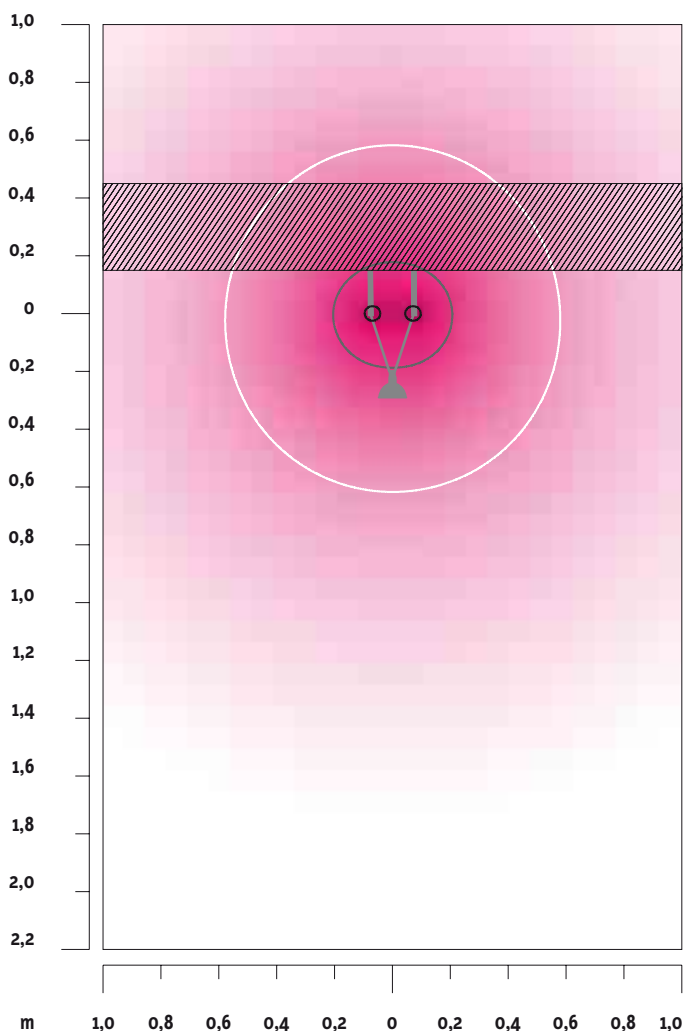
de courant que les lampes économiques en raison de leur faible rendement d'éclairage;

– **Lampes économiques:** elles génèrent des champs un peu plus intenses que les lampes à incandescence en raison du ballast se trouvant dans le socle. Toutefois les champs sont déjà en grande partie atténués à une distance de 50 cm. Ces lampes sont plus écologiques que les lampes à incandescence de par leur consommation d'énergie plus faible et leur durée de vie plus longue;


– **Tubes fluorescents:** leurs champs étant plus intenses que ceux des lampes économiques, une distance d'au moins 1 m est recommandée;

– **Éclairages halogènes basse tension:** ces systèmes génèrent les champs magnétiques les plus élevés. Il est recommandé d'installer les transformateurs et les fils à une distance d'au moins 2 m des lieux où l'on séjourne fréquemment.

Appareil	Champ magnétique (en μT)		
	à une distance de 3 cm	à une distance de 30 cm	à une distance de 1 m
Lampe à incandescence (60 W)	0,1–0,2		
Lampe économique de 15 W (avec ballast électronique)	1	0,1	
Lampe de bureau halogène	25–80	0,5–2	jusqu'à 0,15
Éclairage halogène basse tension			jusqu'à 0,3



De tous les éclairages électriques, les systèmes d'éclairage halogène basse tension sont ceux qui génèrent les champs magnétiques les plus intenses. Lorsqu'ils sont installés au plafond, ils peuvent entraîner une charge relativement élevée même dans les pièces situées au-dessus.



Les champs magnétiques des installations de lignes de contact sont sujets à de fortes fluctuations. Les locomotives qui accélèrent ou freinent augmentent le flux de courant, renforçant ainsi le champ magnétique. Plus le nombre de trains circulant sur une ligne est important, plus la charge est élevée.

Champs électriques des lignes de contact > p 35

Fluctuations temporelles des champs magnétiques > p 35

Particularités de l'alimentation électrique des trains > p 35

Focaliser le courant de retour > p 36

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution > p 36

Immissions dans le train > p 37

La voiture n'est pas l'alternative > p 37

Chemins de fer à courant continu > p 37

Fortes variations des champs magnétiques le long des lignes de chemin de fer

Champs électriques des lignes de contact

En Suisse, la plupart des lignes ferroviaires fonctionnent avec du courant alternatif à une fréquence de 16,7 hertz (Hz), raison pour laquelle les champs électriques et magnétiques le long des lignes de contact de chemin de fer présentent également cette fréquence.

L'intensité du champ électrique immédiatement sous la ligne de contact, par exemple à un passage à niveau, est d'environ 1500 volts par mètre (V/m) et diminue avec l'éloignement. La valeur d'immission de 10 000 V/m en vigueur en Suisse pour les champs électriques de 16,7 Hz est donc sans conteste respectée. La tension de la ligne de contact restant relativement constante quel que soit le trafic, le champ électrique ne varie pas, contrairement au champ magnétique.

Fluctuations temporelles des champs magnétiques

La quantité de courant circulant dans les lignes de contact n'étant pas constante, les champs magnétiques aux alentours des installations ferroviaires fluctuent de manière importante dans le temps. Lorsqu'en accélérant ou en freinant les locomotives et les motrices réalimentent le réseau en courant, le flux de courant est plus élevé et il en va de même du champ magnétique. Les locomotives utilisent également plus de courant à la montée ou lorsqu'elles tractent un train de marchandises lourd.

L'injection de courant dans la ligne de contact se fait généralement à des intervalles de 25 à 30 km. Lorsqu'aucun train ne circule sur une section entre deux points d'alimentation, aucun courant ne passe, donc aucun champ magnétique n'est généré. Dans l'exemple présenté ci-contre, une telle situation se présente la nuit entre 1h00 et 4h30. Toutefois, lorsque des trains circulent, le champ magnétique se manifeste tout le long de la section sur laquelle les trains sont alimentés en courant. La charge à proximité de la ligne ferroviaire varie en fonction du trafic sur la section d'alimentation concernée, de la position des trains sur celle-ci et des fluctuations des besoins en courant des motrices.

Comme les champs magnétiques du réseau général d'électricité ont une fréquence différente de ceux du réseau d'alimentation ferroviaire, leurs intensités ne sont pas exactement comparables. Les effets des

Particularités de l'alimentation électrique des trains

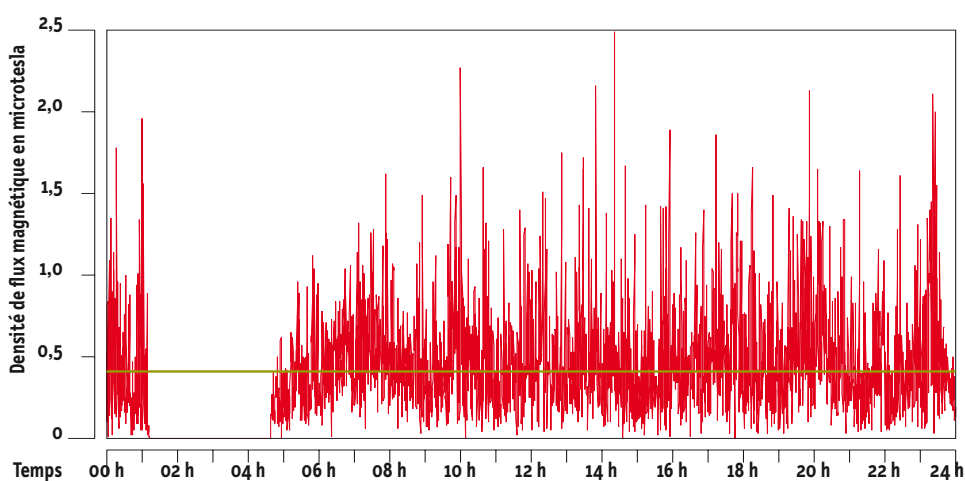
En Suisse, la plupart des lignes de chemin de fer fonctionnent au courant alternatif, tout comme le réseau général d'alimentation en électricité. Malgré ces similitudes, il existe toutefois des différences importantes, qui ont également une influence sur les champs magnétiques aux alentours des installations de courant ferroviaire:

Fréquence plus faible: les trains fonctionnent avec un courant dont la fréquence est de 16,7 hertz (Hz) alors que celle de la distribution normale d'électricité est de 50 Hz. La raison de cette différence est historique. En effet, pour que les premiers moteurs électriques de train fonctionnent sans problèmes, il était préférable que la fréquence soit aussi basse que possible. C'est pourquoi, après plusieurs essais, quelques pays européens, dont la Suisse, se sont mis d'accord au début du XX^e siècle pour adopter la fréquence de 16,7 Hz, qui continue à être utilisée depuis. Cette décision a nécessité la construction et l'exploitation d'un réseau de distribution d'électricité propre aux chemins de fer. Les entreprises de ce secteur, notamment les CFF, disposent de leurs propres centrales électriques et lignes de transport. Le courant alternatif à 50 Hz du réseau public est en outre également transformé en 16,7 Hz à l'aide de

groupes convertisseurs de fréquence. Le courant ferroviaire passe des centrales électriques, par le biais de lignes à haute tension propres à ce secteur dont la tension est de 132 kilovolt (kV), aux sous-stations où la tension est transformée en 15 kV, tension des lignes de contact, nécessaire pour faire fonctionner les locomotives.

Conducteurs moins nombreux: la distribution générale d'électricité est constituée d'un réseau de lignes à trois phases, c'est-à-dire que le circuit se compose de trois conducteurs de phase. En revanche, le réseau de transport du courant ferroviaire utilise un conducteur de phase et un conducteur de retour, qui sont tous deux sous tension. Sur la ligne ferroviaire, l'alimentation électrique des locomotives s'effectue uniquement par la ligne de contact. Les rails, le fil de terre et la terre elle-même font office de conducteurs de retour.

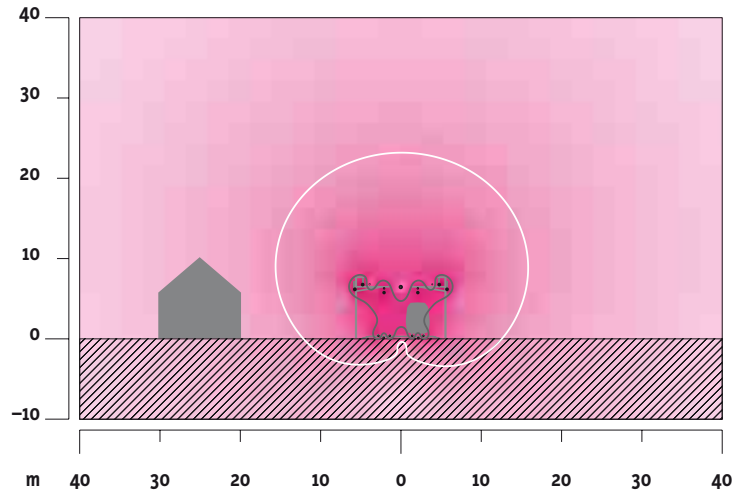
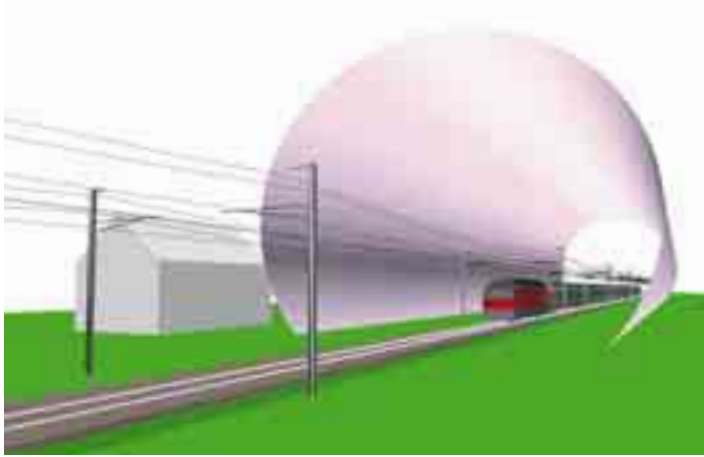
Consommateurs de courant mobiles: les appareils et machines électriques sont généralement à un emplacement fixe, alors que les locomotives alimentées par le réseau de courant ferroviaire se déplacent sans arrêt. Elles peuvent en outre générer du courant lors du freinage électrique. Le moteur devient alors un générateur qui transforme l'énergie de freinage en électricité et réalimente la ligne de contact.



