

**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 comporte une série de 12 questions contenant parfois un petit exercice d'application.  
Rédigez des réponses justifiées, courtes mais claires.  
Bon courage !*

**Questions relatives aux Modulations**

- 1) Pour quelles raisons attribue-t-on des fréquences différentes à des canaux de transmission transportant des informations distinctes ?
- 2) Quelle est l'opération réalisée pour faire une modulation d'amplitude d'une fonction sinusoïdale (fonction de base) par une fonction  $x(t)$  représentant une information ?
- 3) Représenter un schéma fonctionnel (ou « schéma-bloc ») d'un émetteur et d'un récepteur fonctionnant par modulation d'amplitude pour les deux situations suivantes :
  - a. d'abord, en se limitant exclusivement aux principes de base de la modulation et démodulation ;
  - b. ensuite, en intégrant le fait que la propagation hertzienne implique un affaiblissement.
- 4) On considère une fonction  $x(t)$  représentant une information. L'étendue fréquentielle du spectre de cette fonction est bornée par «  $F_{max}$  ».
  - a. Quelle est la bande théorique occupée par une modulation d'amplitude de cette fonction ?
  - b. Quelle est la bande théorique occupée par une modulation angulaire de cette fonction ?
  - c. Commentez.

**Questions relatives à la Numérisation**

- 5) A quelle condition l'opération d'échantillonnage ne provoque théoriquement aucune erreur lors de la restitution ?
- 6) Comment peut-on réduire l'erreur systématique due à la quantification ?
- 7) Expliquer et représenter par un dessin ces différents modes d'interpolation (*traité en cours !*) :
  - a. interpolation linéaire d'ordre 0 (dite aussi « blocage ») ;
  - b. interpolation linéaire d'ordre 1 ;
  - c. Interpolation linéaire d'ordre supérieur (généraliser)

.../...

### Questions relatives aux Systèmes de Transmission

- 8) Donner une définition du multiplexage fréquentiel.
- 9) Représenter un schéma fonctionnel (ou « schéma-bloc ») d'une opération de multiplexage fréquentiel de 3 sources d'information (multiplexage uniquement)
- 10) Donner la définition et le principe d'une modulation QAM (*quadrature amplitude modulation*).
- 11) Pour quel type de représentation de l'information la QAM s'applique-t-elle principalement ? Illustrer.
- 12) En amont de toute opération de démodulation, on place toujours un filtre passe-bande, situé donc entre l'antenne de réception et le démodulateur. Citez les deux fonctions essentielles de ce filtre (*traité en cours !*).

- F I N -

Corrigé

- 1) Pour quelle(s) raison(s) attribue-t-on des fréquences différentes à des canaux de transmission transportant des informations distinctes ?

**Les fréquences attribuées sont celles des fonctions de base (ou « porteuses »), elles sont différentes de manière à :**

- assurer l'indépendance de la transmission des informations distinctes (orthogonalité)
- permettre la sélection de ces informations à la réception (produit scalaire)

[2 points]

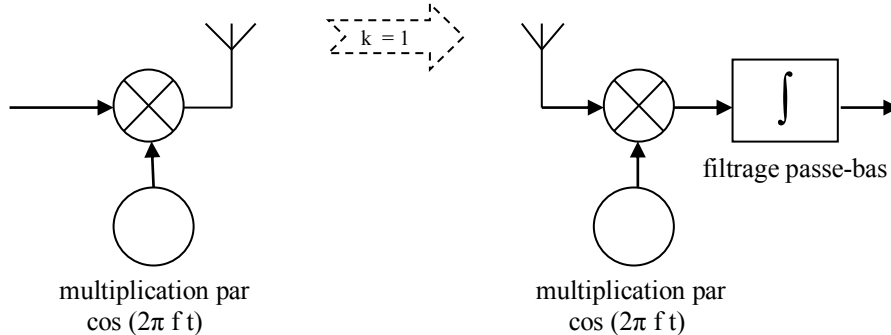
- 2) Quelle est l'opération réalisée pour faire une modulation d'amplitude d'une fonction sinusoïdale (fonction de base) par une fonction  $x(t)$  représentant une information ?

