



# Voiture, voiture électrique, voiture hybride

Date : 5 février 2026

Des champs électriques et magnétiques peuvent apparaître dans les voitures à moteur à combustion, les voitures électriques et les voitures hybrides. Ils ont différentes causes :

- dans les voitures électriques et hybrides, le moteur électrique et la batterie génèrent principalement des champs magnétiques ;
- dans les voitures à moteur à combustion et les voitures hybrides, la pompe à carburant, l'alternateur (générateur) et la batterie génèrent principalement des champs magnétiques ;
- dans tous les types de voitures, les systèmes électriques et électroniques embarqués, tels que le câblage, la climatisation, le chauffage des sièges, les appareils de divertissement et de navigation, les systèmes d'aide à la conduite et les capteurs, génèrent des champs électriques et magnétiques ;
- Dans tous les types de voitures, les télécommunications mobiles génèrent des rayonnements électromagnétiques.
- Dans tous les types de voitures, les ceintures d'acier des pneus génèrent des champs magnétiques. Elles sont composées de câbles d'acier qui sont magnétiques. La rotation des roues génère des champs magnétiques à l'intérieur du véhicule.



Les champs magnétiques générés par les voitures à moteur à combustion, les voitures électriques et leurs câbles de recharge ou les voitures hybrides respectent les valeurs limites fixées pour prévenir les effets à court terme sur la santé. L'état actuel des connaissances ne permet pas d'évaluer dans quelle mesure ces champs ont un impact à long terme sur la santé.

Le rayonnement électromagnétique généré par les téléphones mobiles ou d'autres applications radio à l'intérieur des voitures respecte également les valeurs limites. Les personnes au volant ne peuvent toutefois utiliser leur téléphone mobile qu'avec un dispositif mains libres. Veuillez noter que le risque d'accident est accru même si vous utilisez un dispositif mains libres.

Les personnes qui souhaitent réduire les champs à titre de précaution personnelle peuvent le faire en suivant les conseils ci-dessous. Il n'existe aucune autre possibilité d'optimisation pour tous les types de voitures.

- Vous pouvez faire démagnétiser définitivement les pneus de votre voiture dans certains garages spécialisés.
- Si possible, ne réglez pas le chauffage des sièges au maximum afin de réduire l'exposition aux champs magnétiques au niveau du bas-ventre et du dos.
- Évitez de téléphoner, de lire ou d'écrire des messages au volant. Veuillez tenir compte des informations du BPA concernant les conséquences juridiques [Téléphone au volant: ce qui est permis et ce qui ne l'est pas | BPA](#). Si vous ne souhaitez malgré tout pas renoncer à téléphoner en voiture, utilisez impérativement un dispositif mains libres.



# Informations détaillées

## 1 Valeurs limites

La Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) évalue les effets des champs électromagnétiques sur la santé. Elle émet des recommandations concernant les valeurs limites [1], qui servent de base aux valeurs limites de la recommandation du Conseil de l'UE [2]. Les valeurs limites de l'UE définissent en Europe et en Suisse les exigences fondamentales auxquelles doivent satisfaire les produits électriques pour être considérés comme sûrs en termes de champs électromagnétiques.

Ces valeurs limites sont basées sur des effets aigus scientifiquement prouvés chez l'homme lorsque les champs dépassent une certaine intensité. Les valeurs limites pour la population générale sont inférieures d'un facteur 50 à la valeur à partir de laquelle des effets aigus apparaissent.

Il existe deux catégories de valeurs limites : les restrictions de base et les niveaux de référence qui en sont dérivées. Selon la gamme de fréquences, elles ont des valeurs différentes ou représentent des grandeurs physiques différentes.

### 1.1 Champs à basse et moyenne fréquence

Les restrictions de base dans la gamme des basses fréquences se rapporte aux courants électriques qui génèrent des champs magnétiques dans un corps (courants corporels). Ces courants peuvent avoir des effets aigus sur les fonctions du système nerveux. Comme ces courants corporels ne peuvent pas être mesurés directement, on utilise dans la pratique des niveaux de référence dérivés des restrictions de base. Ils sont mesurables en l'absence de la personne sous forme de champ électrique ou magnétique. Si les niveaux de référence pour les champs magnétiques sont respectés, le courant dans le corps d'une personne exposée est généralement inférieur aux restrictions de base. Toutefois, si les niveaux de référence sont dépassés, il faut recourir à des méthodes complexes telles que des simulations informatiques de modèles humains pour vérifier si les restrictions de base sont respectées.

### 1.2 Rayonnement électromagnétique à haute fréquence

Le corps d'une personne peut absorber le rayonnement électromagnétique à haute fréquence et s'échauffer. Des valeurs limites limitent cet échauffement afin d'éviter tout risque pour la santé.

Les restrictions de base pour les fréquences jusqu'à 10 GHz sont les taux d'absorption spécifiques (valeurs DAS). Elles indiquent la quantité de rayonnement électromagnétique (exprimée en puissance de rayonnement en watts) absorbée par une masse donnée du corps humain (kg). Ils dépendent du fait que le rayonnement agisse sur l'ensemble du corps, sur les membres, sur la tête ou sur le tronc. La valeur limite pour le tronc et la tête est la plus stricte et s'élève à 2 W/kg, en moyenne sur un volume corporel de 10 grammes. Cela signifie que dans le volume corporel le plus fortement irradié de 10 grammes, le DAS ne doit pas dépasser la valeur de 0,02 W/kg. Les valeurs DAS permettent d'évaluer de préférence les appareils que les personnes utilisent généralement à la surface du corps ou à



proximité immédiate du corps.

Comme le rayonnement à des fréquences supérieures à 10 GHz ne pénètre plus profondément dans le corps, les tissus ne s'échauffent plus qu'à proximité de la surface ou à la surface du corps. La restriction de base pour les rayonnements à des fréquences supérieures à 10 GHz, comme ceux émis par les installations radar, est la densité de puissance en  $W/m^2$ .

Les valeurs SAR ne peuvent être déterminées qu'à grands frais. Les niveaux de référence qui en découlent sont beaucoup plus faciles à mesurer. Elles ne sont toutefois applicables qu'aux corps exposés à un rayonnement homogène. Elles se rapportent aux champs électriques et magnétiques, à la densité de flux magnétique et à la densité de puissance.