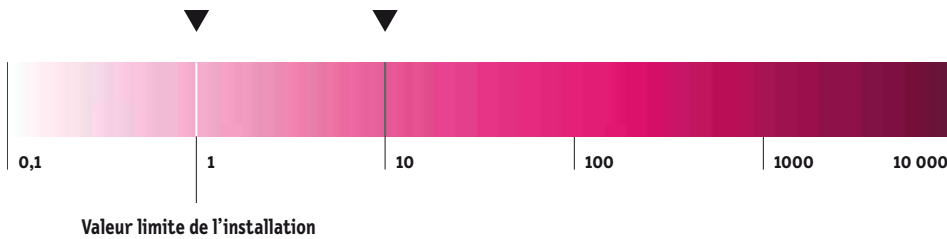
Champ magnétique de 16,7 Hz sur le tronçon à deux voies entre Lucerne et Bâle, mesuré près de Nottwil (LU), à une distance de 10 mètres du milieu du tracé de la ligne: la charge fluctue en fonction du trafic. Lorsqu'aucun train ne circule, il n'y a pas d'immissions. La moyenne sur 24 heures (ligne verte) s'élève à 0,41 microtesla. Cette valeur est déterminante pour effectuer la comparaison avec la valeur limite de l'installation, qui est de 1 microtesla (également en moyenne sur 24 heures), et qui est donc respectée ici.

champs magnétiques sur la santé se manifestent à partir d'un niveau d'intensité différent selon la fréquence. C'est pourquoi la valeur limite d'immission fixée dans l'ORNI

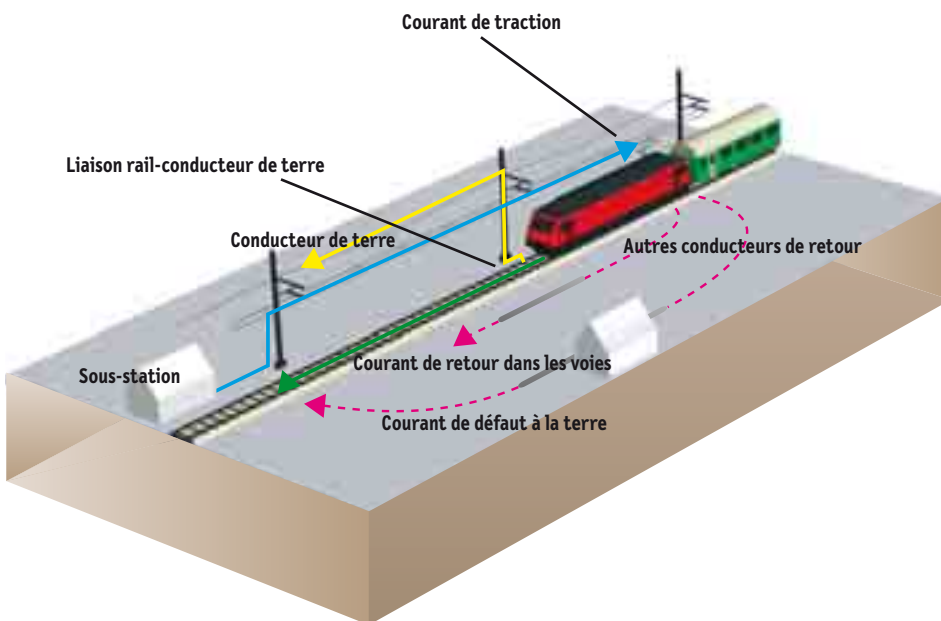
en vue de protéger des effets à court terme est de 100 microtesla (μT) pour des champs magnétiques de 50 Hz mais de 300 μT pour des champs de 16,7 Hz.



Champ magnétique sur un tronçon typique à deux voies. Au niveau de la surface de l'enveloppe représentée en perspective (à gauche), la densité de flux magnétique moyenne sur 24 heures est de 1 microtesla (μT). La coupe à travers le champ magnétique perpendiculairement au tracé de la ligne (à droite) montre que la charge diminue avec l'éloignement par rapport à la ligne de contact. La ligne grise correspond à une valeur moyenne de 10 μT sur 24 heures et la ligne blanche à une valeur de 1 μT .



Échelle de la densité de flux magnétique en microtesla (μT).



Les locomotives sont alimentées en courant à partir de la sous-station par le biais de la ligne de contact (flèche bleue). Le courant revient ensuite jusqu'à la sous-station par les rails (flèche verte), le conducteur de terre (flèche jaune), la terre et d'autres conducteurs de retour dans le sol (flèches rouges). La distance entre le conducteur de phase et le conducteur de retour détermine la dimension spatiale du champ magnétique résultant des lignes de contact de chemin de fer, qui peut être relativement importante.

Focaliser le courant de retour

S'agissant de l'intensité des champs magnétiques des lignes de contact des chemins de fer, il est en outre important que le courant de traction et le courant de retour soient relativement éloignés l'un de l'autre. Le courant de traction circule dans la ligne de contact; le courant de retour passe dans les voies et le conducteur de terre. Selon la manière dont les voies sont en contact avec le sol, une partie du courant de retour se fraye également un chemin à travers la terre ou dans des tubes métalliques enterrés, tels que les conduites d'alimentation en gaz ou en eau. Des tels courants vagabonds peuvent parcourir de grandes distances et ne reviennent le long du tracé de la voie ferrée qu'à proximité de la sous-station. Plus la distance entre le courant de traction et le courant de retour est grande, plus la dimension spatiale du champ magnétique est importante pour une intensité de courant identique. Par conséquent, pour réduire le champ magnétique, il est préférable que la plus grande partie possible du courant de retour passe dans le conducteur de terre, puisqu'il est le plus proche du câble de contact.

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution

Les limitations des émissions fixées à titre de précaution dans l'ORNI pour les lignes de contact de chemins de fer fonctionnant avec du courant alternatif diffèrent selon

qu'il s'agit d'installations nouvelles, modifiées ou anciennes:

- **Nouvelles installations:** elles comprennent les lignes de contact des nouveaux tronçons et les lignes de chemins de fer dont le tracé est modifié. La valeur limite de l'installation de 1 microtesla (μT) doit être respectée dans les lieux à utilisation sensible. Cette valeur est mesurée en tant que moyenne sur 24 heures. Sur un tronçon à deux voies, par exemple, la valeur limite de l'installation est généralement respectée à partir d'une distance de 10 à 25 m de la ligne de courant, selon l'intensité du trafic. Les autorités peuvent autoriser un dépassement des valeurs limites de l'installation dans des cas exceptionnels, dûment motivés;
- **Installations modifiées:** est considérée comme une modification au sens de l'ORNI une extension du nombre de voies. Dans les lieux à utilisation sensible où la valeur limite de l'installation était déjà dépassée avant l'extension, l'intensité des champs magnétiques ne doit pas augmenter. La valeur limite de l'installation doit être respectée dans tous les autres lieux à utilisation sensible. Dans des cas d'exception, un assouplissement des exigences est également possible pour les installations modifiées.
- **Anciennes installations:** les lignes de contact non modifiées ou devant être remplacées sur le tracé existant sont considérées comme des installations anciennes. Si elles dépassent la valeur limite de l'installation dans les lieux à utilisation sensible, elles doivent être munies d'un conducteur de retour (conducteur de terre) installé aussi près que possible de la ligne de contact. Actuellement, la plupart des tronçons de ligne sont équipés de la sorte. L'ORNI n'exige pas de mesures supplémentaires pour les installations anciennes.

Immissions dans le train

Nous sommes également exposés à des champs magnétiques à l'intérieur des wagons. Ils sont générés par les courants circulant dans la ligne de contact et dans les rails. L'alimentation électrique de l'éclairage, du chauffage et de la climatisation du train produit également des champs de ce type. L'alimentation interne en courant s'effectue à partir de la locomotive, par le biais de la barre omnibus du train –



À l'intérieur des trains nous sommes aussi exposés à des champs magnétiques. La charge diffère selon le wagon et le compartiment.

un faisceau de câbles monté sous le plancher du wagon.

Des mesures effectuées dans un train à deux étages sur le tronçon Berne–Zurich ont montré que les champs magnétiques fluctuent fortement dans le temps et qu'ils peuvent présenter de grandes variations selon l'endroit où l'on se trouve dans le train. Le champ le plus élevé a été mesuré à l'étage inférieur du premier wagon après la locomotive. À hauteur du siège, la valeur moyenne sur la durée de la mesure était de $4 \mu\text{T}$; on a toutefois observé de brèves valeurs de pointe atteignant $10 \mu\text{T}$. La principale source de champs magnétiques est dans ce cas la barre omnibus du train; son effet diminue toutefois au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la locomotive. À l'étage supérieur du premier wagon situé derrière la locomotive ainsi que dans les deux étages de la voiture de commande à l'autre extrémité de train, l'exposition au champ magnétique était similaire, avec une valeur moyenne d'environ $0,7 \mu\text{T}$ sur la durée de la mesure et de brèves valeurs de pointe allant jusqu'à $3,5 \mu\text{T}$.

Les trains ne faisant pas partie des lieux à utilisation sensible, aucune limitation de l'exposition aux champs magnétiques à titre de précaution ne s'applique à l'intérieur des wagons.

La voiture n'est pas l'alternative


L'exposition aux champs magnétiques dans les trains n'est toutefois pas une raison de changer de moyen de locomotion. En effet, les véhicules automobiles présentent aussi des champs magnétiques qui sont en partie induits par les appareils électriques de bord, mais sont aussi souvent générés par les jantes et ceintures métalliques magnétiques des pneus. Des mesures effectuées dans des voitures de tourisme en marche ont permis de relever que les charges les plus élevées se trouvent au niveau des pieds du passager et du siège arrière. Elles variaient fortement suivant le modèle du véhicule et couvraient un domaine de valeurs identique à celui des champs mesurés dans les trains.



Chemins de fer à courant continu

Les trams, les trolleybus et certains chemins de fer à voie étroite fonctionnent avec du courant continu qui génère des champs électriques et magnétiques statiques. L'ORNI fixe pour les champs magnétiques continus une valeur limite d'immission de $40\,000 \mu\text{T}$, qui d'expérience est

très largement respectée. S'agissant des champs continus se manifestant au quotidien, la recherche ne donne aucune indication selon laquelle ils pourraient présenter des risques pour la santé, raison pour laquelle l'ORNI ne prévoit pas non plus de valeur limite pour les installations de chemins de fer à courant continu.

A photograph showing a close-up of a mobile phone antenna tower. The tower is white and has several black cables attached to it. The background shows a town with houses and a church spire, under a clear blue sky. The text is overlaid on the right side of the image.

Grâce aux milliers de stations de base de téléphonie mobile, on peut aujourd'hui téléphoner pratiquement partout en Suisse avec un téléphone portable. Le revers de la médaille de cette couverture de l'ensemble du territoire est une augmentation globale du rayonnement haute fréquence émis par les antennes. À proximité de ces installations de téléphonie mobile, la charge varie au cours de la journée en fonction du nombre de conversations transmises. Les téléphones mobiles étant utilisés à proximité immédiate de la tête, les utilisateurs sont toutefois exposés à une charge nettement plus élevée que celle de n'importe quelle station de base.

Augmentation constante du rayonnement haute fréquence dû à la téléphonie mobile

Sommaire

Essor de la téléphonie mobile > p 39

Structure du réseau > p 39

Unités et grandeurs > S 41

Rayonnement à proximité d'une installation de téléphonie mobile > S 42

Fonctionnement des téléphones mobiles et des stations de base > p 43

Variation de l'intensité des champs électriques des stations de base au cours de la journée > p 43

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution > p 44

Autorisation et contrôle d'une installation de téléphonie mobile > p 44

Conseils destinés aux utilisateurs de téléphones portables > p 44

Comparaison de la charge de rayonnement de la station de base et d'un téléphone mobile > p 45

Valeur indicative pour les téléphones mobiles > p 45



Les téléphones mobiles étant placés à proximité de la tête lors des conversations, les utilisateurs sont beaucoup plus exposés au rayonnement qu'ils émettent qu'à celui des antennes de téléphonie mobile.

