

Protection des personnels en environnement électromagnétique « **champs forts** »

Application de la réglementation « **DREP** » au Ministère de la Défense

René Malabiau

Direction de l'Expertise Technique
Centre Technique des Systèmes Navals
83800 Toulon Armées

Hubert Harivel

Direction de l'Expertise de Technique
Centre d'Expertise Parisien
03300 Paris Armées

Jean Claude Debouzy

Centre de Recherches du
Service de Santé des Armées
38702 La Tronche

Conférence présentée à RF&HYPER EUROPE 2005



La protection des personnels en environnement électromagnétique « **champs forts** »

- 1 - Environnements EM **public** et **militaire**
- 2 - **Evolution** de l'environnement EM militaire
- 3 - **Historique** et **fondements** de la réglementation DREP du MINDEF
- 4 - Le **principe** de la réglementation DREP du MINDEF
- 5 - La **mise en œuvre** de la réglementation
- 6 - **Amélioration** de la mise en œuvre
- 7 - L'**organisation** de la prévention
- 8 - Les **dispositions** de prévention
- 9 - Le **retour** d 'expérience
- 10 - Conclusion

Les sigles utilisés

● Domaine militaire

- **DREP**: Dangers des Rayonnements Electromagnétiques sur les Personnels
- **HERP**: Hazards of Electromagnetic Radiation on Personnel
- **pnh** : Personnes exposées non habilitées
- **ph** : Personnes exposées habilitées
- **HERO**: Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance
- **HERF** : Hazards of Electromagnetic Radiation to Fuel
- **RADHAZ**: HERO + HERP + HERF
- **DRAM**: Dommages des Rayonnements électromagnétiques sur les Armes et munitions
- **E3**: RADHAZ + IEMn + EMC, etc..

● Domaine civil

- **RNI**: Rayonnements électromagnétiques non ionisants
- **HIRF**: High Intensity Radiation Fields

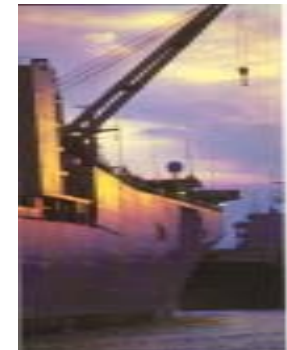
1- Environnements électromagnétiques dits « **Militaire** » et « **Public** »

Environnement EM Militaire *(ordres de grandeur !!)*

$10 \text{ kHz} < \mathbf{F} < 100 \text{ GHz}$

$10 \text{ V/m} < \mathbf{E}_m < \underline{1200 \text{ V/m}}$

$10 \text{ V/m} < \mathbf{E}_c < \underline{26\ 000 \text{ V/m}}$



Un environnement électromagnétique dominé par un **environnement naval** à **sources d'émission multiples et** **simultanées**

Environnement EM « public » *(ordres de grandeur !!)*

$$50 \text{ Hz} < \mathbf{F} < 5 \text{ GHz}$$

$$0,3 \text{ V/m} < \mathbf{E}_m < \underline{100 \text{ V/m}}$$

$$\mathbf{E}_c < \underline{1000 \text{ V/m}}$$



2- Evolution de l'environnement EM militaire

- **Elargissement** de la bande de fréquence (18 \Rightarrow 100 GHz)
- Utilisation de l'**évasion** de fréquence
- **Augmentation** de la puissance moyenne d'émission (10 dB)
- **Diminution** des facteurs de forme (1000 \Rightarrow 100)
- Utilisation de la **compression** d'impulsion
- **Balayage électronique muti-faisceaux**
- **Miniaturisation** des sources (valises, sources mobiles)
- **Antennes intégrées** dans les structures
- **Armes micro-ondes** de nouvelle génération (HPM, UWB)
- **Simulateurs d'ondes pulsées spécifiques** (Foudre, IEMn, etc)

3- Historique et fondements de la réglementation DREP du MINDEF

Historique : Trois périodes P1, P2, P3

• A) Circulaire 2535/DMA/SCTI/BT/EMA/TRANS de 1968

P1

$t < 1972$

• B) Instruction 1531-2/DCSSA/AST du 30/04/68

• C) Instruction n°23 DN/DPC/PRA/HS du 8 août 1972

• D) Recommandation GERPY 123/84 DRAM ET/77

P2

$1972 < t < 2002$

• E) STANAG 2345 éditions 2 et 3

• F) Instruction générale 09283/DRAM ET/221 (12-0041 SPN/ST/D du 30/03/98)

• G) Décret n° 2002-775 du 3 Mai 2002

P3

$t \geq 2002$

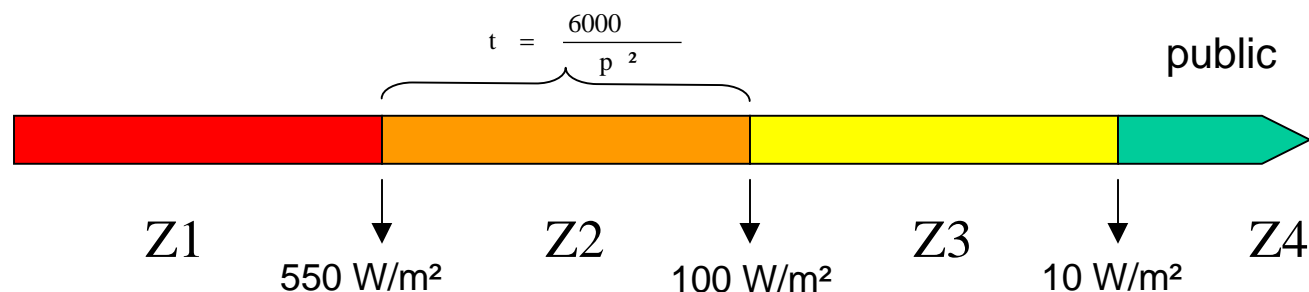
• H) Instruction n°302143/DEF/SGA/DFP/PER5 du 18 Août 2003