### **1.3 Valeurs limites et effets à long terme**

Ces recommandations de valeurs limites ne tiennent pas compte des effets potentiels à long terme. La raison en est que l'ICNIRP considère que les connaissances scientifiques sur les effets nocifs d'une exposition à long terme aux champs électromagnétiques sont insuffisantes.

## **2 Champs à basse et moyenne fréquence dans les voitures**

### **2.1 Causes**

#### **2.1.1 Voitures à moteur à combustion**

Dans les voitures équipées d'un moteur à combustion, divers systèmes et appareils électriques ont besoin d'énergie électrique. Celle-ci est fournie à l'arrêt par la batterie et pendant la conduite par l'alternateur, qui transforme l'énergie mécanique en électricité. En règle générale, le courant circule via des câbles vers les différents systèmes et revient à la batterie ou à l'alternateur via la carrosserie, qui sert de conducteur neutre. Cela génère des champs magnétiques à basse fréquence.

#### **2.1.2 Voitures électriques**

Les voitures électriques sont propulsées par un moteur électrique. Contrairement aux voitures à moteur à combustion, elles peuvent convertir ou récupérer une partie de l'énergie générée lors du freinage en énergie électrique. Dans ce mode de fonctionnement, la voiture en mouvement entraîne le moteur électrique, qui fonctionne alors comme un générateur ou un frein moteur. En fonction de l'itinéraire, le moteur électrique alterne en permanence entre le mode moteur, qui consomme de l'énergie, et le mode générateur, qui produit de l'énergie. Une batterie stocke l'énergie électrique produite lors du freinage. En raison de ses dimensions importantes, la batterie est souvent installée dans le fond du véhicule.

En règle générale, le courant circule via des câbles vers le moteur électrique et d'autres systèmes électriques, puis revient à la batterie via la carrosserie, qui sert de conducteur neutre. Cela génère des champs magnétiques. Les câbles et la batterie étant situés à proximité de l'habitacle, il est possible qu'une partie des champs pénètre dans l'habitacle.



### 2.1.3 Voitures hybrides

Les voitures hybrides sont principalement propulsées par un moteur à combustion interne assisté par un moteur électrique. Lors du freinage, le moteur électrique peut fonctionner comme un frein moteur ou un générateur et produire de l'énergie électrique qui est stockée dans une batterie. Celle-ci est généralement installée dans le fond du coffre ou sous les sièges arrière. Les voitures hybrides rechargeables (voitures plug-in hybrides) peuvent également recharger la batterie via une alimentation électrique externe.

## 2.2 Ampleur des champs magnétiques

Une étude réalisée en 2025 pour le compte de l'Office fédéral allemand de protection contre les rayonnements (BfS) a mesuré les champs magnétiques dans 11 voitures électriques différentes, deux voitures hybrides et une voiture à moteur à combustion [3]. Les résultats sont résumés dans le tableau 1. Ils indiquent l'utilisation des niveaux de référence en pourcentage sur les sièges les plus exposés de 11 voitures électriques, deux voitures hybrides et une voiture à moteur à combustion. Lorsqu'une situation (par exemple, champ magnétique le plus élevé sur le siège conducteur) concerne plusieurs véhicules, le rapport entre les utilisations des niveaux de référence du véhicule le plus exposé et du véhicule le moins exposé est également indiqué.

Exploitation maximale des niveaux de référence							
	Voitures électriques (11 véhicules)			Voitures hybrides (deux véhicules)			Une voiture à moteur à combustion
Siège présentant les champs magnétiques les plus élevés	Nombre de véhicules concernés	Utilisation maximale [%]	Rapport entre le véhicule le plus polluant et le moins polluant (arrondi)	Nombre de véhicules concernés	Utilisation maximale [%]	Rapport entre le véhicule le plus chargé et le moins chargé (arrondi)	Utilisation maximale [%]
<b>Conduite à vitesse constante</b>							
Siège conducteur	5	62	10 pour 1	2	101	3 contre 1	24
Siège passager avant	5	19	3 à 1	-	-	-	-
Siège arrière	1	11	-	-	-	-	-
<b>Accélération</b>							



Siège conducteur	6	66	8 pour 1	2	1200	33 contre 1	79
Siège passager avant	4	123	18 à 1	-	-	-	-
Siège arrière	1	30	-	-	-	-	-
Freinage							
Siège conducteur	6	282	26 pour 1	-	-	-	109
Siège passager avant	4	320	11 à 1	2	137	5 contre 1	-
Siège arrière	1	77	-	-	-	-	-
Arrêt							
Siège conducteur	5	425	4 à 1	1	305	-	576
Siège passager avant	6	704	12 pour 1	1	1500	-	-
Siège arrière	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 1 : Intensité des champs magnétiques sur les sièges les plus exposés en pourcentage du niveau de référence [3]. Lorsqu'une situation (p. ex. champ magnétique maximal sur le siège conducteur) concerne plusieurs véhicules, le rapport arrondi entre les niveaux de référence maximales et minimales est indiqué.

#### L'étude montre

- que la voiture à moteur à combustion, les deux voitures hybrides et les voitures électriques peuvent générer des champs magnétiques qui, dans certaines situations, peuvent atteindre ou dépasser brièvement et localement les niveaux de référence ;
- que les champs magnétiques les plus élevés sont spécifiques à chaque véhicule ;
- que les sièges sur lesquels apparaissent les champs magnétiques les plus forts à l'intérieur du véhicule sont également spécifiques au véhicule ;
- que l'exposition aux champs magnétiques au niveau du siège conducteur est généralement plus importante au niveau des pieds et des jambes que dans d'autres parties du corps, comme le buste ;
- que l'exposition aux champs magnétiques lors de l'accélération et du freinage dans les voitures électriques et hybrides a tendance à être nettement plus importante que lors de la conduite à vitesse constante ;
- que les champs magnétiques, qui dépassent parfois les niveaux de référence, respectent toutefois toujours les restrictions de base. L'étude a évalué les résultats selon les valeurs limites de l'ICNIRP de 2010 [23] pour les expositions qui n'affectent pas le système nerveux central. Ces dernières ne sont pas prévues dans l'UE et en Suisse pour évaluer la sécurité des produits ;



- que, selon l'état actuel des connaissances, les personnes portant des implants ne sont pas exposées à un risque lié à l'exposition aux champs magnétiques.