Essor de la téléphonie mobile

Une majorité de la population suisse possède désormais un téléphone portable. Plus de 9000 stations de base pour la téléphonie mobile garantissent que nous puissions utiliser ces téléphones pratiquement dans tout le pays. À partir de 1993, le réseau Natel C a été progressivement remplacé par le standard GSM introduit à cette époque, ce qui a grandement contribué à l'essor de la téléphonie mobile. Avec l'UMTS, le réseau de la troisième génération se met en place depuis 2002. L'offre sans cesse élargie et la demande croissante dans le domaine de la téléphonie mobile a toutefois pour conséquence une augmentation de la charge environnementale en ondes électromagnétiques de haute fréquence.

Dans le cas de la téléphonie mobile, contrairement à la distribution d'électricité où le rayonnement constitue un phénomène secondaire indésirable, le rayonnement est un moyen de transport utilisé sciemment pour la transmission d'informations sans fil.

Structure du réseau

Un réseau de téléphonie mobile se compose de nombreuses cellules. Chaque cellule possède une antenne qui assure la liaison, par ondes hertziennes, avec le téléphone mobile situé à proximité. En général, plusieurs cellules sont desservies à partir d'un emplacement. Toutes les antennes de cet emplacement forment ce qu'on appelle la station de base.

Les stations de base sont reliées à une centrale téléphonique par une ligne téléphonique conventionnelle ou par faisceaux hertziens. C'est de là qu'elles reçoivent les appels qu'elles transmettent aux téléphones mobiles se trouvant dans leurs cellules. C'est également de là qu'elles transmettent des communications passées d'un téléphone portable se trouvant dans le rayon qu'elles desservent.

Chaque station de base ne peut transmettre qu'un nombre limité de conversations. La grandeur d'une cellule est donc déterminée par l'intensité de son utilisation. Dans les régions rurales où la concentration de portables est faible, les cellules

GSM: la norme de téléphonie mobile « Global System for Mobile Communications » est exploitée en Suisse depuis 1993. Les réseaux GSM fonctionnent dans deux bandes de fréquences: 900 MHz (GSM900) et 1800 MHz (GSM1800).

UMTS: « Universal Mobile Telecommunications System » est la norme de la téléphonie mobile de troisième génération. Le réseau UMTS, en construction depuis 2002, travaille dans la bande de fréquences de 2 GHz (1900 à 2200 MHz). Comparé au GSM, l'UMTS permet de transmettre des quantités plus importantes de données, ce qui rend notamment possible la transmission d'images animées.



ont un rayon de plusieurs kilomètres alors qu'il n'est que de quelques centaines de mètres dans les zones urbaines. Les microcellules souvent utilisées au centre des villes sont encore plus petites. Elles sont mises en place là où les communications sont particulièrement nombreuses ou lorsque la couverture hertzienne est difficile à réaliser en raison de la densité des constructions. Enfin, il existe des picocellules ayant un rayon limité, de quelques dizaines de mètres. Elles garantissent la desserte à l'intérieur des bâtiments.

La puissance d'émission d'une antenne doit être suffisamment élevée pour que les signaux radioélectriques transmis puissent atteindre un portable en limite de cellule, mais pas trop pour ne pas perturber les signaux des autres cellules. Les antennes des petites cellules opèrent avec une puissance d'émission plus faible; elles génèrent donc un rayonnement moins intense et, bien que cela nécessite un nombre plus élevé d'antennes, la puissance rayonnée par l'ensemble des installations n'est pas plus grande, au contraire – du moins dans les zones urbaines. Un réseau à mailles fines dont la puissance d'émission est globalement plus faible permet même de transmettre davantage de conversations.



Mât supportant des antennes de téléphonie mobile (tout en haut) et des antennes de faisceaux hertziens (rondes). Ces dernières relient les stations de base aux centrales téléphoniques.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA056863)



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA056863)

Plus le nombre de conversations téléphoniques est important en un endroit, plus le réseau des installations de téléphonie mobile est dense, comme le montre la comparaison entre la ville de Genève et la région rurale de Bière (VD). Chaque point rouge représente une station de base de téléphonie mobile. Les cartes reflètent la situation au 1^{er} juillet 2004. Sur le site internet www.funksender.ch, on trouve les emplacements de toutes les stations émettrices de Suisse.

Unités et grandeurs

Les antennes de téléphonie mobile émettent des ondes électromagnétiques – ou un rayonnement – de haute fréquence appelé aussi rayonnement non ionisant haute fréquence.

Fréquence: elle désigne le nombre d'oscillations d'une onde électromagnétique par seconde et est exprimée en hertz (Hz), mégahertz (MHz) ou gigahertz (GHz).

1 Hz = 1 oscillation par seconde

1 kHz = 1000 Hz

1 MHz = 1 000 000 Hz

1 GHz = 1 000 000 000 Hz

En Suisse, les réseaux de téléphonie mobile opèrent à 900 MHz (GSM900), 1800 MHz (GSM1800) ainsi qu'entre 1900 et 2200 MHz (UMTS).

Puissance d'émission en watts (W): cette grandeur indique la quantité d'énergie rayonnée par une antenne par unité de temps. Les valeurs typiques pour une direction d'émission se situent entre quelques millièmes de watt et environ 40 à 50 W. Ces valeurs fluctuent quelque peu au cours de la journée en raison des variations dans l'utilisation des installations de téléphonie mobile.

Puissance d'émission équivalente

(ERP) en W: ERP veut dire « equivalent radiated power » ou puissance apparente rayonnée; c'est aussi une grandeur utilisée pour indiquer la puissance d'émission; elle est également exprimée en watts. Elle sert au calcul des immissions et est déterminante en Suisse pour l'autorisation des installations de téléphonie mobile. Les valeurs de la puissance d'émission équivalente (ERP) sont beaucoup plus élevées que celles de la puissance transmise. Dans le cas d'une antenne typique de téléphonie mobile, elles sont environ 30 fois supérieures. Elles tiennent compte du fait qu'une antenne n'émet pas un rayonnement régulier sur 360°, mais qu'il est focalisé sur un secteur. Contrairement à la puissance transmise, la puissance d'émission équivalente décrit la situation dans le cône du rayonnement focalisé, qui est comparable à ce qui se produit avec un projecteur. En raison de la focalisation, la lumière est beaucoup plus claire que celle d'une ampoule normale de même puissance. Dans cet exemple, la puissance apparente rayonnée correspondrait à la puissance d'une ampoule usuelle qui produirait la même clarté que le projecteur dans son cône lumineux.



Les antennes d'une station de base établissent un contact par radio avec les téléphones mobiles les plus proches.

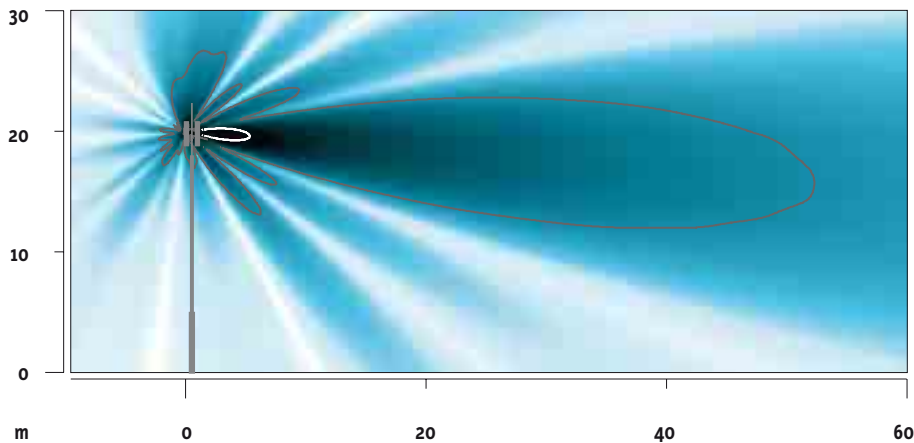
Intensité du champ électrique: c'est une grandeur de mesure de l'intensité du rayonnement; elle est exprimée en volts par mètres (V/m).

Densité de flux de puissance: cette grandeur donne également une mesure de l'intensité du rayonnement. Elle mesure l'énergie passant à travers une surface de référence verticale par unité de temps; elle est exprimée en watts par mètre carré (W/m^2) ou en microwatts par centimètre carré ($\mu W/cm^2$). La densité de flux de puissance est obtenue à partir de l'intensité du champ électrique et vice-versa. Elle est proportionnelle au carré de l'intensité du champ. Ces deux grandeurs sont directement liées à la puissance d'émission d'une antenne:

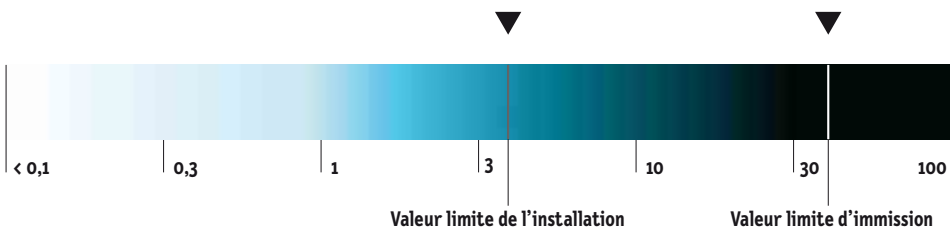
- la densité de flux de puissance est directement proportionnelle à la puissance d'émission. Lorsque cette dernière double, la densité de flux de puissance double également;
- l'intensité du champ n'augmente en revanche qu'avec la racine de la puissance d'émission. Lorsque cette dernière double, l'intensité du champ électrique n'augmente que d'un facteur $\sqrt{2}$, ce qui correspond à un accroissement d'environ 41 %. Cette caractéristique physique joue également un rôle important lorsque deux antennes de

même puissance situées à des emplacements différents rayonnent vers le même endroit. L'intensité cumulée des champs ne double pas non plus dans ce cas, mais augmente de 41 %. Pour que l'intensité du champ double, il faudrait que quatre antennes de même puissance rayonnent sur un endroit donné, et pour qu'elle décuple, il en faudrait 100.

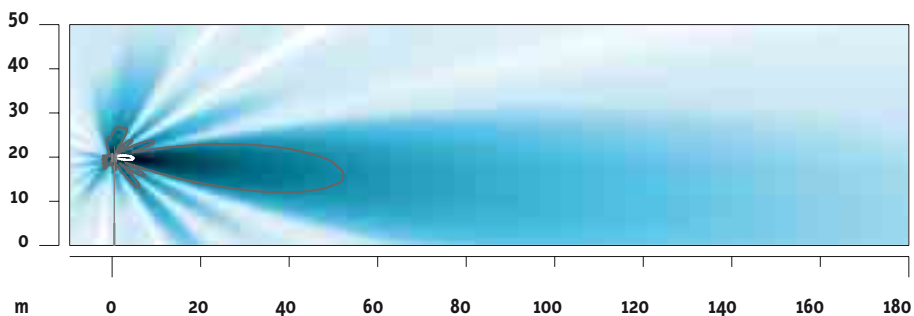
Intensité du champ électrique	Densité de flux de puissance	
(V/m)	W/m ²	μW/cm ²
61,4	10	1000
33,6	3	300
19,4	1	100
10,6	0,3	30
6,1	0,1	10
3,4	0,03	3
1,9	0,01	1
1,1	0,003	0,3
0,6	0,001	0,1
0,3	0,0003	0,03
0,2	0,0001	0,01



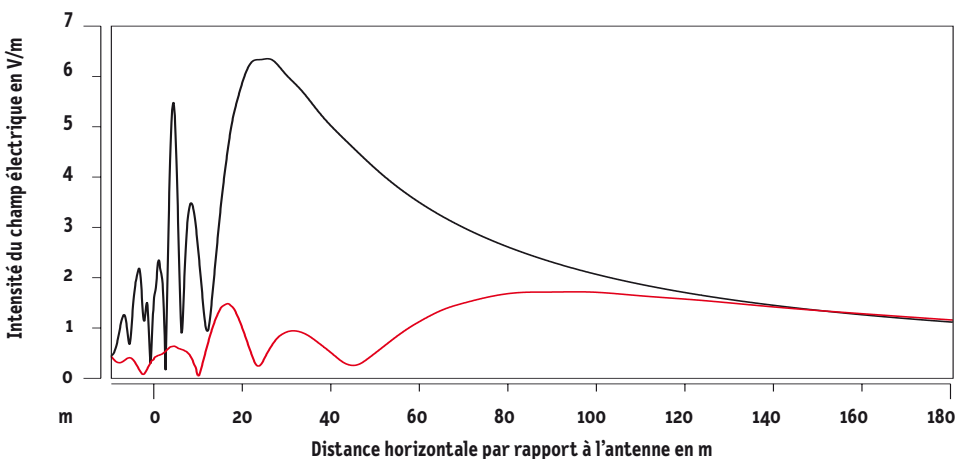
Rayonnement à proximité d'une antenne de téléphonie mobile ayant une puissance d'émission apparente de 1000 watts ERP dans la gamme de fréquences de 900 MHz (GSM900). L'antenne se trouve sur un mât de 20 mètres de haut et est légèrement orientée vers le sol. La valeur des champs au niveau des lignes tracées est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



Échelle de l'intensité du champ électrique en volts par mètre (V/m).



