

## RAPPORT 516-4

## CHAMP RÉSULTANT DE PLUSIEURS CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

(Question 44/10, Programme d'études 44A/10)

(1970-1978-1982-1986-1990)

Des travaux ont été exécutés en Italie [CCIR, 1966-69] et en Hongrie [CCIR, 1978-82] pour étudier la composition de plusieurs champs électromagnétiques stables en un même point.

## 1. Champ résultant de deux champs stables

Si l'on considère en un point de l'espace les deux champs  $E_1$  et  $E_2$ , de fréquences différentes:

$$E_1 = A \cos \omega t \quad (1)$$

$$E_2 = B \cos [(\omega + \Delta\omega)t + \varphi] \quad (2)$$

où  $A$ ,  $B$ ,  $\omega$ ,  $\Delta\omega$  et  $\varphi$  sont constants dans le temps et si l'on suppose en outre que ces deux champs sont polarisés dans la même direction, l'amplitude instantanée du vecteur représentatif du champ résultant est:

$$E = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos(\Delta\omega t + \varphi)} \quad (3)$$

La valeur moyenne de  $E$  dans la période  $T = 2\pi/\Delta\omega$  est:

$$E_R = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} E(t) dt = Af(A/B) \quad (4)$$

La composante de fréquence  $\Delta\omega$  de  $E$  dans la même période est:

$$E_{\Delta\omega} = \left(\frac{2}{T}\right) \int_{t_0}^{t_0+T} E(t) \cos(\Delta\omega t + \varphi) dt \quad (5)$$

Si l'on désigne respectivement par  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $(E_1 + \Delta R)$  et  $(E_2 + \Delta E)$  les valeurs de  $A$ ,  $B$ ,  $E_R$  et  $E_{\Delta\omega}$  exprimées en dB( $\mu$ V/m) et si l'on suppose  $E_1 \geq E_2$ , on peut tracer sur un diagramme, en fonction de  $(E_1 - E_2)$ , les valeurs de  $\Delta R$  indiquées par un mesureur de champ et celles de  $\Delta E$ . On obtient ainsi les courbes de la Fig. 1 (en trait continu) et de la Fig. 2.

La courbe en trait pointillé de la Fig. 1 s'obtient en calculant la valeur quadratique moyenne des amplitudes des deux champs:

$$E_R = \sqrt{A^2 + B^2} \quad (6)$$

La première courbe (trait continu) de la Fig. 1 est, quelle que soit la différence  $(E_1 - E_2)$ , toujours située au-dessous de la deuxième courbe. L'écart maximal est de 0,9 dB pour  $E_1 = E_2$ .

