Variables aléatoires — Première STI2D

20 exercices corrigés · mathlvl.fr

Énoncés et corrigés détaillés

Présentation

Une variable aléatoire, c'est un NOMBRE attaché au résultat d'une expérience : le coût d'une intervention de maintenance, le nombre de pièces défectueuses d'un prélèvement, le gain d'un pari. Donner sa loi, c'est lister ses valeurs possibles avec leurs probabilités ; calculer son espérance, c'est dire vers quelle moyenne on tend quand on répète l'expérience un grand nombre de fois. C'est l'outil de décision par excellence : choisir un contrat de garantie, dimensionner un stock, évaluer un risque. Ces 20 exercices corrigés couvrent la loi de probabilité, l'espérance, la loi de Bernoulli et la fluctuation d'échantillonnage — cette dernière expliquant pourquoi une fréquence observée s'écarte presque toujours de la probabilité théorique. La difficulté est croissante : l'énoncé puis la correction détaillée s'affichent d'un clic.

Version en ligne, avec les corrections dépliables :
mathlvl.fr/exercices-corriges/premiere-sti2d/variables-aleatoires

Exercice 1 – Reconnaître une variable aléatoire

On prélève une pièce dans une production. On définit X : le coût de traitement de la pièce, égal à 0 € si elle est conforme, 4 € si elle est retouchable et 15 € si elle est à rebuter.

1. Quelles valeurs peut prendre X ?

2. Sachant que 90% des pièces sont conformes, 7% retouchables et 3% à rebuter, donne la loi de X.

Exercice 2 – Loi de probabilité d'un jeu

On lance un dé équilibré à six faces. Si le résultat est 6, on gagne 5 € ; si c'est 4 ou 5, on gagne 1 € ; sinon on ne gagne rien. On note G le gain.

1. Donne la loi de probabilité de G.

2. Calcule $P(G \geq 1)$.

Exercice 3 – Compléter une loi de probabilité

Une variable aléatoire X a la loi suivante, où a est inconnu :

$P(X = 10) = 0{,}45 \cdot P(X = 20) = 0{,}30 \cdot P(X = 50) = a \cdot P(X = 100) = 0{,}05$

1. Détermine a.

2. Calcule $P(X \leq 20)$ et $P(X > 20)$.

Exercice 4 – Calculer une espérance

On reprend le coût de traitement d'une pièce : $P(X{=}0) = 0{,}90$, $P(X{=}4) = 0{,}07$, $P(X{=}15) = 0{,}03$.

1. Calcule l'espérance $E(X)$.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

2. Interprète ce résultat, et estime le coût de traitement de 10 000 pièces.

Exercice 5 – Loi de Bernoulli et son espérance

Un test de conformité est réussi avec une probabilité 0,96. On note X la variable qui vaut 1 si le test est réussi et 0 sinon.

1. Donne la loi de X et son nom.

2. Calcule $E(X)$ et interprète.

Exercice 6 – Ce jeu est-il équitable ?

Une fête d'entreprise propose un jeu : la mise est de 2 €. On tire une boule dans une urne contenant 20 boules dont 2 rouges et 5 vertes. Une boule rouge rapporte 10 €, une verte 3 €, les autres ne rapportent rien.

1. Donne la loi du GAIN ALGÉBRIQUE G (gain reçu moins la mise).

2. Calcule $E(G)$ et dis si le jeu est équitable.

Exercice 7 – Loi d'une variable définie sur un arbre

Deux composants indépendants sont testés. Chacun est défectueux avec une probabilité 0,2. On note X le nombre de composants défectueux.

1. Donne la loi de X.

2. Calcule $E(X)$ et commente le résultat.

Exercice 8 – Décider avec l'espérance

Un atelier doit choisir entre deux machines. La machine A ne tombe jamais en panne mais coûte 3 000 € par an d'entretien. La machine B ne coûte que 900 € d'entretien, mais elle subit chaque année une panne coûtant 12 000 € avec une probabilité 0,15.

1. Donne la loi du coût annuel C_B de la machine B.

2. Calcule $E(C_B)$ et compare avec la machine A.

3. Quelle machine choisir ?

Exercice 9 – Probabilités cumulées

Le nombre X d'interventions de maintenance par mois sur une ligne suit la loi :

$P(X=0) = 0{,}25 \cdot P(X=1) = 0{,}35 \cdot P(X=2) = 0{,}22 \cdot P(X=3) = 0{,}12 \cdot P(X=4) = 0{,}06$

1. Calcule $P(X \geq 2)$ et $P(1 \leq X \leq 3)$.

2. Calcule $E(X)$ et interprète.

Exercice 10 – Espérance d'un coût transformé

Le nombre X de pièces défectueuses par lot suit la loi $P(X=0) = 0{,}5$, $P(X=1) = 0{,}3$, $P(X=2) = 0{,}2$. Le coût de traitement d'un lot, en euros, est $C = 20 + 35X$ (un forfait plus le coût par pièce défectueuse).

1. Donne la loi de C.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

2. Calcule $E(C)$ de deux façons.

Exercice 11 – Budget de maintenance prévisionnel

Sur une machine, le coût annuel de maintenance dépend du niveau d'usure constaté : 1 200 € (usure faible, probabilité 0,55), 3 500 € (usure moyenne, probabilité 0,30), 9 000 € (usure forte, probabilité 0,15).

1. Calcule le coût annuel moyen prévisionnel.

2. L'atelier possède 8 machines identiques et indépendantes. Quel budget annuel prévoir ?

3. Un contrat forfaitaire « tout compris » est proposé à 3 000 € par machine et par an. Est-il intéressant ?

Exercice 12 – Déterminer une mise pour un jeu équitable

Un stand propose de tirer une boule dans une urne de 25 boules : 1 boule « or » rapporte 40 €, 4 boules « argent » rapportent 10 €, les autres ne rapportent rien. La mise m est à déterminer.

