

**Question 1 [qu-seance1-a-0] ♣** Parmi les égalités ci-dessous, indiquer celles qui sont vraies ( $\star$  est le produit de convolution,  $\delta(\cdot)$  la distribution de Dirac,  $t$  une variable muette,  $a$  une constante).

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = \delta(t) \star x(t-a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a }x(at)$                            |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = x(t) \star \delta(t-a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a }x(\frac{t}{a})$                   |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(t-a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a }x(at)$ pour $a \neq 0$ .          |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = x(t+a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a }x(\frac{t}{a})$ pour $a \neq 0$ . |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = \delta(t) \star x(t+a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = \delta(t+a)$                                   |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = x(t) \star \delta(t+a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = x(t) + \delta(a)$                              |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(t+a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t+a) \star \delta(t) = x(t) + \delta(a)$                              |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(at)$                  | <input type="checkbox"/> $P$ Aucune de ces réponses n'est correcte.                               |

**Question 2 [qu-seance1-b-0] ♣** Parmi les égalités ci-dessous, indiquer celles qui sont vraies ( $t$  est la variable muette de dépendance des signaux et  $f$  la variable muette des fréquences correspondantes,  $x(t) \xrightarrow{\text{TF}} X(f)$  indique que  $X(f)$  est la transformée de Fourier de  $x(t)$ ,  $a$  et  $L$  sont des constantes).

- ☐  $\delta(t-a) \xrightarrow{\text{TF}} e^{-i2\pi fa}$
- ☐  $\delta(t-a) \xrightarrow{\text{TF}} e^{+i2\pi fa}$
- ☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2} [\delta(f-a) + \delta(f+a)]$
- ☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2i} [\delta(f-a) - \delta(f+a)]$
- ☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \delta(f-a) + i\delta(f+a)$
- ☐  $\cos(2\pi at) \mathbb{1}_{[-L,L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L [\text{sinc}(2\pi L(f-a)) + \text{sinc}(2\pi L(f+a))]$
- ☐  $\cos(2\pi at) \mathbb{1}_{[-L,L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L \text{sinc}(2\pi L(f-a))$
- ☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2i} [\delta(f-a) - \delta(f+a)]$
- ☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2} [\delta(f-a) + \delta(f+a)]$
- ☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \delta(f-a) + i\delta(f+a)$
- ☐  $\sin(2\pi at) \mathbb{1}_{[-L,L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} iL [\text{sinc}(2\pi L(f+a)) - \text{sinc}(2\pi L(f-a))]$
- ☐  $\sin(2\pi at) \mathbb{1}_{[-L,L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L \text{sinc}(2\pi L(f-a))$
- ☐  $M$  Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Signal 1A**  
**Catalogue**

NOM et Prénom:

A reporter sur la **feuille de réponses**

*Durée : 90 minutes.*

*Aucun document ni appareil électronique (calculatrice, téléphone,...) n'est autorisé.*

- Les questions ♣ peuvent avoir une, plusieurs ou aucune bonne(s) réponse(s) et rapportent  $\max(0, M - \text{nombre d'erreurs})$  point(s), où  $M$  vaut 2 par défaut et pourra être ajusté si la question se révèle difficile.
- Les autres questions ont une unique bonne réponse et rapportent 0 ou 1 point(s).

SUR CETTE DERNIÈRE, LES **BONNES RÉPONSES** DOIVENT ÊTRE **COMPLÈTEMENT NOIRCIES**.  
AUCUNE RÉPONSE DANS LA PARTIE SUJET NE SERA PRISE EN COMPTE.

---

**Question 1** [] La fonction d'autocorrélation  $\gamma_x(\tau)$ ,  $\tau \in \mathbb{R}$  (en énergie ou puissance) d'un signal à temps continu  $x(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}$ :

- ☐ A est toujours une fonction périodique.
- ☒ B peut être une fonction périodique selon le signal  $x(t)$ .
- ☐ C vérifie pour tout  $\tau$ :  $\gamma_x(\tau) \geq 0$ .
- ☐ D est définie comme le module au carré de la transformée de Fourier de  $x(t)$ .

**Question 2** [] On peut observer un phénomène d'élargissement des raies spectrales:

- ☐ A uniquement lorsque le principe d'incertitude de Heisenberg n'est pas contredit par le signal.
- ☐ B lorsque la fréquence d'échantillonnage est mal choisie.
- ☒ C de façon générale lors de la troncature temporelle d'un signal comportant des raies dans son spectre.
- ☐ D uniquement lorsque le signal étudié est une sinusoïde convoluée avec une porte.

**Question 3** [] ♣ Soit  $x(t)$  un signal et  $X(f)$  sa transformée de Fourier (ce que l'on note par:  $x(t) \xrightarrow{\text{TF}} X(f)$ ). Alors:

- ☒ A  $x(t)e^{i2\pi f_0 t} \xrightarrow{\text{TF}} X(f - f_0)$
- ☐ B  $x(t + t_0) \xrightarrow{\text{TF}} X(f t_0)$
- ☐ C  $x(at) \xrightarrow{\text{TF}} aX(af)$
- ☒ D si  $x(t)$  est réel, alors  $X(f) = X(-f)^*$ .
- ☐ E Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 4** [] Un signal sinusoïdal pur de fréquence 418Hz est échantillonné. La durée entre deux échantillons est de 20ms.