L'étude montre également que les champs magnétiques qui ne sont pas générés par le moteur électrique (par exemple lorsque le véhicule est à l'arrêt ou dans le cas de la voiture à moteur à combustion) peuvent atteindre des valeurs plus élevées. Ils sont générés par des composants électriques qui s'allument ou s'éteignent, par exemple :

- lors de la mise en marche de la voiture ;
- lorsque les sièges chauffants régulent leur température à l'aide de régulateurs de commutation peu performants. Les zones les plus touchées sont le bas-ventre et le dos ;
- lors du clignotement ;
- par les ventilateurs dans l'habitacle ;
- lors de l'utilisation des lève-vitres.

## 2.3 Champs magnétiques lors du chargement des voitures électriques

Une étude réalisée par l'Office fédéral allemand de radioprotection [4] a examiné les champs magnétiques générés à l'intérieur des voitures électriques pendant leur recharge et à l'extérieur, autour des stations ou des installations de recharge européennes typiques. Le tableau 2 énumère les principaux types de recharge (modes de recharge) utilisés en Suisse et les installations de recharge correspondantes.

Mode de recharge Dispositif de recharge	Courant	Tension	Puissance de recharge maximale	Type de connecteur du câble	
				Côté véhi- cule	Côté réseau
Mode de recharge 2 Câble de charge avec raccordement à la prise pour - usage domestique - l'industrie	courant al- ternatif monophasé  - 8 A - 16 A	  - 230 V - 230 V	  - 1,8 kW - 3,7 kW	- 2 - 2	- Type 13 - CCE 16/3
Mode de recharge 3 : - Boîtier mural - Borne de recharge	Courant al- ternatif mo- nophasé à triphase  - 16 A - 32 A	  - 230 V - 400 V	  - 3,6 kW - 22 kW	- 2 - Combo 2	2
Mode de recharge 4 : Borne de recharge	Courant continu	- 150-400 V - 150-800 V	- 150 kW - 300 kW	Combo 2	Câble fixe à la borne de re- charge
Inductif : bobine dans le sol ou le parking sous la	Courant al- ternatif		Expérimental jusqu'à 22 kW	Non dispo- nible	Non disponible



voiture. Bobine dans la voiture					
------------------------------------	--	--	--	--	--

Tableau 2 Aperçu des types de recharge courants (modes de recharge) en Europe pour recharger une voiture électrique. Données adaptées pour la Suisse.

Le tableau 3 montre les champs magnétiques générés à l'intérieur des voitures électriques lors de la recharge. Les valeurs sont indiquées en tant qu'utilisation de la valeur de référence pour les points suivants.

- Mode de recharge
- Siège mesuré
- Moment : au début de la recharge (2 à 5 s) ou lors d'une recharge stationnaire (à partir de 10 s)
- Charge restante de la batterie : batterie presque complètement déchargée (10 %) ou batterie presque complètement chargée (>95 %)

Mode de recharge 2 ; Courant alternatif CA			
Valeur maximale des utilisations des niveaux de référence [%] de deux véhicules sur un câble de charge avec raccordement à la prise avec une puissance de charge de 2 kW			
Siège	Charge restante de la batterie		Point de l'exposition maximale
	10	>95 %	
Siège conducteur ; Début de la recharge	51	26	Zone des pieds
Siège conducteur ; Chargement stationnaire	4,4	2,8	Zone des pieds
Siège passager ; Début de la recharge	0,9	1	Zone des pieds
Siège passager ; Chargement stationnaire	0,8	0,9	Zone des pieds
Mode de recharge 3 ; Courant alternatif CA			
Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de six véhicules sur une borne murale CA avec une puissance de charge de 11 kW			
Siège conducteur ; Chargement Début de la recharge	219	133	Zone des pieds
Siège conducteur ; Chargement stationnaire	5	3,7	Zone des pieds
Siège passager ; Début de la recharge	89	100	Zone des pieds
Siège passager ; Chargement stationnaire	3,5	2,5	Zone des pieds
Mode de recharge 3 ; Courant alternatif CA			
Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de six véhicules à une borne de recharge d'une puissance de 22 kW			
Siège conducteur ; Début de la recharge	190	208	Zone des pieds
Siège conducteur ; Chargement stationnaire	4,6	5,8	Zone des pieds
Siège passager ; Début de la recharge	139	147	Zone des pieds
Siège passager ; Chargement stationnaire	2,2	2,1	Zone des pieds
Mode de recharge 4 ; Courant continu DC			



Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de deux véhicules à deux bornes de recharge DC avec des puissances de recharge de 300 et 350 kW			
Siège conducteur ; Début de la recharge	26	26	Zone des pieds du siège avant
Siège conducteur ; Chargement stationnaire	<0,8	<0,8	
Siège passager ; Début de la recharge	8	2,5	Banquette arrière partie inférieure
Siège passager ; Chargement stationnaire	<0,8	<0,8	

Tableau 3 Champs magnétiques à l'intérieur du véhicule pendant le processus de recharge avec différents modes de recharge

Le tableau 4 indique les champs magnétiques générés à l'extérieur des voitures électriques lors du chargement. Les valeurs sont indiquées en tant qu'utilisation de la valeur de référence en fonction des points suivants .