1. Exprime l'espérance du gain algébrique en fonction de m.

2. Détermine m pour que le jeu soit équitable.

3. Quelle mise faut-il fixer pour que l'organisateur gagne en moyenne 1 € par partie ?

Exercice 13 – Garantie et espérance de coût

Un fabricant vend un appareil 240 €. Il constate que 6% des appareils tombent en panne pendant la garantie : la réparation lui coûte alors 80 €, et 1% doivent être intégralement remplacés, pour un coût de 240 €.

1. Donne la loi du coût C du service après-vente pour un appareil.

2. Calcule $E(C)$.

3. Le fabricant propose une extension de garantie à 15 € qui doublerait la durée de couverture (et donc, estime-t-il, les taux de panne). Cette extension est-elle rentable pour lui ?

Exercice 14 – Fluctuation d'échantillonnage

Une production contient 20% de pièces de premier choix. On prélève au hasard des échantillons de 50 pièces. Cinq échantillons donnent respectivement 7, 12, 9, 14 et 11 pièces de premier choix.

1. Calcule la fréquence de pièces de premier choix dans chaque échantillon.

2. Combien en attendait-on par échantillon ?

3. Ces écarts remettent-ils en cause la proportion annoncée de 20% ?

Exercice 15 – Choisir un niveau de stock

Un atelier vend des modules dont la demande hebdomadaire D suit la loi : $P(D = 10) = 0{,}2$, $P(D = 20) = 0{,}5$, $P(D = 30) = 0{,}3$. Chaque module vendu rapporte 40 €, chaque module produit mais non vendu coûte 15 € (stockage et perte). L'atelier

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

doit choisir de produire 20 ou 30 modules.

1. Calcule l'espérance de la demande.

2. Calcule l'espérance de gain si l'atelier produit 20 modules.

3. Même calcul pour 30 modules, puis conclus.

Exercice 16 – Type bac : loi, espérance et décision

Un atelier assemble des cartes. Le temps d'assemblage d'une carte, en minutes, est une variable aléatoire T de loi :

$P(T = 8) = 0{,}40 \cdot P(T = 10) = 0{,}35 \cdot P(T = 12) = 0{,}20 \cdot P(T = 20) = 0{,}05$

1. Calcule $E(T)$ et interprète.

2. Calcule $P(T \leq 10)$ et $P(T \geq 12)$.

3. Un opérateur travaille 7 heures par jour. Combien de cartes peut-il assembler en moyenne par jour ?

4. L'atelier doit livrer 200 cartes en une semaine de 5 jours. Combien d'opérateurs faut-il prévoir ?

Exercice 17 – Type bac : production avec pannes

Une ligne produit 500 pièces par jour quand tout va bien. Chaque jour, indépendamment, elle subit une panne courte avec une probabilité 0,20 (production réduite à 380 pièces) ou une panne longue avec une probabilité 0,05 (production réduite à 150 pièces). On note N la production journalière.

1. Donne la loi de N.

2. Calcule $E(N)$.

3. Sur 20 jours ouvrés, quelle production totale prévoir ?

4. Un client demande 9 000 pièces en 20 jours. L'engagement est-il tenable ?

Exercice 18 – Type bac : fluctuation et taille d'échantillon

Un lot contient 10% de pièces hors tolérance. On prélève des échantillons et on relève la fréquence f de pièces hors tolérance. Sur des échantillons de taille 20, on observe des fréquences allant de 0 à 0,25 ; sur des échantillons de taille 500, de 0,076 à 0,124.

1. Combien de pièces hors tolérance attend-on dans un échantillon de 20 ? de 500 ?

2. Interprète les deux plages de fréquences observées.

3. Un échantillon de 20 pièces contenant 3 pièces hors tolérance suffit-il à conclure que le lot dépasse 10% ?

4. Même question avec 75 pièces hors tolérance sur un échantillon de 500.

Exercice 19 – Type bac : paramètre inconnu dans une loi

Un fournisseur propose un contrat : l'atelier paye 50 € par livraison, et reçoit une compensation de 300 € si la livraison est en retard. La probabilité de retard est p, inconnue. On note G le gain algébrique de l'atelier sur une livraison.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

1. Donne la loi de G en fonction de p.

2. Exprime $E(G)$ en fonction de p.

3. Pour quelle valeur de p le contrat est-il équilibré pour l'atelier ?

4. Le fournisseur annonce $p = 0{,}12$. Le contrat est-il avantageux pour l'atelier ?

Exercice 20 – Type bac : même espérance, risques différents

Deux stratégies de maintenance ont été chiffrées pour l'année. Stratégie A : coût certain de 6 000 €. Stratégie B : coût de 2 000 € avec une probabilité 0,8, et de 22 000 € avec une probabilité 0,2.

1. Calcule l'espérance de coût de chaque stratégie.

2. Donne l'étendue des coûts possibles pour chacune.

3. Quelle stratégie recommander, et pourquoi l'espérance ne suffit-elle pas à décider ?

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Corrigés détaillés

Les corrections des 20 exercices, dans l'ordre des énoncés.

Correction de l'exercice 1 – Reconnaître une variable aléatoire

Une variable aléatoire associe un NOMBRE à chaque issue. Ici X prend trois valeurs : 0, 4 et 15.

Les probabilités sont données par les proportions : $P(X = 0) = 0{,}90$, $P(X = 4) = 0{,}07$, $P(X = 15) = 0{,}03$.

Tableau de la loi : $P(X = 0) = 0{,}90$ · $P(X = 4) = 0{,}07$ · $P(X = 15) = 0{,}03$

Contrôle : $0{,}90 + 0{,}07 + 0{,}03 = 1$ ✔ Toute loi de probabilité vérifie cette égalité.

Vocabulaire : X est une variable aléatoire DISCRÈTE, car elle ne prend qu'un nombre fini de valeurs.

