

Formulaire

Relations trigonométriques

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \mp \sin A \sin B \quad (1)$$

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B \quad (2)$$

$$\cos A \cos B = \frac{1}{2}(\cos(A - B) + \cos(A + B)) \quad (3)$$

$$\sin A \cos B = \frac{1}{2}(\sin(A - B) + \sin(A + B)) \quad (4)$$

$$\sin A \sin B = \frac{1}{2}(\cos(A - B) - \cos(A + B)) \quad (5)$$

Transformées de FOURIER

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \leftrightarrow T \text{sinc}(fT) \quad (6)$$

$$\text{sinc}(2Wt) \leftrightarrow \frac{1}{2W} \text{rect}\left(\frac{f}{2W}\right) \quad (7)$$

$$e^{-at}u(t), a > 0 \leftrightarrow \frac{1}{a + 2\pi jf} \quad (8)$$

$$e^{-a|t|}, a > 0 \leftrightarrow \frac{2a}{a^2 + (2\pi f)^2} \quad (9)$$

$$e^{-\pi t^2} \leftrightarrow e^{-\pi f^2} \quad (10)$$

$$\delta(t) \leftrightarrow 1 \quad (11)$$

$$1 \leftrightarrow \delta(f) \quad (12)$$

$$\delta(t - t_0) \leftrightarrow e^{-2\pi jft_0} \quad (13)$$

$$e^{2\pi jft} \leftrightarrow \delta(f - f_c) \quad (14)$$

$$\cos(2\pi fct) \leftrightarrow \frac{1}{2}[\delta(f - f_c) + \delta(f + f_c)] \quad (15)$$

$$\sin(2\pi fct) \leftrightarrow \frac{1}{2j}[\delta(f - f_c) - \delta(f + f_c)] \quad (16)$$

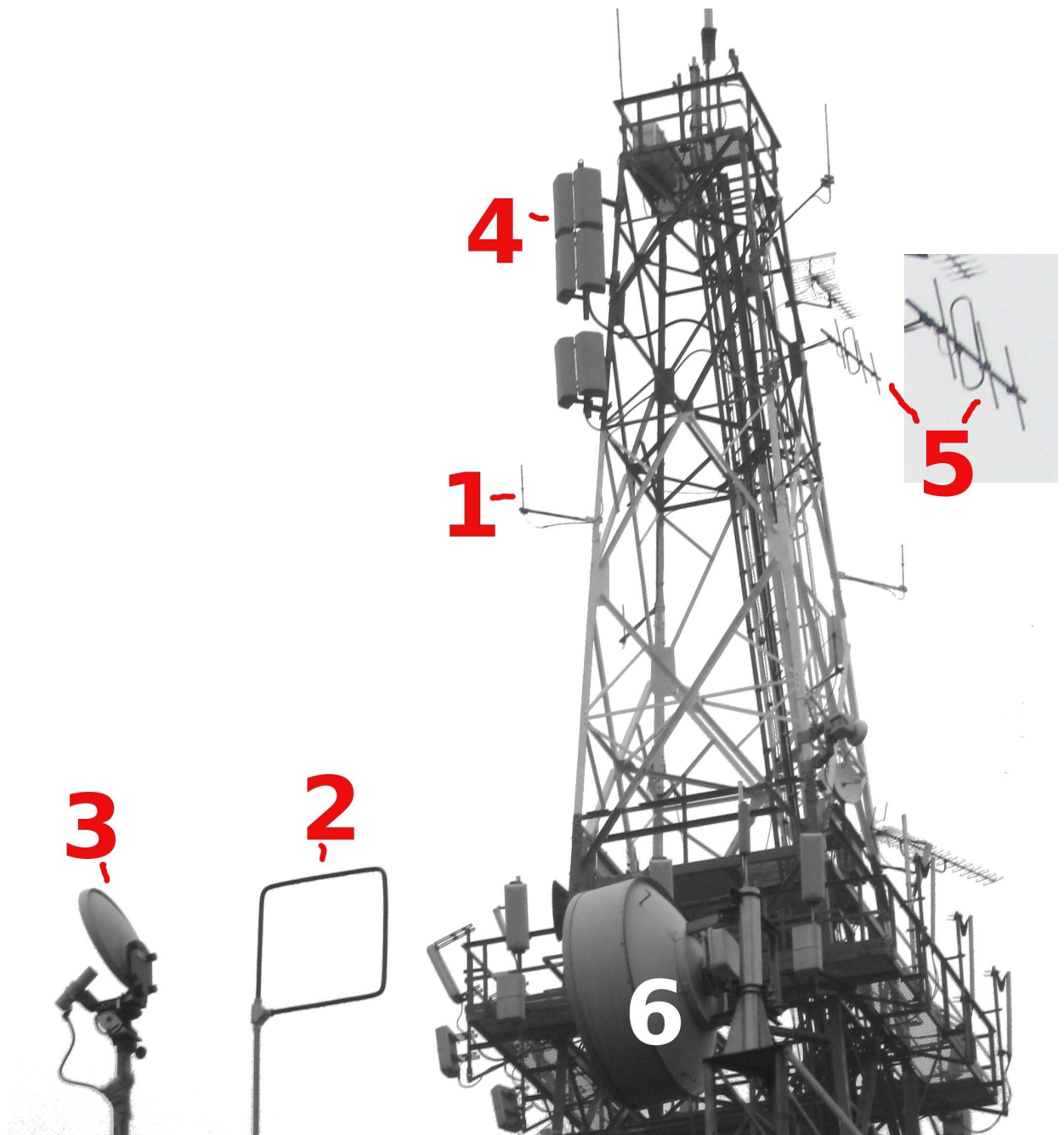
$$\text{sgn}(t) \leftrightarrow \frac{1}{\pi jf} \quad (17)$$