**L'opération est une simple multiplication :  $\cos(2\pi f t) \rightarrow m(t) = x(t) \cdot \cos(2\pi f t)$**

[1 point]

- 3) Représenter un schéma fonctionnel (ou « schéma-bloc ») d'un émetteur et d'un récepteur fonctionnant par modulation d'amplitude pour les deux situations suivantes :

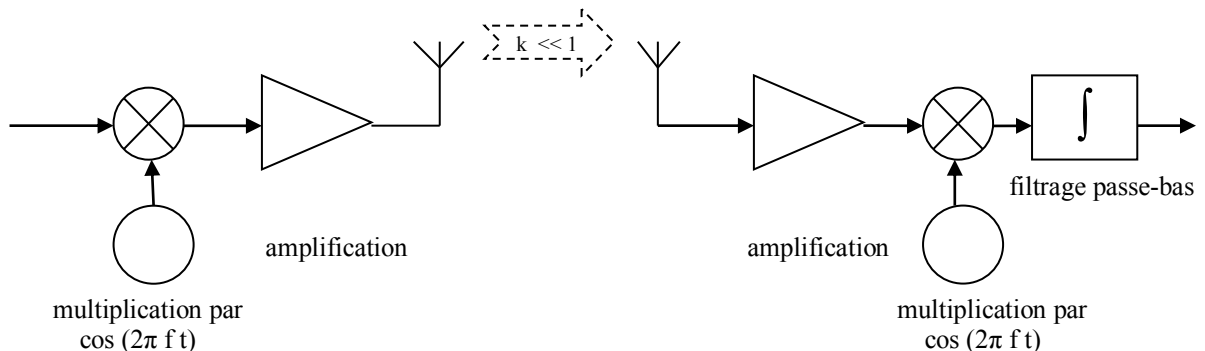
- a. d'abord, en se limitant exclusivement aux principes de base de la modulation et démodulation ;



**(Remarque : filtrage passe-bas ou intégration contenue dans le produit scalaire – traité en cours !)**

[2 points]

- b. ensuite, en intégrant le fait que la propagation hertzienne implique un affaiblissement.



**(Remarque : dans le principe, une seule amplification suffit, placée en réception – traité en cours !)**

[1 point]

- 4) On considère une fonction  $x(t)$  représentant une information. L'étendue fréquentielle du spectre de cette fonction est bornée par «  $F_{\max}$  ».

- a. Quelle est la bande théorique occupée par une modulation d'amplitude de cette fonction ?

**Bande théorique = bande réelle =  $2 F_{\max}$**

[1 point]

- b. Quelle est la bande théorique occupée par une modulation angulaire de cette fonction ?

**Bande théorique = infinie**

[1 point]

- c. Commentez

**La bande théorique en Mdf ne peut pas être retenue en pratique car une seule transmission occuperait tout le spectre physique, on a donc recours à une règle de limitation, dite « règle de Carson » (consistant à ne considérer que les composantes spectrales d'amplitudes au moins égales à celle de la fonction sinusoïdale non modulée)**

[1 point]

- 5) A quelle condition l'opération d'échantillonnage ne provoque théoriquement aucune erreur lors de la restitution ?

**Il n'y a théoriquement aucune erreur à la restitution d'une fonction échantillonnée si la fréquence d'échantillonnage vaut le double de la fréquence maximale du spectre de cette fonction.**

[1 point]

- 6) Comment peut-on réduire l'erreur systématique due à la quantification ?

**Pour réduire l'erreur systématique due à la quantification, il faut réduire de pas de quantification, donc augmenter le nombre de valeurs quantifiées (et donc augmenter le nombre de bits attribués aux valeurs quantifiées)**

[1 point]

- 7) Expliquer et représenter par un dessin ces différents modes d'interpolation (*traité en cours !*) :

- a. interpolation linéaire d'ordre 0 (dite aussi « blocage ») ;

**La valeur de la fonction restituée est maintenue d'un échantillon à l'autre, ce qui construit une fonction discontinue « en escalier »**

[1 point]

- b. interpolation linéaire d'ordre 1 ;