Réponse. $X \in \{0\,;4\,;15\}$ · $P(X{=}0) = 0{,}9$, $P(X{=}4) = 0{,}07$, $P(X{=}15) = 0{,}03$.

Rappel de cours. Donner la loi de X = donner toutes ses valeurs et leurs probabilités, de somme 1.

Erreur fréquente. Confondre la VALEUR (15 €) et sa PROBABILITÉ (0,03). Le tableau à deux lignes évite cette confusion.

Correction de l'exercice 2 – Loi de probabilité d'un jeu

Le dé est équilibré : chaque face a une probabilité $\frac{1}{6}$.

$G = 5$ uniquement pour la face 6 : $P(G = 5) = \frac{1}{6}$.

$G = 1$ pour les faces 4 et 5, soit deux faces : $P(G = 1) = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$.

$G = 0$ pour les faces 1, 2 et 3, soit trois faces : $P(G = 0) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$.

Contrôle : $\frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1+2+3}{6} = 1$ ✔.

$P(G \geq 1) = P(G = 1) + P(G = 5) = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2+1}{6} = \frac{1}{2}$.

Autre chemin : $P(G \geq 1) = 1 - P(G = 0) = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ ✔.

Réponse. $P(G{=}0) = \frac{1}{2}$, $P(G{=}1) = \frac{1}{3}$, $P(G{=}5) = \frac{1}{6}$ · $P(G \geq 1) = \frac{1}{2}$.

Rappel de cours. On regroupe les issues qui donnent la MÊME valeur : deux faces pour $G = 1$, trois pour $G = 0$.

Erreur fréquente. Écrire $P(G = 1) = \frac{1}{6}$ en oubliant qu'il y a DEUX faces gagnantes à 1 €.

Correction de l'exercice 3 – Compléter une loi de probabilité

La somme des probabilités d'une loi vaut toujours 1 : $0{,}45 + 0{,}30 + a + 0{,}05 = 1$.

$0{,}80 + a = 1$, donc $a = 0{,}20$.

$P(X \leq 20) = P(X = 10) + P(X = 20) = 0{,}45 + 0{,}30 = 0{,}75$.

$P(X > 20) = P(X = 50) + P(X = 100) = 0{,}20 + 0{,}05 = 0{,}25$.

Contrôle : $0{,}75 + 0{,}25 = 1$ ✔ Les évènements $\{X \leq 20\}$ et $\{X > 20\}$ sont contraires.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Attention à la frontière : $X \leq 20$ INCLUT la valeur 20, tandis que $X > 20$ l'exclut. Une inégalité large et une inégalité stricte ne se répartissent pas au hasard.

Réponse. $a = 0{,}20 \cdot P(X \leq 20) = 0{,}75 \cdot P(X > 20) = 0{,}25$.

Rappel de cours. $\sum P(X = x_i) = 1$: c'est ce qui permet de retrouver toute probabilité manquante.

Erreur fréquente. Calculer a comme une moyenne des autres valeurs. La seule contrainte est que la SOMME fasse 1.

Correction de l'exercice 4 – Calculer une espérance

L'espérance est la moyenne des valeurs PONDÉRÉE par leurs probabilités : $E(X) = \sum x_i \times P(X = x_i)$.

$E(X) = 0 \times 0{,}90 + 4 \times 0{,}07 + 15 \times 0{,}03$.

$E(X) = 0 + 0{,}28 + 0{,}45 = 0{,}73$ €.

Interprétation : sur un grand nombre de pièces, le coût de traitement est en moyenne de 0,73 € par pièce. Aucune pièce ne coûte jamais 0,73 € — c'est une moyenne, pas une valeur possible.

Sur 10 000 pièces : $0{,}73 \times 10\,000 = 7\,300$ €.

Contrôle par le détail : 10 000 pièces donnent environ 700 retouches ($700 \times 4 = 2\,800$ €) et 300 rebuts ($300 \times 15 = 4\,500$ €), soit 7 300 € au total ✔.

Réponse. $E(X) = 0{,}73$ € par pièce · environ 7 300 € pour 10 000 pièces.

Rappel de cours. $E(X) = x_1P_1 + x_2P_2 + \cdots$: c'est la moyenne à long terme, pas une valeur atteignable.

Erreur fréquente. Faire la moyenne arithmétique des valeurs : $\frac{0+4+15}{3} \approx 6{,}33$ € — huit fois trop. Il faut PONDÉRER par les probabilités.

Correction de l'exercice 5 – Loi de Bernoulli et son espérance

X ne prend que deux valeurs, 0 et 1 : $P(X = 1) = 0{,}96$ et $P(X = 0) = 0{,}04$.

Une variable aléatoire à valeurs dans $\{0\,;1\}$ suit une LOI DE BERNOULLI de paramètre $p = 0{,}96$.

$E(X) = 0 \times 0{,}04 + 1 \times 0{,}96 = 0{,}96$.

Résultat général : pour une loi de Bernoulli de paramètre p, $E(X) = p$. Le calcul est immédiat puisque seul le terme « $1 \times p$ » subsiste.

Interprétation : sur un grand nombre de tests, la moyenne des 0 et des 1 obtenus vaut 0,96 — c'est-à-dire la PROPORTION de réussites. L'espérance d'une loi de Bernoulli est donc une fréquence attendue.

Réponse. Loi de Bernoulli de paramètre $p = 0{,}96$ · $E(X) = p = 0{,}96$, soit la proportion de tests réussis à long terme.

Rappel de cours. Loi de Bernoulli : $P(X{=}1) = p$, $P(X{=}0) = 1 - p$, et $E(X) = p$.

Erreur fréquente. Calculer $E(X) = \frac{0+1}{2} = 0{,}5$: les deux valeurs ne sont pas équiprobables ici.

Correction de l'exercice 6 – Ce jeu est-il équitable ?

