

***BULLETIN OFFICIEL DES ARMEES***



**Edition Chronologique**

PARTIE PERMANENTE  
Administration Centrale

**INSTRUCTION N° 302143/DEF/SGA/DFP/PER/5**

relative à la protection des personnes contre les effets des champs électromagnétiques émis par les équipements ou installations relevant du ministère de la défense.

*Du 18 août 2003*

DIRECTION DE LA FONCTION MILITAIRE ET DU PERSONNEL CIVIL : *sous-direction de la prévision, des études et de la réglementation du personnel civil ; bureau de la réglementation des conditions de travail.*

**INSTRUCTION N° 302143/DEF/SGA/DFP/PER/5 relative à la protection des personnes contre les effets des champs électromagnétiques émis par les équipements ou installations relevant du ministère de la défense.**

*Du 18 août 2003*

NOR D E F P 0 3 5 2 2 1 9 J

---

*Références :*

Décret 85-755 du 19 juillet 1985 (BOC, p. 4150) modifié.  
Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 (n.i. BO, JO du 5, p. 8624).  
Instruction 3018 /DEF/DCSSA/AST/TEC/3 du 21 décembre 1992 (BOC, 1993, p. 1791) modifiée.

*Pièce(s) Jointe(s) :*

Onze annexes.

*Texte abrogé :*

Instruction n° 23/DN/DPC/PRA/HS du 8 août 1972 (radiée le 16 avril 1991, BOC, p. 1479).

*Classement dans l'édition méthodique :* BOEM 126.1.

*Référence de publication :* BOC, 2003, p. 6299.

---

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE.

2. CHAMP D'APPLICATION.

3. OBJET.

4. DÉFINITIONS.

5. EFFETS À COURT TERME DU RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE SUR LE CORPS HUMAIN.

5.1. Effets directs.

5.2. Effets indirects.

5.3. Autres effets.

6. VALEURS LIMITES D'EXPOSITION.

6.1. Restrictions de base.

6.2. Niveaux de référence.

6.3. Niveaux d'exposition maximum ou durée d'exposition limite admissibles.

## 7. ZONES DE SÉCURITÉ.

7.1. Zone « verte » : zone d'accès libre.

7.2. Zone « jaune » : zone d'accès limité.

7.3. Zone « orange » : d'accès strictement limité.

7.4. Zone « rouge » : zone d'accès interdit, sauf dispositions particulières.

7.5. Cas des émetteurs de faible puissance.

7.6. Remarques concernant les zones de sécurité.

## 8. ORGANISATION DE LA PRÉVENTION EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

8.1. Organisation de la prévention au niveau de chaque organisme.

8.2. Organisation de la prévention au niveau des grands employeurs.

## 9. EVALUATION DES RISQUES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LE SITE.

9.1. Inventaire et classement des équipements.

9.2. Niveaux d'exposition et identification des zones.

9.3. Cartographie du site.

## 10. BALISAGE ET SIGNALISATION DES ZONES.

## 11. SÉCURITÉ DES PERSONNES EN ZONES CONTRÔLÉES (ROUGE, ORANGE ET JAUNE).

11.1. Consignes de sécurité.

11.2. Registre d'exposition.

11.3. Surveillance médicale des personnes habilitées.

11.4. Les moyens de protection collective et individuelle.

11.5. Formation à la sécurité du personnel et habilitation.

## 12. CONTRÔLES ET VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES OBLIGATOIRES.

## 13. DOCUMENTATION SPÉCIFIQUE DE L'INSTALLATION.

## 14. CONDUITE À TENIR EN CAS D'ACCIDENT.

## 15. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES D'ACCÈS EN ZONE ROUGE.

15.1.

15.2.

15.3.

16. TEXTE ABROGÉ.

## ANNEXE(S)

ANNEXE I. PRINCIPALES SOURCES DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET LEURS FRÉQUENCES DE RAYONNEMENT.

ANNEXE II. DÉFINITIONS.

ANNEXE III. RESTRICTIONS DE BASE ET NIVEAUX DE RÉFÉRENCE.

ANNEXE IV. PROGRAMME DE FORMATION DE LA PERSONNE COMPÉTENTE EN PRÉVENTION DES RISQUES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET DE L'EXPERT DU RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

ANNEXE V. DÉTERMINATION DES ZONES DE SÉCURITÉ.

ANNEXE VI. FORMULES SIMPLIFIÉES DE CALCUL D'ENVIRONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

ANNEXE VII. EXEMPLES DE DÉTERMINATION DE ZONES DE SÉCURITÉ.

ANNEXE VIII. CARTOGRAPHIE.

ANNEXE IX. BALISAGE DE ZONES.

ANNEXE X. SUREXPOSITION À DES RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES.

ANNEXE XI. ACCÈS ZONE ROUGE - SOURCE EN ÉMISSION.

## 1. PRÉAMBULE.

Durant ces dernières décennies les progrès de l'industrie électronique ont entraîné une utilisation croissante des ondes électromagnétiques dans divers secteurs de l'activité humaine tels que la communication, la radiodiffusion, la télé-diffusion, la détection, le traitement industriel, les techniques médicales et les biens de consommation (cf. ANNEXE I). Les études réalisées sur l'exposition du corps humain à des champs électromagnétiques montrent, dans certaines conditions, l'existence de risques pour la santé qui rendent nécessaire de définir des mesures de sécurité.

## 2. CHAMP D'APPLICATION.

La présente instruction établit les règles de prévention des risques pouvant résulter de l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques émis par des équipements ou installations relevant du ministère de la défense <sup>(1)</sup>.

Cette instruction ne concerne que les champs électromagnétiques d'origine technologique et exclut de son champ d'application les champs électromagnétiques d'origine naturelle tels que ceux générés par la foudre, les décharges électrostatiques, etc.

Par ailleurs, elle ne s'applique pas aux personnes exposées à des champs électromagnétiques à des fins de recherches médicales, de diagnostic ou de traitement.

### 3. OBJET.

Cette instruction a pour objectif :

De fixer pour les personnes :

- les niveaux maximums et les durées d'exposition aux champs électromagnétiques pour des fréquences inférieures ou égales à 300 GHz ;
- le niveau maximal admissible des courants de contact et des courants induits dans le corps humain.

D'organiser la prévention des risques et d'établir des règles pour que :

- l'exposition des personnes se trouvant à proximité d'installations, de sources de champs électromagnétiques, respecte les niveaux spécifiés par la présente instruction ;
- les conditions de travail induisent à un niveau de sécurité élevé pour le personnel chargé de l'exploitation ou de l'entretien de ces installations.

De satisfaire aux exigences fixées par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 cité en référence.

### 4. DÉFINITIONS.

Les définitions des termes utilisés dans le cadre de cette instruction font l'objet de l'annexe II. A moins d'indication contraire, toutes les unités sont exprimées dans le système international (SI).

### 5. EFFETS À COURT TERME DU RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE SUR LE CORPS HUMAIN.

Un champ électromagnétique résulte du couplage entre un champ électrique et un champ magnétique. Les variations du champ électromagnétique se propagent dans l'espace sous forme d'ondes dites électromagnétiques en transférant de l'énergie à cet espace, c'est ce qu'on appelle le rayonnement électromagnétique (2).

Lorsqu'une onde électromagnétique rencontre un matériau, physique ou biologique, les interactions de cette onde avec ce matériau dépendent de plusieurs facteurs : la fréquence, la taille de l'objet rencontré, son orientation par rapport au champ et ses caractéristiques physiques.

L'intensité du champ auquel est soumis un objet diminue généralement quand sa distance par rapport à la source augmente. Toute paroi ou structure conductrice de l'électricité située entre la source et l'objet atténue fortement le champ électrique, mais il n'en est pas toujours de même pour le champ magnétique qui n'est sensiblement atténué que par des matériaux ferromagnétiques.

La profondeur de pénétration dans l'organisme est inversement proportionnelle à la fréquence. Les basses fréquences *ELF*, *VLF*, *BF* etc. (qui correspondent à des longueurs d'ondes très grandes par rapport aux dimensions du corps humain) traversent l'organisme plus facilement que les hautes fréquences (hyperfréquences) qui ne pénètrent que superficiellement dans le corps.

Les effets immédiats et à court terme retenus sur la santé humaine d'une exposition aux champs électromagnétiques sont ceux qui ont été scientifiquement établis. Ils consistent essentiellement, selon la fréquence, en la stimulation des muscles ou des nerfs périphériques ou en l'élévation de température des tissus résultant de l'absorption d'énergie pendant l'exposition. Par ailleurs, le contact avec des objets conducteurs peut provoquer des chocs et des brûlures.

Seuls les effets à court terme ont été retenus comme fondements pour les valeurs limites d'exposition fixées par la présente instruction. Ces effets peuvent être classés en deux grandes catégories : les effets directs et les effets indirects.

### **5.1. Effets directs.**

L'exposition à des champs électromagnétiques génère des courants à l'intérieur du corps ainsi qu'une absorption d'énergie par les tissus. Lorsque l'énergie absorbée atteint un niveau suffisamment important, sa transformation locale en chaleur peut entraîner, dans les tissus où elle se produit :

- des brûlures superficielles ou profondes en cas de forte densité de puissance focalisée ;
- en l'absence de focalisation, une hyperthermie loco-régionale provoquant diverses réponses physiologiques et thermorégulatrices, dont la gravité dépend de la région du corps exposée ;
- en cas d'exposition accidentelle brève, la création de points chauds à l'origine d'une nécrose, éventuellement retardée, difficile à évaluer, faute de pouvoir connaître précisément la répartition énergétique à l'intérieur du corps.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'exposition des yeux, le cristallin présente une sensibilité particulière aux ondes en raison de son absence de vascularisation et de son absorption préférentielle dans sa partie postérieure. Une élévation thermique rapide peut dans certaines conditions entraîner une cataracte.

Des restrictions de base ont été établies pour prévenir toute conséquence nocive de ces effets. Ces restrictions concernent les grandeurs physiques suivantes :

- la densité de courant ;
- le débit d'absorption spécifique (*DAS*) ;
- la densité de puissance.

### **5.2. Effets indirects.**

Un champ électromagnétique induit des courants électriques sur les objets conducteurs tels que les véhicules, les structures des grues et les clôtures. Lorsqu'une personne touche ou saisit un objet conducteur sans être muni de gants de protection, un courant peut circuler, dans certaines conditions, entre cet objet et le sol à travers la personne. L'intensité de ce courant dépend de l'objet (taille, forme), de la fréquence et de l'intensité du champ ainsi que de l'impédance de la personne. L'impédance dépend de la taille de la personne, de son poids et de la composition de son corps (rapport entre la masse maigre et la masse adipeuse), des caractéristiques diélectriques des tissus et des muscles, du type de contact (superficie de contact, c'est-à-dire si la personne touche avec les doigts ou si elle prend l'objet en main), et enfin du type de chaussures. L'impédance varie aussi avec la fréquence du champ.

Le courant de contact circulant dans une personne n'est perçu qu'à partir d'un certain seuil ; à un niveau plus élevé, il provoque une douleur et à un niveau encore plus élevé, il peut provoquer une lésion (par exemple, brûlure localisée, tétanie respiratoire, effets cardiaques).

Pour que ces effets soient maîtrisés, des restrictions sont spécifiées en terme de courant de contact.

### **5.3. Autres effets.**

Les champs magnétiques pulsés peuvent produire d'autres effets telle que la perception acoustique d'impulsions micro-ondes. L'absorption de l'onde au niveau du liquide céphalo-rachidien donne lieu à une onde acoustique qui se propage à l'intérieur du crâne <sup>(3)</sup> et provoque l'audition d'un son décrit comme un bourdonnement, un cliquetement, un sifflement ou un crépitement selon les caractéristiques du champ pulsé.

Pour que ces effets soient maîtrisés, des restrictions sont spécifiées en terme d'absorption spécifique de l'énergie (AS).

## 6. VALEURS LIMITES D'EXPOSITION.

### 6.1. Restrictions de base.

Les restrictions de base sont des exigences ou des valeurs spécifiées de grandeurs étroitement liées à la maîtrise des effets des rayonnements électromagnétiques. Leurs valeurs limites qui sont données en annexe III.1 ne doivent pas être dépassées.

### 6.2. Niveaux de référence.

La mesure des valeurs des restrictions de base s'avère difficilement réalisable <sup>(4)</sup>. Des études expérimentales ont été réalisées et ont finalement conduit à adopter des niveaux, dits « de référence », plus facilement mesurables et dont le respect permet d'atteindre l'objectif de sécurité poursuivi.

Les niveaux de référence sont des niveaux d'environnement électromagnétique exprimés en valeur de champ électrique, de champ magnétique, de densité de puissance, et de courant, qui permettent de vérifier la conformité aux restrictions de base et d'évaluer ainsi les effets des rayonnements électromagnétiques. Ces niveaux qui sont définis dans les tableaux de l'annexe III.2 tiennent compte de marges de sécurité établies en considérant un très large éventail de situations d'exposition possibles, de telle sorte que dans toutes les configurations d'exposition usuelles, le respect des niveaux de référence entraîne obligatoirement le respect des restrictions de base correspondantes. Ces niveaux de référence sont déterminés en fonction de l'énergie maximum que peut absorber le corps pendant un intervalle de temps moyen ( $t_m$ ) qui dépend de la fréquence et de la grandeur physique considérée. Au-delà de la durée  $t_m$  les personnes ne peuvent pas être exposées à un niveau d'environnement qui serait supérieur aux niveaux de référence (Nref).

Les valeurs de  $t_m$  associées aux niveaux de référence sont rappelées sur le tableau suivant :

***Figure 1.***

Bande de fréquences.	$t_m$ relatif aux champs électro-magnétiques et aux densités de puissance.	$t_m$ relatif aux courants (courants induits et courants de contact).
$F < 2,5 \text{ kHz.}$	Non applicable	1 seconde
$2,5 \text{ kHz} \leq F < 100 \text{ kHz.}$	Non applicable	1 seconde
$100 \text{ kHz} \leq F < 110 \text{ MHz.}$	6 minutes	6 minutes
$110 \text{ MHz} \leq F < 10 \text{ GHz.}$	6 minutes	Non applicable
$10 \text{ GHz} \leq F < 300 \text{ GHz.}$	$\frac{68}{f 1,05}$	Non applicable



Il y a lieu de noter que l'annexe III.2.4 définit aussi des niveaux de référence qu'il convient de respecter pour les émissions pulsées. Ces niveaux de référence sont indépendants du temps.

### 6.3. Niveaux d'exposition maximum ou durée d'exposition limite admissibles.

Lorsque les niveaux d'environnement électromagnétique mesurés ou calculés (niveaux moyens pour les émissions pulsées) pour une zone donnée, s'avèrent être supérieurs aux niveaux de référence, il n'en découle pas nécessairement un dépassement des restrictions de base et donc une interdiction de séjourner dans cette zone. Il convient alors de vérifier le non-dépassement des restrictions de base. Toutefois avant de procéder à une telle démarche qui peut se révéler longue et délicate, il est possible, moyennant certaines restrictions concernant le contrôle du temps d'exposition, d'illuminer des personnes avec un niveau d'environnement électromagnétique ( $N_{\text{exp+}}$ ) supérieur au niveau de référence ( $N_{\text{ref}}$ ).

Pour que les restrictions de base soient respectées, la durée d'illumination à un niveau ( $N_{\text{exp+}}$ ) supérieur à ( $N_{\text{ref}}$ ) doit rester inférieure à une durée d'exposition limite  $t_{\text{expl}}$ , elle-même inférieure à l'intervalle de temps moyen  $t_m$ , qui est obtenue par les relations suivantes :

#### *Equation 1.*

$$\textcircled{1} \quad t_{\text{expl}} = t_m \left[ \frac{N_{\text{ref}}}{N_{\text{exp+}}} \right]^2$$

Si  $N_{\text{exp+}}$  et  $N_{\text{ref}}$  sont exprimés en champ ou en courant.

#### *Equation 2.*

$$\textcircled{2} \quad t_{\text{expl}} = t_m \frac{N_{\text{ref}}}{N_{\text{exp+}}}$$

Si  $N_{\text{exp+}}$  et  $N_{\text{ref}}$  sont exprimés en densité de puissance.

Ces relations permettent aussi, réciproquement, pour un temps d'exposition limite  $t_{\text{expl}}$  donné, inférieur à  $t_m$  de déterminer le niveau d'exposition  $N_{\text{exp+}}$  maximum admissible.

Elles restent applicables aux émissions des sources pulsées et en particulier aux niveaux de référence exprimés en champs moyens et en densités de puissances moyennes tant que les exigences définies en annexe III.2.4 pour les champs crêtes et les densités d'énergie, sont respectées (5).

Lorsque les niveaux d'exposition  $N_{\text{exp}}$ , ou les temps d'exposition pour une zone d'exposition donnée, ne permettent pas de vérifier les relations ci-dessus, il est nécessaire de réduire la puissance de la source d'émission, ou d'augmenter la distance de séparation entre la source et la zone d'exposition, sauf lorsque l'on a pu procéder auparavant :

- à un calcul de moyenne spatiale (sous réserve que le faisceau d'illumination soit suffisamment étroit et que la personne exposée ne soit que partiellement illuminée) permettant de démontrer que les exigences définies en annexe III.2.6 étaient vérifiées ;
- à une mesure ou un calcul de  $DAS$  et d' $AS$  correspondant aux configurations d'exposition considérées, permettant de démontrer que les restrictions de base définies en annexe III.1 étaient bien vérifiées.

Enfin il est important de rappeler que les relations 1 et 2 ne sont pas applicables à la totalité du spectre de fréquences. Le tableau (point 6.2) met, en effet, en évidence qu'aucune valeur de  $t_m$  n'est donnée pour les fréquences inférieures à 100 kHz, et que pour ces fréquences, lorsque le niveau d'exposition ( $N_{exp}$ ) est supérieur au niveau de référence  $N_{ref}$ , il n'existe pas d'autre solution que de procéder à la mesure des valeurs de  $DAS$ , et d' $AS$  et de vérifier qu'elles respectent bien les valeurs limites indiquées en annexe III.1.

## 7. ZONES DE SÉCURITÉ.

Le zonage d'un site est nécessaire pour s'assurer que les niveaux d'environnement électromagnétique restent inférieurs aux niveaux d'exposition  $N_{exp}$  maximum admissibles. Ce zonage consiste à diviser l'espace entourant une source de champ électromagnétique en quatre zones repérées par un code de couleur.

### 7.1. Zone « verte » : zone d'accès libre.

7.1.1. C'est une zone éloignée de la source de champ électromagnétique où les niveaux d'exposition vérifient l'une ou l'autre des deux conditions suivantes (6) :

- $N_{exp}$  inférieur ou égal à  $N_{ref}$  où  $N_{ref}$  correspond aux niveaux de référence définis en annexe III.2 (colonnes « Personnes non habilitées ») ;
- $N_{exp}$  inférieur ou égal à  $N_{exp+}$  où  $N_{exp+}$  est un niveau d'exposition qui peut être supérieur au niveau de référence  $N_{ref}$ , mais qui vérifie les relations 1 et 2 définies au point 6.3, qui ont été établies entre  $N_{ref}$ ,  $N_{exp+}$ ,  $t_m$  et  $t_{expl}$ . Cette deuxième condition qui concerne notamment les sources à balayage de faisceaux, n'est applicable que lorsque l'on peut démontrer que la durée d'illumination des personnes par cette source ne peut dépasser la durée  $t_{expl}$ . Il faut donc être en mesure de prouver que la responsabilité du contrôle de la durée d'illumination se trouve directement assurée par l'organisme détenteur de la source d'émission et que cette source de par sa conception et son fonctionnement, ne peut illuminer les « personnes non habilitées » (pnh) pendant une période supérieure à  $t_{expl}$ . Les sources concernées doivent alors être munies d'un dispositif de sécurité fiable interdisant toute émission lorsque leur fonctionnement se trouve dégradé (arrêt de la rotation d'une antenne, blocage d'un faisceau d'illumination dans une direction pour une antenne à balayage électronique par exemple, etc.).

7.1.2. Les zones « vertes » ne font l'objet d'aucun balisage, la présence de toute personne est autorisée en permanence sans restriction spécifique relative à la présence de champs électromagnétiques.

Les zones d'habitation, les lieux de repos ou de travail et plus généralement toute zone fréquentée où sont susceptibles de circuler des personnes qui ne sont pas informés de leur exposition aux champs électromagnétiques et qui ne sont pas en mesure de prendre les précautions nécessaires, doivent impérativement se situer dans une zone verte.

### 7.2. Zone « jaune » : zone d'accès limité.

C'est une zone située à proximité de la source de champ électromagnétique qui répond aux mêmes critères que ceux définies au point 7.1.1 pour la zone verte (6), mais en remplaçant les niveaux de référence par ceux relatifs aux « personnes habilitées » (ph) définis en annexe III.2.

Cette zone est obligatoirement balisée. Son accès est limité aux personnes habilitées, aptes médicalement et ayant suivi une formation spécifique. Les personnes habilitées ne doivent rester dans cette zone que le temps strictement nécessaire à l'exécution de leur tâche.

### 7.3. Zone « orange » : d'accès strictement limité.

C'est une zone située entre la zone jaune et la source de champ électromagnétique où le niveau d'exposition  $N_{exp}$  vérifie simultanément les deux conditions suivantes (6) :

$N_{exp} > N_{ref}$  où  $N_{ref}$  est le niveau de référence défini en annexe III (2.1, 2.2, 2.3, colonnes « Personnes habilitées ») (7) ;

$N_{exp}$  inférieur ou égal à  $N_{exp+}$  où  $N_{exp+}$  est un niveau d'exposition qui :

- est réservé à des personnes habilitées qui doivent être en mesure de contrôler elles-mêmes leur durée d'illumination afin de la maintenir inférieure à une durée d'exposition limite  $t_{expl}$  (inférieure à l'intervalle de temps moyen  $t_m$ ) qui a été préalablement fixée par le chef d'organisme ;
- vérifie les relations 1 et 2 définies au point 6.3 qui ont été établies entre  $N_{ref}$ ,  $N_{exp+}$ ,  $t_m$  et  $t_{expl}$ .

L'existence d'une zone orange dépend de la décision du chef d'organisme de permettre ou non l'accès des personnes dites « habilitées » à des zones où le niveau d'exposition risque d'être supérieur aux niveaux de référence définies pour ces personnes. Lorsque l'accès à de telles zones se justifie, le chef d'organisme doit déterminer le temps d'exposition limite  $t_{expl}$  des personnes habilitées en prenant en compte :

- les exigences résultant des conditions d'exécution des tâches spécifiques que ces personnes ont à effectuer dans cette zone ;
- les exigences résultant des relations 1 et 2 que  $N_{ref}$ ,  $N_{exp+}$ ,  $t_m$  et  $t_{expl}$  doivent obligatoirement vérifier.