• I) Directive Européenne 2004/40 EC du 29 avril 2004

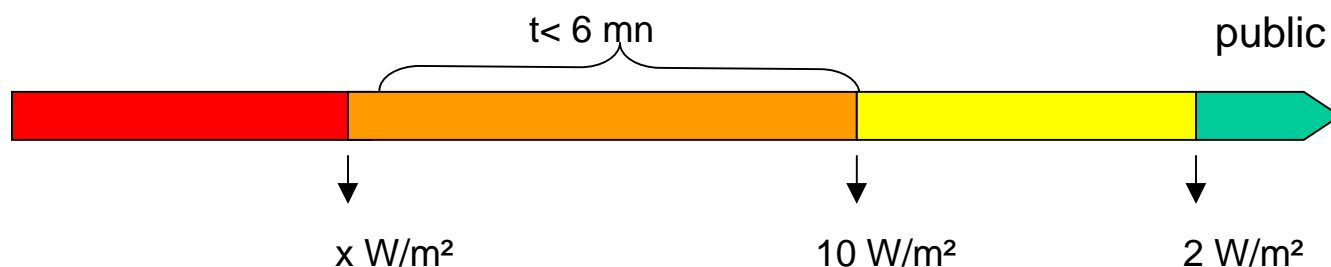


Principales différences entre P1, P2, et P3

- P1:



- P2 (ANSI ou STANAG 2345 pour EM militaire)



- P3 = P2 pour valeurs minimales mais P3 \neq P2 car E(F) de P1 est \neq E(F) de P2 et lois **t exposition moyen** différentes.

18 Aout 2003

**Réglementation du MINDEF en matière de
prévention des risques **DREP****

Instruction n°302143/DEF/SGA/DFP/PER5 du 18 Août 2003

dite « Instruction DREP »

Cette instruction prend en compte :

- **Le décret n° 2002-775 du 3 Mai 2002**
- **La Directive Européenne 2004/40EC du 29 avril 2004**

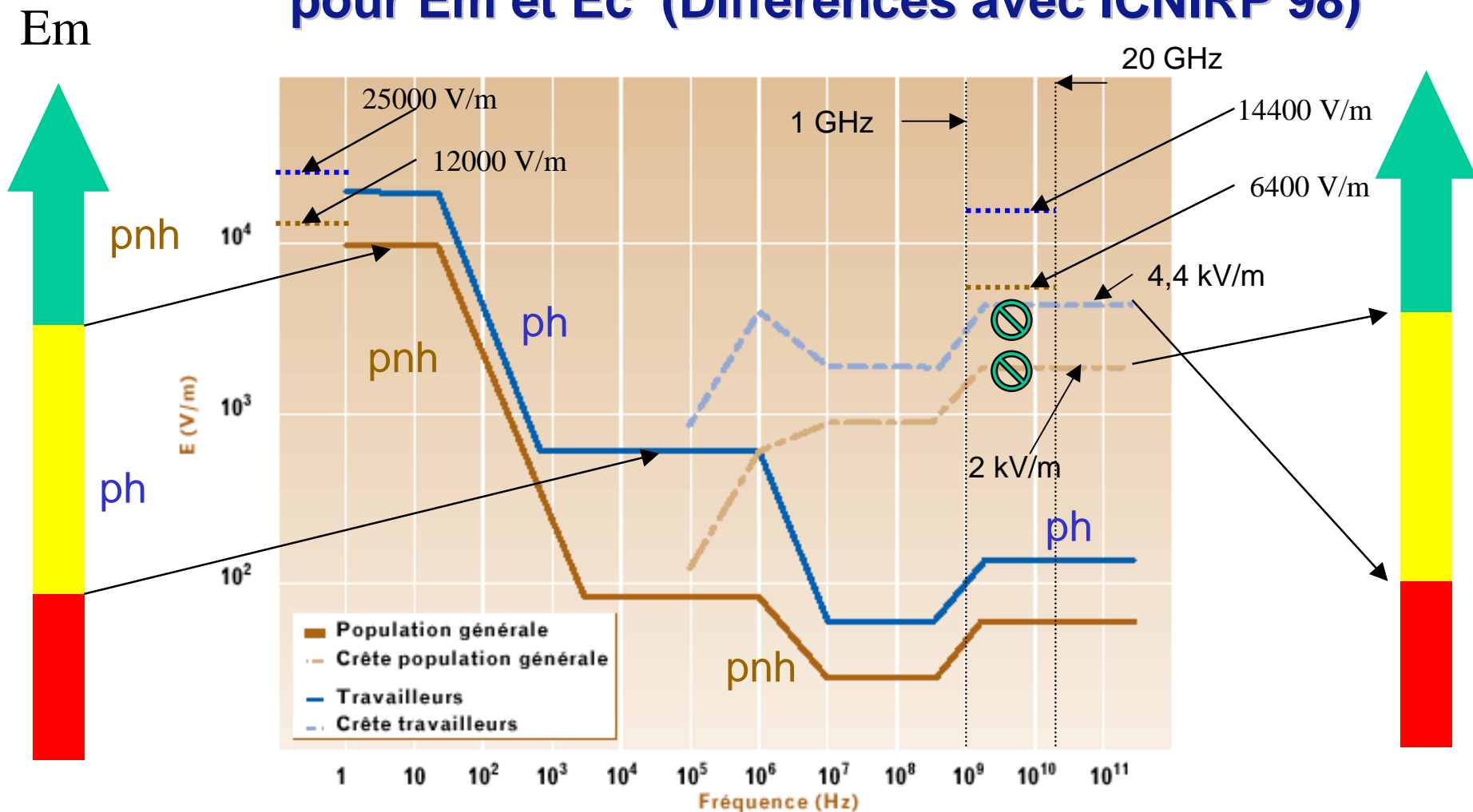
Les fondements de la réglementation DREP du MINDEF



ICNIRP 98 avec quelques différences..