$$\frac{1}{\pi t} \leftrightarrow -j \text{sgn}(f) \quad (18)$$

$$\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t - iT_0) \leftrightarrow \frac{1}{T_0} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta\left(f - \frac{n}{T_0}\right) \quad (19)$$

1. (a) Sur quels paramètres d'une porteuse $A_c \cos(2\pi f_c t)$ peut-on agir pour envoyer un signal d'information $m(t)$? Précisez le nom des techniques de modulation que vous proposez.
 - (b) Citez toutes les techniques de modulation que vous connaissez. Comparez ensuite leur occupation fréquentielle.
 - (c) Quel type de modulation proposez-vous pour la transmission d'un signal GSM dans un canal radio? Détaillez les raisons de votre choix.
-
2. (a) Soit un signal stochastique $M(t)$. Quelles sont les conditions pour que ce signal admette une densité spectrale de puissance?
 - (b) En prolongement de la question précédente, on suppose que le signal $M(t)$ remplit les bonnes conditions pour avoir une densité spectrale de puissance, notée $\gamma_M(f)$.
On construit ensuite le signal suivant $S(t) = M(t) \sin(2\pi f t)$. Que vaut la moyenne de ce signal?
 - (c) Établissez l'expression de la densité spectrale de puissance du signal $S(t)$.
 - (d) Peut-on dire que le signal $S(t)$ a une composante continue?

3. L'image suivante montre différentes antennes. Parmi ces antennes, 6 antennes sont numérotées.



- (a) Décrivez les antennes numérotées de 1 à 6.
(b) Pourquoi met-on certaines antennes en réseau ? Quel est l'objectif poursuivi ?

4. On souhaite transmettre, en bande de base, un signal $M(t)$.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la puissance du signal et, pour cette raison, on analyse la fonction d'autocorrélation de $M(t)$, qui est donnée par

$$\Gamma_{MM}(\tau) = \frac{ka^2}{a^2 + (2\pi\tau)^2}$$

où $a = 0,0001$ et $k = 5$.