- ☐ A La condition d'échantillonnage de Shannon est respectée.
- ☐ B La condition d'échantillonnage de Shannon n'est pas respectée. Il y a repliement de spectre et une raie est repliée à 20Hz.
- ☒ C La condition d'échantillonnage de Shannon n'est pas respectée. Il y a repliement de spectre et une raie est repliée à 18Hz.
- ☐ D La transformée de Fourier à temps discret du signal échantillonné n'est pas définie car la condition d'échantillonnage n'est pas respectée.

**Question 5** [] Soit  $x(t)$  un signal réel et  $X(f)$  sa transformée de Fourier. Rappelons que le signal analytique  $x_a(t)$  associé au signal réel  $x(t)$  peut être défini par sa transformée de Fourier:

$$X_a(f) = \begin{cases} 2X(f) & \text{si } f \geq 0, \\ 0 & \text{si } f < 0. \end{cases}$$

- ☐ A La transformation de  $x(t)$  en signal analytique  $x_a(t)$  est indispensable avant toute analyse à l'analyseur de spectre car seules les fréquences positives existent.
- ☐ B Le signal analytique  $x_a(t)$  est un signal réel.
- ☒ C Le signal analytique  $x_a(t)$  est un signal complexe.
- ☐ D Le signal analytique  $x_a(t)$  peut être réel ou complexe, cela dépend du signal  $x(t)$ .

**Question 6** ☐ ♣ L'algorithme de transformée de Fourier rapide (FFT):

- ☐ A est un algorithme rapide qui permet de calculer la transformée de Fourier discrète; il s'applique dès que le nombre d'échantillons est pair.
- ☒ B est un algorithme rapide qui permet de calculer la transformée de Fourier discrète; il s'applique lorsque le nombre d'échantillons est une puissance de deux.
- ☐ C est un algorithme rapide pour le calcul du produit matriciel de l'équation (6) ci-dessous où  $x_1, \dots, x_N$  sont  $N$  échantillons; l'algorithme s'applique dès que  $N$  est pair.
- ☒ D est un algorithme rapide pour le calcul du produit matriciel de l'équation (6) ci-dessous où  $x_1, \dots, x_N$  sont  $N$  échantillons; l'algorithme s'applique lorsque  $N$  est une puissance de deux.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & w & w^2 & \dots & w^{N-1} \\ 1 & w^2 & w^4 & \dots & w^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & w^{N-1} & w^{2(N-1)} & \dots & w^{(N-1)^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix} \quad \text{avec: } w = e^{i2\pi/N}.$$

☐ E Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 7** ☐ Un filtre à temps discret défini par sa réponse impulsionnelle  $(h_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  ou par sa transformée en  $z$   $H[z]$  est stable si et seulement si:

- ☐ A le domaine de convergence de  $H[z]$  est un disque de rayon  $R \in \mathbb{R}_+^*$ .
- ☐ B le domaine de convergence de  $H[z]$  est du type  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| > R\}$ , où  $R \in \mathbb{R}_+^*$ .
- ☒ C l'ensemble  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| = 1\}$  est inclus dans le domaine de convergence de  $H[z]$ .
- ☐ D  $\lim_{n \rightarrow +\infty} h_n = 0$ .

**Question 8** ☐ Si  $x = [1 \quad -2 \quad 3 \quad -4 \quad 5 \quad -6 \quad 5 \quad -2]$  et si on note  $X = [X_0 \quad X_1 \quad \dots \quad X_7]$  la transformée de Fourier discrète de la suite d'échantillons contenus dans le vecteur  $x$ , que vaut  $X_0$  ?

- ☐ A  $+\sqrt{2} - i2\pi$
- ☐ B  $-\sqrt{2} + i2\pi$
- ☒ C 0
- ☐ D 8

**Question 9** ☐ ♣ Soit  $x(t)$  un signal déterministe d'énergie finie,  $X(f)$  sa transformée de Fourier et  $\Gamma_x(f)$  sa densité spectrale d'énergie.

- ☒ A On a:  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma_x(f) = |X(f)|^2$ .
- ☐ B On a:  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma_x(f) = |X(f)|$ .
- ☒ C On a l'égalité:  $\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} \Gamma_x(f) df$ .
- ☐ D  $\Gamma_x(f)$  est toujours maximal en 0.
- ☐ E Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 10 []** La formule d'interpolation d'un signal à bande limitée:

- ☐ A est une approximation qui permet d'approcher les valeurs du signal entre les échantillons.
- ☒ B est une égalité; la reconstruction exacte du signal entre deux échantillons est possible en théorie.
- ☐ C ne fait intervenir que les échantillons passés du signal car un filtre de restitution doit être causal.
- ☐ D n'est valable que pour des signaux périodiques.

**Question 11 []** Un filtre à réponse impulsionnelle finie est aussi appelé:

- ☒ A filtre transverse.
- ☐ B filtre récursif.
- ☐ C filtre à causalité finie.
- ☐ D filtre à pôles positifs.