L'étendue de la zone orange est donc variable puisqu'elle dépend directement de la valeur que le chef d'organisme donne à la durée d'exposition limite  $t_{expl}$ . La zone orange est obligatoirement balisée. L'accès à cette zone est strictement limité aux « personnes habilitées », aptes médicalement et ayant suivi une formation spécifique. Il est soumis à une autorisation du chef d'organisme et les personnes autorisées à y pénétrer ont la responsabilité de contrôler leur temps d'exposition.

Lorsque les tâches à effectuer dans cette zone s'effectuent en plusieurs phases  $i$  de durée  $t_{exp}(i)$ , il est souhaitable d'effectuer une pause de durée  $t_m$  entre chaque exposition de niveau  $N_{exp}(i)$ . Lorsque cette exigence ne peut être respectée, il convient de vérifier que les inégalités suivantes 3 et 4 sont bien vérifiées :

#### **Equation 3.**

$$\textcircled{3} \quad \sum_i N_{exp}(i) \cdot \sqrt{t_{exp}(i)} \leq \sqrt{t_m} \cdot N_{ref} \quad [(V/m, A/m) \cdot \text{min}^{1/2}]$$

$$\textcircled{4} \quad \sum_i N_{exp}(i) \cdot t_{exp}(i) \leq t_m \cdot N_{ref} \quad [W/m^2 \cdot \text{min}]$$

#### **7.4. Zone « rouge » : zone d'accès interdit, sauf dispositions particulières.**

C'est la zone la plus proche de la source de champ électromagnétique dans laquelle il est, sauf dispositions particulières décrites au point 15, interdit de pénétrer. Cette zone est obligatoirement balisée et les accès qui y conduisent sont condamnés quand le champ est présent. Les niveaux d'exposition dans cette zone vérifient l'une ou l'autre des conditions suivantes :

- $N_{exp}$  supérieur à  $N_{ref}$  où  $N_{ref}$  correspond aux niveaux de référence définis en annexe III.2 (colonnes « Personnes habilitées ») (8) ;

- $N_{exp}$  supérieur à  $N_{expl+}$  où  $N_{expl+}$  est un niveau d'exposition supérieur au niveau de référence  $N_{ref}$  fixé pour les « personnes habilitées » et qui correspond à la durée d'exposition limite  $t_{expl}$  de la zone orange <sup>(9)</sup> qui vérifie les relations 1 et 2 définies au point 6.3 qui ont été établies entre  $N_{ref}$ ,  $N_{expl+}$ ,  $t_m$  et  $t_{expl}$ . On conçoit donc que l'étendue de la zone rouge puisse être variable puisqu'elle dépend directement de la valeur que le chef d'organisme donne alors à la durée d'exposition limite  $t_{expl}$  ;

- les valeurs de  $N_{exp}$  en présence de plusieurs sources d'émission simultanées ne vérifient pas dans cette zone les exigences fixées par les inéquations citées en annexe III.2.5.

Il y a lieu de noter que c'est lorsque  $t_{expl} = t_m$  que la zone rouge possède, pour une source donnée, son étendue maximale et il n'existe alors pas de zone orange. Le rayon de la zone rouge diminue en même temps que  $t_{expl}$ . Pour les sources à émissions pulsées la valeur minimale du rayon de la zone rouge correspond au cas où le niveau d'exposition en champ crête ou en densité d'énergie atteint l'un des niveaux de référence (en énergie et en champ crête) définis en annexe III.2.4.

### **7.5. Cas des émetteurs de faible puissance.**

Les niveaux d'environnement électromagnétique produits par certaines sources d'émission de faible puissance, peuvent parfois, en zone très proche, dépasser les niveaux de référence et les niveaux d'exposition admissibles et peuvent conduire à restreindre leur durée d'utilisation à un point où elles pourraient être considérées comme inutilisables dans leurs conditions normales d'emploi.

Pour les sources de ce type dont la structure rayonnante risque de se trouver à moins de 2,5 cm du corps, seul un calcul ou une mesure de  $DAS$  et d' $AS$  permettent de vérifier le respect des restrictions de base, et donc de supprimer les restrictions d'emploi.

Pour les autres types de sources dites de faible puissance dont la puissance rayonnée  $P_r$  (Produit de la puissance moyenne par le gain d'antenne exprimé en quotient) répond aux critères suivants :

- $P_r$  inférieur ou égal à 7 watts dans la bande de fréquences 100 kHz - 450 MHz ;
- $P_r$  inférieur ou égal à  $7 \times 450/f$  dans la bande de fréquences 450 - 1 500 MHz.

Sous réserve que les exigences relatives aux sources pulsées soient respectées, on admet :

- qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer un zonage ;
- qu'un dépassement des niveaux d'exposition admissibles reste acceptable dans la mesure où il reste occasionnel.

Cet assouplissement n'est toutefois valable que lorsque ces sources sont isolées sur un site donné. Il cesse d'être valable lorsque plusieurs sources de faibles puissances émettent simultanément sur un même site. Dans ce cas il convient de traiter le problème en prenant en compte les niveaux d'exposition résultant de chaque source et d'appliquer le critère relatif aux émissions simultanées.

### **7.6. Remarques concernant les zones de sécurité.**

Il est important de souligner que :

- suivant la source d'émission, en particulier lorsque celle-ci est directive et à balayage de faisceau une zone à accès libre peut devenir à accès strictement limité, voire interdit si le balayage s'interrompt de manière accidentelle (cf. point 7.1.1) ;
- la détermination des zones de sécurité doit tenir compte de l'existence possible d'émissions simultanées. Il convient dans ce cas de procéder source par source et de vérifier par itérations successives le respect des inéquations définies en annexe III.2.5. La vérification des exigences

relatives à la simultanéité d'émission de plusieurs sources peut parfois conduire à modifier la couleur de certaines zones d'exposition et à les faire passer dans une zone de risque plus élevé (annexe III.2.5) ;

- les émetteurs mobiles doivent être pris en compte dans l'élaboration des zones de sécurité parce qu'ils contribuent à la création d'émissions simultanées en particulier lorsque le niveau de champ qu'ils génèrent à un emplacement donné est supérieur au tiers du champ produit par la source principale. Il convient donc de prévoir leur déplacement ou leur existence dès le début des études de sécurité de façon à ne pas avoir à modifier fréquemment la délimitation des zones de sécurité. On peut éventuellement anticiper et déterminer les zones propres à une source principale en prenant en compte l'existence d'un émetteur mobile fictif ayant des caractéristiques génériques englobant celles des émetteurs mobiles que l'organisme considéré risque de recevoir temporairement.

## 8. ORGANISATION DE LA PRÉVENTION EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.

### 8.1. Organisation de la prévention au niveau de chaque organisme.

#### 8.1.1. *Dispositions générales.*

Le chef d'organisme conformément à la réglementation applicable au ministère de la défense est tenu de prendre les dispositions relatives à la prévention des risques professionnels et de les rassembler dans un dossier de site qui comprend notamment :

- l'inventaire des installations et des équipements ;
- une étude d'impact pour chaque installation en tenant compte des caractéristiques d'utilisation des zones autour de l'émetteur et des matériels qui s'y trouvent ;
- le calcul ou les mesures des niveaux d'exposition ;
- l'identification des zones ;
- la cartographie du site ;
- l'analyse des postes de travail exposés aux rayonnements électromagnétiques ;
- la liste des personnes habilitées à entrer dans les zones à accès contrôlé.

Au regard de ce dossier le chef d'organisme arrête des dispositions de prévention qui sont notamment constituées par :

- le balisage des zones ;
- l'élaboration et l'application des consignes de sécurité à observer pour le fonctionnement normal des installations et l'exécution des travaux d'entretien, de réparation ou d'expérimentation ;
- l'élaboration et l'application des consignes de sécurité à observer pour le fonctionnement en présence d'émissions simultanées dues à des émetteurs mobiles et occasionnels non identifiables dans l'analyse de sécurité initiale ;
- la mise à disposition et la vérification périodique du bon fonctionnement des moyens de protection collective ou individuelle ;
- le contrôle des installations et la tenue à jour d'un registre d'exposition ;

- la formation du personnel ;
- la tenue à jour de la documentation de l'installation ;
- la surveillance médicale du personnel ;
- l'élaboration des consignes prévues pour les moyens mobiles et leurs conditions d'application ;
- l'élaboration des mesures prévues en cas d'accident et leurs conditions d'application.

Le dossier de site est identifié dans le recueil de dispositions de prévention de l'organisme au sein duquel sont insérées les consignes et mesures de prévention.

Pour remplir les missions qui lui sont assignées en ce domaine, le chef d'organisme est assisté par une personne compétente qu'il désigne, dénommée « personne compétente en prévention des risques électromagnétiques » (*PCPREM*).

Préalablement à sa nomination, le chef d'organisme s'assure que cette personne possède la compétence requise et détient les référentiels techniques et réglementaires. Le cas échéant, le chef d'organisme lui fait suivre une formation complémentaire, dont le contenu est défini en annexe IV et compléter les référentiels techniques et réglementaires qui devront être tenus à jour.

Le rôle du *PCPREM* est, sous la responsabilité du chef d'organisme, en liaison avec le chargé de prévention, le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (*CHSCT*) et la commission consultative d'hygiène et de prévention des accidents (*CCHPA*) :

- d'analyser les postes de travail exposés aux rayonnements électromagnétiques ;
- d'établir et de tenir à jour le dossier de site décrit ci-dessus ;
- de proposer les procédures et consignes de sécurité de l'organisme ;
- de recenser les situations ou les modes de travail susceptibles de conduire à des expositions exceptionnelles ou accidentelles des individus (personnes habilitées ou non habilitées) ;
- de participer à la formation à la sécurité des agents exposés.

### **8.1.2. Dispositions particulières.**

#### **8.1.2.1. Cas des sites comportant plusieurs organismes.**

Lorsqu'il existe un risque créé par les rayonnements électromagnétiques sur un site du ministère de la défense où se trouvent un ou plusieurs organismes appartenant à la défense, il faut effectuer une analyse préliminaire pour déterminer si une organisation particulière est nécessaire. Si tel est le cas, le chef d'organisme relevant du ministère de la défense qui a la charge de la police administrative du site est chargé d'assurer la fonction de « coordonnateur des mesures de prévention des risques créés par les rayonnements électromagnétiques » (*COMREM*). Pour remplir les missions qui lui sont assignées en ce domaine, ce dernier est assisté par le *PCPREM* de son organisme. Dans l'éventualité où ce dernier ne possède pas d'installations de ce type, c'est le chef d'organisme mettant en œuvre les installations les plus puissantes qui coordonne ces mesures de prévention.

Le *COMREM* doit, à partir des informations communiquées par les autres chefs d'organismes :

- évaluer en permanence les risques créés par la co-activité des équipements émettant des rayonnements électromagnétiques (*REM*) ;

- tenir à jour l'inventaire des équipements émettant des *REM* ;
- tenir à jour, la carte des zones d'exposition concernant les personnes et les équipements vulnérables aux *REM* ;
- autoriser la mise en place et l'exploitation des équipements mobiles émettant des *REM* ;
- valider les conditions d'exploitation des équipements mobiles émettant des *REM* ;
- valider les conditions d'exploitation des équipements vulnérables aux *REM* (systèmes pyrotechniques, systèmes d'alarme, grues, ponts roulants, etc.) ;
- valider la configuration et assurer la surveillance des balisages de sécurité mis en place concernant les parties communes du site ;
- définir les règles de circulation sur les parties communes du site en fonction des risques créés par les *REM*.

Les chefs d'organisme demeurent chargés des mesures de sécurité concernant les personnels qui relèvent de leur autorité et les équipements qu'ils mettent en œuvre. Ils doivent cependant demander aux *COMREM* un avis sur l'implantation, l'exploitation ou la modification des conditions d'exploitation de tout équipement fixe ou mobile dont ils ont la charge, en joignant l'étude d'impact et les consignes d'utilisation correspondantes.

#### *8.1.2.2. Cas des sites distincts, clos et indépendants.*

Lorsqu'il existe un risque créé par les rayonnements électromagnétiques entre des organismes, appartenant ou non au ministère de la défense, situés sur des sites distincts, clos et indépendants pris séparément, les chefs d'organisme ou d'établissement doivent effectuer conjointement une analyse préliminaire pour déterminer si une organisation particulière est nécessaire. Si tel est le cas un plan de prévention doit être élaboré.

#### *8.1.2.3. Cas des moyens mobiles évoluant à l'extérieur des sites de la défense.*

Le chef d'organisme est aussi responsable des moyens mobiles appartenant à son organisme même quand ceux-ci évoluent à l'extérieur de l'enceinte de son organisme. Il définit des consignes particulières devant permettre de respecter les principes et les règles de la présente instruction et récapitulées dans le recueil de dispositions de prévention de l'organisme.

### **8.2. Organisation de la prévention au niveau des grands employeurs.**

Le chef d'état-major des armées, le délégué général pour l'armement, les chefs d'état-major, le directeur général de la gendarmerie nationale, le directeur central du service de santé des armées désigneront un expert dénommé *EREM* « expert du rayonnement électromagnétique ».

En liaison avec le coordonnateur central à la prévention de l'autorité dont il relève, ce dernier sera chargé d'apporter une assistance technique aux *PCPREM* et *COMREM*.

## **9. EVALUATION DES RISQUES ÉLECTROMAGNÉTIQUES SUR LE SITE.**

Le chef d'organisme est tenu de mener une étude d'impact prenant en compte les risques créés pour le personnel du ministère et pour la population et de prendre les mesures de prévention adaptées conformes à la présente instruction pour :

- toute installation ou équipement existant dont il a la responsabilité <sup>(10)</sup> ;
- avant toute implantation ou modification de sources de rayonnements électromagnétiques.

Cette étude doit vérifier la conformité avec les règles exigées par la sécurité pyrotechnique (installations situées à proximité de dépôts de combustibles, de munitions ou d'artifices) et les règles de compatibilité électromagnétique pour les équipements vulnérables dont le fonctionnement peut être perturbé par ces rayonnements, notamment les systèmes d'alarmes, les équipements de radionavigation aéronautiques, et les systèmes de sécurité d'installations industrielles (grues, ponts roulants, etc.).

Il convient, toutefois de noter que les valeurs limites d'exposition devront être impérativement respectées pour les personnes visées par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002, et que dans le cadre de l'application dudit décret au sein du ministère de la défense, notamment son article 5, le bureau militaire national des fréquences (*BMNFR*) a les attributions de l'agence nationale des fréquences (*ANFR*).

### **9.1. Inventaire et classement des équipements.**

Le chef d'organisme doit effectuer un inventaire du matériel dont il a la responsabilité et le tenir à jour. A cet effet, pour chaque émetteur, il constitue un dossier qui rassemble les caractéristiques techniques, dont notamment :

- la puissance moyenne ;
- la puissance de crête ;
- la durée d'impulsion ;
- les fréquences d'émission ;
- le gain de l'antenne ;
- l'angle d'ouverture à 3dB dans les plans vertical et horizontal (pour les antennes directionnelles) ;
- les dimensions de l'antenne (pour les antennes directives de type radar) <sup>(11)</sup> ;
- la hauteur par rapport au sol du centre radioélectrique de l'antenne (centre de la source).

A partir de ces caractéristiques le chef d'organisme procédera à la classification de l'installation suivant la méthodologie proposée en annexe V.

### **9.2. Niveaux d'exposition et identification des zones.**

9.2.1. Il est proposé en annexe V une méthode permettant de déterminer les zones de sécurité. Cette méthode comporte quatre phases d'évaluation dont l'une (la phase 4) consiste en des mesures d'environnement électromagnétique directement effectuées sur le site considéré lorsque les calculs proposés dans les phases 2 et 3 conduisent à des résultats trop contraignants.

9.2.2. Lorsque les mesures proposées dans la phase 4 sont à effectuer, celles-ci sont confiées, soit à des techniciens spécialisés du ministère de la défense, soit à des organismes extérieurs qui les réaliseront à partir d'un protocole de mesures in situ, dont les références sont publiées au *Journal officiel* de la République française.

9.2.3. Il est important d'insister sur le fait que l'exposition aux champs électromagnétiques doit être évaluée dans toutes les conditions possibles d'utilisation. En cas d'exposition simultanée à des sources d'émission distinctes, il convient de considérer, comme il est rappelé dans la phase 3 d'analyse, le champ cumulé et de se référer aux formules (inéquations) rappelées en annexe III.2.5 en veillant de prendre aussi en compte les sources d'émission d'organismes voisins pouvant avoir un impact sur le respect de ces inéquations. Il est important de souligner l'intérêt de satisfaire les inéquations citées ci-dessus avec une marge de sécurité suffisamment grande pour qu'elles restent encore satisfaites lorsque le site considéré reçoit de façon occasionnelle des émetteurs mobiles ou portables dont l'émission pourrait être simultanée avec les émetteurs



fixes de ce site.

9.2.4. Il est aussi important d'insister sur la nécessité d'évaluer les niveaux des champs électromagnétiques après toute modification significative des matériels ou des installations. Par ailleurs, lorsque la source émettrice d'un champ électromagnétique a été déplacée ou que l'environnement proche situé autour de la source a été modifié, il est également nécessaire de procéder à une réévaluation des niveaux d'exposition.

### 9.3. Cartographie du site.

Pour un site donné, la cartographie sera réalisée et tenue à jour en fonction de la topologie des émetteurs présents. A cet effet, le chef d'organisme doit indiquer sur le plan du site l'implantation des émetteurs et les différentes zones d'exposition identifiées par un code de couleur (rouge, orange, jaune) lorsque chaque source électromagnétique émet, suivant la méthodologie proposée en annexe V.

Ce cartogramme fera l'objet, lors de sa création et à chaque modification, d'une communication aux CHSCT et CCHPA et sera tenu à disposition du contrôle général des armées, inspection du travail dans les armées.

## 10. BALISAGE ET SIGNALISATION DES ZONES.

La signalisation des sources d'émission doit être clairement visible (dimensions appropriées, illumination ou emploi de matériaux réfléchissants) depuis les voies de circulation et de travail ou depuis toutes les autres possibilités d'accès. Elle doit être permanente pour les installations, c'est-à-dire que les signaux ne doivent pas être enlevés facilement ou dissimulés par les effets de l'environnement.

### *Zone jaune.*

Le pictogramme défini en annexe IX doit être apposé pour signaler la présence de sources d'émission de champs électromagnétiques à l'entrée d'une zone dont l'accès est contrôlé (cf. annexe IX). Celui-ci doit être conforme à l'une des deux réglementations :

- arrêté du 4 novembre 1993 « signalisation de santé et de sécurité sur les lieux de travail » (n.i. BO, JO du 17 décembre, p. 17581) ;
- Stanag 2345 « Évaluation et contrôle de l'exposition des personnels aux champs électromagnétiques dans la bande 3kHz-300 GHz » (n.i. BO).

Ce symbole doit être accompagné de l'inscription « *Rayonnement électromagnétique - Accès limité aux personnes habilitées* ». Cette zone peut être en outre délimitée par des chaînettes plastiques portées par des plots fixes.

### *Zone orange.*

Outre l'inscription « *Rayonnement électromagnétique - Accès limité aux personnes habilitées* », il doit être indiqué la durée maximale de séjour.

### *Zone rouge.*

Le pictogramme de l'annexe IX doit être utilisé. Le symbole DANGER doit être placé à l'entrée de toute zone orange. Ce symbole accompagné de l'inscription « *Danger, rayonnement électromagnétique - défense d'entrer* » indique donc une zone d'accès interdit pendant l'émission de la source de rayonnement considérée. Toutes dispositions matérielles doivent être prises pour rendre impossible l'accès à cette zone.

Dans le cas où des travaux particuliers ou exceptionnels susceptibles de modifier les zones d'exposition s'imposent, les opérations peuvent faire l'objet de consignes particulières, intégrant par exemple les différentes étapes du chantier, les délimitations provisoires à mettre en place, des éventuelles baisses de puissance et la reprise des dispositions normales.

En particulier, il peut être nécessaire d'enlever certaines des délimitations permanentes. Ces dernières doivent être remises en place après l'exécution des travaux. Ce n'est qu'après l'achèvement des travaux et la réinstallation des délimitations permanentes que la remise en service des installations peut être autorisée par le chef d'organisme.

## **11. SÉCURITÉ DES PERSONNES EN ZONES CONTRÔLÉES (ROUGE, ORANGE ET JAUNE).**

### **11.1. Consignes de sécurité.**

Le chef d'organisme doit établir des consignes de sécurité adaptées aux zones contrôlées. Celles-ci doivent contenir toutes les indications de sécurité nécessaires et attirer l'attention sur la possibilité d'une exposition aux champs électromagnétiques.

Au voisinage d'installations susceptibles d'entraîner des expositions non admissibles, le chef d'organisme est tenu de définir les postes et opérations à risque particulier correspondant aux rayonnements électromagnétiques et préciser les règles d'utilisation de moyens de protection collectifs ou individuels (habits de protection, etc.).

Le chef d'organisme pourra s'appuyer, pour établir ces consignes, sur les manuels d'utilisation des équipements ou installations en les complétant le cas échéant par des dispositions particulières en fonction des conditions de mise en service, d'exploitation et de maintenance.

Ces consignes ainsi que les mesures à prendre en cas de surexposition ou d'accident seront affichées de façon visible à l'entrée des zones jaunes, oranges et rouges.

### **11.2. Registre d'exposition.**

Le chef d'organisme doit établir une liste, tenue à jour, des personnes habilitées appelées à travailler dans les zones contrôlées, de façon habituelle ou occasionnelle. En outre, pour ces personnes, un registre d'exposition doit être tenu à jour, il devra contenir au minimum les informations suivantes :

- informations administratives concernant l'agent ;
- type de zone dans laquelle le travail s'effectue ;
- les caractéristiques de l'équipement : fréquence, puissance, mode (continu ou pulsé) ; type d'antenne (fixe, mobile, tournante ou à déphasage) ;
- la date et la durée d'intervention.

### **11.3. Surveillance médicale des personnes habilitées.**

Les personnes exposées aux rayonnements électromagnétiques (personnes ayant à travailler en zone contrôlée) bénéficient, sous la responsabilité du chef d'organisme, d'une surveillance médicale spéciale, réalisée par le médecin de prévention, selon des modalités définies par une instruction du service de santé des armées.

Un agent ne peut être affecté ou maintenu à des travaux en zone contrôlée que si la fiche ou le certificat médical d'aptitude, établi conformément aux dispositions de l'instruction ministérielle citée en référence, atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à cette exposition. En outre, le chef d'organisme est tenu de faire examiner tout agent ayant subi une exposition dépassant l'une des valeurs limites applicables aux conditions normales de travail.

Par ailleurs, le chef d'organisme adresse au médecin de prévention en vue d'un examen médical de fin d'affectation, les personnes qui cessent d'être exposées aux rayonnements électromagnétiques.

Le chef d'organisme doit informer le personnel féminin qu'il est impératif de déclarer un début de grossesse au médecin de prévention afin que celui-ci l'écarte d'un poste de travail en zone contrôlée. Les personnes munies d'implants passifs (prothèses métalliques) ou actifs (stimulateurs cardiaques, prothèses auditives), ne devant pas être admises en zone contrôlée, sont tenues d'en informer le médecin de prévention lors de leur visite d'aptitude.