- des seuils de référence en **champs crêtes plus élevés**, de 1 à 20 GHz
- des seuils de référence en **densité d'énergie**,
 $W(\text{pnh}) \leq 0,08 \text{ J/m}^2$
 $W(\text{ph}) \leq 0,4 \text{ J/m}^2$
- ces seuils sont indépendants de la durée d'exposition.

Niveaux de référence en fonction de la fréquence pour Em et Ec (Différences avec ICNIRP 98)



Les différences relatives aux restrictions de base

| Bandes de fréquences | 100 kHz - 10 GHz | | | 300 MHz - 10 GHz | |
|------------------------|---|-----------------------------------|---------|------------------------------|----------|
| | DAS _L moyenné (a) « corps entier » | DAS _L (a) « localisé » | | AS _L « localisé » | |
| Type de restrictions | | Tête et tronc | Membres | œil | Tête |
| Valeur limite pour pnh | 0,08 W/kg | 2 W/kg | 4 W/kg | 0,08 W/kg | 2 mJ/kg |
| Valeur limite pour ph | 0,4 W/kg | 10 W/kg | 20 W/kg | 0,4 W/kg | 10 mJ/kg |

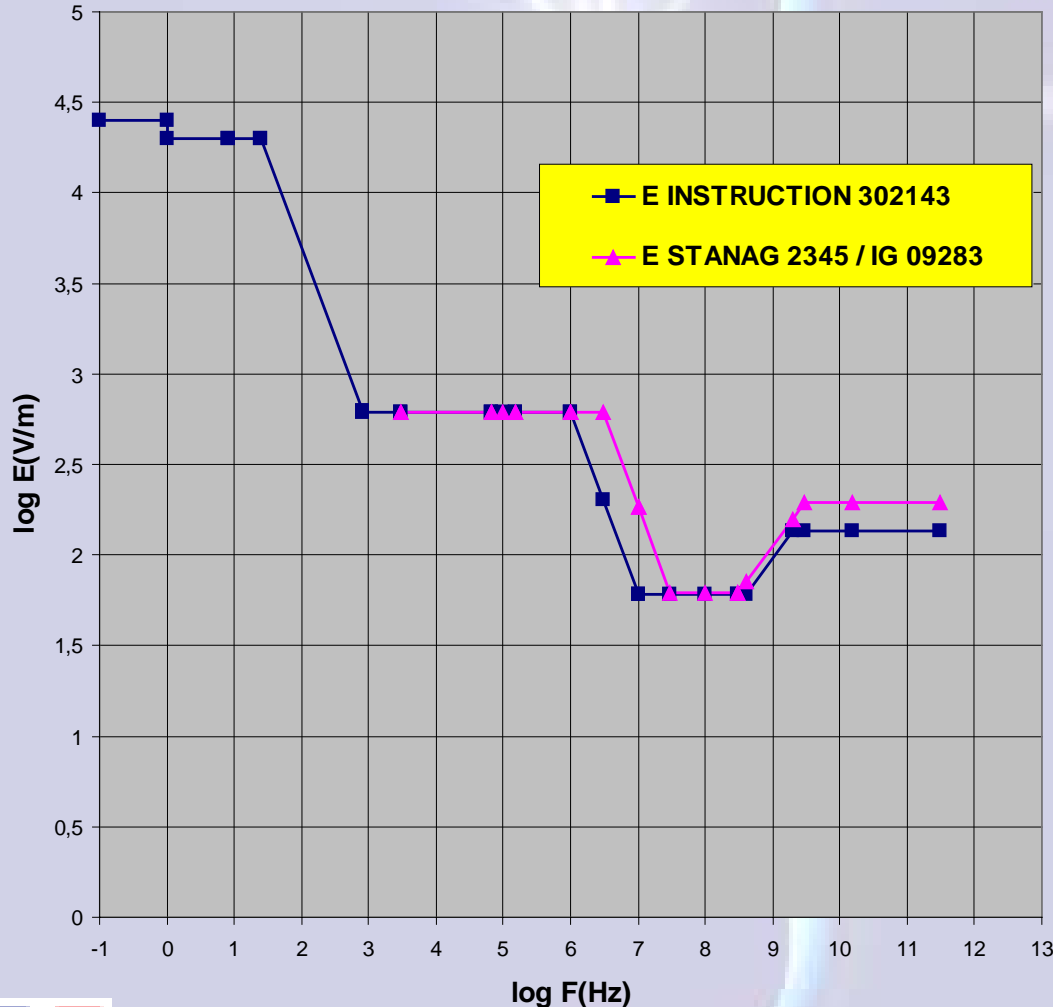
Rapport 5



- (a) ces valeurs correspondent à un intervalle de temps moyen de mesure t_m égal à 6 minutes.
- (b) la marge de sécurité sur le DAS est de 10 dB environ

Comparaison de E (ph) pour:

Instruction 302143 - STANAG 2345 Ed3 - Instruction 092083



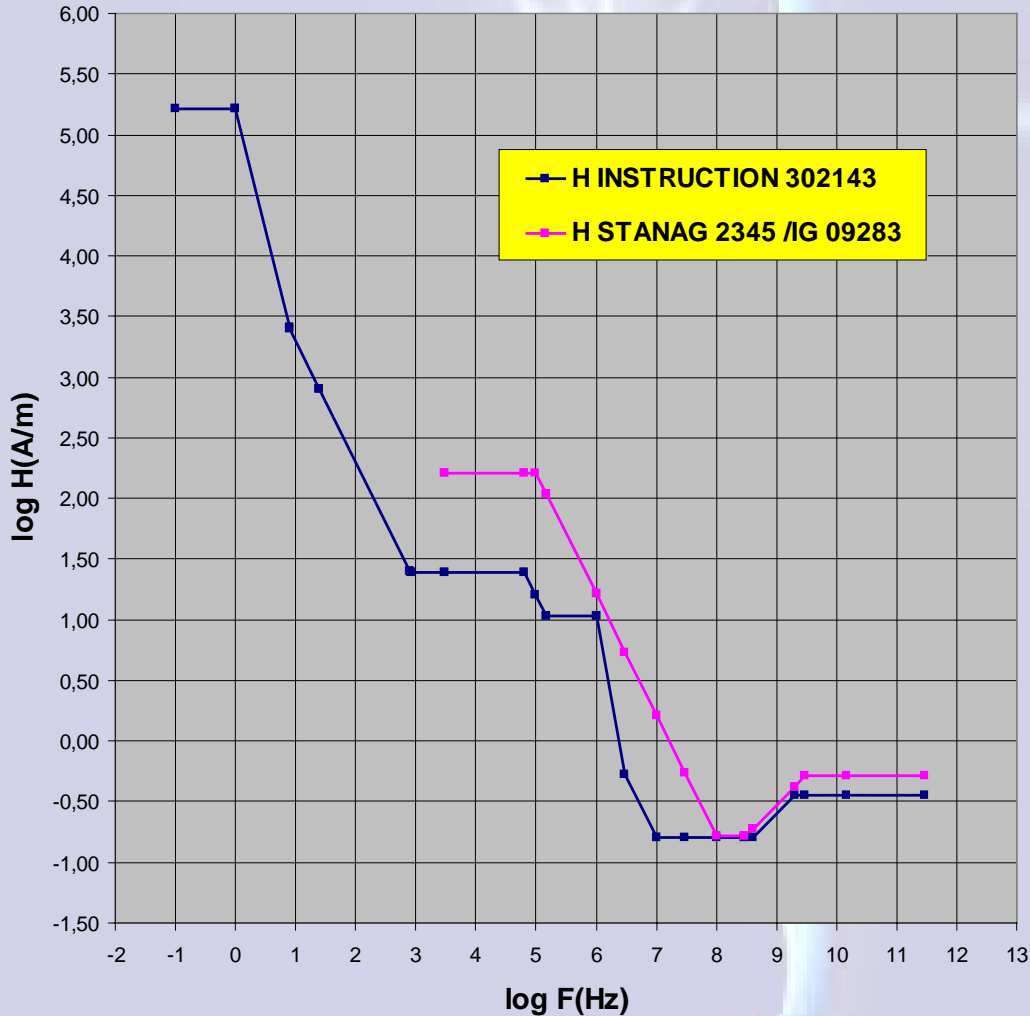
- **Écart de 10 dB** entre
3 MHz et 10 MHz
(614 V/m et 210 V/m)

- **Écart de 3dB** entre
2 GHz et 3 GHz
(194 V/m et 137 V/m)

- **Décrochement à 1MHz**
pour Instruction 302 143 au lieu
de 3 MHz pour STANAG 2345
et IG 09283

- **Ecartes minimales ailleurs**
dus à approximations sur E
selon calcul direct ou
déduction par $p = E^2/120\pi$

Comparaison de H (ph) pour: Instruction 302143 - STANAG 2345 Ed3 - Instruction 092083



- Écart de 20 dB
entre 3 kHz et 100 kHz
(163 A/m et 16 A/m)

- $E(ph)/120\pi \leq H(ph) < H (ST 2345)$
pour l'Instruction 302143.
 H admissible $\geq H$ onde plane $E(ph)$

Les différences concernant **tm** « *intervalle de temps moyen* » pour la prise en compte de l'énergie absorbée

| Bande de fréquences | $t_m (E, p)$ | $t_m (I \text{ induit et } I \text{ contact})$ | $t_m (E, p)$ | $t_m (I)$ |
|--|-----------------------|--|----------------------------|------------------------|
| | Instruction 302143 | | Stanag 2345 | |
| $F < 2,5 \text{ kHz}$ | non applicable | 1 seconde | non applicable | non applicable |
| $2,5 \text{ kHz} \leq F < 100 \text{ kHz}$ | non applicable | 1 seconde | 6 minutes (début: 3kHz) | 1 seconde |
| $100 \text{ kHz} \leq F < 110 \text{ MHz}$ | 6 minutes | 6 minutes | 6 minutes | 6 minutes (100 MHz) |
| $110 \text{ MHz} \leq F < 10 \text{ GHz}$ | 6 minutes | non applicable | 6 minutes | non applicable |
| $10 \text{ GHz} \leq F < 300 \text{ GHz}$ | $\frac{68}{f^{1,05}}$ | non applicable | $\frac{154,7}{f^{1,2}}$ | non applicable |

Différences sur la façon d'appliquer les exigences en émissions **supposées simultanées**

Condition 1: Effets de stimulation électrique de 1 Hz à 10 MHz:

$$\sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{E}_{l,i}} + \sum_{i>1\text{MHz}} \frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{a}} \leq 1 \qquad \sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{kHz}} \frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{H}_{l,j}} + \sum_{j>150\text{kHz}} \frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{b}} \leq 1$$

Condition 2: Effets thermiques pour $f \geq 100$ kHz :

$$\sum_{i=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{c}}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}} \left(\frac{\mathbf{E}_i}{\mathbf{E}_{l,i}}\right)^2 \leq 1 \qquad \sum_{j=100\text{kHz}}^{150\text{kHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{d}}\right)^2 + \sum_{j>150\text{kHz}} \left(\frac{\mathbf{H}_j}{\mathbf{H}_{l,j}}\right)^2 \leq 1$$

avec

\mathbf{E}_i intensité du champ électrique à la fréquence i

(Em étant la valeur maximale de \mathbf{E}_i , on ne prend en compte que les sources pour lesquelles $\mathbf{E}_i > E_{\text{max}}/3$ et il est proposé pour l'avenir de ne pas tenir compte des sources telles que $\mathbf{E}_i/\mathbf{E}_{l,i} < 0,1$)