- Mode de recharge
- À proximité immédiate de la prise, ainsi qu'à proximité de la borne de recharge et du raccordement du véhicule
- Moment : au début de la recharge (2 à 5 s) ou lors d'une recharge stationnaire (à partir de 10 s)
- Charge restante de la batterie : batterie presque complètement déchargée ou batterie presque complètement chargée

Mode de recharge 2 ; Courant alternatif CA				
Valeur maximale des utilisations des niveaux de référence [%] de deux véhicules sur un câble de charge avec raccordement à la prise avec une puissance de charge de 2 kW				
Position	Charge restante de la batterie			
	10		>95	
	Début de la charge	Chargement stationnaire	Début de la charge	Chargement stationnaire
Distance de 30 cm par rapport au connecteur du véhicule	3,5	0,9	4,6	<0,8
Connecteur sur le véhicule	260	28	286	25
Mode de recharge 3 ; Courant alternatif CA				
Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de six véhicules sur une borne murale CA avec une puissance de charge de 11 kW				
Distance de 30 cm par rapport au raccordement du véhicule	10	0,9	15	<0,8
Connecteur sur le véhicule	1700	161	1510	131
Distance de 30 cm du boîtier mural	5,1	<0,8	4,9	<0,8
Mode de recharge 3 ; Courant alternatif CA				
Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de six véhicules sur une borne de recharge CA avec une puissance de recharge de 22 kW				
Distance de 30 cm par rapport au raccordement du véhicule	56	5,2	50	5



Connecteur sur le véhicule	1740	154	1460	139
Distance de 30 cm de la borne de recharge	8,2	0,9	8,5	0,9
Mode de recharge 4 ; Courant continu DC Valeurs maximales d'utilisation des niveaux de référence [%] de deux véhicules sur deux bornes de recharge DC avec des puissances de recharge de 300 et 350 kW				
Distance de 30 cm par rapport au raccordement du véhicule	2,7	2,7	2,2	1,1
Connecteur sur le véhicule	99	99	118	30
Distance de 30 cm de la borne de recharge	8	8	6	6

Tableau 4 Champs magnétiques au niveau des installations de recharge lors du processus de recharge avec différents modes de recharge

Les résultats concernant l'utilisation des niveaux de référence montrent que, pour tous les modes de recharge

- que dans la plupart des cas, les champs au niveau des dispositifs de recharge et dans le véhicule sont inférieurs aux niveaux de référence ;
- que des valeurs élevées, supérieures aux niveaux de référence, peuvent souvent apparaître au niveau des connecteurs du véhicule ;
- que des valeurs élevées apparaissent au début de la recharge et au niveau des pieds des véhicules ;
- que les champs ne dépendent pas du fait que la batterie soit presque vide (charge restante de 10 %) ou presque pleine (charge restante > 95 %) au début du chargement.

Les niveaux de référence ayant été partiellement dépassés, l'étude a utilisé une simulation informatique pour vérifier si les restrictions de base étaient respectées. Les résultats pour deux véhicules chez lesquels les niveaux de référence ont été dépassés montrent que les restrictions de base sont respectées dans tous les cas. Leur utilisation est

- est inférieure à 2 % pour une personne assise sur le siège conducteur ;
- inférieure à 15 % pour une personne se tenant près du connecteur du véhicule, les enfants pouvant être exposés à des niveaux plus élevés que les adultes ;
- inférieur à 15 % (selon l'ICNIRP 2010 [23]) pour une personne tenant une fiche de recharge ou inférieur à 30 % si elle tient le câble.

L'étude a également examiné les champs générés par une installation pilote de recharge sans fil par induction de taxis. Deux positions de véhicule ont été examinées

- Le véhicule est centré sur le dispositif de recharge activé
- Le véhicule est décalé de 12 cm sur le côté par rapport au dispositif de recharge activé

Les résultats montrent

- que le niveau de référence à l'intérieur de la voiture est utilisé à environ 20 %, avec une utilisation légèrement plus élevée lorsque la voiture est décalée par rapport au dispositif de recharge ;
- que le niveau de référence est nettement dépassé juste à côté du véhicule jusqu'à une hauteur de 40 cm au-dessus du sol, c'est-à-dire jusqu'à 400 % lorsque le véhicule est centré et jusqu'à



- 600 % lorsque le véhicule est décalé.
- que la restriction de base est en revanche utilisée à moins de 1 % à l'intérieur de la voiture et à moins de 2 % à l'extérieur de la voiture.

## 2.4 Champs magnétiques des pneus de voiture

### 2.4.1 Cause / ampleur

Les bandages d'acier des pneus de voiture sont magnétisés lors du processus de fabrication. À l'arrêt, ils génèrent un champ magnétique statique et, pendant la conduite, un champ magnétique à basse fréquence. La fréquence du champ magnétique dépend de la vitesse de conduite. Une étude financée par l'OFSP a examiné les champs magnétiques générés par les pneus magnétisés dans douze voitures différentes. Les mesures ont été effectuées à une vitesse de 80 km/h. Elles ont révélé la présence de champs magnétiques à basse fréquence, compris entre 5 et 2000 Hz (tableau 5) [5].

Champ magnétique ( $\mu\text{T}$ )	Zone du bassin du conducteur	Zone de la tête du conducteur	Zone des pieds du passager avant	Siège arrière
Valeur moyenne	0,29	0,21	3,22	3,28
Écart type	0,18	0,10	2,53	2,55
Maximum	0,73	0,45	8,89	9,51
Minimum	0,12	0,10	0,76	0,65

Tableau 5 : Valeurs maximales dans le spectre du champ magnétique à différentes positions dans douze voitures roulant à 80 km/h [5].

Des valeurs élevées ont été mesurées au niveau des pieds du siège passager avant et sur les sièges arrière. Dans 2/3 des voitures, des valeurs supérieures à 2  $\mu\text{T}$  ont été mesurées, dans 1/4 des voitures, des valeurs supérieures à 6  $\mu\text{T}$ .

La fréquence fondamentale des champs magnétiques est de 10 à 12 Hz à une vitesse de 80 km/h. La figure 1 montre toutefois que des fréquences harmoniques plus élevées ont également été mesurées.