**Question 12 []** On considère l'opération qui à un signal à temps continu  $x(t)$  associe le signal  $y(t)$  défini par:

$$y(t) = \int_t^{t+\alpha} x(\theta) d\theta \quad \text{avec } \alpha > 0.$$

- ☐ A C'est une opération de filtrage par un filtre non causal dont la réponse impulsionnelle est donnée par:

$$h(\theta) = \begin{cases} x(\theta) & \text{si } \theta \in [t, t + \alpha] \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

- ☐ B C'est une opération de filtrage par un filtre causal dont la réponse impulsionnelle est donnée par:

$$h(\theta) = \begin{cases} x(\theta) & \text{si } \theta \in [t, t + \alpha] \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

- ☒ C C'est une opération de filtrage par un filtre non causal dont la réponse impulsionnelle est donnée par:

$$h(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta \in [-\alpha, 0] \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

- ☐ D C'est une opération de filtrage par un filtre causal dont la réponse impulsionnelle est donnée par:

$$h(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta \in [-\alpha, 0] \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

**Question 13 []** Soit  $T \in \mathbb{R}_+$  et  $p_T(t)$  le signal porte défini par  $p_T(t) = 1$  si  $t \in [-T/2, T/2]$  et  $p_T(t) = 0$  si  $t \notin [-T/2, T/2]$ . La transformée de Fourier  $P_T(f)$  de  $p_T(t)$ :

- ☐ A n'est pas dérivable car le signal  $p_T(t)$  n'est pas continu.
- ☒ B vérifie l'égalité:  $\int_{-\infty}^{+\infty} |P_T(f)|^2 df = T$ .
- ☐ C est à valeurs complexes (et non pas réelles), comme c'est le cas pour toutes les transformées de Fourier.
- ☐ D vaut:  $P_T(f) = T \left( \frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T} \right)^2$  si  $f \neq 0$  et  $P_T(0) = 1$ .

**Question 14** ☐ Soit  $x(t)$  un signal à bande limitée, dont le support de la transformée de Fourier est inclus dans  $[-B, B]$ ; soit  $h(t)$  la réponse impulsionnelle d'un filtre quelconque. Soit  $y(t)$  la sortie de ce filtre excité par  $x(t)$ .

☒  $y(t)$  est un signal à bande limitée.

☐ si  $T$  est une période d'échantillonnage telle que  $1/T > 2B$ , alors le signal à temps discret ( $y(nT)$ ) coïncide avec la version filtrée de ( $x(nT)$ ), la réponse impulsionnelle du filtre numérique dont il est question étant ( $h(nT)$ ).

☐ puisque  $y(t) = \int_{\mathbb{R}} h(\tau)x(t-\tau)d\tau$ , on peut toujours écrire, quel que soit  $T > 0$ :

$$y(nT) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} h(kT)x(nT - kT)$$

☐  $y(t)$  est un signal causal car obtenu par une opération de filtrage.

**Question 15** ☐ Un filtre numérique rationnel défini par sa fonction de transfert en  $z$   $H[z]$  ou par sa réponse impulsionnelle  $(h_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est stable si et seulement si:

☐ le domaine de convergence de  $H[z]$  est du type  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| > R\}$ , où  $R \in \mathbb{R}_+^*$ .

☐ les pôles de  $H[z]$  sont à partie réelle négative.

☐ la réponse impulsionnelle est bornée (càd il existe  $M \in \mathbb{R}_+^*$  tel que pour tout  $n$ ,  $|h_n| < M$ ).

☒ l'ensemble  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| = 1\}$  est inclus dans le domaine de convergence de  $H[z]$ .

**Question 16** ☐ Soit  $x(t)$  un signal déterministe d'énergie finie,  $X(f)$  sa transformée de Fourier et  $\Gamma_x(f)$  sa densité spectrale d'énergie.

☒ L'énergie de  $x(t)$  vaut  $\int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df$ .

☐ On a:  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma_x(f) = |X(f)|$ .

☐  $\Gamma_x(f)$  admet toujours une symétrie hermitienne, càd:  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma(f) = \Gamma(-f)^*$ .

☐  $\Gamma_x(f)$  est toujours maximale en 0.

**Question 17** ☐ On souhaite tracer sous Matlab la courbe de la fonction  $t \mapsto e^{-t} \sin(2\pi t)$  pour  $t \in [-2, 2]$ . Laquelle de ces suites d'instructions Matlab permet-elle d'obtenir un tracé d'allure correcte?

☐ `plot(exp(-t)*sin(2*pi*t),t=[-2..2]);`

☐ `t = [-2:0.05:2]; x = (exp(-t)*sin(2*pi*t)); plot(t,x);`

☒ `t = [-2:0.05:2]; x = (exp(-t).*sin(2*pi*t)); plot(t,x);`

☐ `for t=-2:0.01:2,  
plot(exp(-t).*sin(2*pi*t));  
end;`

**Question 18** ☐ Sous le logiciel MATLAB, on entre les commandes suivantes: `t = (1:512); x = cos(2*pi*0.25*t); X = fft(x);`

☒ La variable `x` est un vecteur de taille 512 qui contient des échantillons d'une sinusoïde de fréquence 0.25 échantillonnée à la période 1.