$\mathbf{E}_{l,i}$ niveau de référence du champ électrique à la fréquence i

\mathbf{H}_j intensité du champ magnétique à la fréquence j

$\mathbf{H}_{l,j}$ niveau de référence du champ magnétique à la fréquence j

$$\mathbf{c} = 87/f^{1/2} \text{ V/m}$$

$$\mathbf{d} = 0,73/f \text{ A/m (f en MHz)}$$

$$\mathbf{a} = 87 \text{ V/m}$$

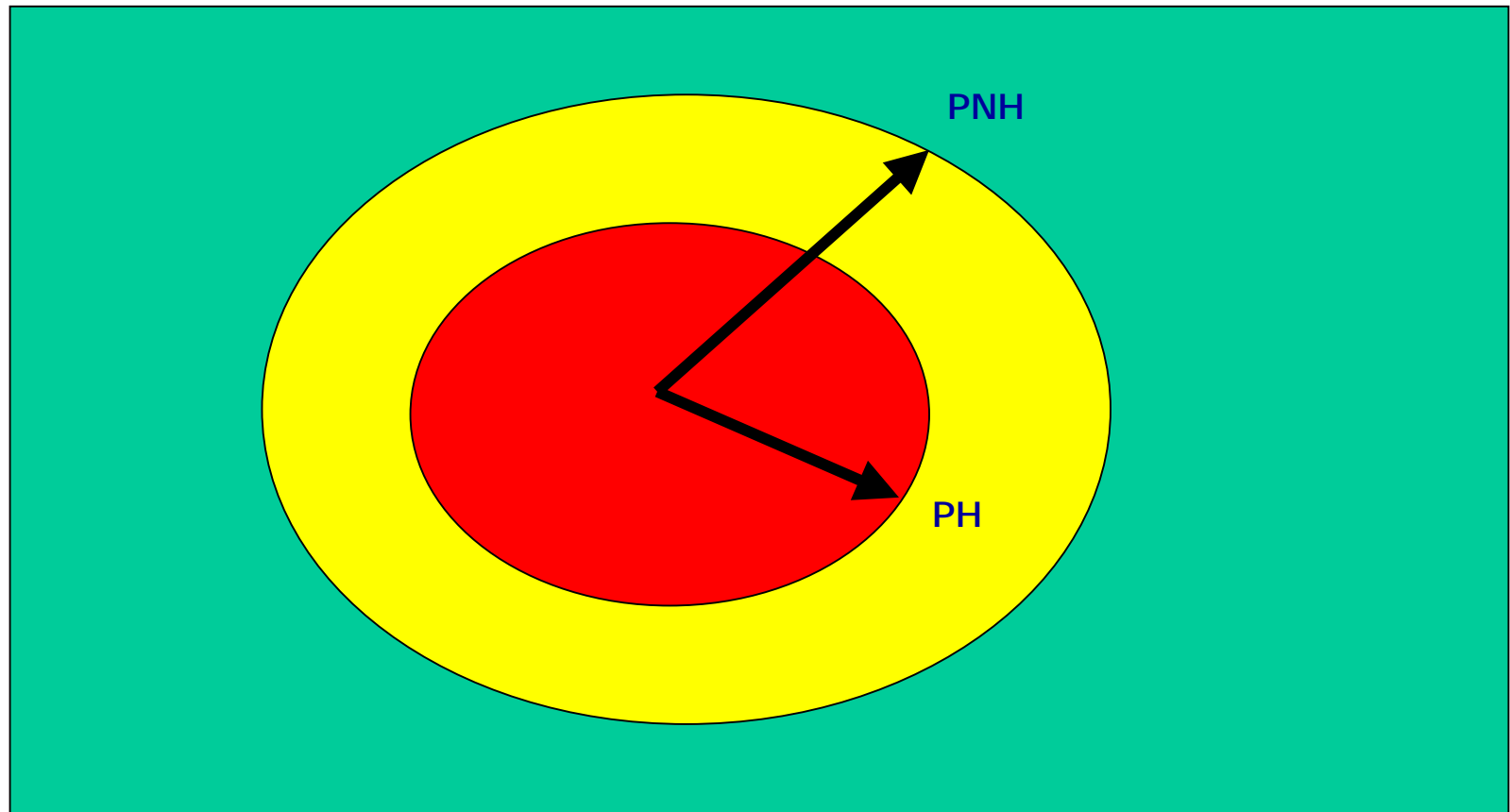
$$\mathbf{b} = 5 \text{ A/m (6,25 } \mu\text{T)}$$