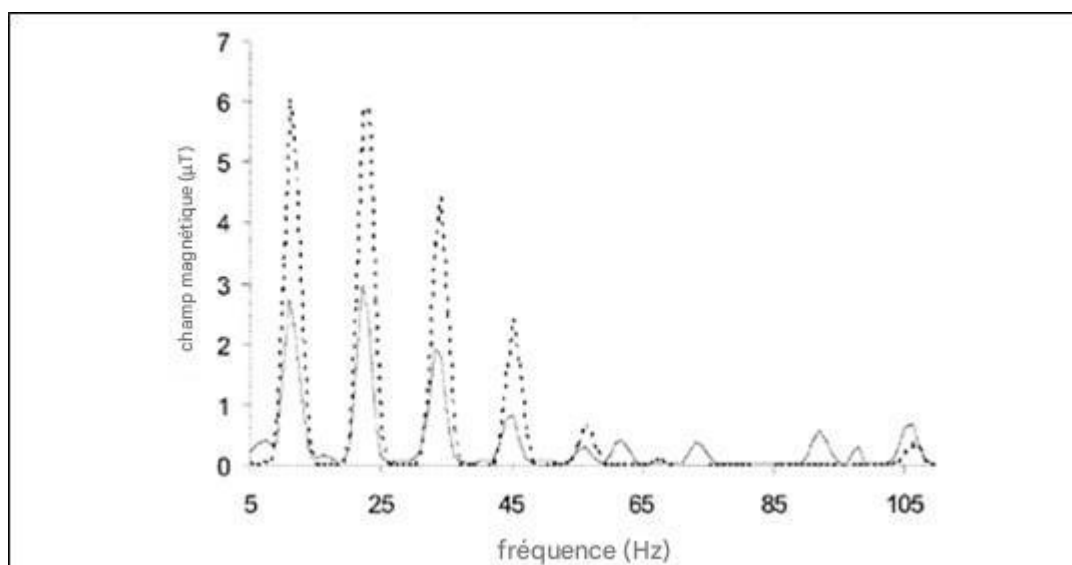


Figure 1 : spectre magnétique typique dans une voiture roulant à 80 km/h (champ magnétique en fonction de la fréquence). Ligne pointillée : zone des pieds du siège passager avant, ligne continue : siège arrière. [5]

Une somme pondérée des composantes spectrales du champ magnétique entre 5 et 100 Hz montre que, dans les douze voitures mesurées, le niveau de référence est atteint en moyenne à 4 % et au maximum à 6,9 % sur le siège arrière (tableau 6).

Utilisation du niveau de référence	Zone des pieds du passager avant	Siège arrière
Valeur moyenne	4,6 %	4,0 %
Maximum	14,3 %	6,9 %
Minimum	1,0 %	0,4 %

Tableau 3 : Somme pondérée des champs magnétiques spectraux dans l'habitacle de douze voitures en mouvement. 100 % correspond à l'utilisation complète du niveau de référence [6].

La même étude a examiné, sur une machine d'équilibrage, les champs magnétiques de 32 pneus de voiture individuels montés sur des jantes à une distance de 2 cm de la roue (tableau 7). La fréquence des champs magnétiques était comprise entre 5 et 2000 Hz et dépendait de la vitesse de rotation de la machine d'équilibrage. Les champs magnétiques des pneus de voiture mesurés présentent une large dispersion entre 0,8 et 97 µT.

Champ magnétique (µT)	Tous les pneus (n=32)	Pneus neufs (n=13)	Pneus de voiture usagés (n=19)	Jantes en aluminium (n=25)	Jantes en acier (n=7)
Moyenne (µT)	25,2	22,4	29,2	21,5	38,1
Écart type (µT)	22,3	7,8	34,0	18,8	29,9
Maximum (µT)	97,0	33,9	97,0	97,0	71,9
Minimum (µT)	0,8	10,1	0,8	0,8	6,4



Tableau 7 : Valeurs maximales des champs magnétiques spectraux des pneus de voiture ( $\mu\text{T}$ ), mesurées sur une machine d'équilibrage à une distance de 2 cm de la surface des pneus [6].

## 2.4.2 Démagnétisation des pneus de voiture

L'étude du OFSP avait également pour objectif de construire un dispositif pratique permettant de démagnétiser les pneus de voiture [6]. Cet objectif a été atteint à l'aide d'une machine d'équilibrage conventionnelle sur laquelle un pneu de voiture tourne sur une jante. Un support mobile positionne une bobine électrique très près du pneu. Le support éloigne ensuite lentement la bobine, qui génère un champ magnétique puissant de 50 Hz, de la roue. Le champ magnétique du pneu diminue ainsi continuellement, ce qui le démagnétise. Cette méthode a permis de réduire considérablement et durablement les champs magnétiques des pneus de voiture [6] (tableau 8). Même après cinq mois d'utilisation, les champs magnétiques étaient encore fortement réduits.

État des pneus	Champ magnétique ( $\mu\text{T}$ )
Avant démagnétisation	$11,7 \pm 3,1$
Après démagnétisation	$1,5 \pm 1,6$
Contrôle après 1 mois	$1,1 \pm 0,9$
Contrôle après 5 mois	$1,4 \pm 1,5$

Tableau 8 : Valeurs maximales des champs magnétiques de quatre pneus de voiture, mesurées sur une machine d'équilibrage à une distance de 2 cm de la surface des pneus. Mesures de contrôle après 1 et 5 mois d'utilisation des pneus [6].

Certains garages proposent la démagnétisation des pneus de voiture en Suisse [https://www.mensch-und-technik.ch/mut/Autoreifenentmagnetisierungsger%C3%A4t/Standortliste%20Autoreifenentmagnetisierung\\_1.pdf](https://www.mensch-und-technik.ch/mut/Autoreifenentmagnetisierungsger%C3%A4t/Standortliste%20Autoreifenentmagnetisierung_1.pdf)

# 3 Rayonnement électromagnétique à haute fréquence à l'intérieur des voitures

## 3.1 Téléphonie mobile

### 3.1.1 Exposition aux antennes externes des véhicules

Plusieurs études ont examiné l'exposition à l'intérieur des véhicules au rayonnement des antennes montées à l'extérieur de l'habitacle [7]. Les antennes étudiées utilisaient différentes bandes de fréquences telles que VHF, UHF, GSM, 5G et wifi. Les études montrent

- que l'exposition à l'intérieur de l'habitacle était inférieure aux niveaux de référence pour les bandes de fréquences respectives
- que les valeurs DAS étaient inférieures aux limites de base.
- que l'exposition la plus élevée a été observée sur l'ensemble du corps et au niveau de la tête.



### 3.1.2 Exposition due aux antennes internes des véhicules

Dans la plupart des voitures modernes, les téléphones portables utilisés par les personnes à bord se connectent à la station de base mobile la plus proche via leur propre antenne. L'habitacle fermé des voitures, composé de vitres, d'acier et de plastique, isolant cette connexion, nécessite une puissance d'émission plus élevée du téléphone portable. Cela entraîne des valeurs de rayonnement plus élevées à l'intérieur de la voiture qu'à l'extérieur [8, 10, 11]. Selon les informations fournies par les constructeurs, ces valeurs de rayonnement plus élevées peuvent être réduites dans les modèles de véhicules qui peuvent se connecter aux stations de base de téléphonie mobile via une antenne extérieure intégrée au véhicule. Les études menées sur ce sujet [7] montrent dans l'ensemble

- que le rayonnement des téléphones mobiles, des appareils Bluetooth et wifi respecte les niveaux de référence.
- que les valeurs DAS dépendaient légèrement du nombre de passagers et des appareils utilisés simultanément, mais qu'elles restaient inférieures aux limites de base.