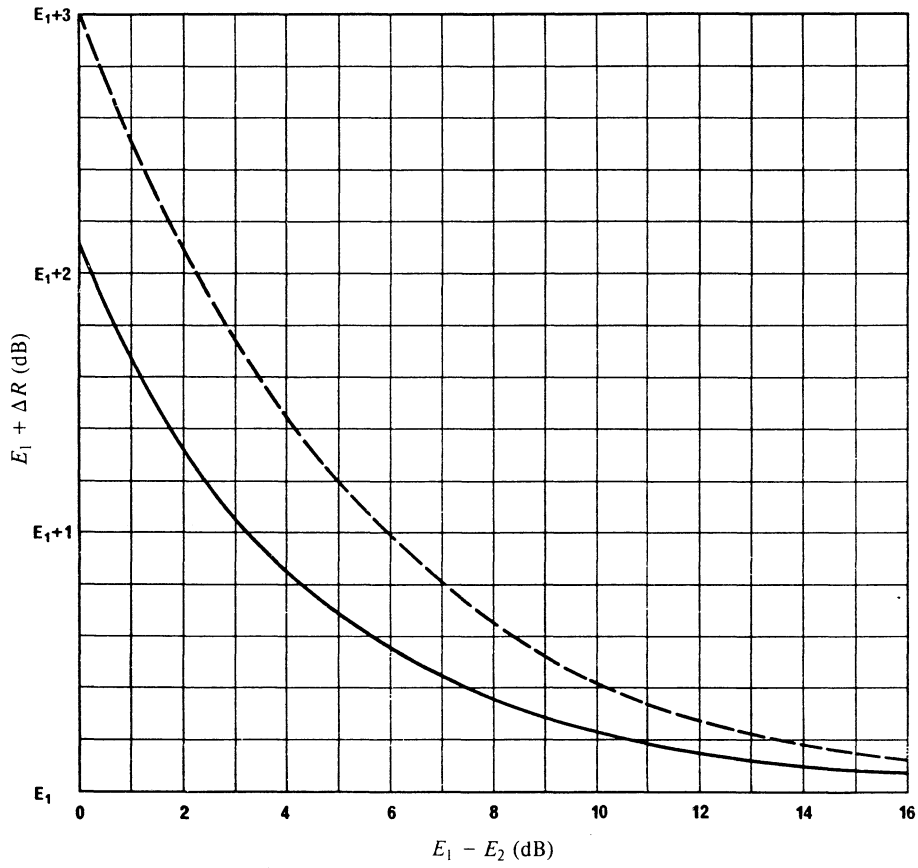


FIGURE 1 - Résultante ( $E_1 + \Delta R$ ) de deux champs électromagnétiques stables ( $E_1 > E_2$ )

— : valeur indiquée par un mesureur de champ  
 - - : valeur calculée par addition des puissances des deux signaux

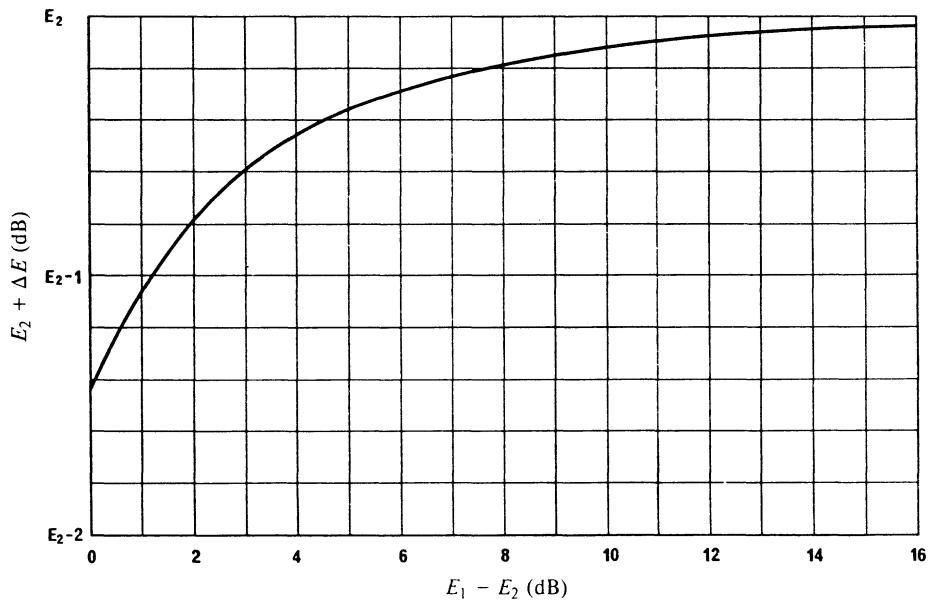


FIGURE 2 - Composante ( $E_2 + \Delta E$ ) dans la résultante de deux champs électromagnétiques stables ( $E_1 > E_2$ )

## 2. Champ résultant de trois champs stables

Soit:

$$E_1 = A \cos \omega t$$

$$E_2 = B \cos [(\omega + \Delta\omega_1)t + \varphi_1]$$

$$E_3 = C \cos [(\omega + \Delta\omega_2)t + \varphi_2]$$

trois champs (avec les mêmes hypothèses que ci-dessus).

Si l'on désigne respectivement par  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $(E_1 + \Delta R)$ ,  $(E_2 + \Delta E_1)$  et  $(E_3 + \Delta E_2)$  les valeurs de  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , la valeur moyenne et l'amplitude des composantes du vecteur qui représente la résultante exprimée en  $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$  et si l'on suppose  $E_1 \geq E_2$  et  $E_1 \geq E_3$ , on peut tracer sur un diagramme les courbes qui donnent, en fonction de  $(E_1 - E_2)$  et de  $(E_1 - E_3)$  les valeurs de  $\Delta R$  et de  $\Delta E_1$ ,  $\Delta E_2$ .

On obtient ainsi les courbes des Fig. 3 et 4.

