

**CONTROLE ECRIT  
SYSTEMES DE TRANSMISSION**

**Durée : 2 heures**

**Documents et calculatrices interdits**

*Ce contrôle est destiné à mesurer le degré de compréhension et d'assimilation de cet enseignement. Il s'appuie essentiellement sur des questions. Les 3 séries de questions sont indépendantes.*

*En dehors des réponses aux questions à choix multiples, apportez des réponses justifiées, courtes mais claires.*

*Bon courage !*

**1. Principes directeurs pour la transmission hertzienne**

Lors de la conception d'un système de transmission hertzienne, on avance trois principes directeurs :

- la coexistence de plusieurs transmissions simultanées ;
- l'indépendance entre ces différentes transmissions ;
- la sélection, à la réception, d'une seule des transmissions parmi les autres.

Répondez alors aux questions suivantes simplement par OUI ou par NON, sur la copie et justifiez votre réponse quand cela est demandé :

**a1)** la modulation est une opération indispensable : OUI / NON

**b1)** on peut utiliser une fonction porteuse périodique quelconque (carrée par exemple) : OUI / NON

**b2)** pourquoi ?

**c1)** pour une source de bande de fréquences donnée, le type de modulation (amplitude ou fréquence / phase) intervient dans la bande occupée par la transmission : OUI / NON

**d1)** je suis maître de la bande occupée par ma propre transmission : OUI / NON

**d2)** pourquoi ?

**e1)** la sélection se fait grâce à un filtrage passe-bande : OUI / NON

**2. Modulations**

Soit une source dont le spectre en fréquences s'étend de 0 à  $F_{\max}$ . Pour chaque cas de modulation utilisée, précisez la bande occupée par la transmission (choix parmi trois réponses) et répondez aux questions quand il y a lieu :

**f1)** modulation d'amplitude complète (deux bandes et porteuse) :  $F_{\max} / 2$   $F_{\max}$  / infini ?

**g1)** modulation d'amplitude à bande latérale unique :  $F_{\max} / 2$   $F_{\max}$  / infini ?

**h1)** modulation de fréquence (théorique) :  $F_{\max} / 2$   $F_{\max}$  / infini ?

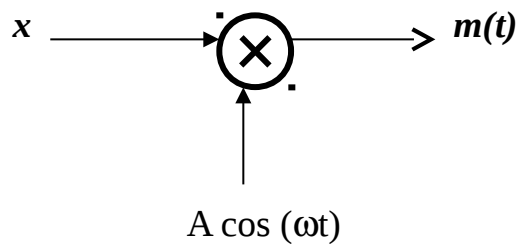
**h2)** modulation de fréquence (pratique) : pourquoi cette distinction « théorique / pratique » ?

**h3)** modulation de fréquence (pratique) : quelle est la règle utilisée et pourquoi ?

.../...