☐ La commande `plot(t,abs(X))` permet de tracer le module de la transformée de Fourier discrète de `x` en fonction de la fréquence normalisée.

☐ La commande `plot(t/512,abs(X))` affiche le module de la transformée de Fourier discrète de `x` en fonction de la fréquence normalisée.

☐ La commande `plot(fft(X))` affiche le module de la transformée de Fourier discrète de `x` en fonction de la fréquence normalisée.

**Question 19** ☐ ♣ Sous le logiciel MATLAB, on suppose avoir chargé dans la variable  $\mathbf{x}$  des échantillons d'un signal prélevés à une fréquence d'échantillonnage de 1kHz.

- ☐ A Les commandes `N=length(x); plot((1:N),abs(fft(x)))`; tracent le module de la transformée de Fourier à temps discret du vecteur  $\mathbf{x}$ . La fréquence réduite (ou normalisée) est indiquée est abscisse.
- ☒ B Les commandes `N=length(x); plot((0:N-1)/N,abs(fft(x)))`; tracent le module de la transformée de Fourier à temps discret du vecteur  $\mathbf{x}$ . La fréquence réduite (ou normalisée) est indiquée est abscisse.
- ☐ C Les commandes `N=length(x); plot((0:N-1)/N*1000,abs(fft(x)))`; tracent le module de la transformée de Fourier à temps discret du vecteur  $\mathbf{x}$ . La fréquence réduite (ou normalisée) est indiquée est abscisse.
- ☒ D Les commandes `N=length(x); plot((0:N-1)/N*1000,abs(fft(x)))`; tracent le module de la transformée de Fourier à temps discret du vecteur  $\mathbf{x}$ . La fréquence réelle est indiquée est abscisse.
- ☐ E Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 20** ☐ ♣ Un filtre numérique défini par sa fonction de transfert en  $z$   $H[z]$  ou par sa réponse impulsionnelle  $(h_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est causal si et seulement si:

- ☐ A  $h_n > 0$  pour tout  $n > 0$ .
- ☒ B  $h_n = 0$  pour tout  $n < 0$ .
- ☒ C le domaine de convergence de  $H[z]$  est du type  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| > R\} \cup \{\infty\}$  (càd le complémentaire d'un disque centré en 0, point à l'infini compris).
- ☐ D le domaine de convergence de  $H[z]$  est du type  $\{z \in \mathbb{C} \mid R_1 < |z| < R_2\}$  où  $R_2$  est un réel positif (càd un anneau compris entre les cercles centrés en 0 et de rayon  $R_1$  et  $R_2$ ).
- ☐ E Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 21** ☐ Soit  $\Gamma_x(f)$  la densité spectrale d'énergie d'un signal  $x(t)$ .

- ☐ A L'énergie du signal vaut  $\Gamma_x(0)$ .
- ☐ B L'énergie du signal vaut  $|\Gamma_x(0)|^2$ .
- ☒ C L'énergie du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} \Gamma_x(f) df$ .
- ☐ D L'énergie du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} |\Gamma_x(f)|^2 df$ .

**Question 22** ☐ Le signal  $x(t) = \cos(2\pi f_0 t)$  avec  $f_0 = 93\text{Hz}$  est échantillonné à la fréquence d'échantillonnage  $F_e = 100\text{Hz}$  pour former le signal  $x_n = x(\frac{n}{F_e})$ ,  $n \in \mathbb{Z}$ .

- ☐ A Il n'est pas possible de procéder ainsi car  $2f_0 > F_e$  et la condition de Shannon-Nyquist du théorème d'échantillonnage n'est pas vérifiée.
- ☐ B Il est possible de procéder ainsi car  $f_0 \leq F_e$  et la condition de Shannon-Nyquist du théorème d'échantillonnage est vérifiée.
- ☐ C Indépendamment de  $f_0$  et  $F_e$ , il est toujours possible de procéder ainsi. Ici,  $f_0 \leq F_e$  et la condition de Shannon-Nyquist du théorème d'échantillonnage est donc vérifiée.
- ☒ D Indépendamment de  $f_0$  et  $F_e$ , il est toujours possible de procéder ainsi. Ici,  $2f_0 > F_e$  et la condition de Shannon-Nyquist du théorème d'échantillonnage n'est donc pas vérifiée.

**Question 23 []** L'algorithme de transformée de Fourier rapide (FFT):

- ☐ **A** est un algorithme rapide basé sur les propriétés fondamentales de la transformée de Fourier (linéarité, changement de variables, Parseval, ...). Il permet le calcul de la transformée de Fourier des signaux à temps continu.
- ☐ **B** est un algorithme rapide basé sur le théorème des résidus et qui permet le calcul de la transformée de Fourier des signaux à temps continu.
- ☒ **C** est un algorithme rapide pour le calcul du produit matriciel de l'équation (1) ci-dessous lorsque  $N$  est une puissance de deux.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & w & w^2 & \dots & w^{N-1} \\ 1 & w^2 & w^4 & \dots & w^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & w^{N-1} & w^{2(N-1)} & \dots & w^{(N-1)^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix} \quad \text{avec: } w = e^{i2\pi/N} \quad (1)$$

- ☐ **D** est un algorithme rapide basé sur les propriétés du filtrage à temps continu et qui est utilisé dans les analyseurs de spectre analogiques.