Le profil du rayonnement de la même antenne de téléphonie mobile que ci-dessus, sur une distance plus grande.



Évolution de l'intensité du champ électrique en fonction de l'éloignement par rapport à l'antenne représentée ci-dessus, à deux hauteurs différentes du sol. La courbe noire reproduit la charge dans la direction principale de propagation à 15 m du sol; la courbe rouge correspond aux immissions à 1,5 m du sol.

Rayonnement à proximité d'une installation de téléphonie mobile

L'intensité du rayonnement à proximité d'une installation de téléphonie mobile dépend de plusieurs facteurs. Lors du calcul des immissions d'une installation projetée, l'autorité responsable de l'octroi de l'autorisation tient compte des paramètres suivants:

- **Puissance d'émission apparente:** plus la puissance d'émission d'une installation est élevée, plus l'intensité du rayonnement alentour est grande.
- **Orientation du rayonnement de l'antenne:** les antennes des stations de base ne rayonnent pas avec la même intensité dans toutes les directions. À l'instar d'un phare de voiture, l'antenne rassemble le rayonnement en un faisceau et le dirige dans la direction principale de propagation choisie. En dehors du faisceau, le rayonnement ne disparaît pas totalement mais il est nettement estompé; on observe en outre des faisceaux secondaires.
- **Distance par rapport à l'antenne:** l'intensité du champ électrique est réduite de moitié lorsque la distance est multipliée par deux. Ceci vaut en particulier le long de la direction principale de propagation. En revanche, au sol, l'évolution est plus complexe. Les immissions à proximité d'une antenne proviennent en premier lieu des faisceaux secondaires. À l'extérieur de sa zone d'influence, l'intensité du champ magnétique augmente progressivement avec l'éloignement, du fait que le rayonnement du faisceau principal est prépondérant. Dans l'exemple ci-contre, elle atteint son maximum à environ 90 m avant de décliner peu à peu.
- **Atténuation par les murs et les toitures:** les murs et les toits réduisent l'intensité du rayonnement qui pénètre à l'intérieur d'un bâtiment. Ceci vaut également pour les bâtiments sur lesquels une antenne est installée. Lorsqu'une toiture en béton ne possède pas de lucarnes, une grande partie du rayonnement est atténué. Le rayonnement peut en revanche facilement pénétrer à travers des fenêtres vitrées sans revêtement, des tuiles et des toits en bois.

Fonctionnement des téléphones mobiles et des stations de base

Pour que plusieurs personnes puissent téléphoner en même temps à l'intérieur d'une même cellule, jusqu'à huit utilisateurs se partagent le même canal avec le système GSM. Un huitième du temps de transmission (intervalle de temps ou « slot ») est donc attribué à chacun d'eux. L'information est divisée en « paquets » de 577 microsecondes (μs) transmis toutes les 4,6 millisecondes (voir le graphique 1). C'est pourquoi le téléphone mobile émet un rayonnement pulsé 217 fois par seconde.

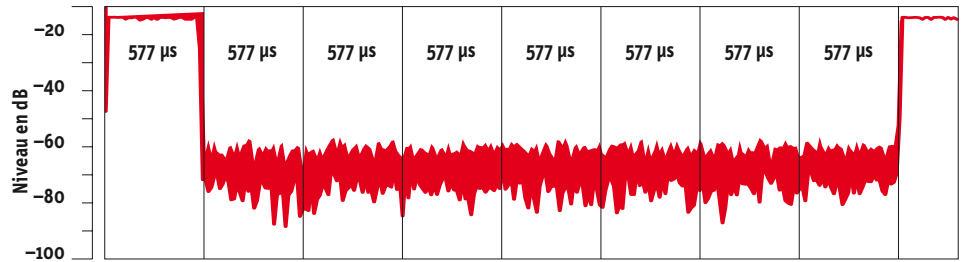
Les téléphones mobiles de la norme GSM sont équipés d'un réglage dynamique de puissance: lorsqu'une communication téléphonique s'établit, le téléphone émet à la puissance maximale. La puissance est ensuite réduite jusqu'à ce qu'une communication de qualité suffisante soit maintenue avec la station de base.

Quant à la station de base, elle émet sur un canal de signalisation ou canal de contrôle (BCCH, Broadcast Control Channel) et sur des canaux de trafic (TCH, Traffic Channel).

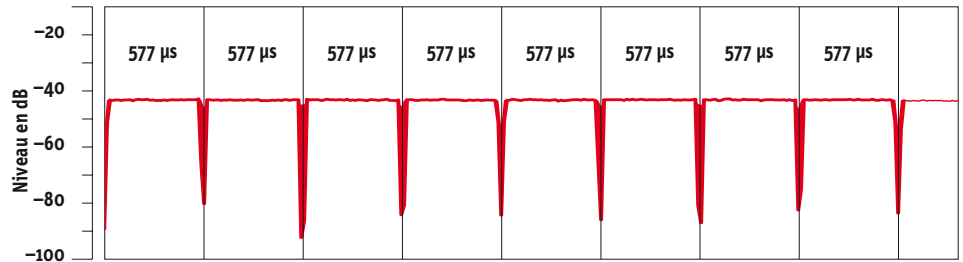
Le canal de signalisation (BCCH) diffuse sur les huit cellules à pleine puissance (voir le graphique 2). Entre les différents intervalles de temps, la transmission est brièvement interrompue. Des informations techniques, nécessaires notamment pour établir la communication ou la maintenir, sont transmises dans un intervalle de temps; les autres intervalles de temps du BCCH sont utilisés pour la transmission de conversations ou remplis artificiellement d'informations vides.

Lorsque la capacité du BCCH n'est plus suffisante pour la transmission des conversations, les canaux de trafic sont activés. Ces derniers n'émettent des rayonnements qu'au cours des intervalles de temps effectivement utilisés et sont régulés de façon à émettre aussi peu de puissance que possible (voir le graphique 3). Le profil temporel d'émission d'un canal de trafic diffère selon le nombre de conversations transmises et la qualité de la communication: par exemple, les intervalles de temps 2 à 4 émettent à des puissances différentes, tandis que les intervalles de temps 1 et 5 à 8 ne sont pas actifs.

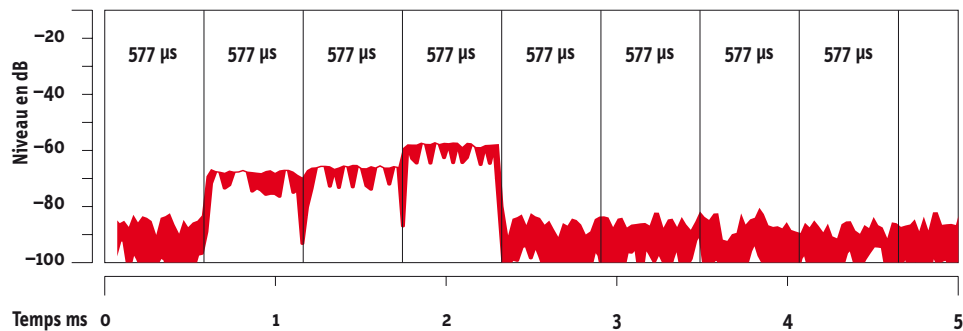
Graphique 1: téléphones mobiles



Graphique 2: station de base: canal de signalisation

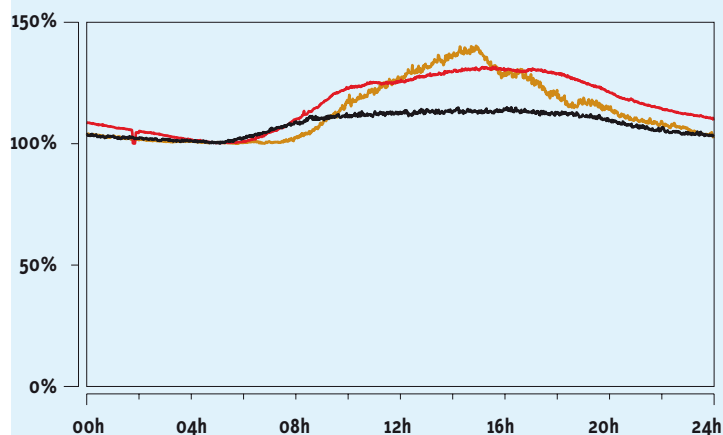


Graphique 3: station de base: canal de trafic



Profils temporels d'émission d'un téléphone mobile (en haut) et d'une station de base (au centre: canal de signalisation; en bas: canal de trafic). Le niveau en dB est représenté en unités logarithmiques: une différence de 20 correspond à un facteur 100 pour la puissance d'émission et à un facteur 10 pour l'intensité de champ.

Variation de l'intensité des champs électriques des stations de base au cours de la journée



Immissions du rayonnement de trois stations de base différentes au cours d'une journée. La figure représente l'intensité du champ électrique sur 24 heures en pourcentage du niveau du bruit de fond. A 100 %, seuls les canaux de signalisation émettent.

La charge de rayonnement à proximité d'une installation de téléphonie mobile ne reste pas toujours constante; elle varie au cours de la journée en fonction du nombre de conversations transmises. Pendant la nuit, on ne mesure pratiquement que les immissions du canal de signalisation; au cours de la matinée, les immissions augmentent avec le nombre de conversations transmises et de ca-

naux de trafic actifs. La charge de rayonnement atteint son maximum dans le courant de l'après-midi ou en début de soirée.

En moyenne temporelle et en particulier la nuit, la charge effective de rayonnement s'avère donc inférieure à ce qu'indiquent les calculs prévisionnels et les mesures de réception, qui se fondent sur la charge maximale possible que l'on n'atteint que rarement.

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution

Dans les lieux à utilisation sensible, les installations de téléphonie mobile doivent respecter la valeur limite de l'installation de l'ORNI. Ceci vaut notamment pour les habitations, les écoles, les hôpitaux, les bureaux et les places de jeux. Font partie d'une installation, toutes les antennes de téléphonie mobile fixées sur un mât, sur le même bâtiment ou se trouvant à proximité les unes des autres. La valeur limite de l'installation doit être respectée lorsque la capacité est pleinement utilisée, en d'autres termes lorsqu'un maximum de conversations et de données est transféré, l'émetteur étant au maximum de sa puissance. Les valeurs limites de l'installation qui s'appliquent sont les suivantes:

- 4 V/m pour les installations GSM900
- 6 V/m pour les installations GSM1800 et UMTS
- 5 V/m pour une combinaison d'installations GSM900 et GSM1800/UMTS.

Dans la direction principale de propagation et sans atténuation par des bâtiments, ces exigences impliquent les distances ci-après par rapport à une antenne:

Puissance d'émission (ERP) par direction d'émission	Distance nécessaire pour respecter la valeur limite de l'installation (dans la direction principale de propagation)
---	---

	GSM 900	GSM 1800 UMTS
10 W ERP	5,5 m	3,7 m
100 W ERP	18 m	12 m
300 W ERP	30 m	20 m
700 W ERP	46 m	31 m
1000 W ERP	55 m	37 m
2000 W ERP	78 m	52 m

En dehors du faisceau principal ou si le rayonnement est atténué par l'enveloppe d'un bâtiment, ces distances diminuent de manière significative, dans un cas extrême jusqu'à un trentième, selon le calcul de prévision dans la fiche de données spécifique au site.