#### **11.4. Les moyens de protection collective et individuelle.**

##### ***11.4.1. Moyens de protection collective.***

La protection des personnes contre les effets des champs électromagnétiques comporte des mesures de prévention liées :

###### ***11.4.1.1. Au choix des lieux d'implantation des émetteurs.***

L'implantation de matériels fixes ou mobiles doit être déterminée de telle sorte que l'exposition des personnes et le nombre de personnes exposées aux rayonnements électromagnétiques soient maintenus à des niveaux aussi bas qu'il est raisonnablement possible.

###### ***11.4.1.2. A l'organisation du travail.***

Le travail hors émission ou avec réduction de la puissance d'émission doit être privilégié.

Lors de la maintenance d'une installation, celle-ci doit être consignée suivant une procédure analogue à celles d'une installation électrique en faisant appel à des dispositifs, maîtrisés exclusivement par les personnes exposées au risque, interdisant physiquement la remise en route des équipements concernés.

La durée de séjour dans une zone à accès strictement limité doit être contrôlée par des dispositifs sonores ou lumineux.

###### ***11.4.1.3. A des techniques de protection.***

Les rayonnements seront atténués ou déviés par l'installation de dispositifs de protection tels que des matériaux absorbants ou des grillages accordés sur la fréquence d'émission ou des blindages réfléchissants.

Il peut être nécessaire de mettre en place des obstacles verrouillés interdisant l'accès aux zones dangereuses ou d'installer des dispositifs de signalisation acoustique ou optique.

Les sources d'émission radar doivent être munies chaque fois que c'est possible de systèmes de masques par logiciel interdisant le pointage du faisceau dans certaines directions pour éviter l'illumination des personnels. Lors des opérations de maintenance et de contrôle des sources d'émission radio radar, il y a lieu de veiller à ce que ces sources soient branchées sur des charges absorbantes. Lorsque l'utilisation de charges n'est pas possible, il y a lieu d'entourer la source ou la zone dangereuse avec des panneaux absorbants dont l'efficacité aura été préalablement démontrée pour la gamme des fréquences considérée.

##### ***11.4.2. Moyens de protection individuelle.***

Les équipements de protection individuelle (EPI) ne doivent constituer qu'un complément de protection pour les personnes habilitées et ne sauraient constituer qu'un dernier recours pour assurer leur protection.

La protection individuelle la plus courante est constituée par une combinaison en tissu spécial présentant un certain niveau d'atténuation pour les rayonnements électromagnétiques non ionisants. Ce niveau varie en fonction de la fréquence et correspond, soit à des pertes par absorption, soit à des pertes par réflexion dues au type de tissus utilisé. Pour protéger les yeux, cette combinaison peut être complétée par des lunettes dont les verres spéciaux comportent du grillage métallisé ou une couche métallique réfléchissante.

Ce type de protection permet de réduire les niveaux d'environnement auxquels est exposé le corps humain et donc de réduire les restrictions d'accès dans les zones orange ou rouge.

Le chef d'organisme doit informer les personnes habilitées des modalités d'utilisation des *EPI* spécifiques à l'installation concernée et au poste de travail. Il convient de s'assurer que le facteur d'atténuation <sup>(12)</sup> garantit la fonction de protection pour les fréquences considérées.

Il y a lieu de noter que pour les sources d'émission hautes fréquences (*HF*), ces combinaisons sont complétées selon les fabricants par des bottes et des gants en tissus conducteur. Il convient d'insister sur le fait que :

- l'agent doit être muni de chaussures isolantes par-dessus lesquelles il revêt les bottes conductrices dont le rôle est d'assurer la continuité électrique avec le sol et d'évacuer ainsi les courants circulant sur la combinaison. Il est particulièrement important de veiller à ce que la continuité électrique entre la combinaison et les bottes soit bien assurée (serrage par bande adhésive par exemple) afin de protéger les chevilles qui pourraient être, sans cette précaution, le siège de densités de courant élevées et parfois plus importantes qu'en l'absence de combinaison ;
- l'agent doit être convenablement protégé contre les décharges électriques et les brûlures dues aux courants de contact au moyen de gants isolants ou de toute autre technique d'isolation (les courants de contact peuvent être réduits voire éliminés par la mise à la terre des objets concernés ou par la mise en place de capots ou manchons de protection). Ces gants isolants sont recouverts par les gants en tissus conducteur de la combinaison qui sont eux destinés à écouler les courants. Il convient toutefois de noter que le port des gants isolants reste prioritaire par rapport à celui des gants conducteurs.

#### **11.5. Formation à la sécurité du personnel et habilitation.**

Le chef d'organisme est tenu d'organiser une formation des agents susceptibles d'intervenir en zone à accès contrôlé (personnels habilités) et de leur remettre une notice écrite qui les informe :

- des risques potentiels liés à l'exposition aux champs électromagnétiques ;
- de l'utilisation des équipements de protection collective ou individuelle adaptés au poste de travail ;
- des grandeurs physiques utilisées pour définir les niveaux d'exposition et leurs valeurs limites ;
- des méthodes d'évaluation des niveaux d'exposition ;
- des critères de classement des zones d'exposition ;
- des actions à mener en cas de surexposition accidentelle.

Cette formation, qui doit être renouvelée au moins tous les trois ans, est une condition de délivrance de l'habilitation à accéder aux zones à accès contrôlé (zones jaune et orange).

#### **12. CONTRÔLES ET VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES OBLIGATOIRES.**

Un contrôle technique de sécurité des matériels d'émission doit être régulièrement effectué pour s'assurer qu'ils présentent toujours les garanties de sécurité prévues par le constructeur (niveau de fuites hyperfréquences, dispositif de sécurité, affichage des consignes de sécurité, etc.). De même, une vérification des zones d'exposition (balisage, niveaux de champs, etc.) doit être périodiquement effectuée.

Les modalités relatives à l'exécution de ces contrôles doivent être définies par le chef d'organisme. Ces derniers doivent être réalisés tous les ans par une personne compétente et faire l'objet d'un compte rendu. Cependant, pour des installations d'émission fixes, le contrôle régulier peut être supprimé lorsque celles-ci font l'objet d'une surveillance permanente <sup>(13)</sup> et ne présentent pas d'évolution en matière d'environnement électromagnétique.

Le contrôle qui est effectué avant la première mise en service d'un matériel d'émission doit donner lieu à l'établissement d'une attestation de contrôle du constructeur ou de l'installateur.

### 13. DOCUMENTATION SPÉCIFIQUE DE L'INSTALLATION.

Le chef d'organisme doit constituer et tenir à jour la documentation technique de l'installation qui inclut les résultats des mesures, la fiche de calcul et les consignes de service spécifiques. Celle-ci doit être accessible pendant la durée d'exploitation et devra être conservée par l'employeur pendant trente ans après la mise hors service.

### 14. CONDUITE À TENIR EN CAS D'ACCIDENT.

Dans le cadre de la présente instruction, on entend par « accident », tout malaise, trouble, perte de connaissance ou lésion d'une personne, survenant pendant une exposition à un environnement électromagnétique et pouvant être attribué à une surexposition (dépassement des valeurs d'exposition maximum admissibles).

En cas d'accident, les mesures suivantes doivent être prises :

- arrêter les sources d'émission de rayonnement ;
- éloigner le ou les blessés de la zone dangereuse ;
- donner les premiers soins et évacuer la ou les victimes vers une unité de soins en lui décrivant la nature des troubles ou lésions et en lui précisant les circonstances de l'accident ;
- isoler et baliser la zone dangereuse, afin d'éviter un nouvel accident.

Par ailleurs, la personne ayant fait l'objet d'une surexposition présumée ou réelle, doit bénéficier d'un bilan médical dans les meilleurs délais. Celui-ci est réalisé, sauf impossibilité, en milieu hospitalier. La nature des examens médicaux est précisée dans l'instruction du service de santé des armées citée point 11.3 premier alinéa.

Outre le compte rendu d'accident, le chargé de prévention de l'organisme en collaboration avec le médecin de prévention, renseignera le formulaire joint en annexe X. Ce formulaire devra être adressé dans les meilleurs délais, par le chef d'organisme, à l'inspecteur du travail et au coordonnateur central à la prévention dont relève l'organisme concerné, à la direction centrale du service de santé des armées ainsi qu'à la direction de la fonction militaire et du personnel civil (*DFP/SPA* et *DFP/PER/5*).

### 15. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES D'ACCÈS EN ZONE ROUGE.

Dans des conditions inhabituelles de travail et lorsque aucune autre solution n'a pu être trouvée, l'accès en zone rouge par les personnes habilitées peut être autorisé par le chef d'organisme, après avis de l'*EREM* mentionné dans le point 8.2, et accord de l'inspecteur du travail dans les armées compétent et sous réserve de l'application des dispositions suivantes :

15.1. Tout accès en zone rouge doit faire l'objet d'une procédure d'intervention écrite indiquant toutes les mesures de prévention prises (individuelle et collective) et faire l'objet d'un avis préalable du médecin de prévention, qui peut faire pratiquer des examens médicaux complémentaires aux agents habilités susceptibles de pénétrer en zone rouge. Cette procédure sera ensuite présentée au comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (*CHSCT*) ou à la commission consultative d'hygiène et de prévention des accidents (*CCHPA*) qui donnera son avis.

15.2. L'agent habilité doit être revêtu d'habits de protection spéciaux qui sont reconnus efficaces et adaptés aux conditions de son exposition (cf. point 11.4.2). Il doit en outre, avant de pénétrer en zone rouge, avoir reçu les informations appropriées sur les risques et les précautions à prendre au cours de l'opération qu'il a à

effectuer dans cette zone. Il doit connaître en particulier les différentes restrictions dues :

- aux champs crêtes et à la densité d'énergie pour les émissions pulsées (cf. annexe III.2.4) ;
- à la durée d'exposition si l'atténuation de la combinaison n'est pas suffisante ; il doit pouvoir alors mesurer le temps d'exposition avec des dispositifs du type minuterie, et être muni d'avertisseur sonore ou lumineux, afin de ne pas dépasser la durée d'exposition maximale ;
- aux sources directionnelles de type radar ; l'agent habilité doit, en particulier, être tenu informé de la position du faisceau d'illumination de façon à ce qu'il sache quelles parties de son corps risquent d'être exposées et qu'il puisse prendre les précautions nécessaires pour se protéger.

15.3. Tout accès en zone rouge doit être consigné dans le registre d'exposition et dans le dossier médical de l'intéressé.

## 16. TEXTE ABROGÉ.

L'instruction n° 23/DN/DPC/PRA/HS du 8 août 1982 relative à la protection contre les rayonnements électromagnétiques est abrogée.

Pour la ministre de la défense et par délégation :

*Le contrôleur général des armées, directeur de la fonction militaire et du personnel civil,*

Jean-Michel PALAGOS.

---

(1) Le cas particulier des sources de rayonnement de type impulsionnel telles que les simulateurs d'impulsion électromagnétique d'origine nucléaire (IEMn), les simulateurs de foudre, les boucles de démagnétisation et les sources micro-ondes de forte puissance (MFP) sera abordé dans une instruction particulière.

(2) Appelé aussi dans la gamme de fréquences considérée (0 - 300 GHz) « rayonnement électromagnétique non ionisant ».

(3) Phénomène dit « d'expansion thermoélastique dans la tête ».

(4) Seule la densité de puissance dans l'air, à l'extérieur du corps humain peut être facilement mesurée lors de l'exposition à des champs électromagnétiques.

(5) Ces relations ne sont pas, en effet, applicables aux niveaux de référence correspondant aux champs crêtes.

(6) Et vérifie les exigences relatives aux émissions simultanées, définies en annexe III.2.5, qui sont applicables lorsque plusieurs sources émettent en même temps et à des fréquences différentes.

(7) Il est important de noter que la zone orange ne peut exister que si les exigences relatives aux niveaux de références pour les émissions pulsées (annexe III.2.4) sont satisfaites.

(8) Il y a lieu de noter que les niveaux d'exposition correspondant aux sources pulsées sont indépendants de la durée d'illumination et permettent donc de fixer le rayon minimal de la zone rouge pour ce type de source.

(9) Lorsque le chef d'organisme a décidé de créer une telle zone.

(10) Mais il doit aussi prendre en compte dans l'étude de sécurité, les sources d'émission situées dans le voisinage de son établissement, dont il n'a pas la responsabilité, mais qui peuvent avoir une incidence sur l'affectation des zones de sécurité de son organisme, en cas d'émissions simultanées. L'identification de ces sources est de la responsabilité du COMREM.

(11) Ces dimensions seront celles (longueur, largeur ou diamètre) de la figure (rectangle ou cercle) formée par la projection de l'antenne sur un plan perpendiculaire à l'axe de propagation des ondes.

(12) Des vérifications périodiques doivent être effectuées, en particulier après toute opération de nettoyage, de façon à s'assurer dans le temps, de la conservation de leurs caractéristiques d'atténuation.

(13) Installations dont l'entretien est assuré par des personnes compétentes et qui font l'objet d'un contrôle donnant lieu à l'établissement d'un relevé de mesures dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation.

ANNEXE I.  
**PRINCIPALES SOURCES DE CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET LEURS FRÉQUENCES  
DE RAYONNEMENT.**

Types de sources.	Gamme du spectre.	Fréquences.
Fours à induction.	Extrêmes basses fréquences ( <i>ELF</i> ).	< 3 Hz.
Bases de temps de télévision.		
Systèmes de radionavigation (Omega).	Ultra basses fréquences ( <i>UBF</i> ).	3 Hz à 3 kHz.
Communication des sous-marins.	Très basses fréquences ( <i>VLF</i> ).	3 kHz à 30 kHz.
Écran de visualisation.		
Émetteurs de radiodiffusion (à ondes longues).	Basses fréquences ( <i>BF</i> ).	30 kHz à 300 kHz.
Radionavigation aéronautique.	Moyennes fréquences ( <i>MF</i> ).	300 kHz à 3 MHz.
Service mobile maritime (fréquence de détresse).		
Radiodiffusion ondes moyennes.		
Radiorepérage maritime.		
Services fixes, mobiles gouvernementaux.		
Émetteurs mobiles maritimes.	Hautes fréquences ( <i>HF</i> ).	3 MHz à 30 MHz.
Radiodiffusion ondes courtes.		
Fréquences étalons et signaux horaires.		
Radioastronomie.		
Amateurs.		
Citizen band (27 MHz).		
Appareils industriels scientifiques et médicaux.		
Services mobiles aéronautiques.	Très hautes fréquences ( <i>VHF</i> ).	30 MHz à 300 MHz.
Radiodiffusion à modulation de fréquence.		
Radiobalises, radiophares.		
Exploitation spatiale.		
Navigation par satellite.		
Radio téléphone maritime.		
Faisceaux hertziens.	Ultra hautes fréquences ( <i>UHF</i> ).	300 MHz à 3 GHz.
Téléphones cellulaires.		
Fours à micro-ondes.		
Radars.		



Radio repérage.		
Service mobile par satellite.		
Radars.	Super hautes fréquences ( <i>SHF</i> ).	3 GHz à 30 GHz.
Services fixes par satellites (Intelsat, etc).		
Météorologie.		
Recherche spatiale.		
Faisceaux hertziens à courtes distances.	Extrêmes hautes fréquences ( <i>EHF</i> ).	30 GHz à 300 GHz.
Services fixes par satellite.		
Services inter satellites.		
Radiodiffusion par satellite.		

## ANNEXE II. DÉFINITIONS.

L'absorption spécifique de l'énergie (*AS*) est définie comme l'énergie absorbée par une unité de masse de tissus biologiques et est exprimée en joules par kilogramme (J/kg).

Un champ pulsé est un champ émis par train d'impulsions. Entre chaque impulsion il y a absence de champ.

Le courant de contact est le courant circulant entre une personne et un objet conducteur situés dans un champ électromagnétique. Ce courant, exprimé en ampère (A), traverse le corps humain au contact d'un objet conducteur situé dans un champ électromagnétique.

Le courant induit est un courant électrique produit dans un corps lorsque celui-ci est soumis à un champ électromagnétique. Par opposition à « courant de contact » on utilise l'appellation de « courant induit dans le corps humain isolé », pour désigner en particulier le courant circulant au niveau du cou, de la tête ou dans les extrémités (chevilles par exemple) lorsque les personnes exposées se tiennent debout et n'ont aucun contact manuel avec des objets conducteurs environnants.

Le débit d'absorption spécifique (*DAS*) de l'énergie moyennée sur l'ensemble du corps ou sur une partie quelconque du corps est définie comme étant le débit avec lequel l'énergie est absorbée par unité de masse du tissu du corps et elle est exprimée en watts par kilogramme (W/kg). Le *DAS* « corps entier » est une mesure largement acceptée pour établir le rapport entre les effets thermiques et l'exposition à un environnement électromagnétique. En outre, des valeurs de *DAS* local sont nécessaires pour évaluer et limiter un dépôt excessif d'énergie dans des petites parties du corps résultant de conditions d'exposition spéciales.

Le *DAS* peut être calculé en utilisant l'une des trois relations suivantes :

### *Equation 4.*

$$\textcircled{1} \text{ DAS} = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

$$\textcircled{2} \text{ DAS} = \frac{cdT}{dt}$$

$$\textcircled{3} \text{ DAS} = \frac{J^2}{\rho\sigma}$$

dans lesquelles :

- E est la valeur du champ électrique à l'intérieur des tissus du corps humain, exprimée en (V/m) ;
- $\sigma$  est la conductivité électrique du corps humain exprimée en (S/m) ;
- $\rho$  est la densité des tissus du corps humain exprimée en (kg/m<sup>3</sup>) ;
- c est la chaleur massique des tissus du corps humain exprimée en (J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>) ;
- dT/dt est la dérivée par rapport au temps de la température des tissus du corps humain, exprimée en °C/s ;
- J est la valeur de la densité de courant induit dans les tissus du corps humain, exprimée en (A/m<sup>2</sup>).

Les relations 1 et 2 sont habituellement utilisées pour calculer le *DAS* aux fréquences supérieures à 10 MHz. Aux basses fréquences il est nécessaire d'utiliser la densité de courant induit *J* pour déterminer la configuration d'exposition la plus pénalisante souvent en combinaison avec la relation 3.

La densité de courant (*J*) est définie comme étant le courant traversant une unité de surface perpendiculaire au flux de courant dans un volume conducteur tel que le corps humain ou une partie du corps, et elle est exprimée en ampère par m<sup>2</sup> (A/m<sup>2</sup>).

La densité de puissance (*p*) est la grandeur appropriée utilisée en hyperfréquences lorsque la profondeur de pénétration dans le corps est faible. Il s'agit du quotient de la puissance rayonnée incidente perpendiculaire à une surface et de l'aire de cette surface. Elle est exprimée en watts par m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>). Lorsque l'onde électromagnétique est plane il existe la relation suivante entre le champ électrique *E* et la densité de puissance *p* :

*Equation 5.*

$$p = \frac{E^2}{120\pi}$$

La directivité d'une antenne caractérise la manière dont cette antenne concentre son rayonnement dans certaines directions de l'espace.

Un environnement électromagnétique est le terme générique utilisé pour désigner l'existence à un emplacement donné de l'une ou plusieurs des grandeurs physiques suivantes : champ électrique, champ magnétique, densité de puissance, densité d'énergie ou courant.

Les restrictions de base sont des exigences fixées sous la forme de conditions limites à ne pas dépasser dans un intervalle de temps moyen (*t<sub>m</sub>*) donné pour les valeurs de *DAS*, d'*AS* ou de densités de courant ou de densités de puissance, ou de densités d'énergie et qu'il convient de respecter pour réduire les effets de l'environnement électromagnétique sur le corps humain à des niveaux acceptables et sans risque pour la santé des personnes exposées. Ces restrictions sont fondées directement sur des effets avérés et démontrés sur la santé et la pris en compte de risques biologiques.

Les niveaux de référence sont des niveaux d'environnement électromagnétique dérivés des restrictions de base, plus faciles à mesurer et à calculer que les grandeurs issues des restrictions de base. Ces niveaux peuvent être classés en deux catégories :

- a). Les niveaux de référence exprimés en « valeur moyenne » de champ, courant et densité de puissance (annexe III, hors 2.4) qui, bien qu'indépendants du temps, ont été définis en prenant comme hypothèse une absorption moyenne d'énergie par le corps humain sur un intervalle de temps moyen (*t<sub>m</sub>*) défini ci-dessous qui dépend de la constante de temps thermique du corps humain. L'intervalle de temps moyen (*t<sub>m</sub>*) est fonction de la fréquence d'illumination du corps humain.
- b). Les niveaux de référence exprimés en « valeur crête » de champ et en valeur de densité d'énergie spécifique des émissions pulsées et définis en annexe III.2.4, qui sont indépendants du temps d'exposition et notamment de l'intervalle de temps moyen (*t<sub>m</sub>*).

La durée d'exposition (*t<sub>exp</sub>*) est le temps pendant lequel un objet ou une personne restent dans une zone exposée et risquent d'être illuminés par une source de rayonnement électromagnétique. Lorsque cette durée ne peut être contrôlée par les personnes exposées ou parle plutôt de durée d'illumination car le temps d'exposition ne peut être alors contrôlé que par le détenteur de la source de rayonnement électromagnétique.

La durée d'exposition limite (texpl) est la valeur maximale de la durée d'exposition au-dessus de laquelle la sécurité des personnes ne se trouve plus assurée lorsqu'elles sont soumises à des niveaux d'exposition Nexp+ > Nref.

Sous réserve que les niveaux de référence correspondant aux valeurs crêtes soient respectés (annexe III.2.4), l'exposition du corps humain reste toujours possible à des niveaux Nexp+ supérieurs aux niveaux de référence Nref (exprimés en valeurs moyenne) ; mais il faut que le temps d'exposition reste alors inférieur au temps d'exposition limite texpl (lui-même inférieur à l'intervalle de temps moyen tm) qui est déterminé par les relations 2 et 3 suivantes :

**Equation 6.**

$$\textcircled{2} \quad t_{\text{expl}} = t_m \left[ \frac{N_{\text{ref}}}{N_{\text{exp+}}} \right]^2$$

où Nexp+ et Nref sont les niveaux d'exposition et les niveaux de référence exprimés en valeur de champ ou de courant.

**Equation 7.**

$$\textcircled{3} \quad t_{\text{expl}} = t_m \frac{N_{\text{ref}}}{N_{\text{exp+}}}$$

où Nexp+ et Nref sont les niveaux d'exposition exprimés en valeur de densité de puissance moyenne.

La notion de texpl a été introduite pour bien mettre en évidence que les personnes exposées à un niveau d'environnement supérieur aux niveaux de référence (personnes habilitées) doivent contrôler leur durée d'exposition texp et qu'elles doivent toujours conserver une certaine marge de sécurité afin que cette durée reste inférieure à la durée d'exposition limite (texpl).