On voit, par exemple, que dans le cas où  $E_1 = 63 \text{ dB}$ ,  $E_2 = 62 \text{ dB}$  et  $E_3 = 60 \text{ dB}$ , on a:  $\Delta R = 2,8 \text{ dB}$ ,  $\Delta E_1 = 3,7 \text{ dB}$  et  $\Delta E_2 = 3 \text{ dB}$ .

Pour obtenir des informations concernant les mesures de  $\Delta E$ ,  $\Delta E_1$  et  $\Delta E_2$ , il faut se reporter au Rapport 273.

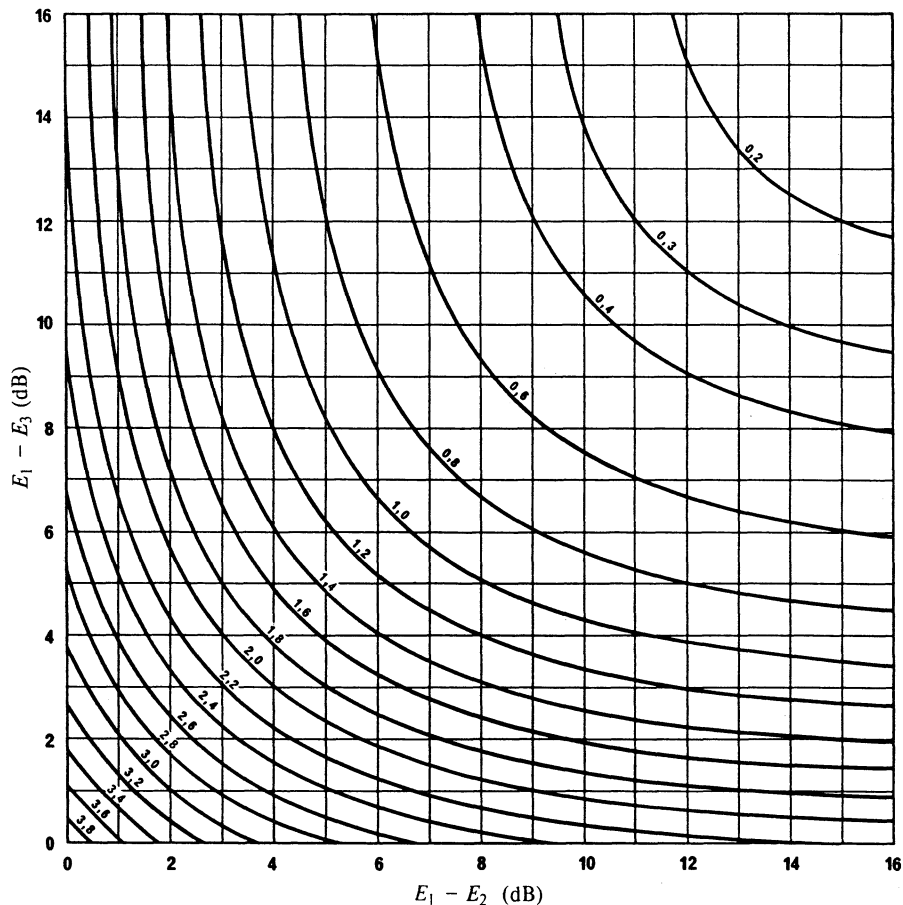


FIGURE 3 - Famille de courbes  $(E_1 + \Delta R)$  résultant de trois champs électromagnétiques stables ( $E_1 > E_2$ ,  $E_1 > E_3$ )