Autorisation et contrôle d'une installation de téléphonie mobile

Pour la plupart des installations de téléphonie mobile, l'exploitant doit obtenir un permis de construire. Les modalités de cette procédure peuvent varier d'un canton à l'autre, mais le principe fondamental est le même partout.

– **Dépôt de la demande de permis de construire et de la fiche de données spécifique au site:** l'exploitant doit déposer une demande de permis de construire dans la commune où sera sise l'installation. Parmi les documents requis figure ce qu'on appelle la fiche de données spécifique au site dans laquelle l'exploitant fournit certaines informations, notamment concernant les puissances d'émission et les directions principales de propagation des antennes, et calcule le rayonnement prévisible à proximité de l'installation. Le droit de construction cantonal règle en outre la nécessité d'élaborer un gabarit pour le mât projeté à l'emplacement prévu.

– **Publication de la demande de permis de construire et possibilité de faire opposition:** la commune a l'obligation de publier la demande de permis de construire et de la mettre à l'enquête publique. Dans la plupart des cantons, les riverains ont la possibilité d'examiner les documents pendant cette période et de faire éventuellement opposition. La fiche de données spécifique au site indique le rayon d'habitation autour de l'installation dans lequel les personnes concernées ont qualité pour faire opposition.

Conseils destinés aux utilisateurs de téléphones portables

Les utilisateurs de téléphones portables peuvent diminuer l'exposition aux rayonnements à laquelle ils sont soumis en suivant les recommandations ci-après:

– **Téléphones à faible rayonnement:** utiliser si possible des appareils à faible rayonnement. Plus le taux d'absorption spécifique - c'est-à-dire la valeur TAS - d'un téléphone mobile est bas, plus le rayonnement absorbé par la tête pendant une communication sera faible. Les valeurs TAS sont indiquées dans le mode d'emploi des téléphones mobiles ou sur Internet sous

www.topten.ch et

www.handywerte.de (site en allemand).

– **Examen matériel de la demande et des oppositions:** l'autorité compétente pour l'octroi du permis de construire examine la demande et fait appel, le cas échéant, au service cantonal de RNI. Ce dernier vérifie les calculs et les informations données dans la fiche de données spécifique au site, ce qui nécessite parfois aussi un examen sur place. Les oppositions déposées sont également examinées. Après d'éventuelles séances de conciliation, la décision relative à la demande de permis de construire est prise.

– **Octroi du permis de construire et possibilités de recours:** si l'installation de téléphonie mobile projetée respecte les valeurs limites de l'ORNI ainsi que les dispositions du droit des constructions, les autorités compétentes doivent accorder le permis de construire. Leur décision est communiquée au requérant ainsi qu'aux opposants, qui ont la possibilité de la contester auprès des instances cantonales de recours et d'aller jusqu'au Tribunal fédéral.

Lorsque plus de 80 % de la valeur limite de l'installation sont atteints, les autorités prescrivent une mesure de réception de la charge de rayonnement après la mise en service de l'installation, ce qui permet de vérifier, non seulement sur papier mais surtout lors de l'exploitation réelle, que l'installation respecte la valeur limite.

– **Dispositif mains libres:** il permet d'augmenter la distance qui sépare l'antenne du téléphone mobile de la tête de manière à réduire le rayonnement absorbé par le cerveau. Afin de protéger également d'autres parties sensibles du corps, il est recommandé, lorsqu'on téléphone avec un dispositif mains libres, de ne pas placer le téléphone dans une poche à proximité du cœur ou dans la poche avant du pantalon.

– **Qualité de réception:** lorsque la liaison avec la station de base est bonne, le téléphone portable émet à faible puissance. On peut donc diminuer l'exposition au rayonnement en choisissant des endroits où la réception est bonne et en évitant de téléphoner depuis les locaux fermés ou souterrains.

Comparaison de la charge de rayonnement d'une station de base et d'un téléphone mobile

Bien que la puissance d'émission des téléphones mobiles soit beaucoup plus faible que celle des antennes, lors d'une conversation sur son téléphone portable, l'utilisateur est exposé à une charge de rayonnement beaucoup plus élevée que celle de la station de base la plus puissante. Ceci est dû au fait que le téléphone mobile est placé à quelques millimètres de la tête alors qu'on ne s'approche guère à plus de quelques mètres de l'antenne d'une station de base.

De par la distance élevée à laquelle se situe la station de base, c'est l'ensemble du corps qui est exposé en quantité égale au rayonnement de celle-ci, alors que le téléphone mobile irradie principalement la tête.

Une autre différence réside dans le fait que la station de base émet constamment un rayonnement tandis que le téléphone mobile n'émet que pendant une communication. Lorsque le téléphone est en veille ou en stand-by, c'est-à-dire qu'il est enclenché mais que l'on ne s'en sert pas pour téléphoner, il reçoit certes en permanence des signaux de contrôle de la station de base la plus proche mais n'émet qu'un bref signal à intervalles de quelques minutes afin d'indiquer où il se trouve.

Dans le cas du GSM, les formes des signaux sont également différentes: le rayonnement du téléphone mobile présente une pulsation modulée à 217Hz. Le canal de signalisation de la station de base émet en permanence avec de brèves interruptions.

- Ne pas téléphoner en voiture: dans la voiture, la réception est mauvaise car la carrosserie métallique atténue fortement le rayonnement. Et si l'on utilise malgré tout le téléphone à l'intérieur d'une voiture, il faut le faire uniquement avec une antenne extérieure. Différentes études montrent que les conversations téléphoniques au volant augmentent le risque d'accident parce qu'elles sont source de distraction. En Suisse, pour des raisons de sécurité, on ne peut téléphoner en conduisant que si l'on dispose d'un kit mains libres.

- Établissement de la communication: lors de l'établissement de la communication, le rayonnement émis par le téléphone mobile est le plus élevé. Il ne faut donc pas placer l'appareil près de l'oreille juste après avoir

Station de base	Téléphone mobile
émetteur puissant	émetteur faible
distance importante par rapport aux personnes	très faible distance par rapport à la tête
exposition uniforme de l'ensemble du corps au rayonnement	exposition localisée au niveau de la tête
puissance absorbée faible	puissance absorbée plus élevée
rayonnement émis en permanence	rayonnement émis uniquement pendant une communication
rayonnement avec un signal de forme complexe (GSM)	rayonnement avec un signal régulier, pulsé à 217 Hz (GSM)

Lorsque des canaux de trafic s'ajoutent au canal de signalisation, le signal global résultant au niveau de la station de base est assez complexe et variable, car les signaux des canaux de trafic diffèrent en fonction du nombre de conversations.

Valeur indicative pour les téléphones mobiles


La Suisse applique aux téléphones portables une valeur indicative recommandée au plan international. Les appareils ne doivent pas dépasser un taux d'absorption spécifique (TAS) de 2 watts par kilogramme de poids corporel. Le TAS indique l'intensité du rayonnement absorbé par la tête et transformé en chaleur lorsque l'on téléphone. Le taux d'absorption spécifique est d'autant bas que le rayonnement d'un téléphone mobile est faible.

composé le numéro, mais le tenir à une certaine distance de la tête jusqu'à ce que la communication soit établie afin de diminuer l'exposition.

- Communication brève: plus l'appel avec un portable est bref, plus la dose de rayonnement absorbée par le corps est faible.



Exemple de calcul de la charge de rayonnement au niveau de la tête lors d'une conversation sur un téléphone mobile: la valeur TAS du téléphone représenté est de 0,61 W/kg. La charge la plus élevée se manifeste dans la zone blanc-jaune correspondant aux couches les plus externes de la tête. À l'intérieur, l'intensité diminue fortement. Dans la zone noire, elle est 100 000 fois plus faible qu'à l'extérieur. (Graphique original: IT'IS Foundation, EPF Zurich)

A tall, slender radio tower with a red and white striped top section stands on a rocky mountain peak. The tower is surrounded by a circular concrete base. In the background, a valley with a winding road and several buildings is visible under a blue sky with scattered white clouds. The overall scene is a high-altitude mountain landscape.

La plupart des émetteurs de radiodiffusion transmettant des programmes de radio et de télévision sont implantés à une certaine hauteur, loin des zones d'habitation. Les installations de radiocommunication destinées aux radioamateurs se trouvent en général dans les zones résidentielles mais n'émettent que pendant une durée limitée. Les installations de faisceaux hertziens concentrent le rayonnement en un faisceau très étroit.

La plupart des émetteurs de radiodiffusion sont loin des zones d'habitation

Radiodiffusion > p 47

Puissances d'émission > p 47

Radio > p 47

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution > p 49

Télévision > p 49

Faisceaux hertziens > p 50

Faisceaux hertziens en Suisse > p 50

Focalisation étroite du rayonnement > p 50

Valeurs limites pour les installations de faisceaux hertziens > p 50

Radiocommunication d'amateurs > p 51

Valeurs limites pour les installations de radioamateurs > p 51

Radiodiffusion

Les installations de radiodiffusion servent à diffuser des programmes de radio et de télévision par voie aérienne. Elles sont généralement implantées à une certaine hauteur, sur des collines ou des montagnes. Certaines grandes installations portent le nom de sommets connus – notamment la Dôle, le Chasseral, le Rigi, le Säntis et le Monte San Salvatore. Il existe par ailleurs un nombre important d'installations de plus petite taille. En tout, près de 400 émetteurs de radio et 600 émetteurs de télévision diffusent des programmes en Suisse. Une carte des emplacements de ces émetteurs ainsi que des informations sur la puissance rayonnée et les programmes diffusés sont accessibles sur Internet sous www.funksender.ch

Puissances d'émission

Les installations de radiodiffusion qui couvrent une grande région fonctionnent à une puissance d'émission élevée. Étant donné la topographie de notre pays, ces installations très puissantes sont principalement implantées en des lieux relativement élevés; il n'y a donc généralement



Émetteurs de radiodiffusion du Rigi (SZ; ci-contre) et de Bantiger (BE; ci-dessus).

Les antennes paraboliques situées dans la partie inférieure des tours relient les installations à d'autres émetteurs. Les antennes pour la diffusion des programmes de télévision et de radio se trouvent tout en haut.

Radio

La transmission des programmes de radio s'effectue à différentes fréquences. Le nom donné aux bandes de fréquences correspondantes est celui de la longueur d'ondes du rayonnement.

Ondes moyennes (OM): la bande comprise entre 300 kilohertz (kHz) et 3 mégahertz (MHz) est appelée ondes moyennes. C'est dans cette bande de fréquences que les premiers programmes de radio ont été diffusés dans notre pays dans les années 20, et qu'un peu plus tard, les premiers émetteurs nationaux, Beromünster, Sottens et Monte Ceneri, ont été exploités. L'introduction des ondes ultracourtes (OUC) a sonné le glas des ondes moyennes, dont la qualité sonore était moins bonne. Depuis les milieu des années 90, il ne reste plus que deux programmes diffusés sur ondes moyennes: «Option musique» et «Musigwille 531».

Ondes ultra-courtes (OUC): la plupart des programmes de radio sont diffusés sur OUC. Cette bande de fréquences se situe entre 30 et 300 MHz. Les fréquences de 87,5 à 108 MHz sont spécialement réservées aux programmes de radio. En Suisse, la diffusion sur les

fréquences ultra-courtes a commencé dans les années 50; la qualité du son est meilleure que sur les ondes moyennes et la diffusion peut se faire en stéréo.

Radio numérique terrestre T-DAB: il s'agit là d'un complément à moyen terme pour les OUC. Le T signifie que la diffusion s'effectue par le biais de stations émettrices terrestres et DAB est l'abréviation de « Digital Audio Broadcasting » (en français « radiodiffusion sonore numérique »). La T-DAB a été introduite en Suisse en 1999. Des programmes de radio numérique sont par ailleurs également diffusés par câble et par satellite.

Dans la DAB, le signal du son est numérisé avant l'émission; en d'autres termes, il est traduit en une série de chiffres composée de 1 et de 0, comme cela se fait à l'enregistrement de musique sur un CD. Le récepteur convertit ensuite les données numériques en paroles et en musique. Cette technologie permet d'avoir une réception radio sans parasites, même en voiture. La DAB est principalement émise dans la bande OUC située entre 223 et 230 MHz.

pas d'habitations dans la zone proche critique. Le rayonnement des émetteurs de ce type est concentré en un faisceau étroit dans un plan vertical, qui est légèrement orienté vers le sol et diffuse dans toutes les directions. Il existe en outre des émetteurs d'appoint dont les antennes sectorielles desservent les vallées avec de faibles puissances d'émission.