La fréquence est le nombre de vibrations ou d'oscillations par unité de temps dans un phénomène périodique. Elle est exprimée en hertz (Hz).

L'induction magnétique (densité de flux magnétique) est une grandeur vectorielle (B) définie en terme de force exercée sur une ou plusieurs charges en mouvement; elle s'exprime en Tesla (T). En espace libre et dans les matières biologiques, l'induction magnétique B et l'intensité de champ magnétique H peuvent être utilisées indifféremment selon l'équivalence  $B = \mu H$  avec  $\mu = 4 \cdot 10^{-7}$  ; il en résulte que  $1 \text{ A/m} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .

L'intensité de champ électrique est une grandeur vectorielle (E) qui caractérise la force exercée sur une particule chargée indépendamment de son déplacement dans l'espace. Elle est exprimée en volt par mètre (V/m).

L'intensité de champ magnétique est une grandeur vectorielle (H) qui, avec l'induction magnétique, définit un champ magnétique en tout point de l'espace. Elle est exprimée en ampère par mètre (A/m).

L'intervalle de temps moyen (tm) est la durée qui sert de référence pour l'évaluation des grandeurs physiques (intensité de champ, densité de puissance, courant, débit d'absorption spécifique et absorption spécifique de l'énergie) résultant d'une exposition à un champ électromagnétique. Cette durée correspond au temps moyen pendant lequel a été déterminée l'énergie électromagnétique maximale que le corps humain pouvait absorber sans risque pour la santé lorsque le niveau de référence était dépassé. Elle constitue donc une référence de temps lorsque l'on souhaite dépasser les niveaux de référence tout en respectant les exigences sur les DAS

(restrictions de base).

La longueur d'onde est la distance parcourue par une onde sur un cycle d'oscillation. Elle est reliée à la fréquence  $f$  et à la vitesse  $c$  par l'expression  $\lambda = c/f$ . Dans le vide, la vitesse d'une onde électromagnétique est égale à celle de la lumière. La longueur d'onde est exprimée en mètre (m).

Les personnes habilitées sont des personnes qui ont reçu une formation en matière de prévention des risques dus aux effets des rayonnements électromagnétiques non ionisants sur le corps humain et qui ont été déclarées aptes médicalement à travailler dans des zones exposées à ces rayonnements. Ces personnes sont tenues informées de leur exposition possible dans le cadre de leur activité professionnelle et font en outre l'objet d'une surveillance médicale spéciale.

Les personnes non habilitées par opposition aux personnes habilitées sont celles qui n'ont reçu aucune formation et qui ne sont pas tenues informées de leur exposition possible aux rayonnements électromagnétiques. Parmi ces personnes on trouve le personnel de l'organisme, appelé du fait de leur emploi à séjourner dans des zones éventuellement exposées mais sans risques pour la santé au sens de la présente instruction, le personnel des entreprises extérieures, ainsi que le public.

Un rayonnement non ionisant est un rayonnement électromagnétique incapable de séparer les électrons des atomes ou des molécules pour produire des ions directement ou indirectement.

ANNEXE III.  
**RESTRICTIONS DE BASE ET NIVEAUX DE RÉFÉRENCE.**

**1. RESTRICTIONS DE BASE.**

Les restrictions de base (voir définitions) sont des restrictions concernant l'exposition à des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques variables dans le temps qui sont fondées directement sur des effets avérés et démontrés sur la santé et la prise en compte de risques biologiques.

**1.1. Restrictions de base concernant les densités de courant.**

Deux types de courant sont considérés :

- les courants induits dans le corps humain isolé, en particulier au niveau du cou, de la tête ou dans les extrémités (chevilles par exemple) lorsque les personnes exposées se tiennent debout et n'ont aucun contact manuel avec des objets métalliques environnants ;
- les courants dits de « contact » (voir définitions) circulant dans les membres et les mains, en particulier lorsque les personnes exposées touchent un objet conducteur situé dans la zone exposée.

Les restrictions de base relatives aux courants, concernent les courants dans le corps humain isolé et en particulier dans la tête et le tronc ; elles sont exprimées en densités de courant efficace maximum à ne pas dépasser respectivement pour les personnes non habilitées et pour les personnes habilitées et sont destinées à prévenir les effets sur le système cardio-vasculaire et le système nerveux central. Elles ne concernent que les expositions aux rayonnements de fréquence inférieures ou égales à 10 MHz. Ces restrictions sont exprimées en mA/m<sup>2</sup>, en fonction de la fréquence, dans le tableau ci-dessous :

*Table 1.*

Fréquence.	Densité de courant efficace pour la tête et le tronc (mA/m <sup>2</sup> ).	
	Limitation pour les personnes non habilitées.	Limitation pour les personnes habilitées.
F < 1 Hz.	8	40
1 Hz - 4 Hz.	8/f (f en Hz)	40/f (f en Hz)
4 Hz - 1 kHz.	2	10
1 kHz - 10 MHz.	f/500 (f en Hz)	f/100 (f en Hz)

**Remarques.**

- a). En raison de l'hétérogénéité du corps, il convient de moyenner les densités de courant sur une section de 1 cm<sup>2</sup> perpendiculairement à la direction du courant.
- b). Les valeurs crête de densité du courant peuvent être obtenues en multipliant la valeur efficace par  $\sqrt{2} \approx 1,414$  pour les fréquences inférieures à 100 kHz. Pour les impulsions de durée  $t_p$  la fréquence équivalente à appliquer dans les restrictions de base doit être calculée selon la formule

*Equation 8.*

$$f = \frac{1}{2 \cdot t_p}$$

c). Il convient de prendre en compte le fait que les champs magnétiques alternatifs qui pénètrent dans le corps humain plus profondément que les champs électriques, peuvent induire dans les organes, des courants « irrotationnels » qui s'apparentent aux courants dits de Foucault, et qui peuvent agir sur le système nerveux et exciter les nerfs périphériques ou agir sur le muscle cardiaque. Pour les champs de fréquences inférieures à 100 kHz, la densité de courant crête associée aux impulsions, peut être calculée à partir des temps de montée/descente et de la vitesse maximale de variation de l'induction magnétique suivant la relation

**Equation 9.**

$$J = \frac{r\sigma}{2} \frac{dB}{dt}$$

dans laquelle  $r$  est le rayon de la boucle de courant considérée dans le corps, la conductivité électrique des tissus en S/m estimée pour le corps humain à 0,6 S/m. La densité de courant induit peut être alors comparée à la restriction de base appropriée. En dehors des applications médicales non prises en compte dans le cadre de la présente instruction, ces champs peuvent être rencontrés à proximité de postes de travail dans lesquels sont utilisés des solénoïdes ou bobines d'induction tels que des électroaimants ou tout autre dispositif de génération de champ magnétique (machines à souder les sachets en matière synthétique par exemple).

## 1.2. Restrictions de base concernant le débit d'absorption spécifique.

Les restrictions de base concernant le *DAS* exprimé en W/kg sont destinées à limiter l'élévation de température dans le corps entier et également sur des parties localisées du corps.

Deux types de *DAS* sont à considérer :

- le *DAS* « corps entier », moyenné sur la totalité du corps ;
- le *DAS* « localisé », moyenné sur 10 g de tissus contigus aux propriétés électriques presque homogènes.

Par ailleurs, ces valeurs moyennes spatiales de *DAS* doivent être moyennées sur un intervalle de temps moyen ( $t_m$ ) égal à 6 minutes ce qui revient à fixer un seuil maximum d'énergie à ne pas dépasser.

Les restrictions de base concernant l'*AS* sont essentiellement destinées à limiter les effets auditifs dus au phénomène d'expansion thermoélastique pour les expositions localisées de la tête. Elles ne s'appliquent que pour les fréquences supérieures à 300 MHz.

Les valeurs limites de *DAS* et d'*AS* notées *DASL* et *ASL* sont données dans le tableau suivant :

**Table 2.**

Bandes de fréquences concernées.	100 kHz - 10 GHz.				300 MHz - 10 GHz.
	<i>DASL</i> moyenné (1) « corps entiers ».	<i>DASL</i> (1) « localisé ».			<i>ASL</i> « localisé ».
Type de restrictions.		Tête et tronc.	Membres.	Oeil.	Tête.
Valeur limite pour les personnes non habilitées.	0,08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg	0,08 W/kg	2 mJ/kg
Valeur limite pour les personnes habilitées.	0,4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg	0,4 W/kg	10 mJ/kg

(1) Ces valeurs correspondent à un intervalle de temps moyen (tm) égal à 6 minutes.

### 1.3. Restrictions de base concernant la densité de puissance (fréquences 10 - 300 GHz).

Les restrictions de base concernant la densité de puissance pour la bande de fréquences 10 GHz - 300 GHz sont destinées à limiter l'élévation de température des tissus se situant à ou près de la surface de la peau. En effet, à ces fréquences les ondes ne pénètrent dans le corps que sur quelques centimètres alors qu'aux basses fréquences elles peuvent le traverser.

Les densités de puissances doivent respecter simultanément les trois exigences suivantes :

- être moyennées dans l'espace sur 20 cm<sup>2</sup> quelconques de zone exposée ;
- être moyennée sur un intervalle de temps moyen égal à

*Equation 10.*

$$t_m = \frac{68}{f^{1,05}}$$

(f étant exprimé en GHz) ;

- la valeur maximale spatiale des densités de puissance moyennées sur 1 cm<sup>2</sup> doit rester inférieures à 20 fois les valeurs ci-dessus.

*Table 3.*

Caractéristiques de l'exposition.	Densité de puissance (W/m <sup>2</sup> ).
Niveau pour les personnes non habilitées.	10
Niveau pour les personnes habilitées.	50

### 1.4. Restrictions de base concernant l'illumination simultanée par plusieurs sources.

Dans le cas d'une exposition à des champs électromagnétiques rayonnés par plusieurs sources émettant simultanément, il convient de s'assurer du respect des exigences définies dans le tableau 4 ci-dessous concernant l'addition possible des différentes contributions ou composantes de chaque source en champ, courant et densité de puissance.

Ne doivent être prises en compte dans cette contribution que les sources dont les niveaux de champ ou de densité de puissance pris isolément sont respectivement supérieurs au tiers du champ ou au dixième de la densité de puissance généré par la source d'illumination principale.

*Figure 2. Exigences à respecter pour les personnes habilitées et les personnes non habilitées.*



## Exigences à respecter pour les personnes habilitées et les personnes non habilitées.

Bandes de fréquences.	Nature de l'exigence.	Exigence à respecter pour :
$1 \text{ Hz} \leq F < 100 \text{ kHz.}$	$\sum_{i=1}^{100 \text{ kHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1 \text{ (a)}$	Se protéger contre les effets cumulatifs relatifs à la stimulation électrique des muscles ou des nerfs périphériques.
$100 \text{ kHz} \leq F < 10 \text{ MHz.}$	$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1 \text{ (a)}$ $\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{DAS_i}{DAS_L} \leq 1 \text{ (b)}$	Se protéger à la fois contre les effets cumulatifs relatifs à la stimulation électrique et à l'élévation de température.
$10 \text{ MHz} \leq F \leq 300 \text{ GHz.}$	$\sum_{i=10 \text{ MHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{DAS_i}{DAS_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_{Li}} \leq 1 \text{ (b)}$	Se protéger contre les effets cumulatifs relatifs à l'élévation de température.

Les paramètres et variables figurant dans le tableau ci-dessus sont définies ci-après :

- $J_i$  : densité du courant induit à la fréquence  $i$  ;
- $J_{L,i}$  : restriction de base pour la densité du courant induit à la fréquence  $i$  donnée dans le tableau 1 (personne habilitée ou non habilitée selon le cas considéré) ;
- $DAS_i$  :  $DAS$  provoqué par l'exposition à la fréquence  $i$  ;
- $DAS_L$  : limite de  $DAS$  correspondante figurant dans le tableau 2 (personne habilitée ou non habilitée selon le cas considéré) ;
- $S_i$  : densité de puissance à la fréquence  $i$  ;
- $S_L$  : limite de densité de puissance figurant dans le tableau 3 (personne habilitée ou non habilitée selon le cas considéré).

## 2. NIVEAUX DE RÉFÉRENCE.

Les restrictions de base étant quelque peu difficiles à vérifier par le calcul ou la mesure, il a été défini dans la pratique des niveaux d'exposition dits « de référence » qui sont plus faciles à déterminer soit par le calcul soit par la mesure. Il a été établi que le respect des niveaux de référence permet de garantir le respect des restrictions de base.

Toutefois si les niveaux d'exposition mesurés ou calculés sont supérieurs aux niveaux de référence et ne respectent pas les exigences relatives aux moyennes temporelles et spatiales, il n'en découle pas nécessairement un dépassement des restrictions de base. Il convient, dans ce cas, de vérifier que les niveaux d'exposition restent inférieurs aux restrictions de base.

Dans certaines situations où l'exposition est fortement localisée, notamment au niveau de la tête, comme c'est le cas avec les téléphones portables ou les émetteurs portables, le recours aux niveaux de référence n'est pas approprié. Il convient, dans ce cas, d'évaluer directement la conformité des appareils par rapport aux restrictions de base en se référant aux caractéristiques fournies par le constructeur. En l'absence de ces dernières, il convient de faire réaliser des calculs ou mesures spécifiques permettant de vérifier si les restrictions de base sont respectées.

### 2.1. Niveaux de référence en champ électrique et magnétique et en induction magnétique.

Les niveaux de référence en champ électrique  $E$ , en champ magnétique  $H$  et en induction magnétique  $B$  qui sont relatifs aux limitations applicables aux personnes non habilitées (pnh) et aux personnes habilitées (ph) sont exprimés en valeur efficace, en fonction de la fréquence conformément au tableau 5 ci-après.

***Figure 3. Niveaux de référence en champs électrique et magnétique et en induction magnétique.***

# Niveaux de référence en champs électrique et magnétique et en induction magnétique.

Pour les personnes non habilitées (pnh).  
 Pour les personnes habilitées (ph).

Bandes de fréquences.	Intensité efficace E du champ électrique (V/m).		Intensité efficace H du champ magnétique (A/m).		Intensité efficace B de l'induction magnétique (μT).	
	E(pnh).	E(ph).	H(pnh).	H(ph).	B(pnh).	B(ph).
Zones de sécurité.	Verte	Jaune	Verte	Jaune	Verte	Jaune
0 - 1 Hz.	12 000	25 000	3,2.10 <sup>4</sup>	1,63.10 <sup>5</sup>	4.10 <sup>4</sup>	2.10 <sup>5</sup>
1 - 8 Hz.	10 000	20 000	$\frac{3,2.10^4}{f^2}$	$\frac{1,63.10^5}{f^2}$	4.10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	2.10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>
8 - 25 Hz.	10 000	20 000	4 000/f	$\frac{2.10^4}{f}$	5 000/f	2,5.10 <sup>4</sup> /f
0,025 - 0,80 kHz.	$\frac{250}{f}$	$\frac{500}{f}$	$\frac{4}{f}$	$\frac{20}{f}$	5/f	25/f
0,80 - 0,82 kHz.	$\frac{250}{f}$	$\frac{500}{f}$	5	$\frac{20}{f}$	6,25	25/f
0,82 - 3 kHz.	$\frac{250}{f}$	610	5	24,4	6,25	30,7
3 - 65 kHz.	87	610	5	24,4	6,25	30,7
0,065 - 0,150 MHz.	87	610	5	1,6/f	6,25	2/f
0,150 - 1 MHz.	87	610	0,73/f	$\frac{1,6}{f}$	0,92/f	2/f
1 - 10 MHz.	$\frac{87}{\sqrt{f}}$	$\frac{610}{f}$	0,73/f	$\frac{1,6}{f}$	0,92/f	2/f
10 - 400 MHz.	28	61	0,073	0,16	0,092	0,2
400 - 2 000 MHz.	1,375.√f	3,05.√f	3,7.10 <sup>-3</sup> .√f	0,008 f <sup>1/2</sup>	0,0046 f <sup>1/2</sup>	0,01 f <sup>1/2</sup>
2 - 300 GHz.	61	137	0,16	0,36	0,20	0,45

**Remarques.**

a). Pour les niveaux qui sont exprimés en fonction de f, il convient de choisir l'unité indiquée dans la colonne « Bande de fréquences ».

b). Pour les fréquences supérieures à 100 kHz le dépassement des niveaux de référence ci-dessus est autorisé sous réserve que la durée d'exposition reste inférieure à la durée d'exposition limite définie par les relations 1 et 2 (point 6.3) et que les niveaux de références pour les émissions pulsées (annexe III.2.4) ne soient pas dépassés. L'intervalle de temps moyen (tm) associé à ces niveaux est de 6 minutes pour les fréquences comprises entre 100 kHz et 10 GHz et de

**Equation 11.**

$$\frac{68}{f^{1,05}}$$

au-delà. Par ailleurs, il y a lieu de noter que ce dépassement entraîne la création d'une zone orange dans laquelle la durée d'exposition doit être contrôlée.

**2.2. Niveaux de référence en densité de puissance (10 MHz-300 GHz).**

Les niveaux de référence en densité de puissance p ne concernent que la bande de fréquences 10 MHz - 300 GHz. Ces niveaux qui sont relatifs aux limitations applicables aux personnes non habilitées (pnh) et aux personnes habilitées (ph) sont exprimés en valeur de densité de puissance moyenne, en fonction de la fréquence, conformément au tableau 6 ci-après.

**Table 4.**

Bandes de fréquences.	Niveau de densité p de puissance moyenne (W/m <sup>2</sup> ).	
	p(pnh).	p(ph).
Type de zone.	Zone verte	Zone jaune
10 - 400 MHz.	2	10
400 - 2 000 MHz.	f/200	f/40
2 - 300 GHz.	10	50

**Remarques.**

a). Pour les niveaux qui sont exprimés en fonction de f, il convient de choisir l'unité indiquée dans la colonne « Bandes de fréquences ».

b). Pour les fréquences supérieures à 10 MHz le dépassement des niveaux de référence ci-dessus est autorisé sous réserve que la durée d'exposition reste inférieure à la durée d'exposition limite définie par les relations 1 et 2 (point 6.3) et que les niveaux de références pour les émissions pulsées (annexe III.2.4) ne soient pas dépassés. L'intervalle de temps moyen (tm) associé à ces niveaux est de 6 minutes pour les fréquences comprises entre 10 MHz et 10 GHz et de

**Equation 12.**

$$\frac{68}{f^{1,05}}$$

minutes au-delà (f étant exprimé en GHz). Par ailleurs, il y a lieu de noter que ce dépassement entraîne la création d'une zone orange dans laquelle la durée d'exposition doit être contrôlée.

### 2.3. Niveaux de référence liés aux courants induits.

Les niveaux de référence concernant les courants ne sont pas exprimés en densité de courant comme les restrictions de base (A/m<sup>2</sup>) mais en niveau d'intensité de courant efficace (mA).

Il existe deux niveaux de référence Ir pour les courants :

- Irh, le courant induit dans le corps humain isolé ;
- Irc, le courant de contact (courant existant lorsqu'un individu prend en main un objet conducteur situé dans la zone exposée).

Les niveaux de références pour les courants sont donnés dans le tableau suivant :

**Table 5.**

Bandes de fréquences.	Courant induit (Ih) (corps humain isolé).			Courant de contact (Irc).		
	Niveau de référence (mA).		Intervalle de temps moyen tm.	Niveau de référence (mA).		Intervalle de temps moyen tm.
	Personnes non habilitées.	Personnes habilitées.		Personnes non habilitées.	Personnes habilitées.	
F < 2,5 kHz.	0,45 f	f	1 s	0,5	1	1 s
2,5 kHz - 100 kHz.	0,45 f	f	1 s	0,2 f	0,4 f	1 s
0,1 MHz - 110 MHz.	45	100	6 min	20	40	6 min

#### Remarques.

- a). Les niveaux de référence définis dans le tableau ci-dessus ne sont pas applicables aux courants induits par des ondes électromagnétiques impulsionnelles ; celles-ci sont traitées dans le cadre d'une instruction particulière [cf. renvoi (1) du point 2].
- b). Pour les niveaux qui sont exprimés en fonction de f, il convient de choisir l'unité indiquée dans la colonne « Bandes de fréquences ».
- c). Le respect des niveaux de référence en courant induit (corps humain isolé) n'est pas exigé lorsque ces courants sont le résultat d'une exposition du corps humain à une seule source et qu'ils correspondent à des niveaux de champ ou de densité de puissance qui restent inférieurs ou égaux aux niveaux de référence en champ ou en densité de puissance définis dans les tableaux précédents. Les courants induits en l'absence de contact ne sont donc à prendre en compte que lors de l'existence d'une exposition simultanée à plusieurs sources.
- d). Le dépassement des niveaux de référence Ir est autorisé sous réserve que la durée d'exposition reste inférieure à la durée d'exposition limite texpl définie par la relation 1 (point 6.3). La relation déterminant le courant maximum Im à ne pas dépasser pour une durée d'exposition limite donnée

(texpl) est définie en fonction de tm par la relation suivante :

**Equation 13.**

$$I_m^2 = I_r^2 \left( \frac{t_m}{t_{expl}} \right)$$

où Ir (valeur de référence déterminée par un intervalle de temps moyen égal à tm) est le courant traversant chaque pied pour le corps humain isolé et traversant une main pour un individu saisissant un objet conducteur.

Le dépassement des valeurs de référence Ir n'est autorisé que si les zones d'exposition correspondantes sont déclarées comme étant des zones de catégorie orange dans lesquelles la durée d'exposition des individus est contrôlée pour rester inférieure à texpl.

Pour les émissions dont la forme d'onde est de type périodique les valeurs de Im données par la relation ci-dessus, ne doivent toutefois pas dépasser :

350 mA pour le corps humain isolé et pour des durées d'exposition ou d'illumination courtes et inférieures à 30 secondes, pour les personnes habilitées.

155 mA pour les personnes non habilitées afin de limiter l'évaluation de température dans les extrémités tels que les chevilles ou les poignets.

Pour les courants de contact, le dépassement des valeurs Im déduites de la relation ci-dessus, peut conduire à des effets de surprise et à des brûlures résultant de la projection d'étincelles lors d'un contact intermittent avec des objets conducteurs parcourus par des courants. Il y a lieu de noter que :

- le transitoire de courant dans la phase d'établissement du contact qui est similaire au courant transitoire résultant d'une décharge électrostatique, est exclu des présentes exigences ;
- les valeurs de courant de contact indiquées ci-dessus correspondent au cas où le contact entre la main de l'opérateur et les objets conducteurs environnants sont bien établis (l'opérateur saisit les objets en les serrant) ;
- les courants de contact pris en compte dans le cadre de la présente instruction sont ceux résultant d'ondes rayonnées par des sources électromagnétiques externes et doivent être distingués des autres courants circulant dans les objets conducteurs et pouvant être assimilés à des courants de fuite (mise à la terre ou filtrage des alimentations des équipements électriques avoisinant les objets conducteurs). Pour mieux identifier les courants de contact et les distinguer des autres types de courant, il conviendra lors des opérations de mesure, d'interrompre l'émission de la source de rayonnement électromagnétique pendant quelques instants.