4- Le principe de la réglementation DREP du MINDEF

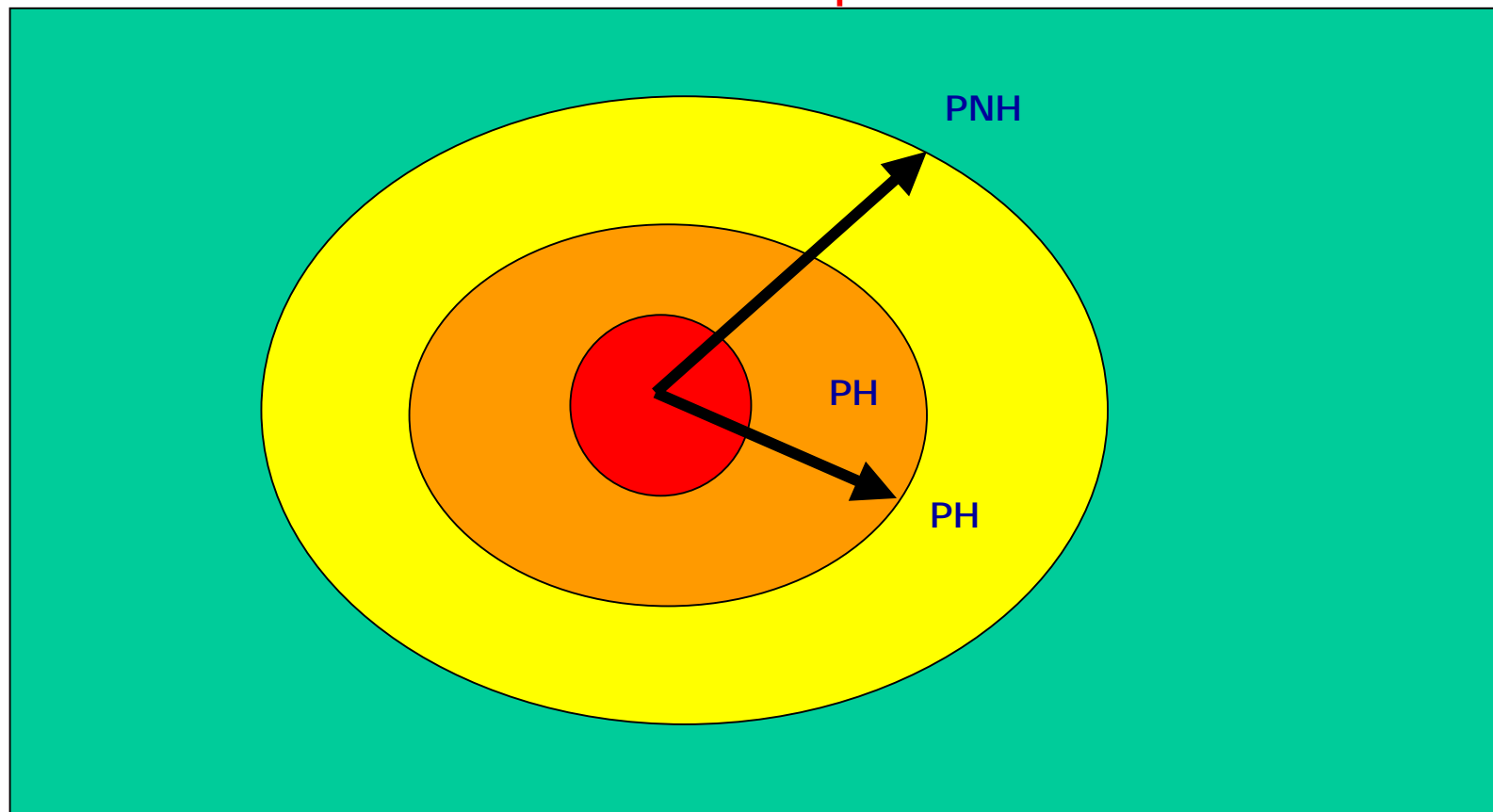
Trois zones d'exposition (verte, jaune, rouge) + une zone orange optionnelle à temps d'exposition contrôlé)

Deux niveaux de référence pnh et ph et **trois zones** + une zone optionnelle

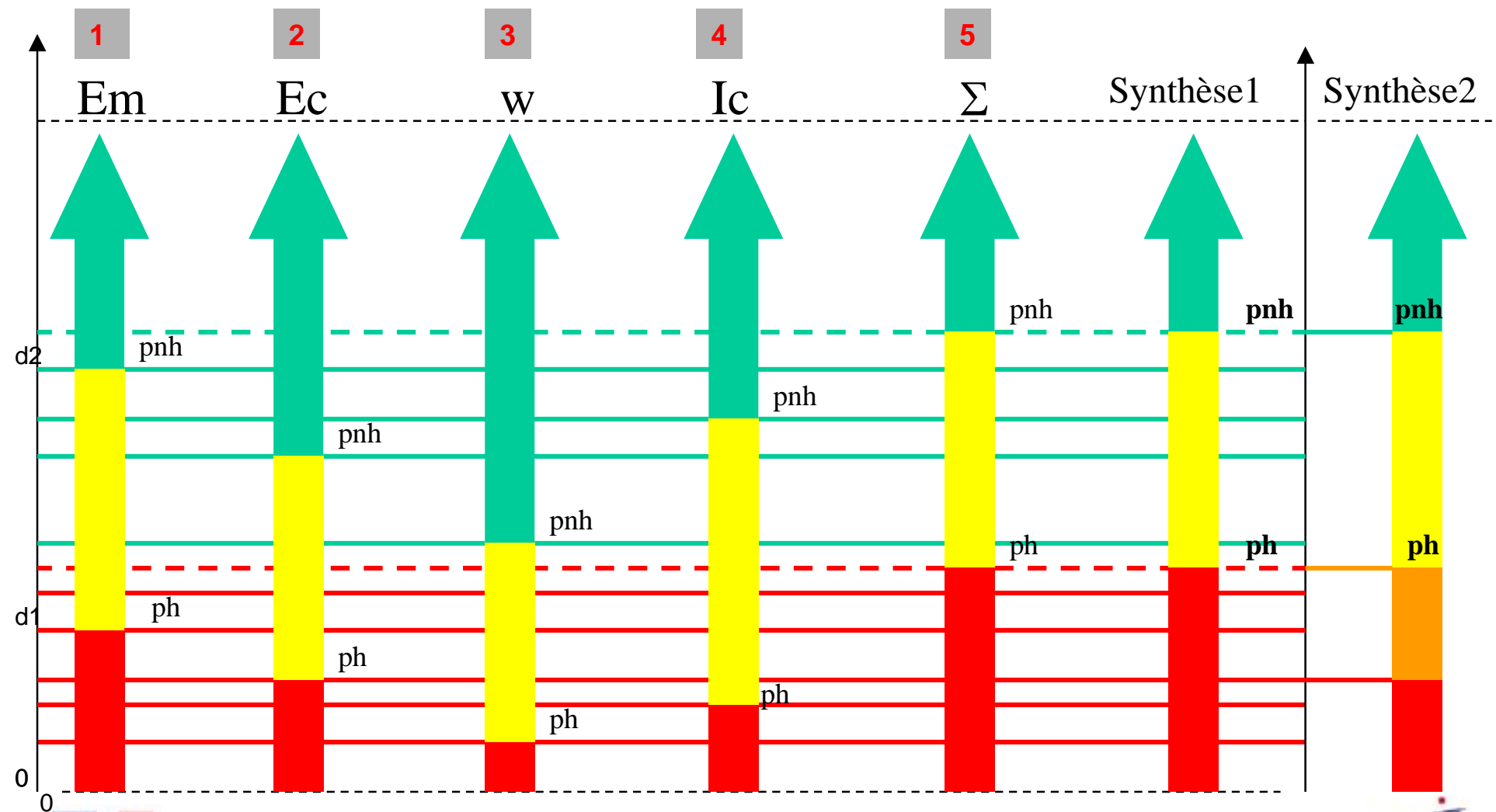


Une zone optionnelle (orange) à temps d'exposition contrôlé

$$\text{Condition: } E^2 \cdot t_{\text{exp}} \leq E^2_{\text{nr}} \cdot t_{\text{m}}$$