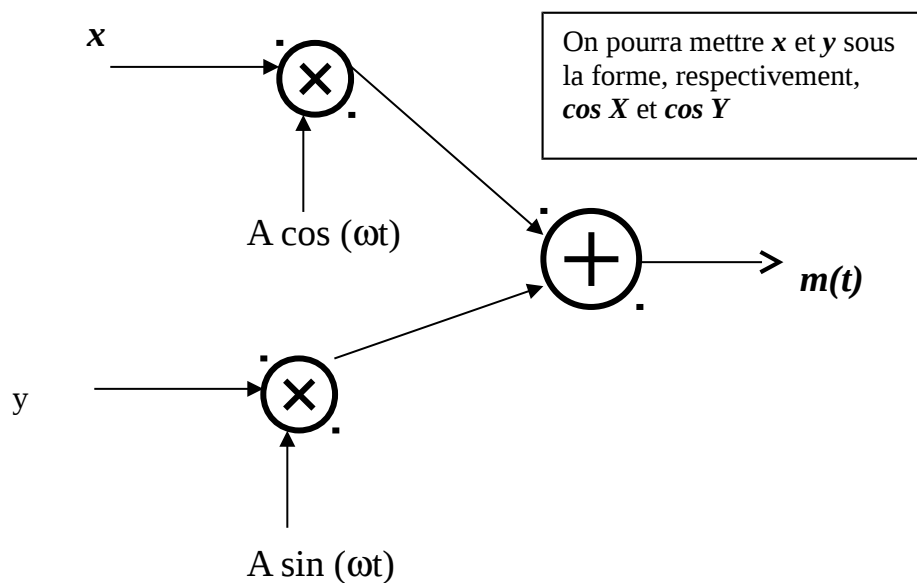
### 3. Modulateurs numériques

Pour chacun des deux modulateurs et chacun des cas énoncés, indiquez de quel type de modulation il s'agit (le langage courant est suffisant, les appellations normalisées ne sont pas requises) et indiquez le nombre de bits d'une source binaire associée relativement au nombre d'états modulés (nombre de bits / état)



Cas i1)  $x = -1$  ou  $+1$ , type du modulateur ? – nombre de bits / état ?

Cas i2)  $x = -2, -1, +1$  ou  $+2$ , type du modulateur ? – nombre de bits / état ?



Cas j1) :  $x = -1$  ou  $+1$  et  $y = -1$  ou  $+1$ , type du modulateur ? – nombre de bits / état ?

Cas j2) :  $x = 2, -1, +1$  ou  $+2$  et  $y = -1$  ou  $+1$ , type du modulateur ? – nombre de bits / état ?

k) Conclusion : en quelques mots, indiquez l'avantage à avoir un nombre de bits / état élevé (avancez une illustration réelle), exprimez une limite « raisonnable » (pas nécessairement chiffrée)

**F I N**

### **Corrigé**

#### **1. Principes directeurs pour la transmission hertzienne (1 pt / bonne réponse – total = 7)**

**a1)** la modulation est une opération indispensable : **OUI**

**b1)** on peut utiliser une fonction porteuse périodique quelconque (carrée par exemple) : **NON**

**b2)** pourquoi ? **parce qu'une fonction périodique quelconque possède un spectre de raies harmoniques et donc la transmission correspondante occuperait plusieurs fréquences porteuses pour une seule source d'information (interdit pour satisfaire au mieux la coexistence et totalement inutile car l'information serait donc transmise plusieurs fois sur des fréquences différentes !)**

**c1)** pour une source de bande de fréquences donnée, le type de modulation (amplitude ou fréquence / phase) intervient dans la bande occupée par la transmission : **OUI**

**d1)** je suis maître de la bande occupée par ma propre transmission : **NON**

**d2)** pourquoi ? **je dois respecter la réglementation pour satisfaire à la coexistence et à l'indépendance des transmissions (ce qui ne serait pas le cas si les bandes occupées venaient à se recouvrir)**

**e1)** la sélection se fait grâce à un filtrage passe-bande : **OUI**

#### **2. Modulations (1 pt / bonne réponse – total = 5)**

Soit une source dont le spectre en fréquences s'étend de 0 à  $F_{\max}$ . Pour chaque cas de modulation utilisée, précisez la bande occupée par la transmission (choix parmi trois réponses) et répondez aux questions quand il y a lieu :

**f1)** modulation d'amplitude complète (deux bandes et porteuse) : **2  $F_{\max}$**

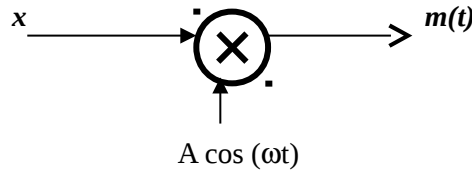
**g1)** modulation d'amplitude à bande latérale unique :  **$F_{\max}$**

**h1)** modulation de fréquence (théorique) : **infini**

**h2)** modulation de fréquence (pratique) : **car « infini » n'est pas possible (il n'y aurait alors qu'une seule possibilité de transmission d'une seule source qui occuperait donc toute la bande de fréquences !), il faut donc limiter en pratique la bande occupée**

**h3)** modulation de fréquence (pratique) : **règle de Carson, on ne tient pas compte des composantes spectrales d'amplitudes inférieures à 1% de l'amplitude de la porteuse, ce qui permet de limiter la bande occupée**