Le gain algébrique tient compte de la mise : rouge → $10 - 2 = 8$ € ; verte → $3 - 2 = 1$ € ; autre → $0 - 2 = -2$ €.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Probabilités : $P(\text{rouge}) = \frac{2}{20} = 0{,}1$; $P(\text{verte}) = \frac{5}{20} = 0{,}25$; $P(\text{autre}) = \frac{13}{20} = 0{,}65$.

Loi : $P(G = -2) = 0{,}65 \cdot P(G = 1) = 0{,}25 \cdot P(G = 8) = 0{,}10$

$E(G) = -2 \times 0{,}65 + 1 \times 0{,}25 + 8 \times 0{,}10$.

$E(G) = -1{,}30 + 0{,}25 + 0{,}80 = -0{,}25$ €.

Un jeu est équitable si $E(G) = 0$. Ici $E(G) = -0{,}25$ € : le jeu n'est PAS équitable, il est défavorable au joueur.

Interprétation : sur un grand nombre de parties, le joueur perd en moyenne 25 centimes par partie, donc l'organisateur gagne 25 centimes par joueur. Sur 400 parties, cela représente 100 € de recette.

Réponse. $P(G{=}-2) = 0{,}65$, $P(G{=}1) = 0{,}25$, $P(G{=}8) = 0{,}10 \cdot E(G) = -0{,}25$ € : jeu non équitable, défavorable au joueur.

Rappel de cours. Jeu équitable ⇔ $E(G) = 0$. Le gain ALGÉBRIQUE retranche toujours la mise.

Erreur fréquente. Oublier de soustraire la mise : on trouverait $E = 1{,}75$ € et on conclurait à tort que le jeu est très avantageux.

Correction de l'exercice 7 – Loi d'une variable définie sur un arbre

X peut valoir 0, 1 ou 2.

$P(X = 0) = 0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}64$.

$P(X = 1) = 2 \times 0{,}2 \times 0{,}8 = 0{,}32$ (deux chemins : le premier composant défectueux, ou le second).

$P(X = 2) = 0{,}2 \times 0{,}2 = 0{,}04$.

Contrôle : $0{,}64 + 0{,}32 + 0{,}04 = 1$ ✔.

$E(X) = 0 \times 0{,}64 + 1 \times 0{,}32 + 2 \times 0{,}04 = 0{,}32 + 0{,}08 = 0{,}40$.

Commentaire : sur un grand nombre de tests de deux composants, on compte en moyenne 0,4 composant défectueux par test.

Contrôle par une autre route : chaque composant est défectueux avec une probabilité 0,2, donc pour deux composants on attend $2 \times 0{,}2 = 0{,}4$ défectueux en moyenne ✔. L'espérance s'additionne, ce qui donne un contrôle très rapide.

Réponse. $P(X{=}0) = 0{,}64$, $P(X{=}1) = 0{,}32$, $P(X{=}2) = 0{,}04 \cdot E(X) = 0{,}4$ composant défectueux en moyenne.

Rappel de cours. Sur n répétitions indépendantes de paramètre p, le nombre moyen de succès vaut $n \times p$.

Erreur fréquente. Annoncer $E(X) = 1$ « parce qu'il y a deux composants et trois cas ». L'espérance se calcule, elle ne se devine pas.

Correction de l'exercice 8 – Décider avec l'espérance

Deux cas pour la machine B : pas de panne (coût 900 €) avec probabilité 0,85, ou panne (coût $900 + 12\,000 = 12\,900$ €) avec probabilité 0,15.

Loi : $P(C_B = 900) = 0{,}85 \cdot P(C_B = 12\,900) = 0{,}15$

$E(C_B) = 900 \times 0{,}85 + 12\,900 \times 0{,}15 = 765 + 1\,935 = 2\,700$ €.

Machine A : coût certain de 3 000 € par an, donc d'espérance 3 000 €.

Comparaison : $2\,700 < 3\,000$. Sur le long terme, la machine B coûte en moyenne 300 € de moins par an.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Choix : la machine B est préférable SI l'atelier peut absorber une facture de 12 900 € une année sur six environ. Sinon, la machine A offre un coût certain, sans risque de trésorerie.

C'est la limite de l'espérance comme critère de décision : elle ignore complètement le RISQUE. Deux coûts de même espérance peuvent être très différents à vivre.

Réponse. $P(C_B{=}900) = 0{,}85$, $P(C_B{=}12\,900) = 0{,}15$ · $E(C_B) = 2\,700$ € contre 3 000 € pour A · B est moins chère en moyenne, mais plus risquée.

Rappel de cours. L'espérance compare des coûts à LONG TERME. Elle ne dit rien de la dispersion, donc rien du risque ponctuel.

Erreur fréquente. Oublier d'ajouter l'entretien de 900 € au coût de la panne : avec 12 000 € seulement, on trouverait 2 565 €.

Correction de l'exercice 9 – Probabilités cumulées

$P(X \geq 2) = P(X{=}2) + P(X{=}3) + P(X{=}4) = 0{,}22 + 0{,}12 + 0{,}06 = 0{,}40$.

Contrôle par le contraire : $1 - (0{,}25 + 0{,}35) = 1 - 0{,}60 = 0{,}40$ ✔.

$P(1 \leq X \leq 3) = P(X{=}1) + P(X{=}2) + P(X{=}3) = 0{,}35 + 0{,}22 + 0{,}12 = 0{,}69$.

Espérance : $E(X) = 0 \times 0{,}25 + 1 \times 0{,}35 + 2 \times 0{,}22 + 3 \times 0{,}12 + 4 \times 0{,}06$.

$E(X) = 0 + 0{,}35 + 0{,}44 + 0{,}36 + 0{,}24 = 1{,}39$.

Interprétation : la ligne subit en moyenne 1,39 intervention par mois, soit environ 16,7 interventions par an ($1{,}39 \times 12$).

Usage concret : si chaque intervention coûte 450 €, le budget annuel à prévoir est $16{,}7 \times 450 \approx 7\,500$ €.