#### **2.4. Niveaux de référence applicables aux émissions pulsées.**

##### **Avertissement.**

Il y a lieu de noter que la majeure partie des travaux de recherche sur lesquels s'appuient les critères utilisés dans le cadre de la présente instruction (pour les DAS et AS en particulier) concernent des sources d'émission à ondes entre-tenues modulées ou non en amplitude ou des sources pulsées de type radar. Les sources d'émission pulsées prises en compte dans le cadre de cette partie sont donc des sources de signaux périodiques caractérisées par une valeur de champ ou de densité de puissance moyenne et une valeur de champ ou de densité de puissance crête.

Le cas des sources mono impulsionnelles ou faiblement récurrentes sera abordé dans une instruction spécifique.

Compte tenu du fait que peu d'informations sont actuellement disponibles sur les effets biologiques des valeurs de crête des champs pulsés, il a été décidé de prendre en compte les recommandations proposées par les normes internationales et chaque fois que c'était possible, le retour d'expérience résultant de l'utilisation de sources pulsées au sein du ministère de la défense.

Les deux exigences ou limitations principales qu'il convient de respecter pour les niveaux de référence en émissions pulsées, sont indiquées ci-après sur les tableaux 8, 9 et 10 ci-après.

#### ***2.4.1. Limitation en densité d'énergie (J/m<sup>2</sup>) rayonnée.***

Cette exigence <sup>(1)</sup> concerne la densité d'énergie admissible par la tête ; elle est déduite des restrictions de base pour l'absorption spécifique crête (AS) qui est de 10 mJ/kg pour les personnes habilitées (ph) et 2 mJ/kg et les personnes non habilitées (pnh). Elle est considérée comme applicable aux sources d'émissions pulsées dont les fréquences sont supérieures ou égales à 1 000 MHz.

***Table 6.***

Type de personnes.	Limitation du niveau de densité d'énergie rayonnée W (1).
Personnes non habilitées (pnh).	W(pnh) inférieur ou égal à 0,08 J/m <sup>2</sup>
Personnes habilitées.	W(ph) inférieur ou égal à 0,4 J/m <sup>2</sup>
(1) La densité d'énergie s'obtient en effectuant le produit de la densité de puissance par la largeur d'impulsion.	

#### ***2.4.2. Limitation en champ crête.***

Le niveau de champ crête en fonction de la fréquence ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau 9 ci-dessous quelle que soit la durée d'exposition.

Les justifications concernant le choix des niveaux sont données dans le tableau 10.

***Figure 4.***

Niveaux de référence en valeurs crêtes de champs E, H et d'induction magnétique B.

Bandes de fréquences.	Intensité crête Ec du champ électrique (V/m).		Intensité crête Hc du champ magnétique (A/m).		Intensité crête Bc de l'induction magnétique (µT).	
	Ec(pnh)	Ec(ph).	Hc(pnh).	Hc(nh).	Bc(pnh).	Bc(ph).
Zones.	Verte	Jaune	Verte	Jaune	Verte	Jaune
1 - 8 Hz.	14 140	28 284	$\frac{4,52.10^4}{f^2}$	$\frac{2,30.10^5}{f^2}$	5,65.10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	2,82.10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>
8 - 25 Hz.	14 140	28 284	5 657/f	$\frac{2,82.10^4}{f}$	7 071/f	3,53.10 <sup>4</sup> /f
0,025 - 0,80 kHz.	$\frac{353}{f}$	$\frac{707}{f}$	$\frac{5,6}{f}$	$\frac{28,2}{f}$	7,07/f	35,35/f
0,80 - 0,82 kHz.	$\frac{353}{f}$	$\frac{707}{f}$	7	$\frac{28,2}{f}$	8,84	35,35/f
0,82 - 3 kHz.	$\frac{353}{f}$	862,6	7	34,5	8,84	43,41
3 - 65 kHz.	123	862,6	7	34,5	8,84	43,41
0,065 - 0,1 MHz.	123	862,6	7	2,26/f	6,25	2,82/f
0,1 - 0,150 MHz.	87 x 10 <sup>a</sup>	610 x 10 <sup>a</sup>	5 x 10 <sup>a</sup>	1,6 x 10 <sup>a</sup> /f	6,25 x 10 <sup>a</sup>	2 x 10 <sup>a</sup> /f
0,150 - 1 MHz.	87 x 10 <sup>a</sup>	610 x 10 <sup>a</sup>	0,73 x 10 <sup>a</sup> /f	$\frac{1,6}{f}$ x 10 <sup>a</sup>	0,92 x 10 <sup>a</sup> /f	2 x 10 <sup>a</sup> /f
1 - 10 MHz.	$\frac{87}{\sqrt{f}}$ x 10 <sup>a</sup>	$\frac{610}{f}$ x 10 <sup>a</sup>	0,73 x 10 <sup>a</sup> /f	$\frac{1,6}{f}$ x 10 <sup>a</sup>	0,92 x 10 <sup>a</sup> /f	2 x 10 <sup>a</sup> /f
10 - 400 MHz.	896	1 952	2,336	5,12	2,944	6,4
400 - 1 000 MHz.	44.√f	96.√f	0,1184 f <sup>1/2</sup>	0,256 f <sup>1/2</sup>	0,1472 f <sup>1/2</sup>	0,32 f <sup>1/2</sup>
1 GHz - 20 GHz.	6 400	14 400	16,98	38,19	21,34	48
20 GHz - 300 GHz.	1 952	4 384	5,12	11,52	6,4	14,4



**Remarques.**

Les niveaux de référence en champ crête ont été limités aux valeurs indiquées dans le tableau 9 par mesure de précaution ; il est toutefois important de signaler qu'aucun effet délétère pour la santé n'a été démontré pour des niveaux supérieurs.

*Figure 5.*

Bandes de fréquences.	Remarques concernant la détermination des niveaux de référence en champ crête.
1 Hz - 100 kHz.	Les niveaux sont obtenus en multipliant par $\sqrt{2}$ les niveaux de référence efficaces en champ E ou H figurant dans le tableau 5. Pour des impulsions périodiques de durée $t_p$ la fréquence équivalente peut être calculée selon la formule $f = 1/(2t_p)$ .
100 kHz - 10 MHz.	Les niveaux sont obtenus en multipliant les valeurs de référence efficaces en champ E ou H figurant dans le tableau 5 par :  $10^\alpha$ , où $\alpha = 0,665 \log\left(\frac{f}{10^5}\right) + 0,176$ , f étant exprimée en Hz.
10 MHz - 1 GHz et 20 GHz - 300 GHz.	Les niveaux sont obtenus en multipliant par 32 les niveaux de référence efficaces en champ E et H figurant dans le tableau 5 et par 1000 les niveaux de référence en densité de puissance moyenne figurant dans le tableau 6.
1 000 - 20 000 MHz.	Les niveaux dans cette bande ont été fixés respectivement à 6 400 et 14 400 V/m en considérant que les expositions effectuées (1) depuis 1972 et qui prenaient en compte la réglementation en vigueur au ministère de la défense, n'ont donné lieu à aucun effet délétère avéré. Il en résulte une discontinuité avec les niveaux des bandes de fréquences voisines.

(1) Expositions effectuées selon l'instruction qui était en vigueur (inst. n° 23/DN/DPC/PRA/HS du 8 août 1972) à un niveau maximum de densité de puissance moyenne de 550 W/m<sup>2</sup> soit 455 V/m moyen ou 14 400 V/m crête en considérant un facteur de forme 1000 pour les émissions pulsées.

## **2.5. Exigences à respecter pour les niveaux d'exposition à des émissions simultanées.**

Dans le cas d'une exposition à des champs électromagnétiques rayonnés par plusieurs sources émettant simultanément, il convient de s'assurer du respect des exigences définies dans le tableau 11 ci-après par les inéquations B51, B52, B53, B54, B55 et B56. Ces inéquations prennent en compte l'addition possible des différentes contributions ou composantes de chaque source en champ, courant et densité de puissance.

Ne doivent être prises en compte dans cette contribution que les sources dont les niveaux de champ ou de densité de puissance pris isolément sont respectivement supérieurs au tiers du champ ou au dixième de la densité de puissance, généré par la source d'illumination principale.

***Figure 6.***

Bandes de fréquences.	Exigences à respecter pour les personnes habilitées et les personnes non habilitées.	Numéro.	Effets cumulatifs concernés par cette exigence.
1 Hz ≤ F < 10 MHz.	$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{R,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$	B51	Stimulation électrique des muscles ou des nerfs périphériques par les courants induits.
	$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{65 \text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{R,j}} + \sum_{j>65 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$	B52	
100 kHz ≤ F ≤ 300 GHz.	$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left( \frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{R,i}} \right)^2 \leq 1$	B53	Effets thermiques.
	$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left( \frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{R,j}} \right)^2 \leq 1$	B54	
1 Hz ≤ F < 110 MHz.	$\sum_{k=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left( \frac{I_k}{I_{REF,k}} \right)^2 \leq 1$	B55	Effets des courants de contact et des courants induits dans les membres et en particulier dans les extrémités.
	$\sum_{n>1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \left( \frac{I_n}{I_{REF,n}} \right)^2 \leq 1$	B56	

Les paramètres et variables figurant dans les inéquations du tableau 11 ci-dessus, sont définies ci-après :

- $E_i$  est l'intensité du champ électrique à la fréquence  $i$  ;
- $ER_i$  est le niveau de référence de l'intensité du champ électrique du tableau 5 de la présente annexe ;
- $H_j$  est l'intensité du champ magnétique à la fréquence  $j$  ;
- $HR_j$  est le niveau de référence de l'intensité du champ magnétique du tableau 5 de la présente annexe ;
- $a$  est une constante égale à 610 V/m pour les personnes habilitées et 87 V/m pour les personnes non habilitées ;
- $b$  est une constante égale à 24,4 A/m pour personnes habilitées et 5 A/m pour les personnes non habilitées ;
- $c$  est égal à  $610/f$  V/m pour les personnes habilitées et  $87/\sqrt{f}$  V/m pour les personnes non habilitées ( $f$  en MHz) ;
- $d$  est égal à  $1,6/f$  A/m pour les personnes habilitées et  $0,73/f$  A/m pour les personnes non habilitées ( $f$  en MHz) ;
- $I_k$  est la composante de courant induit dans les extrémités à la fréquence  $k$  ;
- $IREF_k$  est le niveau de référence pour les courants induits dans les extrémités (corps humain isolé) ;
- $I_n$  est la composante des courants à la fréquence  $n$  ;
- $IREF_n$  est le niveau de référence pour les pré-courants de contact à la fréquence  $n$ .

Lorsque les différentes inéquations présentées dans le tableau ci-dessus ne peuvent pas être directement satisfaites, il convient d'identifier dans une première phase, la source d'indice «  $n$  » qui est la plus contraignante dans le processus de sommation de façon à l'isoler et à prendre des mesures de protection pour réduire ses effets. Il faut analyser les restrictions applicables à cette source (diminution de puissance, occultation sectorielle si source directionnelle, etc.), qui permettraient de satisfaire l'inéquation. Dans une deuxième phase, si les restrictions précédentes ne sont pas acceptables, il faut analyser les restrictions applicables à la source de rang «  $n - 1$  » possédant le niveau de puissance rayonnée (2) immédiatement inférieur à celui de la source de rang «  $n$  ». On doit procéder ainsi de façon itérative de manière à trouver des conditions et restrictions acceptables permettant de satisfaire ces inéquations.

Il est important de signaler que le fait que plusieurs sources puissent émettre simultanément peut parfois entraîner une modification des zones d'exposition qui avaient été initialement définies pour chaque source prise séparément.

Il peut en résulter, en effet, un passage d'une partie de certaines zones en des zones de risque immédiatement supérieur (passage d'une zone verte en zone jaune, ou d'une zone jaune en zone orange ou rouge).

Lorsque les sources appartiennent à un même organisme, ce risque peut être parfaitement identifié au moment de l'élaboration du dossier de site et pris en compte dans l'étude de sécurité.

Lorsque les sources n'appartiennent pas à un même organisme, il appartient à l'organisme qui élabore son dossier de site, et qui se situe dans la zone verte des émetteurs des autres organismes, de veiller à ce que l'émission simultanée des émetteurs de son site et de celle du site voisin ne conduise pas à une impossibilité de satisfaire l'une des inéquations du tableau 11.

## 2.6. Expositions partielles.

Lorsque le corps humain se trouve partiellement illuminé (cas de personnes affectées à certains postes de travail pour lesquels la source d'émission est intégrée au poste lui-même) la distribution spatiale du champ ou de la densité de puissance n'est pas uniforme ; les niveaux de champs  $E_i$  et  $H_i$  auxquels sont soumises les parties du corps de surface  $S_i$  doivent alors être combinés de façon à satisfaire les exigences suivantes :

Pour les fréquences  $F$  inférieures ou égales à 300 MHz, l'exigence est exprimée en niveau de champ  $E$  ou champ  $H$  ( $E$  étant exprimé en V/m et  $H$  en A/m)

*Equation 14.*

$$\sum_i E_i^2 (S_i / S) < E^2 \text{ et } \forall i, E_i^2 < 20 E^2 \quad (\text{B61})$$

$$\sum_i H_i^2 (S_i / S) < H^2 \text{ et } \forall i, H_i^2 < 20 H^2 \quad (\text{B62}).$$

Pour les fréquences  $F$  supérieures à 300 MHz, l'exigence est exprimée en niveau de densité de puissance  $p$  ( $p$  exprimé en  $\text{W/m}^2$ )

*Equation 15.*

$$\sum_i p_i (S_i / S) < p \text{ et } \forall i, p_i < 20 p \quad (\text{B63}).$$

Les valeurs de champ ou de densité de puissance indiquées ci-dessus sont applicables à toutes les parties du corps (sauf les yeux et les testicules) pour lesquelles les valeurs de référence en exposition globale s'appliquent directement.

---

(1) Elle est applicable aux impulsions radar et concerne essentiellement les impulsions de durée inférieure à 30 microsecondes. Néanmoins elle reste aussi applicable à titre de précaution aux impulsions plus longues telles que celles de radar à compression d'impulsion dont la durée peut atteindre une centaine de microsecondes.

(2) Produit de la puissance moyenne  $P$  (en W) par le gain numérique  $G$  ( $= 10(0,1 * \text{Gain}(\text{db}))$ ).

ANNEXE IV.  
**PROGRAMME DE FORMATION DE LA PERSONNE COMPÉTENTE EN PRÉVENTION DES  
RISQUES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET DE L'EXPERT DU RAYONNEMENT  
ÉLECTROMAGNÉTIQUE.**

1. Bien que la désignation des *PCREM* et des *EREM* ne soit subordonnée à aucune condition de diplôme ou de titre scolaire ou universitaire, on peut considérer que :

- le *PCREM* possède un niveau de culture générale scientifique et technique équivalent à celui requis pour se présenter aux épreuves d'un brevet technique supérieur ou d'un diplôme universitaire de technologie ;
- l'*EREM* possède un niveau de culture générale scientifique et technique équivalent à celui d'un ingénieur (niveau maîtrise minimum).

2. Le programme de formation du *PCREM* et de l'*EREM* devrait comporter au minimum le développement des thèmes suivants :

**2.1. Dispositions réglementaires et normatives.**

**2.1.1. Recommandations internationales :**

- international commission on non-ionizing radiation protection (*ICNIRP*) ;
- commission économique européenne ;
- organisation du traité de l'Atlantique Nord (*OTAN*).

**2.1.2. La réglementation française :**

- code du travail ;
- code de la santé publique ;
- décrets et arrêtés concernant la protection du public et des travailleurs.

**2.1.3. Dispositions normatives applicables aux sources de rayonnements.**

**2.2. Organisation de la prévention dans l'organisme.**

**2.2.1. Rôle du chef d'organisme :**

- mesures techniques ;
- mesures administratives : consignes et affichage ;
- mesures médicales.

**2.2.2. Rôle de l'expert « risques rayonnements électromagnétiques ».**

**2.2.2.1. Analyse des postes de travail :**

- le matériel ;
- les procédés ;

- l'organisation du travail ;
- la rédaction des consignes de sécurité.

#### 2.2.2.2. Respect des mesures de protection :

- état des installations et matériels ;
- les zones d'exposition (zones contrôlées et non contrôlées) ;
- la signalisation.

#### 2.2.2.3. Incidents et accidents :

- recensement des situations et modes de travail dangereux ;
- plan d'intervention ;
- conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident ;
- comptes rendus d'accident ou d'incident.

#### 2.2.2.4. Formation à la sécurité des agents exposés.

#### 2.2.2.5. Relations avec la médecine de prévention.

#### 2.2.2.6. Responsabilité civile et pénale.

### 2.3. **Rôle du médecin de prévention. Examens médicaux.**

## 3. Principes généraux techniques.

### 3.1. Physique des rayonnements électromagnétiques.

### 3.2. Grandeurs et unités.

### 3.3. Principales applications des rayonnements électromagnétiques.

### 3.4. Interaction des rayonnements avec la matière et les organismes vivants.

### 3.5. Évaluation par le calcul des intensités de champs et des densités de puissance.

### 3.6. Connaissance des appareils de mesures, aptitude à les utiliser, incertitudes de mesures.

### 3.7. Équipements de protection contre les rayonnements (collective et individuelle).



## ANNEXE V. DÉTERMINATION DES ZONES DE SÉCURITÉ.

Les zones d'exposition ou zones de sécurité concernant une source d'émission donnée ont été définies dans le cadre du point 7. Elles sont classées en 4 catégories :

- a). Les zones « verte ».
- b). Les zones « jaune ».
- c). c) Les zones « orange ».
- d). d) Les zones « rouge ».

La démarche permettant de délimiter les zones d'exposition pour un site donné se décompose selon les 4 phases qui sont décrites ci-après et dont le déroulement logique est synthétisé sur le diagramme de la planche 1 ci-après.

### 1. PHASE 1. IDENTIFICATION DES SOURCES D'ÉMISSION ET DES STRUCTURES RAYONNANTES.

Cette phase consiste pour un site donné à répertorier toutes les caractéristiques des sources d'émissions et de leurs structures rayonnantes ainsi que les zones où les personnels peuvent passer occasionnellement ou séjourner de façon prolongée. Ces données sont nécessaires pour effectuer les calculs proposés dans la phase 2. Les caractéristiques des sources indispensables pour effectuer une première délimitation des zones sont les suivantes :

- la puissance moyenne ;
- la puissance de crête ;
- la durée d'impulsion ;
- les fréquences d'émission ;
- le gain de l'antenne ;
- l'angle d'ouverture à 3 dB dans les plans vertical et horizontal (pour les antennes directionnelles) ;
- les dimensions de l'antenne (pour les antennes directives de type radar) <sup>(1)</sup> ;
- la hauteur par rapport au sol du centre radioélectrique de l'antenne (centre de la source rayonnante).

A noter qu'il est aussi recommandé à ce stade :

- a). De classer les sources selon leurs caractéristiques de mobilité (sources fixes et sources mobiles) et selon leur niveau de puissance ; le cas des sources de faible puissance peut être exclu dans un premier temps (point 7.5).
- b). D'identifier les opérations et les tâches que les personnels ont à réaliser en zone proche d'émission (sur une distance de 20 m environ autour de l'antenne en émission) de façon à estimer leur durée maximale (texpl) sachant que cette durée doit être obligatoirement inférieure à l'intervalle de temps moyen (tm) pour la bande de fréquences considérée (6 minutes pour la bande de fréquences 100 kHz - 10 GHz).

## 2. PHASE 2. DÉLIMITATION DES ZONES D'EXPOSITION PROPRES A CHAQUE SOURCE : CALCUL DES DISTANCES CORRESPONDANT AUX FRONTIÈRES ENTRE ZONES.

Cette phase consiste à identifier l'antenne de chaque source d'émission et à calculer, à partir des relations qui sont définies dans le tableau 1 ci-après, les distances maximales auxquelles sont atteints les différents niveaux de référence qui sont donnés en annexe III.2. Ces distances correspondent, en première approximation pour chaque source, aux frontières suivantes :

- la frontière entre la zone « verte » et la zone « jaune » donnée par la distance « *DVJ* » ;
- la frontière entre la zone « jaune » et la zone « rouge » (lorsque la zone « orange » n'existe pas) donnée par la distance « *DJR* » ;
- la frontière entre la zone « jaune » et la zone « orange » (lorsque la zone « orange » existe) donnée par la distance « *DJO* » ;
- la frontière entre la zone « orange » et la zone « rouge » (lorsque la zone « orange » existe) donnée par la distance « *DOR* ».

Lorsque la zone orange n'existe pas on a  $DJO = DJR$ .

## 3. PHASE 3. IDENTIFICATION ET ANALYSE DES CONTRAINTES.

L'examen des distances de chacune des frontières calculées lors de la phase 2 pour chaque source d'émission, contribue en général à l'identification d'un certain nombre de contraintes et d'imprécisions que l'on peut regrouper selon les dix catégories suivantes :

- a). Existence dans les zones concernées, d'obstacles, de bâtiments ou structures diverses qui sont susceptibles de modifier le rayonnement des sources d'émission.
- b). Valeurs de champ ou de densité de puissance, dans certaines zones occupées par du personnel, trouvées supérieures aux niveaux de référence ou aux niveaux d'exposition maximum admissible, lorsqu'elles sont calculées en utilisant les formules simplifiées de l'annexe VI.
- c). Existence dans les zones concernées, de bâtiments où résident des personnels durant des périodes de durées très supérieures aux temps d'exposition autorisés en première approximation.
- d). Existence de zones pour lesquelles l'interdiction ou la limitation d'accès se révèle inacceptable du point de vue opérationnel.
- e). Une topologie du terrain (sa dénivellation en particulier) qui peut conduire, par exemple, à une non-illumination des zones considérées, au départ, comme exposées.
- f). Existence de structures métalliques conductrices placées dans la zone d'illumination des sources étudiées et situées à des emplacements où des individus peuvent librement accéder. Cette constatation justifie la nécessité d'évaluer et de mesurer les courants dits « de contact ».
- g). Existence de zones d'exposition communes à plusieurs sources d'émission et pour lesquelles il convient de prendre en compte les critères relatifs aux émissions simultanées. Une vérification des critères définis en annexe III.2.5 s'impose et permet de déterminer le périmètre des zones concernées.
- h). L'imprécision et l'inexactitude du diagramme de rayonnement des antennes en zone proche ; il est important de noter que le diagramme de rayonnement généralement donné pour une antenne est le diagramme en champ lointain ; pour les antennes radar en particulier, ce diagramme n'est pas utilisable dans la zone proche car les angles à 3 dB augmentent et de façon inversement proportionnelle à la distance entre le point d'observation et le centre radioélectrique de l'antenne.

i). Existence d'antennes à balayage, en mouvement ou de sources à émission discontinue. Il est possible dans ce cas de réduire les risques en prenant en compte la durée réelle d'exposition des personnes [relations définies en annexe VI, f)] ; les allègements obtenus en utilisant le facteur rotatoire de réduction étant importants, il convient chaque fois que c'est possible de confirmer la validité de ce coefficient en procédant à des mesures en configuration antenne immobile et antenne en mouvement.

j). Paramètres d'émission des sources de rayonnement non facilement identifiables (par exemple sources mobiles et inconnues ou émetteurs du voisinage non identifiés).