3. Modulateurs numériques (2 pts / cas + 2 pts pour 'k' – total =8)



Cas i1)  $x = -1$  ou  $+1$

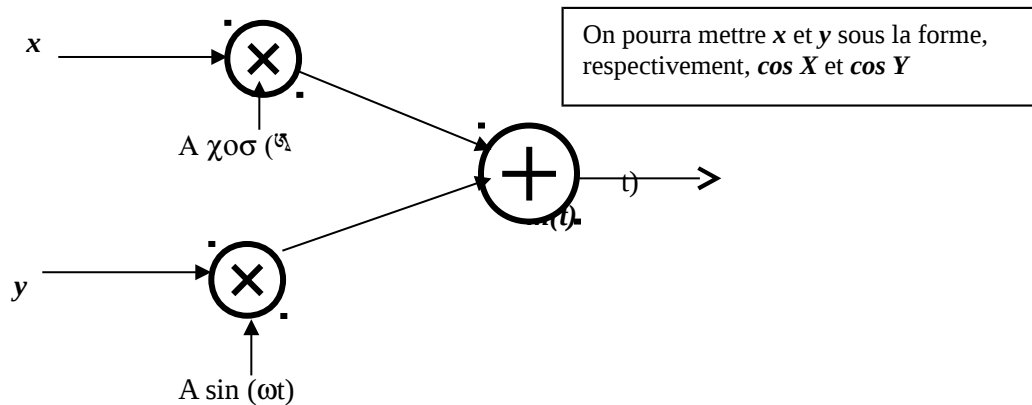
type du modulateur ?  $m(t) = xA \cos(\omega t) = \pm A \cos(\omega t) = A \cos(\omega t)$  ou  $A \cos(\omega t + \pi)$  : **modulateur de phase, car l'amplitude ne change pas !**

nombre de bits / état ? 2 valeurs de  $x$ , donc 1 bit pour exprimer ces deux valeurs : 1 bit / état

Cas i2)  $x = -2, -1, +1$  ou  $+2$

type du modulateur ?  $m(t) = xA \cos(\omega t) = \pm A \cos(\omega t)$  ou  $\pm 2A \cos(\omega t) = A \cos(\omega t)$  ou  $A \cos(\omega t + \pi)$  ou  $2A \cos(\omega t)$  ou  $2A \cos(\omega t + \pi)$  : **modulateur d'amplitude et de phase**

nombre de bits / état ? 4 valeurs de  $x$ , donc 2 bit pour exprimer ces deux valeurs : 2 bits / état



Cas j1) :  $x = -1$  ou  $+1$  et  $y = -1$  ou  $+1$

type du modulateur ?  $m(t) = xA \cos(\omega t) + yA \sin(\omega t) = A \cos X \cos(\omega t) + A \sin Y \sin(\omega t) =$

$A' \cos(\omega t + \phi)$  avec (non demandé) :  $A' \cos \phi = A \cos X$  et  $-A' \sin \phi = A \sin Y$  c'est un **modulateur amplitude – phase (« QAM »)** (réponse directe possible)

nombre de bits / état ? 2 valeurs pour  $x$  et 2 valeurs pour  $y$ , soit 4 valeurs distinctes, donc 2 bits pour exprimer ces 4 valeurs : 2 bits / état

Cas j2) :  $x = 2, -1, +1$  ou  $+2$  et  $y = -1$  ou  $+1$

type du modulateur ? c'est bien sûr le même modulateur que pour le cas j1) (amplitude – phase ou « QAM »)

nombre de bits / état ? 4 valeurs pour  $x$  et 2 valeurs pour  $y$ , soit 8 valeurs distinctes, donc 3 bits pour exprimer ces 8 valeurs : 3 bits / état

k) Conclusion : en quelques mots, indiquez l'avantage à avoir un nombre de bits / état élevé (avancez une illustration réelle), exprimez une limite « raisonnable (pas nécessairement chiffrée)

**nombre de bits / état élevé = plus grand débit binaire pour l'application avec une bande occupée donnée pour la transmission physique (exemple du modem téléphonique : recherche d'un débit le plus grand possible pour accélérer un téléchargement sur une ligne téléphonique qui est toujours la même !)**

- b) Une limite est atteinte lorsque les différents états d'amplitude / phase sont trop proches (géométriquement) les uns des autres, il y a alors risque de confusion à la réception (surtout avec du bruit) et donc risque d'erreurs (et par conséquent, demande de ré-émission ... ce qui finit par ralentir le déroulement de l'application, effet inverse de celui désiré !!!)