Réponse. $P(X \geq 2) = 0{,}40$ · $P(1 \leq X \leq 3) = 0{,}69$ · $E(X) = 1{,}39$ intervention par mois (environ 16,7 par an).

Rappel de cours. Un encadrement large $1 \leq X \leq 3$ inclut les DEUX bornes : trois termes à additionner.

Erreur fréquente. Traiter $P(X \geq 2)$ comme $1 - P(X = 2)$. Le contraire de $X \geq 2$ est $X \leq 1$, donc deux termes à retirer.

Correction de l'exercice 10 – Espérance d'un coût transformé

On calcule C pour chaque valeur de X : $X = 0 \to C = 20$; $X = 1 \to C = 55$; $X = 2 \to C = 90$.

Les probabilités sont INCHANGÉES, puisque C est déterminé par X : $P(C = 20) = 0{,}5$ · $P(C = 55) = 0{,}3$ · $P(C = 90) = 0{,}2$

Première méthode, directement sur la loi de C :
$E(C) = 20 \times 0{,}5 + 55 \times 0{,}3 + 90 \times 0{,}2 = 10 + 16{,}5 + 18 = 44{,}5$ €.

Seconde méthode, en passant par $E(X)$: $E(X) = 0 \times 0{,}5 + 1 \times 0{,}3 + 2 \times 0{,}2 = 0{,}7$.

Le coût moyen s'obtient alors en appliquant la même transformation à l'espérance :
$20 + 35 \times 0{,}7 = 20 + 24{,}5 = 44{,}5$ € ✔.

Les deux méthodes concordent. La seconde est plus rapide, et elle illustre une propriété utile : pour une transformation AFFINE, $E(20 + 35X) = 20 + 35\,E(X)$.

Attention, cette simplification ne vaut que pour les transformations affines. Elle serait FAUSSE pour X^2 : ici $E(X^2) = 0 + 0{,}3 + 4 \times 0{,}2 = 1{,}1$, alors que $(E(X))^2 = 0{,}49$.

Réponse. $P(C{=}20) = 0{,}5$, $P(C{=}55) = 0{,}3$, $P(C{=}90) = 0{,}2$ · $E(C) = 44{,}5$ € par les deux méthodes.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Rappel de cours. $E(aX + b) = a\,E(X) + b$: valable pour toute transformation AFFINE, et seulement pour elle.

Erreur fréquente. Modifier les probabilités en passant de X à C. Une transformation change les VALEURS, jamais leurs probabilités.

Correction de l'exercice 11 – Budget de maintenance prévisionnel

Notons C le coût annuel d'une machine.
$E(C) = 1\,200 \times 0{,}55 + 3\,500 \times 0{,}30 + 9\,000 \times 0{,}15$.

$E(C) = 660 + 1\,050 + 1\,350 = 3\,060$ €.

Budget pour 8 machines : les espérances s'additionnent, donc $8 \times 3\,060 = 24\,480$ €.

Comparaison avec le forfait : 3 000 € par machine, soit 24 000 € pour 8 machines.

Le forfait coûte 480 € de moins par an que le coût moyen prévisionnel : il est intéressant sur le plan financier (environ 2% d'économie).

Argument supplémentaire, non chiffré dans l'énoncé : le forfait supprime le risque de tomber sur plusieurs usures fortes la même année. Sans forfait, le pire cas serait $8 \times 9\,000 = 72\,000$ €, contre un budget attendu de 24 480 €.

Conclusion nuancée : le forfait est avantageux en espérance ET en maîtrise du risque. Il resterait à vérifier ce qu'il couvre exactement — une clause d'exclusion changerait le calcul.

Réponse. $E(C) = 3\,060$ € par machine · 24 480 € pour 8 machines · le forfait à 24 000 € est intéressant (480 € d'économie et risque supprimé).

Rappel de cours. Les espérances s'ADDITIONNENT : pour n machines identiques, le budget attendu est $n \times E(C)$.

Erreur fréquente. Comparer le forfait de 3 000 € au coût le plus probable (1 200 €, probabilité 0,55). Le bon point de comparaison est l'espérance, qui intègre les cas coûteux.

Correction de l'exercice 12 – Déterminer une mise pour un jeu équitable

Probabilités : $P(\text{or}) = \frac{1}{25} = 0{,}04$; $P(\text{argent}) = \frac{4}{25} = 0{,}16$; $P(\text{rien}) = \frac{20}{25} = 0{,}80$.

Espérance du gain BRUT : $40 \times 0{,}04 + 10 \times 0{,}16 + 0 \times 0{,}80 = 1{,}60 + 1{,}60 = 3{,}20$ €.

Gain algébrique : on retire la mise à chaque partie, donc $E(G) = 3{,}20 - m$.

Jeu équitable : $E(G) = 0$ donne $3{,}20 - m = 0$, soit $m = 3{,}20$ €.

Pour que l'organisateur gagne 1 € par partie, il faut que le joueur perde 1 € en moyenne : $E(G) = -1$.

$3{,}20 - m = -1$, donc $m = 4{,}20$ €.

Contrôle : avec $m = 4{,}20$, sur 100 parties, l'organisateur encaisse 420 € et reverse en moyenne 320 €, soit 100 € de bénéfice ✔, c'est-à-dire 1 € par partie.

Réponse. $E(G) = 3{,}20 - m$ · jeu équitable pour $m = 3{,}20$ € · mise de 4,20 € pour un bénéfice moyen de 1 € par partie.

Rappel de cours. L'espérance du gain brut est indépendante de la mise ; la mise ne translate que le gain algébrique.

Erreur fréquente. Chercher m tel que $E(G) = +1$ pour un organisateur gagnant : $E(G)$ est le gain du JOUEUR, il doit être négatif.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Correction de l’exercice 13 – Garantie et espérance de coût

Trois cas : aucun incident ($C = 0$) avec probabilité $1 - 0{,}06 - 0{,}01 = 0{,}93$; réparation ($C = 80$) avec probabilité 0,06 ; remplacement ($C = 240$) avec probabilité 0,01.