Une étude plus ancienne a examiné, dans une voiture virtuelle réaliste, des modèles dosimétriques d'adultes et d'enfants exposés aux rayonnements UMTS, WiMax et Bluetooth. Selon les résultats, dans tous les scénarios, le taux d'absorption spécifique (SAR) pour l'ensemble du corps était au moins 40 fois inférieur aux restrictions de base et le SAR pour les expositions locales au moins 10 fois inférieur [9].

Une autre étude plus ancienne portant sur la norme de téléphonie mobile GSM montre qu'une personne qui téléphone dans une voiture plutôt qu'à l'extérieur est exposée à un rayonnement (valeur DAS) supérieur de 5 %. Les autres personnes présentes dans la voiture sont exposées à un rayonnement pouvant atteindre 40 % de la valeur DAS de la personne qui utilise le téléphone portable [10, 11].

## 3.2 Systèmes radio pour véhicules connectés (V2X)

### 3.2.1 Technique

Les systèmes V2X (vehicle to everything) connectent les voitures par radio aux autres usagers de la route, à l'infrastructure routière ou à Internet.

Les voitures modernes sont équipées du système V2N (vehicle to network). Celui-ci permet de connecter la voiture à un cloud via la communication mobile. Le V2N sert à la transmission de données pour les systèmes d'appel d'urgence, les systèmes de navigation, les informations routières, le diagnostic à distance, les requêtes sur l'état du véhicule et les mises à jour logicielles par le constructeur automobile. Ce système peut émettre aussi bien en fonctionnement qu'à l'état inactif du véhicule.

D'autres systèmes V2X ayant des objectifs différents sont en partie encore au stade de projet ou d'essai, mais ils ne sont pas encore utilisés à grande échelle en Europe.

- Un système V2I (Vehicle-to-Infrastructure) relie les infrastructures de transport telles que les feux de signalisation ou les panneaux de signalisation au véhicule en circulation ;
- Un système V2V (Vehicle-to-Vehicle) relie entre eux les véhicules voisins en circulation ;
- Un système V2P (Vehicle-to-Pedestrian) a pour but de protéger les piétons contre les accidents avec des voitures. Il détecte les piétons notamment à l'aide de systèmes embarqués tels que des caméras, des radars, des lasers ou des capteurs, ou encore via une application V2P installée sur



- le téléphone portable allumé du piéton. Il envoie des signaux aux véhicules en circulation ;
- Un système V2G permet, grâce à une recharge bidirectionnelle intelligente, d'utiliser une voiture électrique garée à la fois comme accumulateur d'énergie et comme fournisseur d'énergie afin d'amortir les pics d'énergie excédentaires dans le réseau électrique.

Tous ces systèmes nécessitent des antennes dans la voiture, qui émettent en partie et génèrent ainsi, selon leur position, des rayonnements à haute fréquence à l'intérieur de la voiture. Les technologies suivantes sont utilisées (tableau 9)

- ITS-G5 – Intelligent transport systems, un réseau wifi adapté aux voitures, qui ne peut communiquer directement qu'avec d'autres usagers de la route ou l'infrastructure routière (ad hoc) ;
- C-V2X – Cellular V2X, une extension moderne de la communication mobile 4G et 5G adaptée aux voitures, qui a les mêmes objectifs, mais qui peut en outre accéder à Internet. Elle est en cours d'introduction.

Les véhicules qui communiquent directement entre eux s'envoient des informations sous forme de messages dits « Corporate awareness messages » (CAM) [12]. Il s'agit de petits paquets de données contenant des informations sur l'heure actuelle, la position, la vitesse, le sens de circulation, la longueur et la largeur du véhicule, l'accélération longitudinale, la courbure de la route, le taux de lacet, les systèmes activés, etc. des véhicules concernés. Leur nombre par seconde dépend de la vitesse ou de l'importance des changements de ces informations. Les CAM génèrent un rayonnement électromagnétique pulsé.

Technologie	Puis- sance d'émis- sion	Fréquence	Fré- quence des CAM	Portée
ITS-G5 (wifi IEEE 802.11p)	Max. env. 2 watts  Typique 0,2 W [13]	5,855 GHz à 5,925 GHz	1 à 10 par seconde	Plusieurs centaines de mètres, distance réduite en cas de mauvaise qualité de connexion, par exemple en raison d'obstacles tels que des bâtiments ou des interférences électromagnétiques
C-V2X ou 4G ou 5G pour la communication directe entre véhicules sans station de base mobile	Max. env. 0,2 watt [7, 13]	5,855 GHz à 5,925 GHz		
4G / 5G (C-V2X) pour la communication via une station de base mobile	Max. env. 0,2 watt	Toutes les fréquences mobiles	Aucune	Correspond à la couverture du réseau mobile

Tableau 9 : Caractéristiques des systèmes V2X [7]



### 3.2.2 Expositions dues aux systèmes radio ITS-G5 pour véhicules connectés

Différentes études ont examiné les expositions aux antennes ITS-G5. Une étude a déterminé l'exposition aux antennes ITS-G5 installées soit sur le toit, soit dans le coin supérieur du pare-brise côté conducteur à l'intérieur du véhicule [14]. L'antenne installée sur le pare-brise a généré les expositions les plus élevées, qui représentaient environ 15 % du niveau de référence directement devant l'antenne et moins de 4 % sur le tableau de bord, le siège conducteur et le siège arrière. L'antenne montée sur le toit a généralement entraîné des expositions plus faibles, qui représentaient 8 % du niveau de référence directement devant l'antenne et moins de 0,5 % à l'intérieur du véhicule. Les valeurs plus faibles à l'intérieur du véhicule sont dues à l'effet de blindage de la carrosserie. Une autre étude [13] arrive à des résultats similaires. Elle a déterminé les expositions des antennes ITS-G5 montées soit sur la vitre arrière, soit à l'avant du toit. Les expositions au niveau de la tête et du torse sur les sièges conducteur et passager avant ainsi que sur les sièges arrière sont de l'ordre de 1 % ou moins du niveau de référence. Une autre étude a utilisé un modèle numérique de véhicule pour examiner les valeurs DAS générées par quatre antennes ITS-G5 sur le siège conducteur [15]. Dans un scénario, elles étaient installées près des rétroviseurs et au milieu du toit, près du pare-brise et de la vitre arrière. Dans un deuxième scénario moins optimal, les antennes de toit étaient placées près de la tête du siège conducteur. Les résultats montrent que les restrictions de base sont respectées dans les deux scénarios, même lorsque toutes les antennes étaient en service. La valeur la plus élevée, 1,58 W/kg, a été enregistrée au niveau de la tête du siège conducteur.