**Question 24 []** Sur un analyseur de spectre analogique (tel que celui que vous avez manipulé en TP):

- ☐ **A** une durée de balayage plus faible améliore toujours la résolution.
- ☒ **B** une durée de balayage plus grande permet de choisir une bande passante plus faible du filtre d'analyse et d'améliorer la résolution.
- ☐ **C** une bonne résolution est obtenue avec une bande passante large du filtre d'analyse.
- ☐ **D** la résolution en fréquence dépend de la rapidité à laquelle varie le signal et pas de l'appareil.

**Question 25 []** Que renvoie la commande `fftshift([1 1 1 1])` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ **A** Le vecteur [1 2 3 4].
- ☐ **B** Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ **C** Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☒ **D** Le vecteur [1 1 1 1].

**Question 26 []** Que renvoie la commande `fft([1 0 0 0])` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ **A** Le vecteur [1 2 3 4].
- ☐ **B** Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ **C** Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☒ **D** Le vecteur [1 1 1 1].

**Question 27 []** Que renvoie la commande `fft([1 1 1 1])` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ **A** Le vecteur [1-i 1+i 1-i 1+i].
- ☒ **B** Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ **C** Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☐ **D** Le vecteur [1 1 1 1].

**Question 28** [] Que renvoie la commande `fftshift([1 2 3 4])` sous le logiciel MATLAB?

- ☒ Le vecteur [3 4 1 2].
- ☐ Le vecteur [1 3 2 4].
- ☐ La transformée de Fourier discrète du vecteur [1 2 3 4], avec des fréquences croissantes de  $-\frac{1}{2}$  à  $\frac{1}{2}$ .
- ☐ La transformée de Fourier discrète du vecteur [1 2 3 4], avec des fréquences croissantes de 0 à 1.

**Question 29** [] Que renvoie la commande `fft([0 0 0 1])` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ Le vecteur [1-i 1+i 1-i 1+i].
- ☐ Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ Le vecteur [0 1 0 0].
- ☐ Le vecteur [1 1 1 1].
- ☐ Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☒ Le vecteur [1 i -1 -i].

**Question 30** [] Que renvoie la commande `fftshift([0 0 0 1])` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ Le vecteur [1-i 1+i 1-i 1+i].
- ☐ Le vecteur [4 0 0 0].
- ☒ Le vecteur [0 1 0 0].
- ☐ Le vecteur [1 1 1 1].
- ☐ Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☐ Le vecteur [1 i -1 -i].

**Question 31** [] Que renvoie la commande `fft(fftshift([1 1 1 1]))` sous le logiciel MATLAB?

- ☐ Le vecteur [1-i 1+i 1-i 1+i].
- ☒ Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☐ Le vecteur [1 1 1 1].

**Question 32** [] Que renvoie la commande `fftshift(fft([1 1 1 1]))` sous le logiciel MATLAB?

- ☒ Le vecteur [0 0 4 0].
- ☐ Le vecteur [4 0 0 0].
- ☐ Le vecteur [1+i 1-i 1+i 1-i].
- ☐ Le vecteur [1-i 1+i 1-i 1+i].

**Question 33** [] ♣ Soit  $\gamma_x(t)$  la fonction d'autocorrélation en puissance d'un signal  $x(t)$  de puissance finie.

- ☐  $\gamma_x(t) \geq 0$  pour tout  $t$ .
- ☐ La puissance de  $x(t)$  vaut  $\int_{-\infty}^{+\infty} |\gamma_x(t)|^2 dt$ .
- ☐ L'énergie de  $x(t)$  vaut  $\int_{-\infty}^{+\infty} |\gamma_x(t)|^2 dt$ .
- ☒  $\gamma_x(t)$  peut être une fonction périodique.
- ☒  $\gamma_x(0) \geq |\gamma_x(t)|$  pour tout  $t$ .
- ☐ Aucune de ces réponses n'est correcte.



**Question 34** ☐ ♣ Soit  $\Gamma_x(f)$  la densité spectrale de puissance d'un signal  $x(t)$  de puissance finie.

- ☐ A  $\Gamma_x(0)$  est égal à la puissance du signal.
- ☒ B  $\Gamma_x(f)$  est positif.
- ☐ C  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma_x(f) \leq \Gamma_x(0)$ .
- ☐ D  $\Gamma_x(f)$  n'existe que pour un signal  $x(t)$  réel.
- ☐ E La puissance du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} |\Gamma_x(f)|^2 df$ .
- ☒ F L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} \Gamma_x(f) df$ .
- ☐ G L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $\Gamma_x(0)$ .
- ☐ H L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $|\Gamma_x(0)|^2$ .
- ☐ I Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 35** ☐ ♣ Pour définir une densité spectrale de puissance d'un signal aléatoire, il faut:

- ☐ A que toutes ses trajectoires soient d'énergie finie.
- ☒ B lorsque ce signal est stationnaire au sens strict.
- ☒ C qu'il soit stationnaire au sens large.
- ☐ D que le module de sa transformée de Fourier soit borné.
- ☐ E que sa transformée de Fourier soit ergodique.
- ☐ F Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 36** ☐  $(y_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est la sortie d'un filtre stable de réponse en fréquence  $H(f)$  excité en entrée par un signal  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  aléatoire stationnaire au sens large.