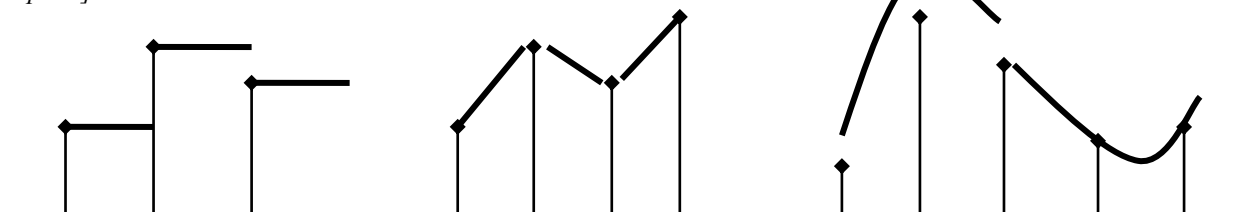
**La valeur de la fonction restituée est représentée par un segment de droite dont les extrémités sont les valeurs de 2 échantillons consécutifs, ce qui construit une fonction continue mais à variations discontinues « en segments »**

[1 point]

- c. Interpolation linéaire d'ordre supérieur (généraliser)

**La valeur de la fonction restituée est représentée par une courbe polynomiale de degré  $n$  passant par les  $(n+1)$  valeurs d'échantillons du voisinage, ce qui construit une fonction continue à variations quasi-continues, d'autant plus que  $n$  est élevé (*traité en cours !*)**

[1 point]

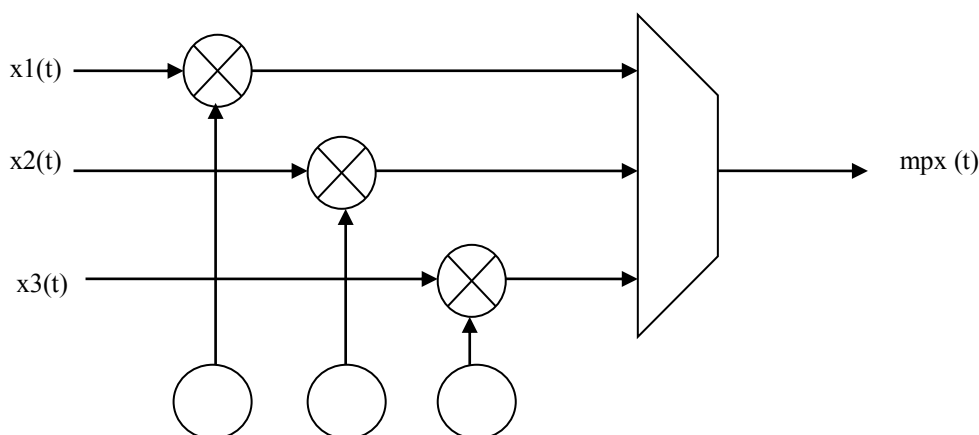


- 8) Donner une définition du multiplexage fréquentiel.

**Le multiplexage fréquentiel consiste à transmettre sur un seul canal, plusieurs informations distinctes, ceci grâce à une somme de fonctions préalablement modulées sur des fréquences différentes pour rester indépendantes et séparables**

[1 point]

- 9) Représenter un schéma fonctionnel (ou « schéma-bloc ») d'une opération de multiplexage fréquentiel de 3 sources d'information (multiplexage uniquement)



multiplication par :  
 $\cos(2\pi f_1 t)$      $\cos(2\pi f_2 t)$      $\cos(2\pi f_3 t)$

[1 point]

- 10) Donner la définition et le principe d'une modulation QAM (*quadrature amplitude modulation*).

**Une modulation QAM est une modulation combinée amplitude et phase (ces deux opérations étant indépendantes)**

[1 point]

- 11) Pour quel type de représentation de l'information la QAM s'applique-t-elle principalement ?

**La modulation QAM s'applique essentiellement pour des informations numériques ; pour chaque mot binaire, une partie des bits déterminent l'amplitude, l'autre partie la phase**

[1 point]

- 12) En amont de toute opération de démodulation, on place toujours un filtre passe-bande, situé donc entre l'antenne de réception et le démodulateur. Citez les deux fonctions essentielles de ce filtre.

**Ce filtre passe-bande situé en amont de la démodulation permet :**

- de réaliser la sélection de l'émission souhaitée (parmi l'ensemble des émissions hertziennes)
- de limiter la bande fréquentielle de bruit, donc d'améliorer le rapport « signal à bruit » et ainsi, si possible, de faire « sortir le signal du bruit » (*traité en cours !*)

[2 points]