Détermination des zones d'exposition: 5 exigences



Répartition en personnels « ph » et « pnh »

- **ph**, personnes ayant à travailler en zone jaune :
 - *ayant effectué un stage de formation conforme aux exigences DFP*
 - *ayant été reconnus aptes après accord du médecin de prévention*
- **pnh**, public et personnes de l'organisme :
 - *n'ayant pas connaissance de leur irradiation*
 - *ne devant être exposés qu'à des niveaux < Nref des pnh .*

5- La mise en œuvre de la réglementation DREP au MINDEF

Cas général : 7 phases

- **Phase 1** : Identification des caractéristiques des sources (P, G, F, forme de l'antenne, angle à 3dB , hauteur de l'antenne /sol)
- **Phase 2** : Cartographie initiale très « basique »
- **Phase 3** : Calculs plus précis avec logiciels ZP sur axe et en dehors de l'axe
- **Phase 4**: Validation par des mesures (sources isolées et sources simultanées);
quelles différences avec protocole ANFR ?
 - Contrôle de la source en P et en F et avec action sur l'orientation du faisceau
 - Recherche de la valeur maximale de p
 - Recherche de moyenne spatiale (seulement pour valider les modélisations)
 - Mesure des courants de contact
 - Mesure en présence d'émissions simultanées (variation temporelle de raie fréquentielle)
- **Phase 5** : Cartographie avec marges de sécurité pour tenir compte des sources mobiles
- **Phase 6** : Mesure de SAR pour les sources mobiles quand $E > E_{ref}$
- **Phase 7**: Consignes de postes

Cas particulier des installations à rayonnements parasites en / hors maintenance

- Distinction entre **risques électriques** et **risques DREP**
- Difficultés d'identification des **fuites** qui sont, par nature, **aléatoires**
- Nécessité de déterminer les **configurations de maintenance génériques** (avec sécurités retirées ou forcées pour permettre le dépannage, etc)
- Modélisation et calculs difficiles voire impossibles.
- Mesures à effectuer :
 - en fonction du temps, de la fréquence et du TOS
 - pour différents câbles de liaison
 - pour différentes charges et différents réglages des installations

6- Aide à la mise en œuvre de l'Instruction DREP

Amélioration de la mise en œuvre

- **Moyens de calcul et mesure** déjà développés pour les évaluations DRAM (*évaluations DRAM et DREP conjointes à bord des navires: RADHAZ Survey*); le CTSN est le **centre pilote** de la DET pour ces activités.
- **Moyens de mesure mobile** (de champs et de courants) au sol ou en vol
- **Etudes amonts** menées par la DCSSA (CRSSA Grenoble) sur les ondes pulsées ; études épidémiologiques menées sur les personnels embarqués depuis 15 ans.
- **Participation aux travaux OTAN (STANAG 2345)**
- **Formation des PCPREM, EREM et ph** (taux :20 formations par mois)
- **Guides méthodologiques** (en cours dans le cadre de la CIN DREP)
- **Retour d'expérience** pris en compte par le CTSN (pilotage CIN DREP)

7- L 'organisation de la prévention DREP au MINDEF

MINISTRE

Contrôle Général des Armées

Inspection du travail et de la médecine de prévention

D.F.P.

Administration centrale
Coordonnateur central à la
prévention

Autorités centrales
Délégués centraux

D.C.S.S.A.

EREM

Chef de l'Organisme

C.H.S.C.T.

C.C.H.P.A.

PCPREM.