- ☐ A  $(y_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est un signal aléatoire stationnaire au sens large et sa transformée de Fourier à temps discret est  $H(f)X(f)$  (où  $X(f)$  est la transformée de Fourier du signal aléatoire  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$ ).
- ☐ B  $(y_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est un signal aléatoire déterministe car le filtre est stable et sa transformée de Fourier à temps discret est  $H(f)X(f)$  (où  $X(f)$  est la transformée de Fourier du signal aléatoire  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$ ).
- ☒ C  $(y_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est un signal aléatoire stationnaire au sens large et sa densité spectrale de puissance est  $|H(f)|^2 \Gamma_x(f)$  (où  $\Gamma_x(f)$  est la densité spectrale de puissance de  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$ ).
- ☐ D  $(y_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est un signal aléatoire stationnaire au sens large. En tant que signal aléatoire, on ne peut pas définir sa densité spectrale de puissance.

**Question 37** ☐ On effectue l'analyse d'un signal à l'analyseur de spectre analogique (tel que celui que vous avez manipulé en TP). On garde constante la bande de fréquences  $[f_{\min}, f_{\max}]$  étudiée et affichée à l'analyseur.

- ☐ A Pour améliorer la résolution en fréquence, il faut choisir un balayage plus rapide.
- ☐ B Pour améliorer la résolution en fréquence, il faut que le filtre d'analyse de l'analyseur soit moins sélectif et ait une bande passante plus large.
- ☒ C Pour un affichage plus rapide, il faut un balayage plus rapide. La vitesse de balayage possible dépend de la résolution choisie.
- ☐ D Pour un affichage plus rapide, il faut un balayage plus rapide. La vitesse de balayage possible peut être choisie indépendamment de la résolution.

**Question 38** ☐  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est un bruit blanc de puissance  $\sigma^2$  envoyé en entrée d'un filtre stable de réponse impulsionnelle  $(h_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  et de réponse en fréquence  $H(f)$ .

- ☐ A La densité spectrale de puissance en sortie est  $|H(f)|\sigma$ .
- ☐ B La densité spectrale de puissance en sortie est  $H(f)X(f)$  où  $X(f)$  est la transformée de Fourier à temps discret de  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$ .
- ☐ C La densité spectrale de puissance en sortie est  $H(f)X(f)$  où  $X(f)$  est la transformée de Fourier rapide de  $(x_n)_{n \in \mathbb{Z}}$ .
- ☒ D La densité spectrale de puissance en sortie est  $|H(f)|^2\sigma^2$ .
- ☐ E La densité spectrale de puissance en sortie est  $H(f)\sigma$ .

**Question 39** ☐ Un bruit blanc numérique:

- ☒ A a une densité spectrale de puissance constante.
- ☐ B a une densité spectrale de puissance égale à un Dirac.
- ☐ C a pour transformée de Fourier une constante.
- ☐ D a pour transformée de Fourier un Dirac.

**Question 40** ☐ La figure ?? représente schématiquement le module de la réponse en fréquence d'un filtre numérique en fonction de la fréquence normalisée.

- ☐ A il s'agit d'un filtre passe-bande et sa réponse impulsionnelle est à valeurs complexes.
- ☐ B il s'agit d'un filtre coupe-bande et sa réponse impulsionnelle est à valeurs réelles.
- ☒ C il s'agit d'un filtre passe-haut et sa réponse impulsionnelle est à valeurs complexes.
- ☐ D il s'agit d'un filtre passe-haut et sa réponse impulsionnelle est à valeurs réelles.

**Question 41** ☐ ♣ Soit  $\Gamma_x(f)$  la densité spectrale d'énergie (ou respectivement de puissance) d'un signal  $x(t)$ .

- ☐ A  $\Gamma_x(0)$  est égal à l'énergie (ou respectivement la puissance) du signal.
- ☒ B  $\Gamma_x(f)$  est toujours positif.
- ☐ C  $\forall f \in \mathbb{R} \quad \Gamma_x(f) \leq \Gamma_x(0)$ .
- ☐ D  $\Gamma_x(f)$  n'existe que pour un signal  $x(t)$  réel.
- ☐ E L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} |\Gamma_x(f)|^2 df$ .
- ☒ F L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $\int_{\mathbb{R}} \Gamma_x(f) df$ .
- ☐ G L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $\Gamma_x(0)$ .
- ☐ H L'énergie (ou respectivement la puissance) du signal vaut  $|\Gamma_x(0)|^2$ .
- ☐ I Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 42** ☐ ♣ Un filtre numérique rationnel défini par sa fonction de transfert en  $z$   $H[z]$  ou par sa réponse impulsionnelle  $(h_n)_{n \in \mathbb{Z}}$  est stable si et seulement si:

- ☐ A le domaine de convergence de  $H[z]$  est un disque de rayon  $R \in \mathbb{R}_+^*$ .
- ☐ B le domaine de convergence de  $H[z]$  est du type  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| > R\}$ , où  $R \in \mathbb{R}_+^*$ .
- ☐ C les pôles de  $H[z]$  sont à partie réelle négative.
- ☐ D la réponse impulsionnelle est bornée (càd il existe  $M \in \mathbb{R}_+^*$  tel que pour tout  $n$ ,  $|h_n| < M$ ).
- ☒ E  $\sum_{k=-\infty}^{+\infty} |h_k|$  est fini.
- ☒ F l'ensemble  $\{z \in \mathbb{C} \mid |z| = 1\}$  est inclus dans le domaine de convergence de  $H[z]$ .
- ☐ G  $\lim_{n \rightarrow +\infty} h_n = 0$ .
- ☐ H Aucune de ces réponses n'est correcte.