Afin de trouver des solutions pour réduire les contraintes mises en évidence (en particulier, lorsqu'elles sont jugées inacceptables) et tenir compte des imprécisions identifiées, il est alors recommandé d'effectuer dans un premier temps des calculs complémentaires en prenant en compte les informations données en annexe VI.

L'exploitation des résultats obtenus permet d'identifier dans un deuxième temps les zones critiques ou les incertitudes qui doivent donner lieu à une campagne de mesures.

On procède alors à l'élaboration d'un programme expérimental de mesures d'environnement électromagnétique sur les sites concernés et dans les zones qui ont été retenues comme pouvant être critiques à l'issue de cette phase d'analyse. Ce programme de mesure qui dépend directement des conclusions de la phase d'analyse précédente, comporte essentiellement des mesures, dans les zones dites « critiques », du niveau de champ moyen E, H, du niveau de champ crête Ec, Hc, du niveau de densité de puissance, du niveau de densité d'énergie ou des intensités de courants.

Selon les cas prévus, on peut réaliser ces mesures pour une source donnée ou plusieurs sources émettant simultanément.

#### 4. PHASE 4. MESURES ET EXPLOITATION DES RÉSULTATS.

Les mesures effectuées permettent d'une part, de valider et d'autre part, d'affiner les résultats des calculs effectués dans les phases 2 et 3. Elles permettent notamment de répondre directement et de façon spécifique aux interrogations qui sont posées dans les cas suivants :

- a). Émissions simultanées ne satisfaisant pas les critères définis en annexe III.2.5.
- b). Risques possibles de courants de contact qu'il convient de maîtriser.
- c). Existence de zones ponctuelles exposées qu'il convient de protéger ou de baliser avec précision.

Lorsque les résultats des mesures effectuées en phase 4 ne permettent pas de lever certaines contraintes jugées inacceptables, il est alors nécessaire de procéder pour les zones d'exposition concernées, à un examen des restrictions de base <sup>(2)</sup> définies en annexe III.1 et de vérifier <sup>(3)</sup> si malgré le dépassement des niveaux de référence (annexe III.2) les exigences concernant ces restrictions sont respectées.

Lorsque cette dernière tentative s'avère infructueuse, il n'existe alors aucune autre alternative que d'utiliser des moyens de protection pour maîtriser les risques encourus. Parmi ces moyens, les plus courants consistent :

- à utiliser des barrières métalliques, grillagées ou des panneaux ou des revêtements absorbants pour certaines bandes de fréquences ;
- à munir de revêtements isolants, les structures pouvant générer des courants de contact ;
- à effectuer des occultations sectorielles de faisceau pour les émetteurs radar ;
- à diminuer la puissance d'émission ;

- à procéder à un changement de fréquence ;
- à relever le site minimal à l'antenne d'émission pour les émetteurs radar ;
- à planifier les émissions dans le temps en fonction de la présence effective ou non des personnels dans une zone déterminée et à baliser ces zones en les munissant d'avertisseurs ou signaux lumineux permettant d'interdire leur accès pendant les durées d'émission ;
- à doter (en dernier ressort) les personnes devant séjourner dans une zone exposée, d'habits de protection spéciaux permettant de garantir la tenue des niveaux de référence avec une marge de sécurité acceptable (au moins supérieure à 3 dB).

***Figure 7. Distances des frontières entre les zones d'exposition.***

## Distances des frontières entre les zones d'exposition.

Distance $D_{VJ}$ de la frontière entre zone verte et zone jaune : $D_{VJ}$ = valeur max [d1, d2, d3].	Distance $D_{JO}$ de la frontière entre zone jaune et zone orange : $D_{JO}$ = valeur max [d1, d2, d3].	Distance $D_{OR}$ de la frontière entre zone orange et zone rouge : $D_{OR}$ = valeur max [d1, d2, d3].
$d1 = \left[ \frac{30.\alpha.k.P.10^{\frac{G}{10}}}{E^2(pnh)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d1 = \left[ \frac{30.\alpha.k.P.10^{\frac{G}{10}}}{E^2(ph)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d1 = \left[ \frac{30.\alpha.k.P.10^{\frac{G}{10}}}{E^2(ph)} \frac{t_{expl}}{t_m} \right]^{\frac{1}{2}}$
$d2 = \left[ \frac{30.k.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{Ec^2(pnh)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d2 = \left[ \frac{30.k.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{Ec^2(ph)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d2 = \left[ \frac{30.k.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{Ec^2(ph)} \right]^{\frac{1}{2}}$
$d3 = \left[ \frac{k.\tau.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{4\pi.W(pnh)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d3 = \left[ \frac{k.\tau.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{4\pi.W(ph)} \right]^{\frac{1}{2}}$	$d3 = \left[ \frac{k.\tau.Pc.10^{\frac{G}{10}}}{4\pi.W(ph)} \right]^{\frac{1}{2}}$

## Remarques concernant les variables et paramètres du tableau 1.

a).  $P$  et  $P_c$  sont respectivement la puissance moyenne et la puissance crête d'émission des sources, exprimées en watts. La puissance moyenne  $P_{ma}$  rayonnée par une source d'émission radio, lorsqu'elle émet en modulation d'amplitude, est supérieure à la puissance moyenne  $P$  qu'elle émettrait en porteuse pure. Il s'avère donc nécessaire, dans ce cas, de remplacer  $P$  par  $P_{ma}$  dans les relations ci-dessus. Lorsque  $P_{ma}$  n'est pas connu, il est recommandé de choisir  $P_{ma} = 4 P$ . A noter qu'en porteuse pure la puissance crête du signal est le double de la puissance moyenne (du fait que le champ crête est égal à  $\sqrt{2}$  fois le champ efficace).

b).  $k = 2$  lorsque des structures métalliques situées dans la zone considérée sont susceptibles de créer des réflexions.  $k = 1$  dans les autres cas.

c).  $G$  est le gain maximal de l'antenne d'émission exprimé en décibels (dB) c'est-à-dire sous la forme  $G = 10 \log P_1/P_2$  où  $P_1$  est la puissance rayonnée dans la direction du lobe principal et  $P_2$  la puissance qui serait rayonnée si l'antenne était omnidirectionnelle. Une antenne dont le rapport  $P_1/P_2$  est égal à 1000 possède un gain égal à 30 dB. Lorsque le gain d'antenne n'est pas connu et que l'antenne émet à peu près de façon omnidirectionnelle il est recommandé de prendre  $G = 3$  en quotient ce qui correspond à un gain de 4,8 dB.

d).  $\alpha = 1$  sauf lorsque l'on tient compte des allègements concernant les sources radar à balayage de faisceau ou les sources à émission discontinue dans la mesure où ces allègements sont justifiés. Pour ce type de source, qui est inférieur à 1, est calculé selon la méthode définie en annexe VI.f). A noter que lorsque  $\alpha < 1$  on a obligatoirement  $t_{expl}/t_m = 1$  et il n'existe pas de zone orange [se reporter à h)].

Comme  $d$  dépend de la distance, il est nécessaire d'effectuer les calculs en plusieurs phases : une première phase qui permet de connaître les distances  $D_{vj}$ ,  $D_{jr}$  et une deuxième phase où, connaissant ces distances, on peut calculer  $d$  et l'utiliser dans les relations ci-dessus donnant les distances de type  $d_1$ .

L'existence ou non d'une phase de calcul supplémentaire dépend toutefois du résultat obtenu. En effet, si les distances obtenues correspondent au domaine de validité de la relation utilisée [cf. annexe VI, f)] pour le calcul de  $d$  (domaine de validité par rapport à  $d = 0,5 D^2/\lambda$ ), le calcul peut s'arrêter à ce stade. Par contre si l'on constate le contraire, il est nécessaire de procéder à une nouvelle évaluation de  $d$  en utilisant la relation adéquate selon la méthodologie définie en annexe VI, f). On procède de la sorte par itérations successives jusqu'à ce que la distance obtenue soit compatible avec le domaine de validité de la relation qui a permis de calculer  $d$ .

e).  $E(pnh)$  et  $E(ph)$  sont les niveaux de référence exprimés en valeur efficace moyenne de champ (V/m) et correspondent respectivement aux personnes non habilitées (pnh) et aux personnes habilitées (ph). Ils doivent être choisis parmi les niveaux donnés dans le tableau 5 de l'annexe III.2.1, en fonction de la bande de fréquences couverte par la source considérée. Il est recommandé de choisir le niveau de référence le plus bas dans la bande de fréquences de la source d'émission de façon à obtenir la distance la plus grande.

f).  $E_c(pnh)$  et  $E_c(ph)$  sont les niveaux de référence exprimés en valeur crête de champ (V/m) et correspondent respectivement aux personnes non habilitées (pnh) et aux personnes habilitées (ph). Ils doivent être choisis parmi les niveaux donnés dans le tableau 9 de l'annexe III.2.4, en fonction de la bande de fréquences couverte par la source considérée. Il est recommandé de choisir le niveau de référence le plus bas correspondant à la bande de fréquences de la source d'émission de façon à obtenir la distance la plus grande.

g).  $W(pnh) = 0,08 \text{ J/m}^2$  et  $W(ph) = 0,4 \text{ J/m}^2$  qui sont issus du tableau 8 de l'annexe III.2.4.1, sont les seuils de densité d'énergie qui ne doivent pas être dépassés pour les émissions radar pulsées pour les fréquences  $F$  supérieur ou égal à 1 000 MHz. Pour les fréquences  $F < 1 000 \text{ MHz}$  on doit considérer que  $d_3 = 0$ . La variable  $\tau$  est la durée de l'impulsion exprimée en secondes (limitée à  $\tau = 100 \mu\text{s}$

conformément à l'annexe III.2.4.1).

h).  $t_m$  et  $t_{expl}$  sont respectivement l'intervalle de temps moyen et la durée d'exposition limite. Il y a lieu de noter que  $t_{expl}$  est toujours inférieur à  $t_m$  (qui a été défini dans le tableau du paragraphe 6.3 de l'instruction ;  $t_m = 6mn$  pour 100 kHz inférieur ou égal à  $F < 10$  GHz et  $t_m = 68/f^{1,05}$  pour 10 GHz inférieur ou égal à  $F < 300$  GHz) et que le rapport  $t_{expl}/t_m$  n'existe que pour les fréquences supérieures à 100 kHz. Pour les fréquences inférieures à 100 kHz, le rapport  $t_{expl}/t_m$  doit être considéré égal à 1. On ne peut donc pas créer de zone orange pour les fréquences inférieures à 100 kHz.

En ce qui concerne les antennes à balayage (émission radar), lorsque l'on tient compte du coefficient rotatoire de réduction ( $< 1$ ) il est convenu de choisir  $t_{expl}/t_m = 1$ .

En effet, la durée d'exposition limite pour ce type d'antenne devrait être déterminée en prenant en compte le temps d'illumination de la zone exposée lors de chaque période de rotation. La durée d'exposition ne correspond donc pas à la durée réelle de séjour dans la zone dite exposée mais à la somme des durées d'illumination de la zone par le faisceau radar qui passe périodiquement sur la zone dite exposée. Le temps d'exposition limite devrait donc en toute rigueur être calculé en prenant en compte les deux exigences 3 et 4 définies au point 7.3 et rappelées ci-dessous :

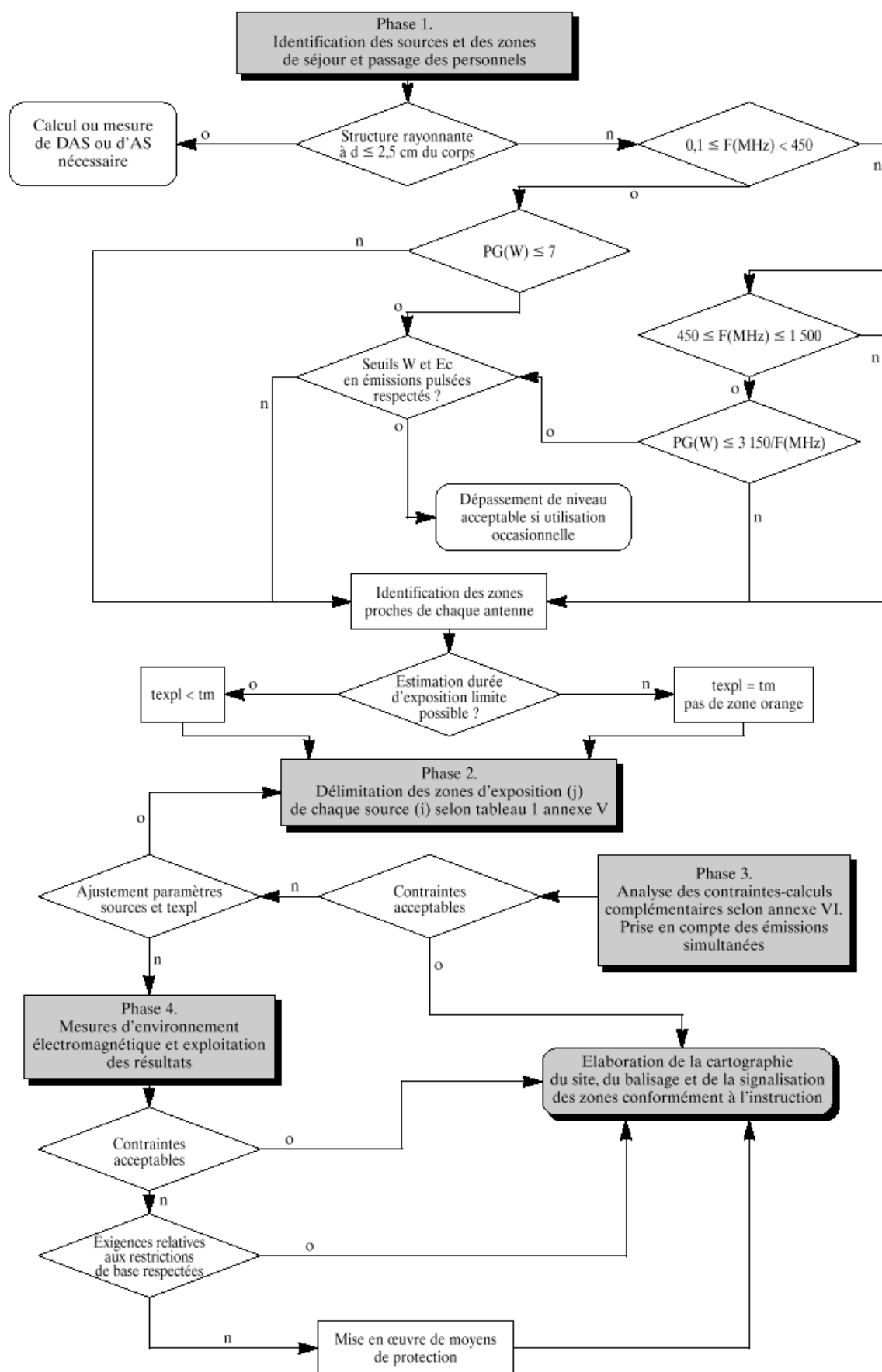
**Equation 16.**

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad & \sum_1^i N_{\text{exp}}(i) \sqrt{t_{\text{exp}}(i)} \leq \sqrt{t_m} \cdot N_{\text{ref}} [(V/mn \text{ A/m}).\text{min}^{1/2}] \\ \textcircled{2} \quad & \sum_1^i N_{\text{exp}}(i) \cdot t_{\text{exp}}(i) \leq t_m \cdot N_{\text{ref}} [W/m^2.\text{min}] \end{aligned}$$

Compte tenu de la complexité du calcul, il a été convenu que pour les antennes à balayage, seule l'une des deux solutions suivantes était applicable :

- soit on tient compte du facteur rotatoire d'antenne ( $< 1$ ) et on considère  $t_{expl}/t_m = 1$  ; il ne peut exister alors que trois zones d'exposition (zone verte, zone jaune, zone rouge) ;
- soit on ne tient pas compte du facteur rotatoire d'antenne ( $= 1$ ) et on considère  $t_{expl}/t_m$  inférieur à 1. L'antenne est alors supposée immobile et pointée sur la zone exposée et dans ce cas on peut définir un temps d'exposition limite qui conduit à l'existence d'une zone orange.

**Figure 8. Planche 1.**





---

(1) Ces dimensions longueur, largeur ou diamètre, seront celles de la figure (rectangle ou cercle) formée par la projection de l'antenne sur un plan perpendiculaire à l'axe de propagation des ondes.

(2) Ce type de scénario se produit assez souvent lorsque la source de rayonnement est directement intégrée dans un poste de travail. Elle peut donner lieu à des fuites dites « hyperfréquences » par exemple lorsqu'il s'agit d'un raccord d'antenne effectué par un guide d'onde qui passe à proximité des personnels ou à une illumination par rayonnement direct lorsqu'il s'agit d'une source d'émission dont la structure rayonnante est constituée par le poste de travail lui-même (cas d'un cockpit d'hélicoptère par exemple pour lequel la position du pilote et de sa tête revêt une importance pour l'estimation du DAS).

(3) La vérification des restrictions de base nécessite en général l'utilisation de méthodes de calcul numériques ou de méthodes de mesures complexes qui ne sont pas décrites dans le cadre de la présente instruction.

ANNEXE VI.  
**FORMULES SIMPLIFIÉES DE CALCUL D'ENVIRONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.**

*Figure 9. Formules simplifiées de calcul d'environnement électromagnétique.*

FORMULES SIMPLIFIEES DE CALCUL D'ENVIRONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE.

Grandeur.		Unité.	Formules.	Paramètres.
Densité de puissance (va- leur moyenne).	p	W/m²	$p = \frac{P.G}{4.\pi.d^2} k$	P : puissance moyenne (W). G : exprimé sous la forme d'un quotient (a). D : distance (m). K = 1 dans le cas général et k = 2 si réflexions.
Densité de puissance (va- leur moyenne).	p	W/m²	$p = \frac{E^2}{120\pi} = 120\pi H^2$	E : valeur efficace de la composante électri- que du champ électromagnétique (V/m). H : valeur efficace de la composante magnétique du champ électromagnétique (A/m).
Densité de puissance (va- leur crête).	p <sub>c</sub>	W/m²	$p = \frac{Pc.G}{4.\pi.d^2} k$	Pc : puissance crête (W). G : exprimé sous la forme d'un quotient (a). D : distance (m). K = 1 dans le cas général et k = 2 si réflexions.
Densité de puissance (va- leur crête).	p <sub>c</sub>	W/m²	$p = \frac{Ec^2}{120\pi^2} = 120\pi H_c^2$	Ec : valeur crête de la composante électri- que du champ électromagnétique (V/m). Hc : valeur efficace de la composante magnétique du champ électromagnétique (A/m).
Densité d'énergie.	W	J/m²	$W = \frac{Pc.G.\tau}{4.\pi.d^2} k$	Pc : puissance de crête (W). G : gain exprimé sous la forme d'un quo- tient (a). D : distance (m). τ : largeur d'impulsion (s). k = 1 dans dans le cas général et k = 2 si réflexions.
Intensité du champ électri- que (valeur efficace de la composante électrique du champ électromagné- tique).	E	V/m	$E = \frac{\sqrt{30P.k.G}}{d}$	P : puissance moyenne (W). G : gain exprimé sous la forme d'un quo- tient (a). D : distance (m). K = 1 dans le cas général et k = 2 si réflexions.
Intensité crête du champ électrique (valeur crête de la composante électrique du champ électromagnétique).	Ec	V/m	$E = \frac{\sqrt{30Pc.k.G}}{d}$	Pc : puissance de crête (W). G : gain exprimé sous la forme d'un quo- tient (a). D : distance (m). K = 1 dans le cas général et k = 2 si réflexions.

## Remarques.

a). Champs E, Ec et densités de puissance p et pc.

En l'absence de précision sur les types de niveaux (valeur efficace ou valeur crête), avec lesquels sont exprimés les champs électromagnétiques, on considère que ce sont les valeurs efficaces qui prévalent [Certains effets électriques sont proportionnels à la racine carrée de la moyenne du carré d'une fonction périodique (sur une période). Cette valeur est appelée valeur efficace ou effective, et est obtenue en commençant par mettre la fonction au carré, en déterminant la valeur moyenne des valeurs carrées obtenues, puis en prenant la racine carrée de cette valeur moyenne. Elle se définit mathématiquement comme la valeur efficace des carrés des valeurs instantanées du signal :

*Figure 10.*

$$x_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [x(t)]^2 dt}$$

ou x(t) est le signal variant dans le temps et T la période du signal.]. On utilise indifféremment les notions d'intensité de champ électrique ou de valeur efficace moyenne du champ. Le terme « valeur moyenne » qui est employé abusivement pour caractériser une densité de puissance est surtout destiné à préciser que cette densité est calculée ou mesurée en se référant à la puissance moyenne d'émission. Il s'agit bien d'une densité de puissance efficace. Ce terme prend toute sa signification avec les émissions pulsées pour lesquelles on introduit respectivement les notions de densité de puissance « moyenne » et de densité de puissance « crête ». L'une correspond à la densité existant pendant la durée de l'impulsion, l'autre à la densité de puissance mesurée ou calculée sur la période du signal impulsif.

b). Gain d'antenne.

Lorsque la valeur du gain d'antenne est exprimée en dB on peut transformer cette valeur en un quotient P1/P2 en appliquant la relation  $10^{G/10}$  dans laquelle G est exprimé en dB.

Lorsque le gain est exprimé par un quotient de forme P1/P2, son expression en dB est donnée P1 par  $G = 10 \log P1/P2$ . Lorsque le gain d'une P2 antenne n'est pas connu et que cette dernière est réputée être quasi omnidirectionnelle, il est recommandé de prendre  $G = 3$  (en quotient) ce qui correspond à un gain de 4,8 dB.

c). Puissance d'émission.

P et Pc sont respectivement la puissance moyenne et la puissance crête d'émission des sources considérées, exprimées en Watt.

On considère que la puissance crête Pc d'une source émettant une puissance moyenne P en porteuse pure (signal sinusoïdal non modulé) est égale à 2P (champ crête =  $\sqrt{2}$  champ efficace). La puissance moyenne Pma rayonnée par une source d'émission radio, lorsqu'elle émet en modulation d'amplitude, est supérieure à sa puissance moyenne P émise en porteuse pure. Il s'avère donc nécessaire, pour les émissions de ce type, de remplacer P par Pma dans les relations ci-dessus. Lorsque la puissance Pma n'est pas connue, il est recommandé de choisir  $Pma = 4 P$ .

d). Zone proche et axe radioélectrique.