Loi : $P(C = 0) = 0{,}93 \cdot P(C = 80) = 0{,}06 \cdot P(C = 240) = 0{,}01$

$E(C) = 0 \times 0{,}93 + 80 \times 0{,}06 + 240 \times 0{,}01 = 4{,}80 + 2{,}40 = 7{,}20$ €.

Le service après-vente coûte donc en moyenne 7,20 € par appareil vendu.

Avec l’extension, les taux doublent : 12% de réparations et 2% de remplacements.

Nouveau coût moyen : $80 \times 0{,}12 + 240 \times 0{,}02 = 9{,}60 + 4{,}80 = 14{,}40$ €, soit exactement le double (les coûts sont proportionnels aux taux).

Surcoût pour le fabricant : $14{,}40 - 7{,}20 = 7{,}20$ € par appareil, pour un prix de vente de l’extension de 15 €.

L’extension est donc RENTABLE : elle rapporte $15 - 7{,}20 = 7{,}80$ € de marge moyenne par appareil couvert.

Réserve à formuler : l’hypothèse « les taux doublent » est une estimation. Si l’usure s’accélère avec le temps, les taux pourraient plus que doubler et la marge fondre — c’est le risque du modèle, pas du calcul.

Réponse. $P(C{=}0) = 0{,}93$, $P(C{=}80) = 0{,}06$, $P(C{=}240) = 0{,}01$ · $E(C) = 7{,}20$ € · extension rentable : 15 € encaissés pour 7,20 € de surcoût moyen.

Rappel de cours. Le cas « rien ne se passe » fait partie de la loi, avec la valeur 0 : l’oublier fausse la somme des probabilités.

Erreur fréquente. Prendre $P(C = 0) = 0{,}94$ en oubliant les 1% de remplacements. Les probabilités doivent totaliser 1.

Correction de l’exercice 14 – Fluctuation d’échantillonnage

Fréquences : $\frac{7}{50} = 0{,}14$; $\frac{12}{50} = 0{,}24$; $\frac{9}{50} = 0{,}18$; $\frac{14}{50} = 0{,}28$; $\frac{11}{50} = 0{,}22$.

Nombre attendu : l’espérance du nombre de pièces de premier choix vaut $50 \times 0{,}20 = 10$ pièces par échantillon.

Les cinq résultats observés (7 à 14) encadrent bien cette valeur de 10, mais AUCUN ne lui est égal.

C’est la FLUCTUATION D’ÉCHANTILLONNAGE : deux échantillons de même taille, prélevés dans la même production, ne donnent pas la même fréquence. L’écart n’est pas une erreur, c’est le hasard du prélèvement.

Moyenne des cinq fréquences : $\frac{0{,}14 + 0{,}24 + 0{,}18 + 0{,}28 + 0{,}22}{5} = \frac{1{,}06}{5} = 0{,}212$, très proche des 0,20 annoncés.

Conclusion : non, ces écarts ne remettent pas en cause la proportion de 20%. Ils sont modérés (de 0,14 à 0,28), répartis de part et d’autre de 0,20, et leur moyenne y revient.

À retenir : sur un échantillon de 50, un écart de quelques pièces est parfaitement normal. Pour resserrer les fréquences autour de 0,20, il faut AUGMENTER la taille des échantillons.

Réponse. Fréquences 0,14 ; 0,24 ; 0,18 ; 0,28 ; 0,22 · on attendait 10 pièces (soit 0,20) · écarts normaux : c’est la fluctuation d’échantillonnage, la proportion annoncée n’est pas contredite.

Rappel de cours. Une fréquence observée fluctue autour de la probabilité. Plus l’échantillon est GRAND, moins elle fluctue.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s’expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Erreur fréquente. Conclure « la production n'est pas à 20% » dès qu'un échantillon donne 0,14. Un seul échantillon ne prouve rien : il faut regarder l'ampleur habituelle des fluctuations.

Correction de l'exercice 15 – Choisir un niveau de stock

$E(D) = 10 \times 0{,}2 + 20 \times 0{,}5 + 30 \times 0{,}3 = 2 + 10 + 9 = 21$ modules.

Production de 20 modules. Si $D = 10$: on vend 10 (gain 400 €) et il reste 10 invendus (coût 150 €), soit 250 €.

Si $D = 20$: on vend les 20, gain 800 €, aucun invendu.

Si $D = 30$: on ne peut vendre que 20, gain 800 € (la demande excédentaire est perdue, sans coût supplémentaire).

$E(\text{gain}_{20}) = 250 \times 0{,}2 + 800 \times 0{,}5 + 800 \times 0{,}3 = 50 + 400 + 240 = 690$ €.

Production de 30 modules. Si $D = 10$: gain 400 € et 20 invendus (coût 300 €), soit 100 €.

Si $D = 20$: gain 800 € et 10 invendus (coût 150 €), soit 650 €.

Si $D = 30$: on vend tout, gain 1 200 €.

$E(\text{gain}_{30}) = 100 \times 0{,}2 + 650 \times 0{,}5 + 1\,200 \times 0{,}3 = 20 + 325 + 360 = 705$ €.

Comparaison : $705 > 690$. Produire 30 modules rapporte en moyenne 15 € de plus par semaine.

Nuance : l'écart est faible (2%) et la stratégie « 30 modules » est beaucoup plus dispersée — elle peut ne rapporter que 100 € une semaine sur cinq, contre 250 € au minimum avec 20 modules. Un atelier à trésorerie tendue pourrait préférer la production prudente.

Remarque : produire 21 modules (l'espérance de la demande) n'est PAS automatiquement optimal. Le bon niveau dépend du rapport entre la marge perdue sur une vente manquée et le coût d'un invendu.

Réponse. $E(D) = 21$ modules · $E(\text{gain}) = 690$ € pour 20 modules, 705 € pour 30 · produire 30 est légèrement meilleur en moyenne, mais plus risqué.