**Question 43** [] Pour les signaux aléatoires:

- ☐ la stationnarité au sens strict entraîne la stationnarité au sens large.
- ☐ la stationnarité au sens strict entraîne l'ergodicité.
- ☐ la stationnarité au sens large entraîne la stationnarité au sens strict.
- ☐ la stationnarité au sens large et au sens strict entraînent l'ergodicité.

**Question 44** [] Soit un filtre temps continu de réponse impulsionnelle  $h(t)$  et de réponse en fréquence  $H(f)$ . Le filtre est excité en entrée par un signal *aléatoire*  $x(t)$  stationnaire au sens large et sa sortie est notée  $y(t)$ .

- ☐ Les transformées de Fourier  $X(f)$  et  $Y(f)$  des signaux aléatoires  $x(t)$  et  $y(t)$  sont liées par  $Y(f) = H(f)X(f)$ .
- ☐ Les transformées de Fourier  $X(f)$  et  $Y(f)$  des signaux aléatoires  $x(t)$  et  $y(t)$  sont liées par  $Y(f) = H(f) \star X(f)$  où  $\star$  représente la convolution.
- ☐ Les transformées de Fourier  $X(f)$  et  $Y(f)$  des signaux aléatoires  $x(t)$  et  $y(t)$  sont égales aux densités spectrales de puissance respectives et on a  $Y(f) = |H(f)|^2 X(f)$ .
- ☐ On ne peut pas définir de transformée de Fourier des signaux aléatoires  $x(t)$  et  $y(t)$  dans le sens usuel (càd tel que rencontré en cours de mathématiques de début d'année).

**Question 45** [] Deux séances de travaux pratiques (TP) ont eu lieu.

- ☐ Les deux séances étaient sous MATLAB. L'une concernait l'analyse spectrale numérique et l'autre le filtrage numérique.
- ☐ Les deux séances étaient sous MATLAB. L'une concernait l'analyse spectrale numérique et l'autre l'analyse spectrale analogique.
- ☐ Une séance était sous MATLAB et traitait d'analyse spectrale numérique. L'autre séance utilisait un analyseur de spectre analogique.
- ☐ Une séance était sous MATLAB et traitait d'analyse spectrale analogique. L'autre séance utilisait un analyseur de spectre analogique et traitait de filtrage.

**Question 46** [] La figure ?? sur la page ?? a été obtenue à l'aide du logiciel MATLAB. Indiquer la ou les séquences de commandes qui peuvent donner ce tracé.

- ☐ `t = [1:512]; x=cos(2*pi*0.15*t); plot(abs(fft(x)));`
- ☐ `t = [1:512]; x=cos(2*pi*0.15*t); plot(fft(x));`
- ☐ `t = [1:512]; x=cos(2*pi*0.15*t); plot((0:511)/512,abs(fft(x)));`
- ☐ `t = [1:512]; x=cos(2*pi*0.15*t); plot((0:511)/512,fft(x));`

**Question 47** [qu-seance1-a-0] ♣ Parmi les égalités ci-dessous, indiquer celles qui sont vraies ( $\star$  est le produit de convolution,  $\delta(\cdot)$  la distribution de Dirac,  $t$  une variable muette,  $a$  une constante).

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = \delta(t) \star x(t-a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a } x(at)$                            |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = x(t) \star \delta(t-a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a } x(\frac{t}{a})$                   |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(t-a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a } x(at)$ pour $a \neq 0$ .          |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = x(t+a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = \frac{1}{ a } x(\frac{t}{a})$ pour $a \neq 0$ . |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = \delta(t) \star x(t+a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = \delta(t+a)$                                    |
| <input type="checkbox"/> $\delta(t-a) \star x(t) = x(t) \star \delta(t+a)$ | <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t+a) = x(t) + \delta(a)$                               |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(t+a)$                 | <input type="checkbox"/> $x(t+a) \star \delta(t) = x(t) + \delta(a)$                               |
| <input type="checkbox"/> $x(t) \star \delta(t-a) = x(at)$                  | <input type="checkbox"/> Aucune de ces réponses n'est correcte.                                    |

**Question 48** [qu-seance1-b-0] ♣ Parmi les égalités ci-dessous, indiquer celles qui sont vraies ( $t$  est la variable muette de dépendance des signaux et  $f$  la variable muette des fréquences correspondantes,  $x(t) \xrightarrow{\text{TF}} X(f)$  indique que  $X(f)$  est la transformée de Fourier de  $x(t)$ ,  $a$  et  $L$  sont des constantes).