### 3.3 Autres systèmes radio

Les voitures modernes sont équipées d'une multitude de systèmes radio qui permettent une conduite confortable et sûre du véhicule. Le tableau 10 présente une liste non exhaustive de ces systèmes radio.

Technologie	Application	Puissance d'émission [watts]	Bande de fréquence	Étude
Appareils à courte portée (SRD) Identification par radiofréquence (RFID)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ouverture, verrouillage et démarrage sans clé d'une voiture par radio, comprenant une unité d'émission et de réception dans la voiture et un transpondeur (par exemple une carte) que la personne porte sur elle ;</li> <li>– Systèmes d'identification des véhicules ;</li> <li>– Système de stationnement intelligent ;</li> <li>– Boîtiers muraux pour véhicules électriques, authentification et démarrage de la recharge ;</li> <li>– Accès autorisé aux bâtiments, parkings ou stations de recharge ;</li> </ul>	0,01- 2	0,027-5,815 GHz	[14]



	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Suivi des marchandises dans la logistique ;</li> <li>– Systèmes de péage.</li> </ul>			
Réception analogique et numérique de la radio et de la télévision	AM, FM, DAB, DVB-T	Réception unique-ment		[14]
Système mondial de navigation par satellite	GPS, Galileo, BeiDou, GLONASS	Réception unique-ment	1,164-1,591 GHz	[14]
Bluetooth	Communication, transfert de données, y compris mises à jour sans fil des logiciels et du système d'infodivertissement.	0,1	2,4-2,4845 GHz	[14]
wifi	Communication, transmission de données, y compris les mises à jour sans fil des logiciels et du système d'infodivertissement.	0,025-1	2,4-5,725 GHz	[14]
Systèmes radar pour véhicules	Radar longue portée LLR (portée jusqu'à 150 m).	0,1 -1	21,650-81 GHz	[14]
	Radar à courte portée SRR dans le rétroviseur latéral ou le hayon (surveillance de l'angle mort, aides au stationnement, etc.).	0,01 – 0,2		
Accès sans clé  Dispositifs d'immobilisation	Accès sans clé.	env. 0,01	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Véhicule 125 kHz</li> <li>– Clé 434 MHz</li> </ul>	[16]
Bluetooth Low Energy (BLE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Téléphone portable connecté au système d'infodivertissement.</li> <li>– Systèmes multimédias à l'intérieur du véhicule ;</li> <li>– Accès intelligent au véhicule ;</li> <li>– Diagnostic du véhicule ;</li> <li>– Réglages du véhicule.</li> </ul>	0,1	2,400 -2,4835 GHz	[7]



UHF courte portée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système de surveillance de la pression des pneus (Tire Pressure Monitoring System TPMS) ;</li> <li>- Ouverture, verrouillage et démarrage sans clé d'une voiture par radio ).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0,01</li> <li>- 0,025</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 434 MHz</li> <li>- 868 MHz</li> </ul>	[7]
Communication UWB, c'est-à-dire une technologie radio à large bande	Ouverture, verrouillage et démarrage sans clé d'une voiture par radio.	0,07413 $\mu$ W dans n'importe quelle section de 1 MHz de largeur de la bande de fréquences occupée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3,1-4,8 GHz</li> <li>- 6-9 GHz</li> </ul> avec une largeur de bande $\geq$ 500 MHz ou $\geq$ 20 % de la fréquence porteuse (fréquence centrale de la bande de fréquences utilisée),	[7]
Communication en champ proche (NFC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouverture, verrouillage et démarrage sans clé d'une voiture par radio ;</li> <li>- Connexion Bluetooth / wifi avec le système d'infodivertissement.</li> </ul>	Limitation via le champ magnétique	13.56 MHz	[7]

Tableau 10. Autres technologies de communication à l'intérieur des voitures

Il existe peu d'informations sur les expositions générées par ces systèmes radio à l'intérieur des voitures [14]. Les résultats disponibles montrent que les appareils Bluetooth et wifi installés dans les voitures exploitent moins de 2 % du niveau de référence dans la zone du conducteur et sur les sièges arrière.

## 4 Effets sur la santé

Aucune étude n'a directement examiné les effets sur la santé des champs électromagnétiques à basse et haute fréquence dans les voitures, les voitures électriques et les voitures hybrides. Ces champs doivent donc être évalués sur la base de valeurs limites [2].

Les champs magnétiques peuvent traverser le corps et y générer des courants électriques. Si ces courants dépassent une certaine valeur, ils peuvent, dans certaines circonstances, exciter les nerfs du système nerveux central. Pour éviter cela, les valeurs limites sont définies de manière à ce que ces courants soient au moins 50 fois inférieurs à cette valeur. Les mesures effectuées jusqu'à présent ont montré que, à quelques exceptions près, les champs magnétiques à l'intérieur des voitures, des voitures électriques et des voitures hybrides respectent les niveaux de référence et, dans tous les cas, les restrictions de base, de sorte qu'aucun effet aigu sur la santé n'est à craindre. En 2002, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs magnétiques statiques et à basse fréquence comme potentiellement cancérigènes (groupe 2B) [17]. Cette classification repose



sur des études épidémiologiques qui suggèrent qu'une exposition prolongée et permanente à des champs magnétiques de faible intensité (à partir de 0,4  $\mu$ T) peut augmenter le risque de développer la maladie d'Alzheimer [18, 19] ou une leucémie infantile [20, 21]. Il est impossible d'évaluer dans quelle mesure les champs magnétiques à basse fréquence présents dans les voitures contribuent à une telle exposition à long terme.