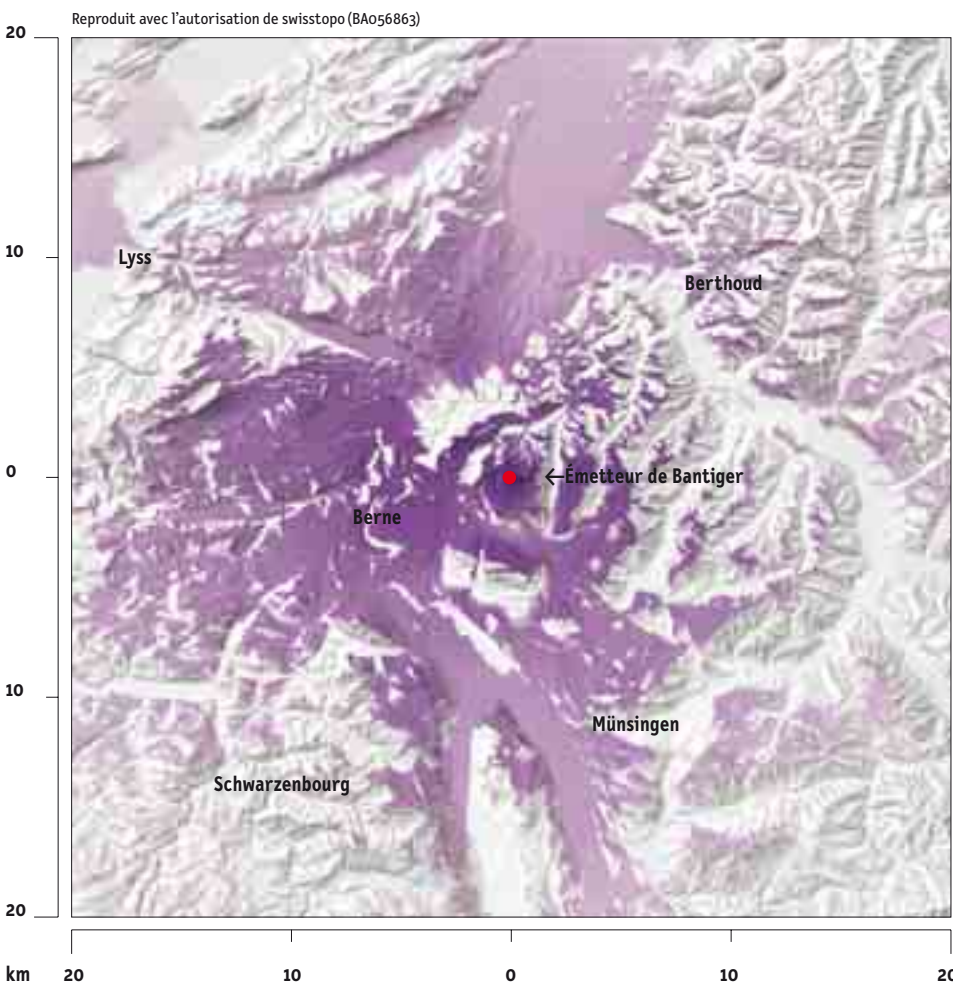
En dehors des villes et des agglomérations, la majeure partie de la charge de rayonnement haute fréquence de fond est due aux émetteurs de radiodiffusion. En revanche, dans les zones à forte densité d'habitation, ce sont souvent les immissions des

antennes de téléphonie mobile qui prédominent.

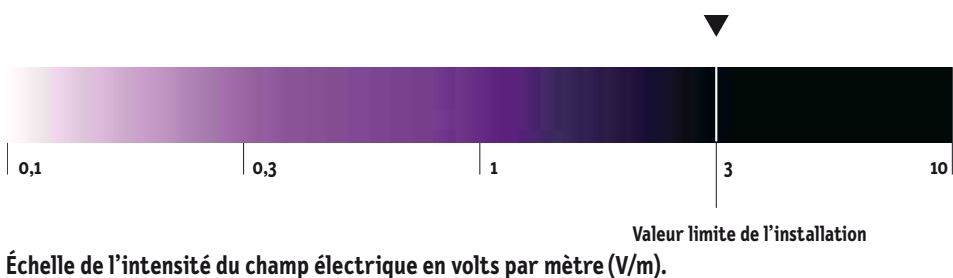
Actuellement, il n'est pas possible d'évaluer clairement les effets du passage de la transmission analogique à la technologie numérique en ce qui concerne la charge de rayonnement. La technologie numérique exige certes moins de fréquences que la technique analogique pour la transmission d'un nombre donné de programmes de télévision. Ce gain disparaîtrait toutefois à nouveau dans la mesure où augmenterait le nombre de programmes diffusés par voie aérienne.

Pour une qualité de réception équivalen-

te, les puissances d'émission nécessaires pour la transmission numérique sont en principe plus faibles que pour la transmission analogique. Mais ce gain serait supprimé si les signaux de télévision venaient aussi à être utilisés pour les téléviseurs portables («portable indoor») équipés d'une petite antenne au lieu de servir uniquement à la réception par une antenne sur le toit («fixed outdoor») comme cela a été le cas jusqu'ici. Il faudrait alors augmenter la puissance d'émission pour compenser l'atténuation due à l'enveloppe du bâtiment. Ainsi, la question de savoir si l'introduction de la télévision numérique (DVB-T) induira des puissances d'émission plus basses et, partant, une charge de rayonnement plus faible, dépend du nombre de programmes qui seront diffusés et des exigences en matière de qualité de la réception.



Représentation de l'intensité des champs électriques à proximité de l'émetteur de Bantiger (BE). Il s'agit d'un calcul effectué sur la base d'hypothèses simplifiées, qui ne tiennent pas compte de la diffraction et de la réflexion du rayonnement. De par la topographie, il n'y a aucun contact visuel avec l'émetteur dans les zones blanches. Bien que l'intensité du champ électrique soit ici inférieure à 0,1 V/m, donc faible, la réception des programmes de radio et de télévision est généralement encore possible.



Dénomination	Longueur d'ondes	Fréquence	Fréquences de radiodiffusion utilisées en Suisse
Grandes ondes	1–10 km	30–300 kHz	non utilisées
Ondes moyennes (OM)	100–1000 m	300 kHz–3 MHz	531 kHz–1,5 MHz (radio OM)
Ondes courtes (OC)	10–100 m	3–30 MHz	ne sont plus utilisées depuis fin 2004
Ondes ultra-courtes (OUC)	1–10 m	30–300 MHz	47–68 MHz (télévision analogique) 87,5–108 MHz (radio OUC) 174–230 MHz maintenant: télévision analogique et radio numérique à l'avenir: radio et télévision numériques
Micro-ondes	1 mm–1 m	300 MHz–300 GHz	470–862 MHz maintenant: télévision analogique à l'avenir: télévision numérique 1452–1492 MHz à l'avenir: éventuellement transmission de programmes de radios locales en numérique

Prescriptions de l'ORNI à titre de précaution

Dans les lieux à utilisation sensible, les émetteurs de radiodiffusion doivent respecter la valeur limite de l'installation prescrite par l'ORNI. Font partie d'une installation, toutes les antennes émettrices de radiocommunication fixées sur un mât ou se trouvant à proximité les unes des autres.

La valeur limite de l'installation doit être respectée pour une puissance maximale d'émission. Elle est de:

- 8,5 volts par mètre (V/m) pour les émetteurs ondes moyennes,
- 3,0 V/m pour toutes les autres stations émettrices.

La plupart des installations de radiodiffusion étant implantées à l'écart des zones d'habitation, la valeur limite de l'installation peut généralement être respectée sans problèmes. C'est uniquement dans certains restaurants d'altitude ou stations de chemins de fer de montagne situés directement à côté de l'émetteur que la valeur limite peut être dépassée. Contrairement à ce qui se passe pour les installations de téléphonie mobile, qui doivent obligatoirement respecter la valeur limite de l'installation, les autorités peuvent, pour les installations de radiodiffusion, autoriser un dépassement dans des cas exceptionnels dûment motivés.

Télévision

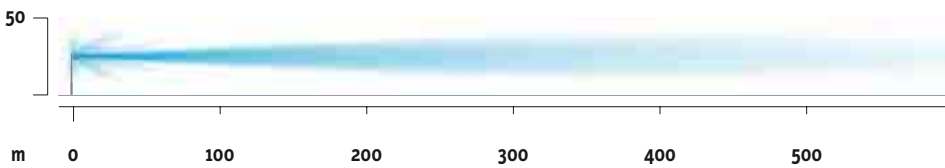
Nous recevons la plupart des programmes de télévision par câble ou par satellite. Les programmes de la télévision suisse sont toutefois aussi diffusés par des émetteurs terrestres. On utilise à cet effet des fréquences qui sont en partie dans la bande OUC (47–68 MHz et 174–230 MHz) et en partie plus élevées (470–862 MHz).

DVB-T: à la télévision, le passage de la technique de transmission analogique conventionnelle au procédé DVB-T a également commencé à la fin de l'année 2001. DVB-T est l'abréviation de « Digital Video Broadcasting-Terrestrial » (télévision numérique terrestre). Les avantages de cette technologie sont une meilleure qualité de l'image et du son ainsi que la possibilité de diffuser des données supplémentaires. De plus la DVB-T utilise les fréquences avec modération: sur un canal de télévision analogique usuel, on peut diffuser simultanément deux à six programmes numériques, selon la qualité souhaitée.

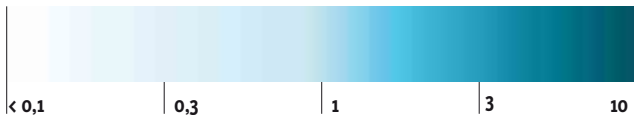


La ville de Zurich est desservie à partir de l'Uetliberg qui se trouve à proximité. La plupart des émetteurs de radiodiffusion sont implantés sur des montagnes ou des collines et les zones habitées ne sont donc pratiquement jamais exposées à des rayonnements intenses.

Faisceaux hertziens



Représentation schématique du rayonnement d'une installation de radiocommunication à faisceaux hertziens. La valeur des champs est indiquée dans l'échelle de couleurs ci-dessous.



Échelle de l'intensité du champ électrique en volts par mètre (V/m).

Faisceaux hertziens en Suisse

En Suisse, il existe un réseau de faisceaux hertziens sur l'ensemble du territoire avec des antennes émettrices et réceptrices normalement distantes de 50 à 70 km. Ces distances sont couvertes par des fréquences de 4 à 13 gigahertz (GHz). Les antennes paraboliques utilisées à cet effet peuvent avoir un diamètre de plusieurs mètres et sont généralement implantées sur des tours élevées à des endroits exposés, par exemple sur des collines.

Parallèlement à ce réseau à l'échelle nationale, des liaisons par faisceaux hertziens sont de plus en plus établies sur des distances relativement courtes. Elles servent notamment à relier aux centrales des stations de base de téléphonie mobile. Pour couvrir des distances plus courtes, variant de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres, on utilise la bande de fréquences de 18 à 38 GHz. Les antennes paraboliques utilisées à cet effet ont un diamètre plus petit, de quelques dizaines de centimètres.

Focalisation étroite du rayonnement

Les antennes paraboliques focalisent tellement le rayonnement qu'elles le concentrent en un faisceau étroit qui se propage en ligne droite de l'antenne émettrice à l'antenne réceptrice. Grâce à cette focalisation serrée, les émetteurs à faisceaux hertziens peuvent fonctionner à des puissances très faibles en comparaison de la radiodiffusion. Sur de longues distances,

il suffit d'environ 100 milliwatts (mW) par fréquence et pour des distances faibles, de 10 à 100 mW. Les installations de radiocommunication à faisceaux hertziens n'émettent généralement pas un rayonnement pulsé mais des ondes continues de puissance constante.

Bien qu'il soit au départ fortement focalisé, le faisceau s'élargit progressivement sur le parcours entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice. Ainsi, sur le site de réception, la surface recevant le rayonnement est considérablement plus grande que celle de l'antenne parabolique. Plus la distance entre les deux installations est grande, plus la surface atteinte par le rayonnement est importante.

