EXERCICES — CHAPITRE 8

Exercice 1 – Soit f la fonction définie sur $\mathbf{R}$ par

$$f(x) = \begin{cases} 2x & \text{si } x \in [0,1], \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

1. Montrer que f est une densité de probabilité.
2. Déterminer la fonction de répartition d'une variable aléatoire X admettant f pour densité.
3. Calculer $P\left(X \leqslant \frac{1}{2}\right)$, $P\left(\frac{1}{4} \leqslant X \leqslant \frac{3}{4}\right)$ et $P\left(X > \frac{9}{10}\right)$.

Exercice 2 – Déterminer l'unique nombre $a \in \mathbf{R}$ tel que la fonction définie par

$$f(x) = \begin{cases} ax(1-x) & \text{si } x \in [0,1], \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

soit une densité de probabilité.

Exercice 3 – Soit f la fonction définie sur $\mathbf{R}$ par

$$f(x) = \begin{cases} 6x(1-x) & \text{si } x \in [0,1], \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

1. Montrer que f est une densité de probabilité.
2. Déterminer la fonction de répartition F_X d'une variable aléatoire X admettant f pour densité.
3. Déterminer l'espérance de X.
4. On pose $Y = 3X + 2$. Alors Y est à densité. Déterminer sa fonction de répartition F_Y.
5. Déterminer une densité f_Y de Y.
6. Déterminer l'espérance de Y.

Exercice 4 – On considère la fonction f définie par

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leqslant 1, \\ \dfrac{1}{x^2} & \text{si } x > 1. \end{cases}$$

1. Justifier que f est une densité.
2. Soit X une variable aléatoire de densité f. Déterminer

(a) $P(X \leqslant 0)$,	(c) $P(X > 1)$,	(e) $P(X \leqslant 3)$,
(b) $P(X \leqslant 1)$,	(d) $P(X \leqslant 2)$,	(f) $P(X \in]2,3[)$.

Exercice 5 – Soit X une variable aléatoire qui suit la loi uniforme sur $[1,2]$. On note Y la variable aléatoire définie par $Y = 3X$. Le but de cet exercice est de déterminer la loi de Y.
On note F_X la fonction de répartition de X et F_Y la fonction de répartition de Y.

1. Déterminer, pour tout réel x, l'expression de $F_X(x)$.
2. Justifier que, pour tout réel y, on a
$$F_Y(y) = F_X\left(\frac{y}{3}\right).$$
3. En déduire, pour tout réel y, l'expression de $F_Y(y)$.
<u>Indication</u> : on fera une distinction des cas selon les valeurs de y.
4. En déduire la loi de Y.

Exercice 6 – Soit X une variable aléatoire qui suit la loi exponentielle de paramètre 1. On note Y la variable aléatoire définie par $Y = \frac{1}{2}X$. Le but de cet exercice est de déterminer la loi de Y.
On note F_X la fonction de répartition de X et F_Y la fonction de répartition de F_Y.

1. Déterminer, pour tout réel x, l'expression de $F_X(x)$.
2. Justifier que, pour tout réel y, on a
$$F_Y(y) = F_X(2y).$$
3. En déduire, pour tout réel y, l'expression de $F_Y(y)$ en distinguant les cas $y < 0$ et $y \geqslant 0$.
4. En déduire la loi de Y.
5. Déterminer $P(Y \leqslant 3)$ et $P_{[Y \leqslant 3]}(Y > 1)$.

Exercice 7 – La nuit, dans la savane, un lion se rend à la rivière pour boire et y reste un quart d'heure. Après de nombreuses observations, on estime que l'instant d'arrivée T du lion à la rivière se situe entre 0h (minuit) et 2h du matin. La variable aléatoire T, exprimée en heures, est une variable aléatoire dont une densité de probabilité est la fonction f définie par

$$f(t) = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad t < 0, \\ \dfrac{3}{4}t(2-t) & \text{si} \quad 0 \leqslant t \leqslant 2, \\ 0 & \text{si} \quad t > 2. \end{cases}$$

1. Vérifier que f est une densité de probabilité.
2. Un observateur se présente à la rivière à 0h30 min et y reste un quart d'heure. Quelle est la probabilité pour qu'il aperçoive le lion ?

Exercice 8 – Le fonctionnement d'une machine est perturbé par des pannes. On considère les variables aléatoires X_1, X_2 et X_3 définies par

- X_1 est le temps, exprimé en heures, écoulé entre la mise en route de la machine et la première panne,
- X_2 est le temps, exprimé en heures, écoulé entre la remise en route de la machine après la première panne, et la panne suivante,
- X_3 est le temps, exprimé en heures, écoulé entre la remise en route de la machine après la seconde panne et la panne suivante.

Après la troisième panne, l'utilisation de la machine est suspendue. On suppose que les variables aléatoires X_1, X_2 et X_3 sont mutuellement indépendantes et suivent toutes les trois la loi exponentielle de paramètre $\dfrac{1}{2}$.

1. Quelle est la durée moyenne de fonctionnement de la machine entre la mise en route de la machine et la première panne ? Entre la mise en route de la machine après la première panne et la seconde panne ? Entre la mise en route de la machine après la seconde panne et la troisième panne ?
2. Déterminer la probabilité de l'évènement E : "chacune des trois périodes de fonctionnement de la machine dure plus de 2 heures".