Rappel de cours. On construit d'abord la loi du GAIN (une valeur par scénario de demande), puis on en calcule l'espérance.

Erreur fréquente. Calculer le gain sur $E(D) = 21$ modules vendus : l'espérance du gain n'est pas le gain calculé sur la demande moyenne, car les invendus et les ventes manquées ne se compensent pas.

Correction de l'exercice 16 – Type bac : loi, espérance et décision

$E(T) = 8 \times 0{,}40 + 10 \times 0{,}35 + 12 \times 0{,}20 + 20 \times 0{,}05$.

$E(T) = 3{,}2 + 3{,}5 + 2{,}4 + 1 = 10{,}1$ minutes.

Interprétation : sur un grand nombre de cartes, l'assemblage prend en moyenne 10,1 minutes par carte.

$P(T \leq 10) = 0{,}40 + 0{,}35 = 0{,}75$: trois cartes sur quatre sont assemblées en 10 minutes ou moins.

$P(T \geq 12) = 0{,}20 + 0{,}05 = 0{,}25$.

Cartes par jour : 7 heures = 420 minutes, donc $\dfrac{420}{10{,}1} \approx 41{,}6$ cartes.

En moyenne, un opérateur assemble donc environ 41,6 cartes par jour (on ne peut pas arrondir à l'entier ici : c'est une moyenne, et les cartes commencées se poursuivent le

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

lendemain).

Sur 5 jours : $5 \times 41{,}6 = 208$ cartes par opérateur.

Comme $208 \geq 200$, UN seul opérateur suffit en moyenne pour tenir la commande.

Réserve importante : 208 ne dépasse 200 que de 4%. Or les temps fluctuent — quelques cartes à 20 minutes de plus que prévu suffisent à passer sous les 200. Prudence : on prévoirait une marge (heures supplémentaires ou renfort ponctuel), car l'espérance décrit la moyenne, pas la garantie.

Réponse. $E(T) = 10{,}1$ min · $P(T \leq 10) = 0{,}75$ et $P(T \geq 12) = 0{,}25$ · environ 41,6 cartes par jour · 208 cartes en 5 jours : un opérateur suffit tout juste, avec une marge de 4% seulement.

Rappel de cours. Une cadence moyenne se calcule avec le temps MOYEN : $\dfrac{\text{durée disponible}}{E(T)}$.

Erreur fréquente. Utiliser le temps le plus probable (8 min) au lieu de $E(T)$: on annoncerait 52,5 cartes par jour, soit 26% de trop, et la commande serait manquée.

Correction de l'exercice 17 – Type bac : production avec pannes

Trois cas : $N = 500$ avec probabilité $1 - 0{,}20 - 0{,}05 = 0{,}75$; $N = 380$ avec probabilité 0,20 ; $N = 150$ avec probabilité 0,05.

Loi : $P(N = 150) = 0{,}05$ · $P(N = 380) = 0{,}20$ · $P(N = 500) = 0{,}75$

Contrôle : $0{,}05 + 0{,}20 + 0{,}75 = 1$ ✔.

$E(N) = 150 \times 0{,}05 + 380 \times 0{,}20 + 500 \times 0{,}75$.

$E(N) = 7{,}5 + 76 + 375 = 458{,}5$ pièces par jour.

Production prévue sur 20 jours : $20 \times 458{,}5 = 9\,170$ pièces.

Comparaison avec l'engagement : $9\,170 > 9\,000$, l'objectif est atteint EN MOYENNE, avec une marge de 170 pièces (soit 1,9%).

Analyse du risque : la marge équivaut à moins d'une demi-journée de production nominale. Deux pannes longues de plus que prévu ($2 \times 350 = 700$ pièces perdues) suffiraient à manquer l'engagement.

Conclusion honnête : l'engagement est tenable en espérance, mais sans réelle sécurité. On proposerait soit un délai de 21 jours, soit une clause de tolérance, soit un plan de rattrapage (heures supplémentaires) en cas de panne longue.

Remarque sur la perte moyenne : $500 - 458{,}5 = 41{,}5$ pièces par jour, soit 8,3% de la capacité nominale. C'est le coût des pannes, chiffré — un argument pour investir en maintenance préventive.

Réponse. $P(N{=}150) = 0{,}05$, $P(N{=}380) = 0{,}20$, $P(N{=}500) = 0{,}75$ · $E(N) = 458{,}5$ pièces/jour · 9 170 pièces sur 20 jours · engagement tenable en moyenne, mais avec seulement 1,9% de marge.

Rappel de cours. Production attendue sur n jours = $n \times E(N)$, les jours étant indépendants et de même loi.

Erreur fréquente. Calculer $20 \times 500 = 10\,000$ et conclure à une marge confortable. La capacité nominale n'est pas la production attendue.

Correction de l'exercice 18 – Type bac : fluctuation et taille d'échantillon

Échantillon de 20 : on attend $20 \times 0{,}10 = 2$ pièces hors tolérance.

Échantillon de 500 : on attend $500 \times 0{,}10 = 50$ pièces.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

Les deux plages encadrent 0,10, mais avec des amplitudes très différentes : 0,25 d'amplitude pour $n = 20$, contre 0,048 pour $n = 500$.

Interprétation : la fluctuation d'échantillonnage DIMINUE quand la taille augmente. Sur 20 pièces, la fréquence observée est presque inexploitable ; sur 500, elle cerne la proportion réelle à quelques millièmes près.

Troisième question : 3 pièces sur 20 donne $f = 0{,}15$. Or les fréquences observées sur cette taille montent jusqu'à 0,25 alors que le lot est bien à 10%.

Donc 0,15 est parfaitement compatible avec un lot à 10% : NON, cet échantillon ne permet pas de conclure. Il aurait fallu 2 pièces pour « coller » à la théorie, mais 3 n'a rien d'anormal (une pièce d'écart !).