Les antennes paraboliques génèrent, en plus du faisceau principal, une série de faisceaux ou lobes secondaires nettement plus faibles qui partent de l'antenne avec un angle différent et peuvent donc atteindre le terrain situé à côté de l'antenne ou dessous. Des mesures effectuées près d'un émetteur puissant du réseau national hertzien ont mis en évidence un rayonnement diffusé situé entre 0,03 et 0,15 volt par mètre (V/m). Lorsque des immissions sont décelables à proximité de l'antenne d'un émetteur à faisceaux hertziens, elles sont dues à ces lobes secondaires.

Valeurs limites pour les installations de faisceaux hertziens

Les installations de radiocommunication à faisceaux hertziens fixes tombent dans le champ d'application de l'ORNI. Elles doi-



Ces antennes à faisceaux hertziens situées sur le Jakobshorn (GR) relient des stations de base de téléphonie mobile à une centrale téléphonique sur des distances relativement courtes.

vent respecter les valeurs limites d'immission, ce qui est aisément possible en général. En principe, des dépassements ne peuvent se produire que si une personne se trouve à proximité immédiate de l'antenne, directement dans le faisceau. De telles situations ne sont pas souhaitables dans la pratique parce qu'elles perturbent l'exploitation; en effet le corps humain atténuerait fortement la liaison par faisceaux hertziens, et pourrait même l'interrompre. C'est pourquoi les antennes de faisceaux hertziens sont implantées à une certaine altitude et clôturées si nécessaire de manière à ce que, dans des conditions normales, personne ne puisse se trouver dans le faisceau. Les valeurs limites d'immission sont ainsi respectées. L'ORNI ne fixe pas de valeur limite de l'installation pour les installations de radiocommunication à faisceaux

Faisceaux hertziens

Les liaisons par faisceaux hertziens servent à la transmission de communications téléphoniques, de données et de programmes de radio et de télévision sans fil entre deux points ayant une liaison en visibilité directe. Elles renforcent et complètent la transmission des informations par le réseau câblé. Elles sont plus faciles à installer et plus économiques que les réseaux câblés, notamment dans les terrains de topographie accidentée. Les installations de radiocommunication à faisceaux hertziens se composent de deux antennes paraboliques, l'une à l'emplacement d'émission, l'autre à l'emplacement de réception.

Radiocommunication d'amateurs

Il existe environ 5000 radioamateurs en Suisse; dans le monde ils sont plus d'un million. Leurs installations de radiocommunication se trouvent généralement chez eux, dans leur logement, mais ils peuvent aussi les faire fonctionner depuis une voiture, un bateau ou un avion. De nombreuses fréquences entre les grandes ondes et les micro-ondes sont disponibles pour la radiocommunication d'amateurs.

Les antennes sont souvent installées sur le toit ou à proximité immédiate. Le bricolage et l'expérimentation étant un élément important de ce loisir, il existe toutes sortes de constructions très différentes. Pour les fréquences basses, on utilise généralement des antennes en fil fixes et, pour des fréquences d'ondes courtes plus élevées, un émetteur vertical ou une antenne directive. Dans la bande des ondes ultra-courtes et des micro-ondes, on utilise des antennes directionnelles, des émetteurs verticaux ainsi que des réflecteurs paraboliques.

Contrairement à la téléphonie mobile ou à la radiodiffusion, les installations de radioamateurs ne fonctionnent pas en continu et ne génèrent donc pas en permanence un rayonnement; le rayonnement n'apparaît que lors de l'émission. La concession autorise une puissance d'émission maximale de 1000 watts (W), mais en pratique, les installations ne sont souvent équipées que pour des puissances de 100 W. Les antennes étant souvent implantées dans des zones d'habitation, la distance par rapport aux autres logements est relativement faible. Lorsqu'elles fonctionnent, les installations de radioamateurs sont donc susceptibles de générer la majeure partie de la charge de rayonnement



Il existe une grande diversité d'antennes radioamateurs de formes très différentes. Celle représentée ici est une antenne de toit de « type Yagi ».

haute fréquence à proximité de l'endroit où elles se trouvent.

Valeurs limites pour les installations de radioamateurs

Les installations de radioamateurs doivent respecter les valeurs limites d'immission de l'ORNI qui se situent, suivant la fréquence, entre 28 et 87 V/m. Cette exigence mise à part, aucune valeur limite de l'installation ne doit être respectée tant que la durée d'exploitation est inférieure à 800 heures par an, ce qui est pratiquement toujours le cas pour des utilisations en amateur. Lorsqu'une installation émet exceptionnellement plus longtemps, elle doit respecter la valeur limite de l'installation dans les lieux à utilisation sensible.

Cette valeur est de 8,5 V/m pour les émetteurs grandes ondes et ondes moyennes et de 3,0 V/m pour toutes les autres bandes de fréquences. Ce sont les cantons ou les communes qui sont responsables de l'exécution de l'ORNI pour les installations de radioamateurs.



Appareils de radiocommunication amateur

Fréquences pour la radiocommunication d'amateurs

Dénomination de la bande de fréquences	Fréquences utilisées en Suisse pour la radiocommunication d'amateurs
Grandes ondes	135,7 – 137,8 kHz
Ondes moyennes	1,81 – 2 MHz
Ondes courtes	Plusieurs bandes de fréquences entre 3,5 et 29,7 MHz
Ondes ultra-courtes	50 – 52 MHz 144 – 146 MHz
Micro-ondes	Plusieurs bandes de fréquences entre 430 MHz et 250 GHz

La radiocommunication est de plus en plus utilisée, non seulement en plein air mais aussi dans nos logements, notamment pour les téléphones et les écouteurs sans fil, les interphones bébé et les stations WLAN. Bien que tous ces appareils fonctionnent avec des puissances d'émission relativement faibles, ils peuvent néanmoins entraîner une prédominance de la charge en rayonnement haute fréquence à l'intérieur des bâtiments. Afin que ces immissions restent relativement faibles, les installations de radiocommunication devraient être placées à une distance convenable des endroits où l'on séjourne longtemps.

Installations de radiocommunication dans les bâtiments > p 53

Téléphones sans fil > p 53

Spécifications techniques des téléphones sans fil > p 53

Immissions des stations de base DECT, calculées > p 53

Réseaux sans fil – WLAN > p 54

Puissances d'émission > p 54

Spécifications techniques du WLAN > p 54

Immissions du WLAN, mesurées > p 54

Bluetooth > p 55

Spécifications techniques du Bluetooth > p 55

Immissions du Bluetooth, calculées > p 55

Interphones bébé > p 55

Spécifications techniques des interphones bébé fonctionnant par liaison radio > p 55

**De plus en plus de
miniémetteurs à la maison**

Installations de radiocommunication dans les bâtiments

Les antennes de téléphonie mobile, les émetteurs de radiodiffusion et d'autres installations de radiocommunication implantées en plein air ne sont pas les seules sources de rayonnement haute fréquence. À l'intérieur des bâtiments, on emploie aussi de plus en plus d'applications de radiocommunication, comme les réseaux sans fil (WLAN), les téléphones sans fil ou les babyphones. Ces technologies utilisent des fréquences similaires à celles de la téléphonie mobile, mais aussi des fréquences plus élevées. La puissance d'émission de ces appareils est relativement faible; toutefois, comme ils sont installés à l'intérieur des locaux, ils se trouvent souvent à proximité immédiate de lieux où l'on séjourne fréquemment.

La plupart des technologies utilisent un rayonnement pulsé, les profils des pulsations pouvant toutefois être très différents.

Téléphones sans fil

Les téléphones sans fil se composent d'une station de base connectée au réseau fixe et d'au moins un combiné permettant de téléphoner sans fil. Les appareils les plus

courants utilisent la norme DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) et fonctionnent dans une gamme de fréquences de 1880 à 1900 MHz.

Le signal des téléphones DECT est pulsé à 100 Hz. La puissance d'émission est de 250 milliwatts (mW) pendant une pulsation et de 10 mW en moyenne temporelle. Elle est donc plus faible que celle d'un téléphone mobile GSM dans de mauvaises conditions de réception – il émet alors avec une puissance de 1000 ou 2000 W et une puissance moyenne de 125 ou 250 mW. Le portable, contrairement au téléphone sans fil, adapte toutefois sa puissance d'émission aux conditions de réception et peut la réduire d'un facteur 1000 dans des conditions optimales.

La puissance d'émission des stations de base DECT est également de 250 mW pendant une pulsation et en moyenne de 10 mW pour chaque combiné desservi par la station de base. On peut obtenir dans le commerce des stations de base DECT comptant jusqu'à six combinés.

Alors que ces derniers n'émettent que pendant une communication, la station de base DECT émet en permanence, donc même lorsqu'on ne téléphone pas. Dans ce cas, sa puissance d'émission moyenne s'élève à 2,5 mW. Afin que le niveau d'immissions reste bas, il est recommandé de placer la station de base à une distance relativement grande des endroits où l'on séjourne de façon prolongée, donc pas à proximité des lits, des canapés, des fau-

teuils ou des bureaux.

En tant qu'alternative aux téléphones DECT, il existe encore quelques modèles de téléphones sans fil selon la norme CT1+, mais ils sont peu nombreux. Avec ce type de téléphone, la station de base n'émet que durant la conversation et le signal n'est pas pulsé. La gamme des fréquences utilisées par ces modèles sera toutefois libérée pour être affectée à la téléphonie mobile dès la fin de 2005; ils ne seront alors plus protégés contre les perturbations lors d'une utilisation dans des conditions défavorables. Les téléphones CT1+ qui pourraient perturber la téléphonie mobile devront être mis hors service.

Immissions des stations de base DECT, calculées

Distance par rapport à la station de base DECT	Intensité du champ électrique calculée (moyenne temporelle) (source: OFCOM)
0,5 m	0,7 – 4,9 V/m
1,5 m	0,2 – 1,6 V/m
3 m	0,1 – 0,8 V/m
7 m	0,05 – 0,4 V/m

Spécifications techniques des téléphones sans fil

	Station de base DECT	Combiné DECT	Station de base CT1+	Combiné CT1+
Fréquence	1880 – 1900 MHz	1880 – 1900 MHz	930 – 932 MHz	885 – 887 MHz
Pulsation	100 Hz	100 Hz	aucune	aucune
Puissance maximale d'émission	250 mW	250 mW	10 mW	10 mW
Puissance d'émission moyenne lors d'une conversation	10 mW (par combiné)	10 mW	10 mW	10 mW
Puissance d'émission moyenne en l'absence de conversation	2,5 mW (par combiné)	0 mW	0 mW	0 mW
Statut d'émission	en permanence	seulement pendant une conversation	seulement pendant une conversation	seulement pendant une conversation
Portée	environ 50 m dans des bâtiments, environ 300 m en plein air			



Contrairement aux téléphones avec câble, les téléphones sans fil DECT et leurs stations de base émettent un rayonnement pulsé.

Réseaux sans fil – WLAN

WLAN est l'abréviation de « Wireless Local Area Network » (réseau local sans fil). Cette technologie de radiocommunication permet de relier plusieurs ordinateurs entre eux sans câble. Le WLAN est également utilisé de la même manière pour le transfert des données aux périphériques, tels que les imprimantes, les scanners et les projecteurs. Cette technologie utilisée à la fois dans les bâtiments et sur le domaine public permet en outre un accès sans fil à Internet ou au réseau d'une entreprise.

Hotspots: un exemple de l'application du WLAN sur le domaine public est l'accès sans fil large bande à Internet dans des lieux très fréquentés, gares, aéroports, restaurants, universités, piscines en plein air ou marchés. À ces hotspots, une carte réseau permet de connecter l'ordinateur portable à une station émettrice et réceptrice fixe, elle-même reliée à Internet par un ordinateur. Ces stations de base WLAN sont appelées points d'accès

(« access points »). Selon le hotspot, l'accès à Internet est payant ou gratuit.

WLAN chez soi et dans les entreprises: chez soi aussi, on peut accéder sans fil à Internet par des points d'accès. La station de base WLAN est alors connectée à Internet par le biais de la ligne téléphonique ou du câble TV. Dans les entreprises, les points d'accès permettent non seulement de connecter les ordinateurs et les périphériques à Internet, mais également de les relier sans fil au réseau interne de l'entreprise (Intranet).

Les applications exploitées avec un point d'accès sont appelées réseau d'infrastructure. S'il manque un point d'accès, les appareils terminaux peuvent communiquer directement entre eux; on parle alors de réseau ad hoc.