Pour les sources d'émission de type radar les distances de sécurité sont calculées sur l'axe radioélectrique. On considère l'existence de deux zones sur cet axe :

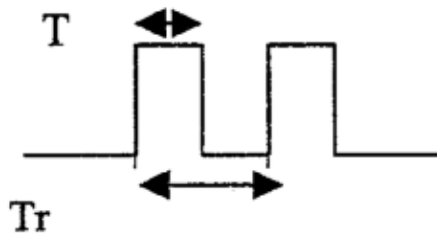
- une zone dite de champ proche caractérisée par  $d$  inférieur ou égal à  $2D^2/\lambda$  où  $D$  est la plus grande dimension de l'antenne et  $\lambda$  la longueur d'onde <sup>(1)</sup> d'émission. A l'intérieur de cette zone il existe une zone dite de « champ réactif » dans laquelle les mesures sont délicates et dans laquelle il convient de mesurer séparément les champs  $E$  et  $H$  ;
- une zone dite de champ lointain caractérisée par la relation  $d > 2D^2/\lambda$ .

Pour les sources d'émission radio, et pour la zone  $d$  inférieur ou égal à  $\lambda/2$  les relations ci-dessus peuvent, en zone proche, à proximité des antennes, dans certaines configurations (diffractions par des structures métalliques), conduire à une sous-estimation des niveaux de champs. Il est donc recommandé, dans ce cas, de procéder à des mesures de  $E$  et de  $H$  pour confirmer les valeurs calculées.

e). Puissance moyenne des ondes pulsées (cas des sources de type radar).

Une onde modulée en impulsions est représentée sur la figure suivante :

*Figure 11.*



Ce type de rayonnement (émissions pulsées) est caractéristique des émetteurs radars.

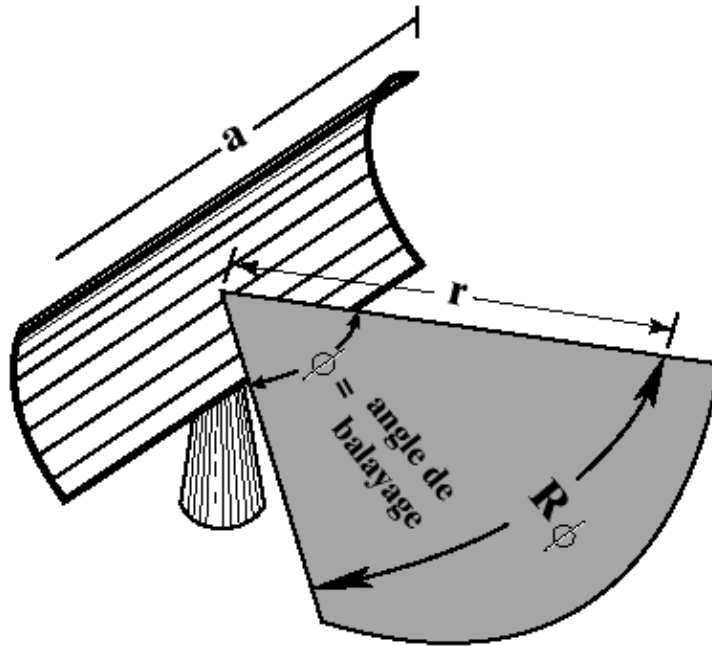
On désigne par  $F$  le facteur de forme d'une onde pulsée qui correspond au rapport de  $T$  sur  $Tr$ .

$F = T/Tr$ , où  $T$  désigne la durée d'une impulsion (en seconde) dans une suite d'oscillations sur la durée  $Tr$  (en secondes) séparant deux impulsions consécutives.

On désigne par  $f_r$  la fréquence de répétition des impulsions, qui est égale à  $f_r = 1/Tr$ . La puissance moyenne  $P$  d'une onde pulsée est donnée par la relation,  $P = Pc.F$ , dans laquelle  $Pc$  désigne la puissance de crête de l'onde.

f). Antennes à balayage.

*Figure 12.*



La densité de puissance efficace  $p_m$  mesurée en un point fixe dans le voisinage d'une antenne à balayage, en mouvement, peut être évaluée à partir de la densité de puissance  $p_s$  mesurée lorsque cette antenne est stationnaire, en utilisant la relation suivante :

$$p_m = p_s$$

où  $p_s$  est la densité de puissance rayonnée dans le lobe principal de l'antenne fixe à une distance  $r$  donnée, et  $\alpha$  est le coefficient dit « facteur rotatoire de réduction » de l'antenne.

L'introduction du coefficient  $\alpha$  revient en fait à moyennner la densité de puissance sur une période de rotation, du fait que l'antenne tourne et n'illumine un point donné que pendant un court instant.

1. Détermination de  $\alpha$  dans la zone très proche de l'antenne dans la zone  $d < 0,5 D^2/\lambda$ .

$$\alpha = a/R \text{ où}$$

- $\alpha$  est l'angle de balayage (en radian) ;
- $a$  la dimension de l'antenne dans le plan de balayage (rotation) exprimée en mètres ;
- $R = r$  = la circonférence du secteur balayé par l'antenne à une distance  $r$  exprimée en mètres.

Lorsque l'on effectue le calcul du facteur rotatoire  $\alpha$  dans la zone proche et en particulier pour  $d < 0,5 D^2/\lambda$ , il convient de tenir compte du fait que sa valeur doit rester toujours supérieure à celle qui serait obtenue en champ lointain.

2. Détermination de  $\alpha$  dans la zone  $d > 0,5 D^2/\lambda$  de l'antenne.

$\alpha = \theta / \theta_0$  = largeur du faisceau à 3 dB/ angle de balayage.

3. Exemple.

Déterminer la densité de puissance à une distance de 10 m et de 30 m d'une antenne à balayage de faisceau en tenant compte des paramètres suivants :

- densité de puissance à une distance de 10 m lorsque l'antenne est stationnaire (immobile avec le faisceau pointé sur la zone exposée) :  $100 \text{ W/m}^2$  ;
- densité de puissance à une distance de 30 m lorsque l'antenne est stationnaire (immobile avec le faisceau pointé sur la zone exposée) :  $20 \text{ W/m}^2$  ;
- distance  $0,5 D^2$  : 20 m ;
- rotation de l'antenne () :  $360^\circ$  ou 2 radians ;
- dimensions de l'ouverture de l'antenne (a, b) : 2 m de largeur, 10 cm de hauteur ;
- largeur à 3 dB du faisceau de l'antenne dans le plan H :  $1,23^\circ$  horizontal ;
- largeur à 3 dB du faisceau de l'antenne dans le plan V :  $25^\circ$  vertical.

#### 4. Calculs.

La zone exposée à 10 m est dans la région  $d < 0,5 D^2$ .

A cet emplacement, la portion de circonférence du balayage de l'antenne est :

$$R = r = 2 \times 10 \text{ m}$$

Le facteur rotatoire de réduction est :

$$= a/R = 2/(2 \times 10) = 0,1/$$

La densité de puissance efficace lorsque l'antenne est en mode de balayage est :

$$p_m = p_s = (0,1/)(100) = 3,2 \text{ W/m}^2$$

Le facteur rotatoire de réduction à 30 m est différent du précédent puisque le point d'observation est situé dans la zone  $d > 0,5 D^2$

$$= \text{la largeur du faisceau à 3 dB/angle de balayage} = 1,23^\circ/360^\circ$$

La densité de puissance efficace lorsque l'antenne est en balayage devient :

$$p_m = p_s = (1,23/360)(20) = 0,07 \text{ W/m}^2$$

#### g). Antennes à émissions discontinues.

On procède de la même façon que pour les antennes radar à balayage de faisceau. Dans ce cas si  $t_e$  est la durée d'émission sur une période donnée  $T$  donnée et si l'émission est périodique et se reproduit pour chaque période  $T$  (fréquence  $1/T$ ), on considère que  $\tau = t_e/t_m$ . On est alors ramené au cas des antennes à balayage de faisceau pour lesquelles on doit choisir  $\tau = 1$  si l'on tient compte du facteur rotatoire (c'est-à-dire si  $\tau \neq 1$ ).

ANNEXE VII.  
**EXEMPLES DE DÉTERMINATION DE ZONES DE SÉCURITÉ.**

La présente annexe décrit à l'aide de quelques exemples la démarche de détermination des différentes zones d'exposition.

**1. MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE.**

Elle consiste à appliquer la démarche décrite sur le diagramme défini sur la planche 1 de l'annexe V, après avoir recensé toutes les données des sources d'émission considérées.

Le calcul des distances permettant de délimiter les zones d'exposition s'effectue en appliquant les relations définies sur le tableau 1 de l'annexe V. Pour faciliter la démarche de calcul de ces distances, il est recommandé d'utiliser un tableau du même type que celui qui est présenté ci-dessous (tableau 1) dans lequel chaque colonne comporte les données correspondant à une source d'émission.

***Figure 13.***



1	Paramètres.	Unités.	Source E1.	Source E2.	Source E3.	Source En.
2	P	Watt				
3	Pc	Watt				
4	E(pnh)	V/m				
5	E(ph)	V/m				
6	Ec(pnh)	V/m				
7	Ec(ph)	V/m				
8	W(pnh)	J/m²				
9	W(ph)	J/m²				
10	α	sans dimension				
11	0,5 D²/2λ	m				
12	τ	s				
13	k	sans dimension				
14	G	dB				
15	G	quotient				
16	texpl	minute				
17	tm	minute				

1	Paramètres.	Unités.	Source E1.	Source E2.	Source E3.	Source En.
18	d1(Dvj)	m				
19	d1(Dvj) $\alpha$	m				
20	d2(Dvj)	m				
21	d3(Dvj)	m				
22	d1(Djo/Djr)	m				
23	d1(Djo/Djr) $\alpha$	m				
24	d2(Djo/Djr)	m				
25	d3(Djo/Djr)	m				
26	d1(Dor)	m				
27	d2(Dor)	m				
28	d3(Dor)	m				
29	dm(Dvj)	m				
30	dm(Dvj) $\alpha$	m				
31	dm(Djo/Djr)	m				
32	dm(Djo/Djr) $\alpha$	m				
33	dm(Dor)	m				

Les lignes de ce tableau correspondent aux données ou aux résultats de calcul suivants :

- ligne 1 : têtes de colonnes, définissant, par des repères, les références des sources d'émission (E1, E2, E3, Ei...);
- ligne 2 : P, puissance moyenne d'émission en Watt ;
- ligne 3 : Pc, puissance crête d'émission ;
- ligne 4 : E(pnh), limitation en champ efficace, pour les personnes non habilitées, que l'on trouve sur le tableau 5 de l'annexe III dans la colonne dite « verte » [on prend en première approximation le niveau E(pnh) de la ligne qui correspond à une bande de fréquences pour laquelle le niveau est le plus bas dans la gamme de fréquence de la source d'émission] ;
- ligne 5 : E(ph), limitation en champ efficace, pour les personnes habilitées, que l'on trouve sur le tableau 5 de l'annexe III dans la colonne dite « jaune » [on prend en première approximation le niveau E(ph) de la ligne qui correspond à une bande de fréquences pour laquelle le niveau est le plus bas dans la gamme de fréquence de la source d'émission] ;
- ligne 6 : Ec(pnh), limitation en champ crête, pour les personnes non habilitées, que l'on trouve sur le tableau 9 de l'annexe III dans la colonne dite « verte » [on prend en première approximation le niveau Ec(pnh) de la ligne qui correspond à une bande de fréquences pour laquelle le niveau est le plus bas dans la gamme de fréquence de la source d'émission] ;
- ligne 7 : Ec(ph), limitation en champ crête, pour les personnes habilitées, que l'on trouve sur le tableau 9 de l'annexe III dans la colonne dite « jaune » [on prend en première approximation le niveau Ec(ph) de la ligne qui correspond à une bande de fréquences pour laquelle le niveau est le plus bas dans la gamme de fréquence de la source d'émission] ;
- ligne 8 : W(pnh), limitation en densité d'énergie, pour les personnes non habilitées, que l'on trouve sur le tableau 8 de l'annexe III ligne 1 ;
- ligne 9 : W(ph), limitation en densité d'énergie, pour les personnes habilitées, que l'on trouve sur le tableau 8 de l'annexe III ligne 2 ;
- ligne 10 : , coefficient, sans dimension, qui est égal à 1 [remarque *d*) du tableau 1] pour tous les types d'émissions sauf pour les émissions radar qui ont été déclarées à balayage de faisceau et pour lesquelles on a pu démontrer qu'il était impossible que l'antenne s'immobilise et pointe son faisceau sur la zone exposée. Le coefficient se calcule selon la méthode définie en annexe VI *f*). Lorsque est différent de 1, le coefficient  $t_{expl}/t_m$  indiqué dans les relations (Dor) du tableau 1 annexe V doit être pris égal à 1 ; la source considérée n'a alors pas de zone orange ;
- ligne 11 : distance égale à  $0,5 D^2$  à partir de laquelle on change d'expression pour calculer le facteur rotatoire de réduction ;
- ligne 12 : , largeur d'impulsion exprimée en secondes ;
- ligne 13 : k, coefficient sans dimension, qui tient compte de l'existence ou non de réflexions [se reporter à la remarque *b*) du tableau 1 de l'annexe V] ;
- ligne 14 : G, gain exprimé en dB que l'on doit transformer en quotient avant de l'introduire dans les formules du tableau 1 de l'annexe ;
- ligne 15 : G, gain exprimé en quotient :  $G(\text{quotient}) = 10^{G(\text{dB})/10}$  ;

- ligne 16 :  $t_{expl}$ , temps d'exposition limite exprimé en minutes que l'on détermine selon les conditions définies au point 7.3 de la présente instruction (la définition de  $t_{expl}$  est donnée en annexe II).

Lorsqu'on décide de ne pas utiliser  $t_{expl}$ , on doit introduire dans le tableau une valeur égale à  $t_m$ . On ne prend pas en compte  $t_{expl}$  pour les antennes radar à balayage de faisceau ; dans ce cas  $t_{exp} = t_m = 6$  ou  $t_{expl} / t_m = 1$  ;

- ligne 17 :  $t_m$  intervalle de temps moyen exprimé en minutes que l'on choisit en fonction de la fréquence d'émission sur le tableau du point 6.2 de la présente instruction ;
- ligne 18 :  $d_1(D_{vj})$ , distance de la frontière entre la zone verte et la zone jaune prenant en compte la puissance moyenne d'émission et la limitation en champ efficace qui correspond à  $E(pnh)$  ;
- ligne 19 :  $d_1(D_{vj})$ , distance de la frontière entre la zone verte et la zone jaune (calculée en employant le facteur rotatoire de réduction d'antenne ) prenant en compte la puissance moyenne d'émission et la limitation en champ efficace qui correspond à  $E(pnh)$  ;
- ligne 20 :  $d_2(D_{vj})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission et la limitation en champ crête qui correspond à  $E_c(pnh)$  ;
- ligne 21 :  $d_3(D_{vj})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission, la largeur d'impulsion et la limitation en densité d'énergie qui correspond à  $W(pnh)$  ;
- ligne 22 :  $d_1(D_{jo/jr})$ , distance de la frontière entre la zone jaune et les zones orange ou rouge (selon que la zone orange est ou n'est pas créée) prenant en compte la puissance moyenne d'émission et la limitation en champ efficace qui correspond à  $E(ph)$  ;
- ligne 23 :  $d_1(D_{jr})$ , distance de la frontière entre la zone jaune et la zone rouge (calculée en employant le facteur rotatoire de réduction d'antenne) prenant en compte la puissance moyenne d'émission et la limitation en champ efficace qui correspond à  $E(ph)$  ;
- ligne 24 :  $d_2(D_{jo/jr})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission et la limitation en champ crête qui correspond à  $E_c(ph)$  ;
- ligne 25 :  $d_3(D_{jo/jr})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission, la largeur d'impulsion et la limitation en densité d'énergie qui correspond à  $W(ph)$  ;
- ligne 26 :  $d_1(D_{or})$ , distance de la frontière entre la zone orange et la zone rouge prenant en compte la puissance moyenne d'émission et la limitation en champ efficace qui correspond à  $E(ph)$ . Cette distance peut s'appliquer aux sources radar à balayage de faisceau si et seulement si l'on ne tient compte du facteur rotatoire de réduction (c'est-à-dire quand  $= 1$ ) ;
- ligne 27 :  $d_2(D_{or})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission et la limitation en champ crête qui correspond à  $E_c(ph)$  ;
- ligne 28 :  $d_3(D_{or})$ , distance de sécurité calculée en prenant en compte la puissance crête d'émission, la largeur d'impulsion et la limitation en densité d'énergie qui correspond à  $W(ph)$  ;
- ligne 29 :  $d_m(D_{vj})$ , plus grande des trois distances  $d_1(D_{vj})$ ,  $d_2(D_{vj})$ , et  $d_3(D_{vj})$  ;
- ligne 30 :  $d_m(D_{vj})$ , plus grande des trois distances  $d_1(D_{vj})$ ,  $d_2(D_{vj})$ , et  $d_3(D_{vj})$  ;
- ligne 31 :  $d_m(D_{jo/jr})$ , plus grande des trois distances  $d_1(D_{jo/jr})$ ,  $d_2(D_{jo/jr})$ , et  $d_3(D_{jo/jr})$  ;
- ligne 32 :  $d_m(D_{jo/jr})$ , plus grande des trois distances  $d_1(D_{jr})$ ,  $d_2(D_{jo/jr})$ , et  $d_3(D_{jo/jr})$  ;

- ligne 33 :  $d_m(\text{Dor})$ , plus grande des trois distances  $d_1(\text{Dor})$ ,  $d_2(\text{Dor})$  et  $d_3(\text{Dor})$ . Cette distance n'a pas de signification pour les sources à balayage de faisceau car il n'existe pas, pour ces sources, de zone orange, si l'on tient compte du facteur rotatoire .

## 2. EXEMPLE N° 1.

### 2.1. Données.

Soit une station d'émission possédant trois sources dont les caractéristiques sont les suivantes :

Source.	Type.	Bande de fréquences (MHz).	Puissance moyenne (W).	Puissance crête (kW).	Gain d'antenne (dB).	Largeur d'impulsion (μs).	Type de modulation.	Antenne de balayage.	Source mobile.
A1	Radio HF	2-20	2000	2	3	-	FM	Non	Non
A2	Radar	1300	1000	1000	36	1	5	Non	Non
A3	Radio	400-450	40	0,040	11	-	8	Non	Oui
A4	Radio	100	400	0,4	Omni	-	FM	Non	Non

On considère que ces sources sont localisées en des emplacements qui ne conduisent à aucune possibilité de réflexions.

### 2.2. Calcul des distances de frontière entre zones d'exposition.

Après avoir été renseigné conformément aux indications données au point 1, le tableau de données n° 1 devient le tableau 3 ci-après :

Ce tableau de calcul prend en compte :

- a). Que  $k$  est égal à 1 pour toutes les sources puisqu'elles ne sont pas à balayage de faisceau ;
- b). Qu'il n'existe pas de réflexions donc  $k = 1$  ;
- c). Que les sources A1 et A4 fonctionnent en modulation de fréquence. La puissance moyenne à utiliser pour les calculs est donc 2 000 W pour A1 et 400 W pour A4 ;
- d). Que l'antenne A4 est omnidirectionnelle, et que conformément au *b)* annexe VI et au *c)* des remarques du tableau 1 annexe V, il est recommandé de prendre  $G = 3$  en quotient.

### 2.3. Résultats.

Le tableau 3 ci-après met en évidence que dans la première phase de calcul (sans fixer un temps d'exposition limite pour introduire une zone orange) les zones d'exposition pour les sources A1, A2, A3 et A4 sont les suivantes (tableau 2) :

**Table 7.**

Source.	Début de la zone verte (m).	Début de la zone jaune (m).
A1	12,4	5,7
A2	220,5	101
A3	6,2	2,9
A4	6,8	3,1

Si l'on souhaite pouvoir pénétrer dans la zone rouge et donc créer une zone orange à temps d'exposition contrôlé, on doit fixer une durée d'exposition limite  $t_{exp}$  inférieure à 6 minutes. Dans le cas présent on a considéré qu'il fallait pouvoir s'approcher de l'antenne à une distance égale à la moitié de la distance fixant actuellement le début de la zone jaune (à partir de l'antenne).

Comme les distances sont proportionnelles à la racine carré des temps, cette solution revient à réduire le temps  $t_m$  par 4 et à choisir pour  $t_{expl}$  une durée égale à 1,5 mn.