Médecin de prévention

Chargé de prévention

Personnels
Militaires et civils



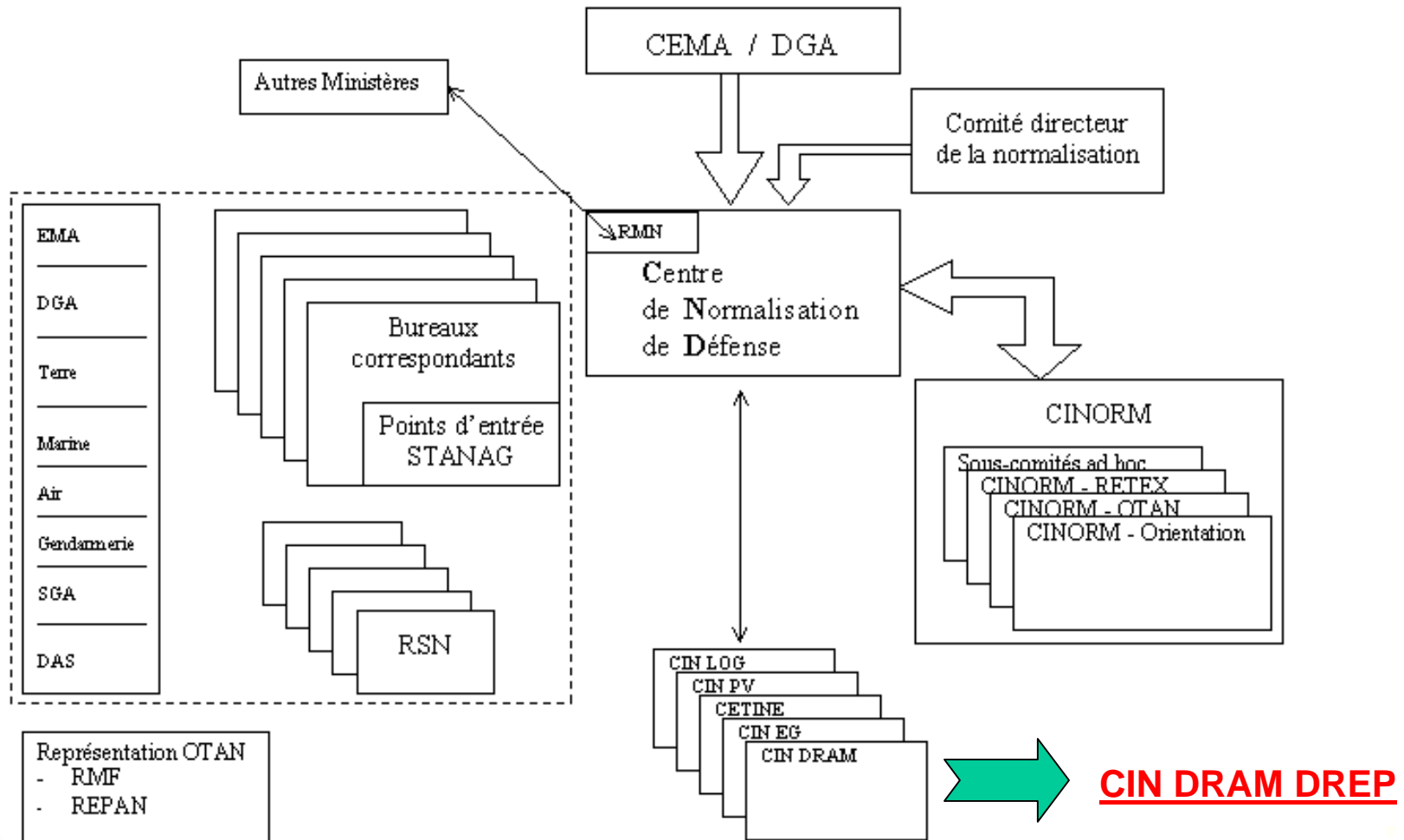
Organisation des activités DREP au MINDEF

- Activités au niveau HSCT
- Pilotage par DFP + DCSSA + Médecine de prévention
- Un EREM pour chaque grande Direction
- Rôle du Chef d'organisme + HSCT + PCPREM
- Rôle transverse des EREM, PCPREM et COMREM
- Dossiers de sites pilotés par les PCPREM
- Calculs et mesures (externalisés ou internes MINDEF)
- Dispositions de prévention (PCPREM)
- Dérogations EREM + CGA + DCSSA

Création d'une Commission Interarmées de Normalisation DRAM - DREP

Plate - forme interarmées permettant de recueillir les avis des experts et ceux des différents organismes du MINDEF et de formuler des recommandations sur les documents et directives DREP discutées à l'**OTAN** ou sur le plan international.

La commission Interarmées de Normalisation DREP a été créée le 1/02/05



Les OBJECTIFS de la CIN DREP

- 1 - Elaboration de **guides méthodologiques** prenant en compte les **meilleures pratiques** en **mesure** et en **calcul** de champs et courants.
- 2 - Expression globale des besoins du MINDEF (Instrumentation, **CCTP mesures**, etc) pour accélérer la mise en conformité des installations.
- 3 - Analyse et validation de l'**annexe 12** (sources mono-impulsionnelles)
- 4 - Prise en compte du **RETEX** suite à l'application de l'IDFP
- 5 - Elaboration de la **position du MINDEF pour l'OTAN** et les différents comités d'experts Européens (**CEN**)

8- Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention (1)

- A - **Dossiers de site** identifiant les zones jaunes oranges ou rouges
- B - **Matérialisation des zones** (Mise en place des **Pancartes**, **étiquettes**, **barrières de protection** et avertisseurs de type **gyrophares** ou **sirènes**)
- C - **Désignation des pH**: stage de formation + visite médicale
- D - Mise en place du **registre d'exposition**
- E - Fourniture de **combinaisons de protection individuelles** :
 - pour accès en zone rouge (dérogation)
 - par principe de précaution pour travaux en zone jaune pour les personnels effectuant des séjours de longue durée dans cette zone.

Les dispositions de prévention (2)

- F - **Dosimètres de protection** pour les personnels travaillant sur des installations pouvant rayonner accidentellement des rayonnements (fuites hyperfréquences).
- G - **Modélisation** appliquée à la conception des navires futurs afin de localiser les zones à risque et optimiser l'emplacement des antennes. La modélisation permet aussi de définir les moyens de protection adaptés pour ramener **les courants de contact** à des niveaux acceptables (isolants, matériaux composites etc..)

9- Le retour d 'expérience

Retour d'expérience et Bases de données

- **Dosimétrie des champs et courants** : On note les écarts entre résultats de mesures et résultats de simulation
- **Dosimétrie des SAR** : pour les sources mobiles
- Surexpositions ou accidents
- Témoignages de **troubles constatés** sans surexposition
- **Difficultés d'application** de l'Instruction 302143
- Solutions de **protection** proposées pour la conception des **systèmes d'armes futurs**.

Conclusion

- Le Ministère de la Défense a mis en place une organisation DREP spécifique comportant des **EREM, PCPREM, et une Commission Interarmées de normalisation dite « CIN DRAM/DREP »** véritable plate-forme d'expertise pour recueillir les avis et formuler des recommandations sur le plan national ou international.
- L'instruction DREP du MINDEF va au delà du **Décret n° 2002-775 du 3 Mai 2002** et de la **Directive Européenne 2004/40 EC du 29 avril 2004** pour les formes d'ondes pulsées en **limitant la densité d'énergie rayonnée** tout en étant moins contraignante vis à vis du champ crête dans la bande 1 à 20 GHz
- Le retour d'expérience acquis depuis deux ans met en évidence l'existence de contraintes résultant de l'application :
 - des **limitations des courants** dits de contact
 - de l'addition des effets dus aux **émissions supposées simultanées.**