Puissances d'émission

En Suisse, les applications WLAN fonctionnent, suivant la norme, dans deux gammes de fréquences: 2,4 ou 5,2 à 5,7 gigahertz (GHz).

Les points d'accès n'émettent pas seulement pendant le transfert de données mais également en mode veille. Ce signal de commande est pulsé à une fréquence de 10 à 100 hertz (Hz). Lors du transfert de données, le point d'accès ainsi que la carte réseau de l'ordinateur émettent des signaux pulsés dont la fréquence est plus élevée et peut aller jusqu'à 250 Hz selon la qualité de la liaison radio et le nombre de stations concernées.

S'agissant du WLAN, les puissances maximales d'émission sont parfois plus élevées que celles des stations de base et des téléphones DECT, soit de 100 mW, 200 mW ou 1 W. L'exposition au rayonnement de la carte WLAN de l'ordinateur est généralement plus élevée que celle liée à la station de base WLAN (point d'accès), car elle est située plus près de l'utilisateur.

Spécifications techniques du WLAN

Norme	IEEE 802,11b	IEEE 802,11n
Fréquence	2,4 – 2,4835 GHz	5,15 – 5,35 GHz, 5,47 – 5,725 GHz
Puissance maximale d'émission	100 mW	200 mW – 1 W (régulation de la puissance selon besoins)
Pulsation en mode veille	10 – 100 Hz	10 – 100 Hz
Pulsation lors du transfert de données	10 – 250 Hz	10 – 250 Hz
Portée	~30 m à l'intérieur, ~300 m en plein air	~30 m à l'intérieur, ~300 m en plein air

Immissions du WLAN, mesurées

Point d'accès sur le domaine public (100 mW/200 mW)	
Distance par rapport au point d'accès	Intensité maximale mesurée pour le champ électrique
1 m	0,7 – 3 V/m
2 m	0,4 – 1,5 V/m
5 m	0,1 – 0,7 V/m
10 m	0,05 – 0,4 V/m

Points d'accès des réseaux domestiques (100 mW/200 mW)	
Distance par rapport au point d'accès	Intensité maximale mesurée pour le champ électrique
1 m	0,7 – 1,3 V/m
5 m	0,1 – 0,3 V/m

Cartes WLAN pour ordinateurs (100 mW/200 mW)	
Distance par rapport au point d'accès	Intensité maximale mesurée pour le champ électrique
50 cm	1,1 – 4,9 V/m
1 m	0,7 – 2,8 V/m



Les installations WLAN stationnaires dans les espaces accessibles au public doivent respecter les valeurs limites d'immission de l'ORNI, ce qui est toujours le cas étant donné leur faible puissance d'émission. Toutefois, contrairement à ce qui est le cas pour les stations de base de téléphonie mobile, l'ordonnance ne fixe pas d'autres valeurs limites pour le WLAN à titre de précaution.

Bluetooth



Les appareils Bluetooth fonctionnent avec des puissances d'émission relativement basses; la charge en rayonnement est donc aussi plus faible.

Bluetooth est une norme de radiocommunication pour la transmission de données sans fil sur de courtes distances, par exemple entre un ordinateur et une imprimante ou entre des écouteurs et un téléphone mobile. Il se différencie de la technologie WLAN par sa portée, qui est relativement courte, et par son procédé de transmission qui est différent. Le Bluetooth utilise 79 canaux de fréquence différents à 2,4 GHz pour la transmission des données. La fréquence est changée 1600 fois par seconde (saut de fréquence); le signal est donc pulsé à 1600 hertz.

Spécifications techniques du Bluetooth

Fréquence	Puissance d'émission	Pulsation	Portée
2,4 – 2,4835 GHz	1 mW	1600 Hz	env. 10 m
2,4 – 2,4835 GHz	2,5 mW	1600 Hz	env. 15 m
2,4 – 2,4835 GHz	100 mW	1600 Hz	env. 100 m

Immissions du Bluetooth, calculées

Puissance d'émission (régulation de la puissance selon besoins)	Intensité maximale du champ électrique à une distance de 50 cm	Intensité maximale du champ électrique à une distance de 1 m
1 mW	env. 0,4 V/m	env. 0,2 V/m
2,5 mW	env. 0,6 V/m	env. 0,3 V/m
100 mW	env. 3,5 V/m	env. 2 V/m

Interphones bébé



Les interphones bébé sont utilisés pour la surveillance sonore des nourrissons et des enfants en bas âge. L'émetteur muni d'un micro enregistre les sons émis par l'enfant et les transmet au récepteur, qui restitue les bruits par le biais d'un haut-parleur. Les deux appareils peuvent être reliés entre eux par un câble, par le réseau de courant domestique ou par radio.

Ces interphones fonctionnant par système radio travaillent à 27,8 ou 40,7 MHz. Quelques modèles sont en permanence en mode d'émission et génèrent donc constamment un rayonnement alors que d'autres émettent uniquement en cas de bruit. En choisissant un appareil approprié, il est possible de maintenir la charge en électrosmog à un niveau faible:

- les interphones qui transmettent les bruits par le secteur ne génèrent aucune charge notable en électrosmog;
- les appareils fonctionnant par liaison radio, qui n'émettent que lorsqu'il y a du bruit, produisent les émissions les plus faibles;
- indépendamment du type d'appareil, il est recommandé de respecter une distance minimale de 1,5 à 2 m entre un interphone bébé fonctionnant par liaison radio et l'enfant.

Spécifications techniques des interphones bébé fonctionnant par liaison radio

Fréquence	Puissance d'émission	Portée
27,8 MHz	100 mW	env. 400 mètres
40,7 MHz	10 mW	env. 400 mètres

Antennes de téléphonie mobile	42
Appareils électriques	28
Appareils ménagers	28
Bluetooth	55
Champs basse fréquence	4
Chemins de fer	34
Chemins de fer à courant continu	37
Cuisinière	31
Densité de flux de puissance	41
Distribution d'électricité	21
Éclairage halogène	33
Écran	32
Effets athermiques	10
Effets sur la santé	6
Effets thermiques	10
Électrosensibilité	11
Émetteurs de radiodiffusion	47
Émetteurs de télévision	49
Émetteurs radio	47
Faisceaux hertziens	50
Fours à micro-ondes	30
Fréquence	22, 41
GSM	39
Installations domestiques	30
Intensité du champ électrique	41
Intensité du courant	22
Interphone bébé	55
Leucémie	7
Lieux à utilisation sensible	17
Lignes à haute tension	23
Lignes de câbles	26
Mesures	18
Microtesla	23
Optimisation des phases	24
Ordonnance sur le RNI	14
Puissance d'émission équivalente	41
Radiocommunication d'amateurs	51
Radios-réveils	32
Rayonnement haute fréquence	5
Rayonnement ionisant	5
Rayonnement non ionisant	4
Réseau sans fil (WLAN)	54
Sèche-cheveux	31
Spectre électromagnétique	4
Station de transformation	27
Téléphone mobile	45
Téléphone portable	45
Téléphone sans fil	53
Téléphonie mobile	38
Tension	22
Tram	37
Trolleybus	37
UMTS	39
Valeurs limites	16
Valeurs limites de l'installation	17
Valeurs limites d'immission	16
Watt	41
WLAN (réseaux sans fil)	54

Fréquence: La fréquence désigne le nombre d'oscillations par seconde. Elle est indiquée en hertz (Hz); 1 Hz correspond à une oscillation par seconde. Les unités usuelles dans le domaine de la radiocommunication sont le kilohertz (1000 Hz), le mégahertz (1 000 000 Hz) et le gigahertz (1 000 000 000 Hz).

Rayonnement haute fréquence: Le rayonnement non ionisant ayant une fréquence de 30 kilohertz à 300 gigahertz est appelé rayonnement haute fréquence. Dans cette gamme, le champ électrique est couplé au champ magnétique, et tous deux se propagent librement dans l'espace sous forme d'ondes. La téléphonie mobile, différentes applications de radiocommunication, les installations radar ainsi que la radio et la télévision utilisent cette propriété pour la transmission sans fil d'informations.

Rayonnement ionisant: On désigne par rayonnement ionisant le rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences la plus élevée. Il possède suffisamment d'énergie pour détacher les électrons des atomes et des molécules, modifiant ainsi les éléments constitutifs des êtres vivants. Il comprend notamment les rayons gamma et X.

Rayonnement non ionisant: Le rayonnement non ionisant ne possède pas suffisamment d'énergie pour modifier les éléments constitutifs des êtres vivants. Il comprend le rayonnement UV, la lumière visible, le rayonnement haute fréquence ainsi que tous les champs électriques et magnétiques de basse fréquence. Le rayonnement non ionisant haute et basse fréquence généré par la technologie est aussi communément appelé électrosmog.

Champs basse fréquence: Contrairement au rayonnement haute fréquence, dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 30 kHz, le champ électrique n'est pas couplé au champ magnétique. Aussi utilise-t-on ici plutôt le terme de champ que celui de rayonnement. Les sources de ces champs sont notamment les lignes de contact des chemins de fer, les lignes à haute tension, d'autres installations de l'alimentation électrique, telles que les stations de transformation et les sous-stations, et les appareils électriques.

Ordonnance sur le RNI: La loi sur la protection de l'environnement constitue la base de l'« ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant » (ORNI) entrée en vigueur le 1^{er} février 2000. Avec l'ORNI, la Confédération veut protéger la population contre le rayonnement non ionisant nuisible ou incommodant.

Éditeur:

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP
L'OFEFP est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Conception et texte:

Alexander Reichenbach, section Rayonnement non ionisant, OFEFP

Suivi à l'OFEFP:

Jürg Baumann, Stefan Joss, Andreas Siegenthaler, section Rayonnement non ionisant; Norbert Ledergerber, division Communication

Conception, adaptation du texte et production:

Beat Jordi, Bienne

Traduction:

Karin Singh, Thônex

Conception graphique, illustrations et mise en page:

Beat Trummer, Bienne

Illustrations:

OFEFP/AURA: couverture, p. 2 à gauche en bas, p. 2 à droite en bas, p. 3 à gauche en bas, p. 3 au centre en bas, p. 3 droite en bas, p. 11 en bas, p. 13 en haut, p. 14, 18, p. 19 au centre, p. 19 en bas, p. 28, 29, 30, 38, 40, 41, 52, 53, 54; archives de Fotoagentur AURA, Lucerne: couverture, p. 2 en haut, p. 3 à gauche en haut, p. 3 au centre en haut, p. 3 à droite en haut, p. 6, p. 13 en bas, p. 17, 20, 26, 27, p. 32 en haut, p. 34, 37, 39, 46, 47, 49, 50; Beat Trummer, Bienne: p. 55 à gauche; Institut de pharmacologie et de toxicologie de l'université de Zurich: p. 11 en haut; section Rayonnement non ionisant, OFEFP: p. 19 en haut, p. 32 en bas, p. 51 en haut; www.dj4uf.de: p. 51 en bas, www.kenwood.de, photo de presse: p. 55 à droite.

Commande gratuite:

OFEFP, Documentation, CH-3003 Berne, fax 031 324 02 16, e-mail: docu@buwal.admin.ch, Internet: www.buwalshop.ch, Numéro de commande: DIV- 5801-F
La publication est téléchargeable sur Internet en format PDF: www.buwalshop.ch, Code: DIV-5801-F.

Remarque:


La présente brochure est également disponible en allemand (DIV-5801-D) et en italien (DIV-5801-I).

Lecture

- www.environnement-suisse.ch/
> Publications > Électrosmog

Liens

- www.environnement-suisse.ch/electrosmog
- www.bag.admin.ch/strahlen/nonionisant/f/index.php
- www.ofcom.ch
> Radiocommunication
- www.mobile-research.ethz.ch
(en allemand et en anglais)
- www.aefu.ch > Themen > Elektrosmog
(en allemand)
- www.icnirp.de (en anglais)
- www.who.int/peh-emf/fr
- www.feb.se/FEB/Links.html (en anglais)



Informations complémentaires:
Office fédéral de l'environnement,
des forêts et du paysage OFEFP
Section Rayonnement non ionisant
3003 Berne

Tél. 031 322 93 12

Fax 031 324 01 37

E-Mail: nis@buwal.admin.ch

Internet:

[www.environnement-suisse.ch/
electrosmog](http://www.environnement-suisse.ch/electrosmog)



**Office fédéral de
l'environnement,
des forêts et
du paysage
OFEFP**