- Calculez et dessinez l'allure de la densité spectrale de puissance du signal $M(t)$.
- Calculez la puissance du signal de $M(t)$ (en [W]) de deux manières différentes et exprimez ensuite cette puissance en [dBW] et en [dBm]. [Pour les calculs, conservez une forme symbolique le plus longtemps possible et ne remplacez les valeurs de a et k qu'à la fin.]
- Ce signal n'étant pas à bande limitée, il convient d'effectuer un filtrage passe-bas (supposé parfait) du signal de telle sorte que le signal filtré conserve 80 % de la puissance de départ.
Déterminez donc la fréquence de coupure du filtre passe-bas à appliquer à la fonction d'auto-corrélation.
- Déterminez la fréquence d'échantillonnage minimum à utiliser.

Pour la suite de la question, on considère le signal $M(t)$ (pas sa fonction d'auto-corrélation donc).

- Le signal $M(t)$ est échantillonné à la fréquence de 40 [kHz] et il est représenté par 64 niveaux discrets. Déterminez le débit binaire de la transmission.
- L'onde PCM obtenue est transmise en utilisant le codage Manchester, déterminez la bande passante minimum requise du canal de transmission.
- Déterminez le rapport signal sur bruit de quantification (valeur en [dB]) du signal quantifié si la valeur maximale du signal est égale à 2 [V].

Rappel :

$$10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)_q = 4,77 + 20 \log_{10} \left(\frac{\sigma_M}{M_{max}} \right) + 6n$$

où σ_M^2 est la puissance du signal $M(t)$, M_{max} la valeur maximale du signal (valeur de crête) et n le nombre de bits utilisés pour la quantification.

5. Un relais de télécommunications terrestre est composé de deux paraboles identiques de diamètre égal à 1 [m] et d'efficacité égale à 0,6. Ces deux paraboles sont parfaitement alignées et en ligne de vue directe.

Deux fréquences différentes sont utilisées pour la liaison entre ces paraboles : la fréquence de 3 [GHz] est utilisée pour la liaison dans un sens (liaison dite montante) et la fréquence de 4 [GHz] est utilisée pour la liaison dans l'autre sens (liaison dite descendante).

Les circuits électroniques d'émission et de réception présentent chacun des pertes d'insertion de 2 [dB]. La puissance fournie aux circuits électroniques qui alimentent les antennes vaut 10 [W].

- Calculez le gain des paraboles ainsi que l'ouverture à 3 [dB] pour les deux fréquences précitées.
- Calculez et définissez le PIRE.
- Déterminez la distance maximale pouvant séparer les deux paraboles, tout en conservant bien sûr une communication bidirectionnelle et sachant que la sensibilité de ces paraboles est de -60 [dB] en réception. La sensibilité est la valeur minimale du signal à l'entrée du récepteur nécessaire au bon fonctionnement de celui-ci.
- Pour se prémunir contre d'autres types de pertes, la distance est fixée à 8 [km]. Cette marge sur la distance permet de contrer les défauts d'alignement survenant lors du montage. En utilisant la distance maximale théorique calculée au point (c), déterminez le défaut d'alignement relatif maximum permis.
- Pour des raisons géologiques, une des deux paraboles doit être reculée de 2 [km] (elles sont donc maintenant distantes de 10 [km]). Les deux liaisons continuent-elles à respecter le seuil minimum de sensibilité ?
- Citez toutes les solutions permettant d'augmenter la puissance au droit du récepteur et justifiez brièvement. Quelle solution vous paraît la plus simple à mettre en œuvre ?

Formules utiles :

$$\theta_{3[dB]} = 70 \frac{\lambda}{D} \quad [degré] \quad (20)$$

$$G_{max} = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{eff} \quad (21)$$

$$L_{E,R} = 12 \left(\frac{\alpha_{E,R}}{\theta_{3[dB]}} \right)^2 \quad [dB] \quad (22)$$