Les rayonnements à haute fréquence sont absorbés par les tissus et peuvent en augmenter la température. Si cette température dépasse une certaine valeur, des effets aigus sur la santé peuvent être observés. Selon les connaissances actuelles, les rayonnements à haute fréquence générés par les systèmes V2X ( ) et par d'autres systèmes radio dans les voitures sont beaucoup trop faibles pour avoir de tels effets sur la santé. En 2011, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les champs électromagnétiques à haute fréquence comme potentiellement cancérigènes (groupe 2B) [22]. Cette classification repose toutefois sur des études qui montrent un lien possible entre l'utilisation de téléphones mobiles ou sans fil et l'apparition de tumeurs cérébrales. Le CIRC considère que les données disponibles sont limitées, car ces études présentent des lacunes en termes de conception. En outre, le CIRC n'a établi aucun lien entre les effets sur la santé et les rayonnements à haute fréquence générés par d'autres catégories d'appareils.

## 5 Bibliographie

1. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521.
2. 1999/519/CE : Recommandation du Conseil du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (0 Hz - 300 GHz) (OJ L 199 30.07.1999, p. 59, ELI <http://data.europa.eu/eli/reco/1999/519/oj>).
3. Bundesamt für Strahlenschutz. 2025. Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz. Bestimmung von Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern der Elektromobilität. Vorhaben 3620S82473. Ergebnisbericht – Teil 1: Elektromagnetische Felder beim Fahren URN: urn:nbn:de:0221-2025031250843. BfS-RESFOR-243/25
4. Bundesamt für Strahlenschutz. 2025. Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz. Bestimmung von Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern der Elektromobilität. Vorhaben 3620S82473. Ergebnisbericht – Teil 2: Elektromagnetische Felder beim Laden. urn:nbn:de:0221-2025112157059. BfS-RESFOR-252/25
5. Stankowski, S.; Kessi, A.; Becheiraz, O.; Meier-Engel, K.; Meier, M. (2006): Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization. In: Health Phys 90 (2), S. 148–153.
6. Kessi A et al. (2004) Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen. Berner Fachhochschule – Hochschule für Technik und Informatik - Fachbereich Automobiltechnik.
7. Tognola, Gabriella; Bonato, Marta; Benini, Martina; Aerts, Sam; Gallucci, Silvia; Chiamello, Emma et al. (2022): Survey of Exposure to RF Electromagnetic Fields in the Connected Car. In: IEEE Access 10, S. 47764–47781. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3170035.
8. Vaverka, Filip; Smetana, Milan; Gombarska, Daniela; Psenakova, Zuzana (2023): Investigation of Microwave Electromagnetic Fields in Open and Shielded Areas and Their Possible Effects on Biological Structure. In: Sensors (Basel, Switzerland) 23 (4). DOI: 10.3390/s23042351.
9. Harris, Louis-Ray; Zhadobov, Maxim; Chahat, Nacer; Sauleau, Ronan (2011): Electromagnetic



- dosimetry for adult and child models within a car: multi-exposure scenarios. In: *Int. J. Microw. Wireless Technol.* 3 (6), S. 707–715. DOI: 10.1017/S1759078711001000.
10. K. H. Chan, S. W. Leung and Y. M. Siu, "Specific absorption rate evaluation for people using wireless communication device in vehicle," *2010 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Fort Lauderdale, FL, USA, 2010, pp. 706-711, DOI: 10.1109/IEMC.2010.5711364.
  11. Leung, Sai-Wing; Diao, Yinliang; Chan, Kwok-Hung; Siu, Yun-Ming; Wu, Yongle (2012): Specific absorption rate evaluation for passengers using wireless communication devices inside vehicles with different handedness, passenger counts, and seating locations. In: *IEEE transactions on biomedical engineering* 59 (10), S. 2905–2912. DOI: 10.1109/TBME.2012.2210553
  12. ETSI EN 302 637-2 V1.4.1 (2019-04) Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service [EN 302 637-2 - V1.4.1 - Intelligent Transport Systems \(ITS\); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service](#)
  13. Yang, Yizhen; Masini, Barbara M.; Vermeeren, Günter; van den Akker, Daniel; Aerts, Sam; Verloock, Leen et al. (2024): RF Exposure Assessment in ITS-5.9 GHz V2X Connectivity and Vehicle Wireless Technologies: A Numerical and Experimental Approach. In: *IEEE Access* 12 (2), S. 186002–186021. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3435566.
  14. Schilling, Lisa-Marie; Bornkessel, Christian; Hein, Matthias A. (2022): Human RF Electromagnetic Exposure to V2X-Communication. In: *Adv. Radio Sci.* 19, S. 233–239. DOI: 10.5194/ars-19-233-2022.
  15. Tognola, Gabriella; Masini, Barbara; Gallucci, Silvia; Bonato, Marta; Fiocchi, Serena; Chiaramello, Emma et al. (2021): Numerical Assessment of RF Human Exposure in Smart Mobility Communications. In: *IEEE J. Electromagn. RF Microw. Med. Biol.* 5 (2), S. 100–107. DOI: 10.1109/JERM.2020.3009856.
  16. SSK Strahlenschutzkommission 2019. Elektromagnetische Felder im Automobil durch Funkanwendungen, induktives Laden und elektrisches Fahren
  17. International agency for research on cancer (IARC). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. IARC Press Lyon, 2002.
  18. Huss et al. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. *American Journal of Epidemiology*. 169(2):167-75. 2009
  19. Kheifets et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occupational and Environmental Medicine*. 66(2):72-80. 2009
  20. Kheifets et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukemia. *British Journal of Cancer*. 103(7):1128-35. 2010
  21. Ahlbom IC et al.; ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. *Environ Health Perspect.* 2001 Dec;109 Suppl 6:911-33.
  22. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 102, 2012, Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields.
  23. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 KHz) *Health Physics* 99(6):818-836

## Contact

Office fédéral de la santé publique OFSP



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
Office fédéral de la santé publique OFSP

[str@bag.admin.ch](mailto:str@bag.admin.ch)