☐  $\delta(t - a) \xrightarrow{\text{TF}} e^{-i2\pi fa}$

☐  $\delta(t - a) \xrightarrow{\text{TF}} e^{+i2\pi fa}$

☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2} [\delta(f - a) + \delta(f + a)]$

☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2i} [\delta(f - a) - \delta(f + a)]$

☐  $\cos(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \delta(f - a) + i\delta(f + a)$

☐  $\cos(2\pi at) \mathbf{1}_{[-L, L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L [\text{sinc}(2\pi L(f - a)) + \text{sinc}(2\pi L(f + a))]$

☐  $\cos(2\pi at) \mathbf{1}_{[-L, L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L \text{sinc}(2\pi L(f - a))$

☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2i} [\delta(f - a) - \delta(f + a)]$

☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \frac{1}{2} [\delta(f - a) + \delta(f + a)]$

☐  $\sin(2\pi at) \xrightarrow{\text{TF}} \delta(f - a) + i\delta(f + a)$

☐  $\sin(2\pi at) \mathbf{1}_{[-L, L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} iL [\text{sinc}(2\pi L(f + a)) - \text{sinc}(2\pi L(f - a))]$

☐  $\sin(2\pi at) \mathbf{1}_{[-L, L]}(t) \xrightarrow{\text{TF}} L \text{sinc}(2\pi L(f - a))$

☐ Aucune de ces réponses n'est correcte.

# Signal 1A Catalogue

NOM et Prénom:

.....

Les réponses sont à donner sur cette feuille uniquement.

Il est impératif de **NOIRCIR COMPLÈTEMENT LES CASES DES BONNES RÉPONSES**  
(utilisation possible d'un correcteur blanc pour rectifier une erreur).

PAS DE CROIX, NI DE CASES ENTOURÉES, STYLO NOIR OU BLEU FONCÉ UNIQUEMENT.

Question 1 : ☒ ☒ ☒ ☒ ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M ☐ N ☐ O ☐ P

Question 2 : ☒ ☐ B ☒ ☐ D ☐ E ☒ ☐ G ☒ ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M

Question 1 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

Question 2 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 3 : ☒ ☐ B ☐ C ☒ ☐ E

Question 4 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 5 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 6 : ☐ A ☒ ☐ C ☒ ☐ E

Question 7 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 8 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 9 : ☒ ☐ B ☒ ☐ D ☐ E

Question 10 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

Question 11 : ☒ ☐ B ☐ C ☐ D

Question 12 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 13 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

Question 14 : ☒ ☐ B ☐ C ☐ D

Question 15 : ☐ A ☐ B ☐ C ☒

Question 16 : ☒ ☐ B ☐ C ☐ D

Question 17 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 18 : ☒ ☐ B ☐ C ☐ D

Question 19 : ☐ A ☒ ☐ C ☒ ☐ E

Question 20 : ☐ A ☒ ☒ ☐ D ☐ E

Question 21 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 22 : ☐ A ☐ B ☐ C ☒

Question 23 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D

Question 24 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

Question 25 : ☐ A ☐ B ☐ C ☒

Question 26 : ☐ A ☐ B ☐ C ☒

Question 27 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

Question 28 : ☒ ☐ B ☐ C ☐ D

Question 29 : ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☒

Question 30 : ☐ A ☐ B ☒ ☐ D ☐ E ☐ F

Question 31 : ☐ A ☒ ☐ C ☐ D

# CATALOGUE

- Question 32 : ☐ ☐ B ☐ C ☐ D
- Question 33 : ☐ A ☐ B ☐ C ☐ ☐ ☐ F
- Question 34 : ☐ A ☐ ☐ ☐ C ☐ D ☐ E ☐ ☐ ☐ G ☐ H ☐ I
- Question 35 : ☐ A ☐ ☐ ☐ ☐ D ☐ E ☐ F
- Question 36 : ☐ A ☐ B ☐ ☐ ☐ D
- Question 37 : ☐ A ☐ B ☐ ☐ ☐ D
- Question 38 : ☐ A ☐ B ☐ C ☐ ☐ ☐ E
- Question 39 : ☐ ☐ ☐ B ☐ C ☐ D
- Question 40 : ☐ A ☐ B ☐ ☐ ☐ D
- Question 41 : ☐ A ☐ ☐ ☐ C ☐ D ☐ E ☐ ☐ ☐ G ☐ H ☐ I
- Question 42 : ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ ☐ ☐ ☐ G ☐ H
- Question 43 : ☐ ☐ ☐ B ☐ C ☐ D
- Question 44 : ☐ A ☐ B ☐ C ☐ ☐ ☐
- Question 45 : ☐ ☐ ☐ B ☐ C ☐ D
- Question 46 : ☐ ☐ ☐ B ☐ C ☐ D
- Question 47 : ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M ☐ N ☐ O ☐ P
- Question 48 : ☐ ☐ ☐ B ☐ ☐ ☐ D ☐ E ☐ ☐ ☐ G ☐ ☐ ☐ ☐ I ☐ J ☐ K ☐ L ☐ M