Quatrième question : 75 pièces sur 500 donne $f = \dfrac{75}{500} = 0{,}15$, la MÊME fréquence.

Mais sur cette taille, les fréquences observées ne dépassent pas 0,124 quand le lot est à 10%. Une fréquence de 0,15 sort nettement de cette plage.

Conclusion : OUI, cet échantillon-là permet de suspecter sérieusement que le lot dépasse 10%. Écart attendu 50 pièces, observé 75 : 25 pièces de trop, ce que la fluctuation n'explique pas à cette taille.

Leçon essentielle : la même fréquence 0,15 est anodine sur 20 pièces et alarmante sur 500. La taille de l'échantillon fait partie de la conclusion.

Réponse. 2 pièces attendues sur 20, 50 sur 500 · la fluctuation se resserre quand n grandit · 3 / 20 = 0,15 ne permet pas de conclure · 75 / 500 = 0,15 sort de la plage observée : le lot dépasse probablement 10%.

Rappel de cours. Une fréquence ne s'interprète JAMAIS sans sa taille d'échantillon : les fluctuations attendues n'ont pas la même ampleur.

Erreur fréquente. Traiter 0,15 de la même façon dans les deux cas. La même fréquence porte une information très différente selon n.

Correction de l'exercice 19 – Type bac : paramètre inconnu dans une loi

Deux cas : livraison à l'heure (probabilité $1 - p$), l'atelier a payé 50 € sans compensation, donc $G = -50$.

Livraison en retard (probabilité p), l'atelier reçoit 300 € et a payé 50 €, donc $G = 250$.

Loi : $P(G = -50) = 1 - p \cdot P(G = 250) = p$

$E(G) = -50(1 - p) + 250p = -50 + 50p + 250p = -50 + 300p$.

Contrat équilibré : $E(G) = 0$ donne $300p = 50$, soit $p = \dfrac{50}{300} = \dfrac{1}{6} \approx 0{,}167$.

Le contrat est donc équilibré si les retards surviennent une fois sur six environ.

Avec $p = 0{,}12$: $E(G) = -50 + 300 \times 0{,}12 = -50 + 36 = -14$ €.

$E(G) = -14 < 0$: le contrat est DÉFAVORABLE à l'atelier, qui perd en moyenne 14 € par livraison.

Lecture du signe de $E(G) = -50 + 300p$: cette expression est croissante en p. Le contrat devient avantageux dès que $p > \frac{1}{6}$, c'est-à-dire quand le fournisseur est PEU fiable. Pour un fournisseur fiable ($p = 0{,}12$), l'atelier paye une assurance dont il n'a guère besoin.

Nuance de gestion : l'atelier peut néanmoins accepter ce contrat s'il craint surtout l'impact d'un retard sur sa propre production (arrêt de chaîne, pénalité client), coût que les 300 € n'épuisent pas. L'espérance ne mesure que l'argent du contrat.

Réponse. $P(G{=}-50) = 1 - p$, $P(G{=}250) = p \cdot E(G) = -50 + 300p$ · équilibré pour

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).

$p = \frac{1}{6} \approx 0{,}167$ · avec $p = 0{,}12$, $E(G) = -14$ € : contrat défavorable.

Rappel de cours. Avec un paramètre, l'espérance devient une FONCTION AFFINE de p : le seuil d'équilibre s'obtient en résolvant $E(G) = 0$.

Erreur fréquente. Écrire $G = 300$ en cas de retard : il faut retrancher les 50 € versés, qui sont payés dans TOUS les cas.

Correction de l'exercice 20 – Type bac : même espérance, risques différents

Stratégie A : le coût est certain, donc $E(C_A) = 6\,000$ € (une variable aléatoire constante est égale à son espérance).

Stratégie B : $E(C_B) = 2\,000 \times 0{,}8 + 22\,000 \times 0{,}2 = 1\,600 + 4\,400 = 6\,000$ €.

Les deux stratégies ont EXACTEMENT la même espérance de coût : 6 000 €.

Étendue : pour A, le coût vaut toujours 6 000 € — étendue nulle. Pour B, il varie de 2 000 € à 22 000 € — étendue de 20 000 €.

L'espérance ne permet donc pas de choisir : elle est identique. C'est la DISPERSION qui distingue les deux stratégies.

Recommandation selon la situation : un atelier disposant d'une trésorerie solide peut préférer B — quatre années sur cinq, il ne dépense que 2 000 €, et il absorbe l'année coûteuse. Un atelier à trésorerie fragile doit choisir A : une facture de 22 000 € pourrait le mettre en difficulté, même si « en moyenne » cela revient au même.

Autre angle : sur 5 ans, B coûte en général $4 \times 2\,000 + 22\,000 = 30\,000$ €, soit exactement les $5 \times 6\,000$ € de A. Sur 1 an, en revanche, tout dépend du tirage.

Conclusion méthodologique : l'espérance est un critère de LONG TERME. Pour une décision unique et à fort enjeu, il faut y ajouter l'examen des cas extrêmes — c'est précisément le rôle de la variance et de l'écart-type, étudiés plus tard.

Réponse. $E(C_A) = E(C_B) = 6\,000$ € · étendue 0 pour A, 20 000 € pour B · l'espérance ne départage pas : le choix dépend de la capacité à absorber les 22 000 €.

Rappel de cours. Deux lois peuvent avoir la même espérance et des dispersions très différentes. L'espérance seule ne décrit pas un risque.

Erreur fréquente. Conclure « les deux stratégies sont équivalentes » parce que les espérances sont égales. Elles ne le sont qu'en moyenne sur un grand nombre d'années.

mathlvl.fr — Tous droits réservés. Toute reproduction, diffusion, revente ou exploitation commerciale, même partielle, est strictement interdite.
Tout contrevenant s'expose à des poursuites en vertu du Code de la propriété intellectuelle (art. L.335-2 et suivants).