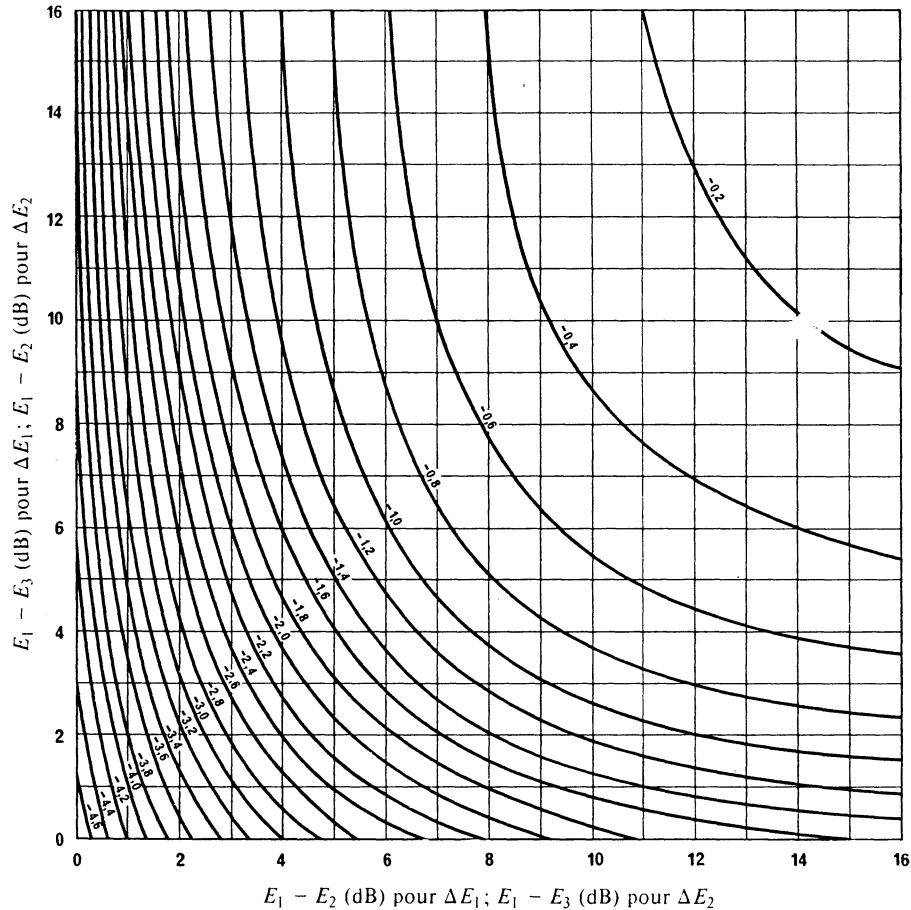


FIGURE 4 - Famille de courbes  $(E_2 + \Delta E_1)$  et  $(E_3 + \Delta E_2)$  de la résultante de trois champs électromagnétiques stables

### 3. Champs moyens résultant du fonctionnement synchrone d'émetteurs à ondes décimétriques

Des recherches ont été effectuées en URSS [CCIR, 1986-90] pour déterminer le rapport signal utile/signal brouilleur aux fins de planification, dans le cas du fonctionnement synchrone de deux stations de radiodiffusion sonore qui créent en un point de réception des champs moyens  $E_1$  et  $E_2$ . Ces études montrent qu'on peut obtenir le niveau médian du signal résultant en ajoutant au signal le plus fort  $E_1$  ou  $E_2$ , les valeurs de  $\Delta E_s$  données dans le tableau suivant.

Valeur absolue de la différence $ E_1 - E_2 $ (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta E_s$ , dB	4	3,7	3,3	2,8	2,2	1,8	1,4	1,1

Pour une différence  $|E_1 - E_2| \geq 8$  dB, l'accroissement réel est inférieur à 1 dB et correspond pratiquement à la somme arithmétique des puissances des signaux entrants. Les valeurs de  $\Delta E_s$  correspondent à l'écart type total des évanouissements lents, soit 6 dB.

#### 4. Résultats expérimentaux

Des mesures de champ effectuées au Centre de contrôle de la RAI de Monza et à la station de contrôle de Tárnok en Hongrie permettent de dire que:

- si l'on considère le cas de deux ou trois émissions en ondes hectométriques à modulation d'amplitude dans le même canal,
- si l'on suppose que les fréquences des porteuses diffèrent d'au moins quelques hertz,
- si les signaux au point de réception sont stables,

on peut admettre que la valeur mesurée du champ résultant est, à 0,2 dB près, celle qu'on déduit respectivement des courbes en trait continu des Fig. 1 à 4.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

##### *Documents du CCIR*

[1966-69]: X/56 (Italie).

[1978-82]: 1/143, 10/198 (Hongrie (République populaire de)).

[1986-90]: 10/253 (URSS).

#### BIBLIOGRAPHIE

FENTON, L.F. [1960] - The sum of log-normal probability distributions in scatter transmission systems, IRE Trans, CS-8.

---