Exercice 9 – d'après ESCP 2014

Soit a un réel strictement positif et f la fonction définie sur $\mathbf{R}$ par :

$$f(t) = \begin{cases} 2e^{-2(t-a)} & \text{si } t \geqslant a, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

1. (a) Soit B un réel supérieur ou égal à a. Calculer l'intégrale $\displaystyle\int_a^B 2e^{-2(t-a)}\,\mathrm{d}t$.
   (b) En déduire la valeur de l'intégrale $\displaystyle\int_a^{+\infty} 2e^{-2(t-a)}\,\mathrm{d}t$.
2. Montrer que f est une densité de probabilité.
3. Montrer que la fonction de répartition F_X de X est donnée par

$$F_X(x) = \begin{cases} 1 - e^{-2(x-a)} & \text{si } x \geqslant a, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

4. On considère la variable aléatoire Y définie par $Y = X - a$.
   (a) Déterminer la fonction de répartition F_Y de Y.
   (b) En déduire que Y suit une loi exponentielle dont on précisera le paramètre.
   (c) Donner la valeur de l'espérance de Y.
   (d) En déduire que X admet une espérance et donner sa valeur.

Exercice 10 – d'après ESC 2010
Soit f la fonction définie sur $\mathbf{R}$ par

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}t & \text{si } t \in]0,2], \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

1. (a) Montrer que f est une densité de probabilité.
   (b) On note désormais X une variable aléatoire de densité f et on note F sa fonction de répartition. Rappeler l'intégrale permettant de calculer $F(x)$ en fonction de la densité f. Calculer $F(x)$ en séparant les cas $x \leqslant 0$, $x \in]0,2]$ et $x > 2$.
   (c) Calculer la probabilité $P(X \leqslant 1)$ et la probabilité $P(\frac{1}{2} < X \leqslant 1)$.
2. Déterminer l'espérance de X.

Soient U la variable aléatoire définie par $U = X^2$ et G sa fonction de répartition.

3. Déterminer $U(\Omega)$ puis justifier que $G(x) = 0$ si $x \leqslant 0$ et que $G(x) = 1$ si $x > 4$.
4. (a) Justifier l'égalité des évènements $[U \leqslant 2]$ et $[-\sqrt{2} \leqslant X \leqslant \sqrt{2}]$, puis en déduire $G(2)$.
   (b) Plus généralement, montrer que si $0 < x \leqslant 4$, alors $G(x) = \frac{1}{4}x$.
   (c) Dresser un bilan pour la fonction G puis reconnaître la loi de U.
   (d) En déduire l'espérance $E(U)$ puis la valeur de la variance de X.

Exercice 11 –

1. Soit $X \hookrightarrow \mathcal{N}(0,1)$.
   (a) Calculer $P(X < 0)$.
   (b) Calculer $P(X > 3)$.
   (c) Calculer $P(-1,96 < X < 1,96)$.
2. Soit $X \hookrightarrow \mathcal{N}(-3,1)$.
   (a) Calculer $P(X < -1)$.
   (b) Calculer $P(X > -5)$.
   (c) Calculer $P(-5 < X < -1)$.
3. Soit $X \hookrightarrow \mathcal{N}(8,4)$.
   (a) Calculer $P(X < 7,5)$.
   (b) Calculer $P(X > 8,5)$.
   (c) Calculer $P(6,5 < X < 10)$.

Exercice 12 – La variable aléatoire qui correspond aux commandes quotidiennes en antalgiques (aspirine, ibuprofène, etc.) suit une loi normale d'espérance 250 et d'écart-type 20. Le stock disponible en début de matinée est de 300 antalgiques. Quelle est la probabilité qu'il y ait rupture de stock?

Exercice 13 – Après une enquête, on estime que le temps de passage en caisse, exprimé en unité de temps, est une variable aléatoire T dont une densité de probabilité est donnée par la fonction f définie par

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad x < 0, \\ xe^{-x} & \text{si} \quad x \geqslant 0. \end{cases}$$

1. Exprimer chacune des probabilités $P(T \leqslant 2)$, $P(T \geqslant 1)$ et $P(1 \leqslant T \leqslant 4)$ sous forme d'une intégrale.
2. Rappeler la définition d'une densité de probabilité d'une variable aléatoire X suivant la loi exponentielle de paramètre 1. Donner la valeur de l'espérance et de la variance de X.
3. Utiliser la question précédente pour justifier que f est une densité de probabilité puis montrer que T admet une espérance que l'on déterminera. Quel est le temps moyen de passage en caisse?
4. Démontrer que la fonction de répartition F_T de T est définie par

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si} \quad x < 0 \\ 1-(x+1)e^{-x} & \text{si} \quad x \geqslant 0 \end{cases}$$

5. Montrer que la probabilité que le temps de passage en caisse soit inférieur à deux unités de temps sachant qu'il est supérieur à une unité de temps est égale à

$$\frac{2e-3}{2e}.$$

Fonction de répartition Φ d'une variable aléatoire X suivant la Loi Normale Centrée Réduite $\mathcal{N}(0,1)$.

$$\Phi(x) = P(X \leqslant x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{t^2}{2}}\, \mathrm{d}t \quad \text{et} \quad \Phi(-x) = 1 - \Phi(x).$$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
3.6	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.7	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.8	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000