***Figure 14.***

1	Paramètres.	Unités.	Source A1.	Source A2.	Source A3.	Source A4.
2	P	Watt	2 000,00	1 000,00	40,00	400,00
3	Pc	Watt	2 000,00	1 000 000,00	40,00	400,00
4	E(pnh)	V/m	28,00	49,57	28,00	28,00
5	E(ph)	V/m	61,00	108,16	61,00	61,00
6	Ec(pnh)	V/m	896,00	6 400,00	896,00	896,00
7	Ec(ph)	V/m	1 952,00	14 400,00	1 952,00	1 952,00

1	Paramètres.	Unités.	Source A1.	Source A2.	Source A3.	Source A4.
8	W(pnh)	J/m <sup>2</sup>	0,08	0,08	0,08	0,08
9	W(ph)	J/m <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40
10	$\alpha$	sans dimension	1,00	1,00	0,03	1,00
11	0,5 D <sup>2</sup> /2 $\lambda$	m	—	—	—	—
12	$\tau$	s	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000
13	k	sans dimension	1	1	2	1
14	G	dB	3,00	36,00	11,00	4,80
15	G	quotient	2,00E+00	3,98E+03	1,26E+01	3,02E+00
16	t <sub>expl</sub>	minute	6	6	6	6
17	t <sub>m</sub>	minute	6	6	6	6
18	d1(Dvj)	m	12,36	220,47	6,21	6,80
19	d1(Dvj) $\alpha$	m	12,36	220,47	1,03	6,80
20	d2(Dvj)	m	0,39	54,00	0,19	0,21
21	d3(Dvj)	m	0,00	62,93	0,00	0,00
22	d1(Djo/Djr)	m	5,67	101,04	2,85	3,12
23	d1(Djo/Djr) $\alpha$	m	5,67	101,04	0,47	3,12
24	d2(Djo/Djr)	m	0,18	24,00	0,09	0,10
25	d3(Djo/Djr)	m	0,00	28,14	0,00	0,00
26	d1(Dor)	m	5,67	101,04	2,85	3,12
27	d2(Dor)	m	0,18	24,00	0,09	0,10
28	d3(Dor)	m	0,00	28,14	0,00	0,00
29	dm(Dvj)	m	12,36	220,47	6,21	6,80
30	dm(Dvj) $\alpha$	m	12,36	220,47	1,03	6,80
31	dm(Djo/Djr)	m	5,67	101,04	2,85	3,12
32	dm(Djo/Djr) $\alpha$	m	5,67	101,04	0,47	3,12
33	dm(Dor)	m	5,67	101,04	2,85	3,12



Le tableau 3 ci-dessus devient le tableau 4 ci-dessous après introduction de la modification de texpl :

***Figure 15.***

1	Paramètres.	Unités.	Source A1.	Source A2.	Source A3.	Source A4.
2	P	Watt	2 000,00	1 000,00	40,00	400,00
3	Pc	Watt	2 000,00	1 000 000,00	40,00	400,00
4	E(pnh)	V/m	28,00	49,57	28,00	28,00
5	E(ph)	V/m	61,00	108,16	61,00	61,00
6	Ec(pnh)	V/m	896,00	6 400,00	896,00	896,00
7	Ec(ph)	V/m	1 952,00	14 400,00	1 952,00	1 952,00
8	W(pnh)	J/m <sup>2</sup>	0,08	0,08	0,08	0,08
9	W(ph)	J/m <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40
10	α	sans dimension	1,00	1,00	0,03	1,00
11	0,5 D <sup>2</sup> /2λ	m	—	—	—	—
12	τ	s	0,000000	0,000001	0,000000	0,000000
13	k	sans dimension	1	1	2	1
14	G	dB	3,00	36,00	11,00	4,80
15	G	quotient	2,00E+00	3,98E+03	1,26E+01	3,02E+00
16	t <sub>expl</sub>	minute	1,5	1,5	1,5	1,5
17	t <sub>m</sub>	minute	6	6	6	6
18	d1(Dvj)	m	12,36	220,47	6,21	6,80
19	d1(Dvj)α	m	12,36	220,47	1,03	6,80
20	d2(Dvj)	m	0,39	54,00	0,19	0,21
21	d3(Dvj)	m	0,00	62,93	0,00	0,00
22	d1(Djo/Djr)	m	5,67	101,04	2,85	3,12
23	d1(Djo/Djr)α	m	5,67	101,04	0,47	3,12
24	d2(Djo/Djr)	m	0,18	24,00	0,09	0,10
25	d3(Djo/Djr)	m	0,00	28,14	0,00	0,00
26	d1(Dor)	m	2,84	50,52	1,42	1,56
27	d2(Dor)	m	0,18	24,00	0,09	0,10
28	d3(Dor)	m	0,00	28,14	0,00	0,00
29	dm(Dvj)	m	12,36	220,47	6,21	6,80

1	Paramètres.	Unités.	Source A1.	Source A2.	Source A3.	Source A4.
30	$dm(Dvj)\alpha$	m	12,36	220,47	1,03	6,80
31	$dm(Djo/Djr)$	m	5,67	101,04	2,85	3,12
32	$dm(Djo/Djr)\alpha$	m	5,67	101,04	0,47	3,12
33	$dm(Dor)$	m	2,84	50,52	1,42	1,56

On constate bien sur ce tableau que les distances correspondant à la zone rouge ont été divisées par deux. Le fait de définir une durée d'exposition (texpl) inférieure à tm a permis de créer une zone d'exposition « orange » dans laquelle la durée de séjour doit obligatoirement rester inférieure à 1,5 mn. Les nouvelles limites ou frontières de zone sont définies sur le tableau 5 ci-après :

**Table 8.**

Sources.	Début de la zone verte (m).	Début de la zone jaune (m).	Début de la zone orange (m).	Rayon de la zone rouge (m).
A1	12,4	5,7	2,8	2,8
A2	220,5	101	50,5	50,5
A3	6,2	2,9	1,9	1,9
A4	6,8	3,1	1,6	1,6

Il y a lieu de noter que si, pour la source A2, on souhaite s'approcher encore plus près (25 m) et diviser cette distance par deux, il faut encore réduire la durée d'exposition limite par quatre ce qui conduit à une durée de séjour, dans cette zone, limitée à 22 secondes au maximum; toutefois cette démarche n'est possible que lorsque l'on ne se trouve pas limité par le dépassement des niveaux de référence en champ crête et en densité d'énergie [se reporter à la remarque a) ci-après].

#### **Remarques.**

a). Les aménagements proposés pour la zone orange et la possibilité de se rapprocher des antennes n'ont été possibles que parce que la plus grande des trois distances limitant les déplacements dans ces zones étaient des distances de type (d1) (cf. tableau 1 de l'annexe V) qui sont imposées par les limitations dues aux effets de type thermique. Il ne serait pas, en effet, possible de réduire indéfiniment la durée d'exposition limite pour essayer de se rapprocher de l'antenne car on serait limité par les distances de type d2 ou d3 qui dépendent des niveaux de champ crête et de la densité d'énergie et qui sont indépendantes du temps d'exposition. Pour la source A2 on peut constater sur les tableaux 2 et 4 que ces distances sont respectivement 54 m et 63 m pour les personnes non habilitées et 24 m et 28 m pour les personnes habilitées. Il est donc impossible pour les personnes habilitées de dépasser la limite de 28 m même en réduisant la durée d'exposition (à noter que pour la source A2 cette durée correspond à une durée d'exposition de 28 secondes environ).

b). Il est important d'insister sur le fait que, pour les sources radio en particulier la source A1, le domaine de validité des formules de calcul utilisées est de  $d \leq 2$  ce qui correspond à environ 25 m pour la fréquence de 2 MHz et à 2,5 m pour 20 MHz. Il s'avère donc nécessaire de valider ces calculs par des mesures. Il est probable que les niveaux de champ calculés soient sous-estimés et que les distances soient, en fait, pour la source A2 plus grandes que celles données dans le tableau ci-dessus.

c). Il est aussi important de prendre en compte le fait que certaines des antennes sont surélevées et qu'il convient donc d'exprimer les distances sous la forme :

**Equation 17.**

$$d = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}$$

### **3. EXEMPLE N O 2.**

#### **3.1. Données.**

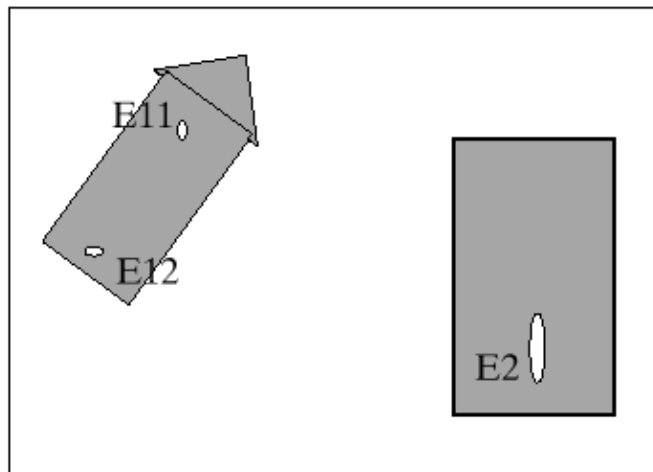
Soit sur un véhicule E1 sur lequel sont implantées deux antennes E11 et E12 omnidirectionnelles, émettant respectivement dans les bandes 40 - 60 MHz et 50 - 80 MHz ; la puissance rayonnée sur chaque antenne est de 40 W. L'émission s'effectue en modulation de fréquence. Ce véhicule stationne à proximité d'une station radar E2 émettant en bande L (1 200 MHz) et dont la puissance moyenne d'émission est 400 W, la puissance crête 400 kW et le gain d'antenne est 33 dB. L'antenne de type hyperboloïde est tournante et son faisceau principal balaye périodiquement la zone exposée.

La largeur du faisceau à 3 dB est de  $10^\circ$  dans le plan horizontal et de  $4^\circ$  dans le plan vertical. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- l'angle de balayage (en radian) est égal à  $360^\circ$  ;
- la dimension de l'antenne dans le plan de balayage (rotation) est égale à 2 m.

La source d'émission est située à une hauteur de 8 m par rapport au sol. L'angle de site minimum du faisceau est de  $-2^\circ$ . Le terrain est plat sur 2 km environ. Les portes coulissantes du bâtiment situé à proximité du véhicule et supportant l'émetteur radar sont métalliques et de grande dimension.

**Figure 16.**



### 3.2. Calcul des distances de frontière entre zones d'exposition.

Après avoir été renseigné conformément aux indications données au point 1, le tableau de données n° 1 devient le tableau 6 suivant.

Ce tableau de calcul prend en compte :

- a). Que  $a$  est égal à 1 pour les sources E11 et E12 puisque elles ne sont pas à balayage de faisceau.
- b). L'existence de réflexions (portes métalliques de grande dimension devant le véhicule mobile) dont  $k = 2$ .
- c). Que la source E1 fonctionne en modulation de fréquence : la puissance moyenne à utiliser pour les calculs est celle de la porteuse. La puissance de crête correspond conformément à la remarque a) du tableau 1 de l'annexe V, à 2 fois la puissance moyenne.
- d). Que les antennes E11 et E12 sont omnidirectionnelles, et que conformément au b) annexe VI et au c) du tableau 1, annexe V, il est recommandé de prendre  $G = 3$  en quotient.

e). Que le calcul des frontières de zone d'exposition effectué pour la source E2 conduit à  $d1(Dvj) = 145$  m, à  $d1(Djr) = 66,6$  m lorsque l'on ne tient pas compte du facteur rotatoire de réduction d'antenne ( $= 1$ ) en mode de balayage (on considère l'antenne immobile et pointée sur la zone exposée).

f). Que pour la source E2, les frontières  $d1(Dvj)$ ,  $d1(Djr)$  sont situées au-delà de la zone  $d = 0,5 D^2/ = 8$  m et que l'évaluation du facteur rotatoire de réduction [défini en annexe VI d)] s'effectue donc en utilisant la relation  $= \text{largeur du faisceau à } 3 \text{ dB} / \text{angle de balayage} = (10^\circ)/(360^\circ) = 0,0277$ .

Les nouvelles valeurs pour la zone verte  $d1(Dvj)$  et la zone rouge  $d1(Djr)$  deviennent alors respectivement 24,2 m et 11,1 m.

Il convient toutefois d'insister sur le fait que cette diminution de distance due à l'utilisation du facteur rotatoire et donc au fait que l'on prend la moyenne de la densité de puissance sur une période de balayage (prise en compte des effets thermiques), reste toutefois limitée. Elle ne permet pas de diminuer les distances en deçà des distances limites de type  $d2$  et  $d3$  qui correspondent aux niveaux de référence en champ crête et en densité d'énergie.

Dans le cas présent pour la source E2 on constate que :

- pour les personnes non habilitées les distances du début de la zone verte sont :

$d1 = 24,18$  m,  $d2 = 34,19$  m,  $d3 = 39,85$  m et que la distance devant caractériser la limite de la zone verte n'est pas la distance  $d1$  mais la distance  $d3$  qui correspond à la limitation en densité d'énergie,  $dm ZV = 39,8$  m ;

- - pour les personnes habilitées les distances du début de la zone jaune sont :

$d1 = 11,1$  m,  $d2 = 15,2$  m,  $d3 = 17,8$  m et que la distance devant caractériser la limite de la zone jaune n'est pas la distance  $d1$  mais la distance  $d3$  qui correspond à la limitation en densité d'énergie,  $dm ZJ = 17,8$  m.

Ces deux distances sont celles qui apparaissent sur le tableau 6 dans les lignes des distances  $dm$  (lignes 30 à 33).

g). Que les calculs concernant la source E2, auraient pu être effectués différemment, en ne prenant pas en compte le facteur rotatoire de réduction. Dans ce cas on aurait eu les deux distances  $d1(Dvj)$  pour le début de la zone verte <sup>(1)</sup> et  $d1(Djo/or)$  pour le début de la zone orange ou rouge respectivement égales à :

$$d1(Dvj) = 145,3 \text{ m}$$

$$d1(Djo/or) = 66,9 \text{ m}$$

**Figure 17.**

1	Paramètres.	Unités.	Source E11.	Source E12.	Source E2.
2	P	Watt	40,00	40,00	400,00
3	Pc	Watt	80,00	80,00	400 000,00
4	E(pnh)	V/m	28,00	28,00	47,63
5	E(ph)	V/m	61,00	61,00	103,92
6	Ec(pnh)	V/m	896,00	896,00	6 400,00
7	Ec(ph)	V/m	1 952,00	1 952,00	14 400,00
8	W(pnh)	J/m²	0,08	0,08	0,08
9	W(ph)	J/m²	0,40	0,40	0,40
10	$\alpha$	sans dimension	1,00	1,00	0,03
11	$0,5 \ D^2/2\lambda$	m	—	—	8,00
12	$\tau$	s	0,000000	0,000000	0,000001
13	k	sans dimension	2	2	2
14	G	dB	4,80	4,80	33,00
15	G	quotient	3,02E+00	3,02E+00	2,00E+03
16	$t_{\text{expl}}$	minute	6	6	6
17	tm	minute	6	6	6
18	d1(Dvj)	m	3,04	3,04	145,29
19	d1(Dvj) $\alpha$	m	3,04	3,04	24,18
20	d2(Dvj)	m	0,13	0,13	34,19
21	d3(Dvj)	m	0,00	0,00	39,85
22	d1(Djo/Djr)	m	1,40	1,40	66,59
23	d1(Djo/Djr) $\alpha$	m	1,40	1,40	11,08
24	d2(Djo/Djr)	m	0,06	0,06	15,20
25	d3(Djo/Djr)	m	0,00	0,00	17,82
26	d1(Dor)	m	1,40	1,40	66,59
27	d2(Dor)	m	0,06	0,06	15,20
28	d3(Dor)	m	0,00	0,00	17,82

1	Paramètres.	Unités.	Source E11.	Source E12.	Source E2.
29	dm(Dvj)	m	3,04	3,04	145,29
30	dm(Dvj) $\alpha$	m	3,04	3,04	39,85
31	dm(Djo/Djr)	m	1,40	1,40	66,59
32	dm(Djo/Djr) $\alpha$	m	1,40	1,40	17,82
33	dm(Dor)	m	1,40	1,40	66,59



- Sachant que l'on ne pouvait pas s'approcher à moins de 17,8 m de l'antenne (contrainte due au dépassement de la densité d'énergie, distance de type d3), on aurait pu fixer cette distance comme rayon de la zone rouge. Dans ces conditions, la durée d'exposition limite  $t_{expl}$  qui aurait caractérisé la zone orange aurait été obtenue en utilisant la relation suivante pour déterminer la durée d'exposition limite.

**Equation 18.**

$$t_{expl} = t_m \left[ \frac{17,8}{66,9} \right]^2 = 0,42 \text{ mm} = 25,4 \text{ secondes}$$

Il en serait résulté quatre zones au lieu de trois en considérant que l'antenne de la source E2 pouvait s'arrêter de tourner et rester pointée sur la zone exposée :

- zone verte :  $d1 = 145,3 \text{ m}$  ;
- zone jaune :  $d3 = 66,9 \text{ m}$  ;
- zone orange :  $d3 = 17,8 \text{ m}$  avec une durée d'exposition limite égale à 25 secondes.

### 3.3. Résultats.

Les résultats présentés sur le tableau 6 mettent en évidence que :

- a). Les distances de sécurité obtenues pour les sources E11 et E12 (émissions radio), sont faibles mais comme elles ont été déterminées en utilisant des formules analytiques de calcul de champ dont la validité n'est pas acquise pour les distances inférieures ou égales à  $d = \lambda/2$  de l'antenne, il est nécessaire d'effectuer une campagne de mesures pour valider ces résultats.
- b). Les sources E11 et E12 émettent dans des bandes de fréquences voisines et simultanément et il convient de vérifier la validité des inéquations présentées en annexe III.2.5, pour les personnes qui peuvent séjourner à proximité du véhicule (on suppose dans un premier temps que E1 qui est mobile est éloigné de E3).

On doit procéder pour cela en limite de zone, c'est-à-dire que l'on doit prendre un point sur la ligne de séparation de chacune des zones et vérifier que les exigences relatives à la simultanéité d'émission de plusieurs sources sont bien vérifiées.

Les inéquations à vérifier en priorité sont B53 et B54 qui pour la bande de fréquences considérée se réduisent aux inéquations suivantes (tableau 7).

On constate que les inéquations B53 et B54 ne peuvent pas être vérifiées avec les données issues des calculs de champs dans les zones d'intersection des deux zones vertes des sources E11 et E12. Les zones étant vertes on a supposé pour les calculs que les niveaux d'exposition dans ces zones était au plus égal à l'environnement de référence pour les personnes non habilitées. On peut donc en conclure qu'il est nécessaire de procéder à des mesures de champs et de courants dans les zones d'intersection ainsi qu'en dehors de ces zones pour rechercher les zones de validité de ces inéquations.

Il est possible qu'à l'issue des mesures certaines parties de zones initialement classée « zone verte » passent en « zone jaune ».

**Figure 18.**

Bandes de fréquences.	Exigence à respecter pour les personnes non habilitées.	N°.	Données.
100 kHz ≤ F ≤ 300 GHz.	$\sum_{i > 1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{R,i}} \right)^2 \leq 1$	B53	E11 = 28 V/m. E12 = 28 V/m. Er1 = 28 V/m. Er2 = 28 V/m.
	$\sum_{j > 1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{H_j}{H_{R,j}} \right)^2 \leq 1$	B54	
1 Hz ≤ F < 110 MHz.	$\sum_{k = 10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left( \frac{I_k}{I_{REF,k}} \right)^2 \leq 1$	B55	E <sub>REFk</sub> = 45. I <sub>REFn</sub> = 20.
	$\sum_{n > 1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \left( \frac{I_n}{I_{REF,n}} \right)^2 \leq 1$	B56	

---

(1) A partir de l'antenne.

## ANNEXE VIII. CARTOGRAPHIE.

L'échelle du plan sera adaptée à la taille du site décrit (station d'émission, bâtiment de la marine nationale, base aérienne, etc.). Néanmoins pour un site implanté en zone urbaine ou rurale, la cartographie sera établie à partir de trois types de plans :

### *Plan A.*

Plan de situation au 1/25 000 (ou à défaut au 1/50 000) sur lequel sera indiqué l'emplacement de l'installation d'émission dans son environnement.

### *Plan B.*

Plan de masse de l'établissement au 1/2 000 (ou à défaut au 1/5 000) précisant :

- toutes les installations existantes ainsi que celles projetées (ces dernières sont à figurer en pointillé sur le plan) ;
- les clôtures ;
- les limites du terrain militaire ;
- la (ou les) limite(s) de l'(ou des) enceinte(s) ou installation(s) contenant des produits (inflammables, explosifs, etc.) dont la nature sera identifiée ;
- les voies de circulation intérieure ;
- les tracés des lignes électriques (enterrées ou aériennes), des conduites de gaz ou de produits pétroliers, des lignes téléphoniques ;
- tous les émetteurs et sources de rayonnement électromagnétique (radars, antennes, etc.).

### *Plan C.*

Plan de détail des installations, au format A4 minimum et à l'échelle 1/200 minimum indiquant :

- le détail de l'installation et de son environnement (ateliers, aires de circulation ou de stationnement) ;
- pour les sources de rayonnement électromagnétique placées en hauteur, une vue de face sera réalisée en précisant les coordonnées du plan horizontal dans lequel se trouvent les personnes exposées.

ANNEXE IX.  
**BALISAGE DE ZONES.**

**Pictogramme normalisé.**

Le pictogramme utilisé devra être conforme à l'une des deux réglementations suivantes :

Arrêté du 4 novembre 1993 « signalisation de santé et de sécurité sur les lieux de travail ».

Stanag 2345 « Évaluation et contrôle de l'exposition des personnels aux champs électromagnétiques dans la bande 3 kHz - 300 GHz ».

**Inscription pour la zone jaune :**

RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE  
ACCES LIMITE AUX PERSONNES HABILITEES

**Inscription pour la zone orange :**

RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE  
ACCES LIMITE AUX PERSONNES HABILITEES  
(durée maximale de séjour - T min)

**Inscription pour la zone rouge :**

RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE  
DANGER - DEFENSE D'ENTRER

ANNEXE X.  
SUREXPOSITION À DES RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES.

*Figure 19. Surexposition à des rayonnements électromagnétiques.*

**SUREXPOSITION A DES RAYONNEMENTS ELECTROMAGNETIQUES.**

NOM : Date de naissance : Service :			Accès zone rouge - source en émission <input type="checkbox"/> Accès zone orange - source en émission <input type="checkbox"/> Accident <input type="checkbox"/>			
Timbre de l'organisme :			Date/référence :			
Plate-forme/unité :						
Lieu.	Lieux communs.	Locaux techniques.	Plate-forme en opération.	Plate-forme hors opération.	Autre : préciser.	Zone.
Personne :                      Habilitée <input type="checkbox"/> Non habilitée <input type="checkbox"/>						
Équipement impliqué dans l'incident :						
Description :    Intervention <input type="checkbox"/> Accident <input type="checkbox"/> Incident <input type="checkbox"/>						
Surexposition avérée.	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Sévérité de l'incident.	A critique	B Majeur	C mineur	
Bande d'émission :			Puissance d'émission :			
Mode d'émission (CW, pulsée) :			Type d'antenne (1) :			
Positionnement de l'agent par rapport à la source - parties du corps exposées :						
Durée de l'exposition :						
Actions médicales déjà prises :						
Actions prises pour éviter la répétition de l'accident :						
Commentaires :						
(1) A balayage électronique, conduite de tir, etc.						

*Destinataires :*

Chef d'organisme, chargé de prévention, service de santé des armées, CGA/ITA, DFP/PER/5.

ANNEXE XI.  
**ACCÈS ZONE ROUGE - SOURCE EN ÉMISSION.**

**Liste des démarches à effectuer pour demander une autorisation d'accès en zone rouge.**

**1. ORGANISME RESPONSABLE DE L'INSTALLATION.**

1.1. Demande d'accès en zone rouge avec une source en émission, établie par le chef d'organisme responsable de l'installation, en précisant :

- l'intitulé et adresse de l'organisme ;
- la cartographie du site (plan C; A et B s'ils existent) ;
- le type d'émetteur et ses caractéristiques (joindre la notice technique) ;
- les consignes de sécurité ;
- les valeurs mesurées ou calculées.

1.2. Justification de la nécessité d'intervenir en zone rouge avec une source de rayonnements électromagnétiques en émission.

1.3. Étude de sécurité et mesures compensatoires proposées pour minimiser les risques auxquels sont exposées les personnes devant intervenir :

- équipement de protection individuelle mis à disposition ;
- protections collectives mises en place (à indiquer sur le plan C) ;
- mesure et contrôle du temps de séjour dans la zone exposée, etc.

1.4. Avis du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (*CHSCT*) et/ou de la commission consultative hygiène et de prévention des accidents (*CCHPA*).

**2. L'EXPERT DU RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE.**

Étude du dossier, propositions de dispositions complémentaires.

Approbation du dossier et proposition du projet d'avis.

Envoi du dossier au contrôle général des armées/inspection du travail dans les armées pour demande d'avis.

**3. CONTRÔLE GÉNÉRAL DES ARMÉES.**

Décision accordant l'accès en zone rouge, avec une source en émission, mentionnant les mesures compensatoires proposées.

Transmission de la décision à l'organisme.