

INQUIÉTUDES À WOBURN

Niveau

Seconde.

Situation étudiée

Dans la petite ville américaine de Woburn la population s'interroge : elle a connu 3 cas de leucémies chez des jeunes filles et 9 chez de jeunes garçons en 10 ans. Doit-on en accuser le hasard ?

Type d'activité

Séance de « module » (demi groupes) utilisant le tableur.

Durée

1 heure.

Objectifs

Contenus mathématiques au programme

- Simulation avec un tableur.
- Notion de fluctuation d'échantillonnage (influence de la taille de l'échantillon).
- Travail sur les intervalles.

Enjeux citoyens

Etudier la démarche citoyenne de la population de Woburn, qui a permis de détecter qu'un problème de pollution était à l'origine de cas de leucémies infantiles.

Compétences et attitudes

Utiliser le tableur pour modéliser une situation concrète.

Réinvestir dans un cadre différent le travail des séances précédentes pour obtenir la formule =ENT(ALEA()+ p).

Interpréter ses résultats.

Mobiliser ses connaissances pour dégager la conclusion citoyenne de l'activité.

Organisation

Le chapitre de statistique descriptive a déjà été traité. Cette activité s'insère dans la séquence sur la simulation. Il s'agit d'une séance qui nécessite un travail préalable sur l'utilisation des fonctions random /alea et partie entière de la calculatrice et du tableur.

Description des activités

Séance de TP sur tableur

Introduction pour le professeur

Woburn est une petite ville industrielle du Massachusetts, au Nord-Est des Etats-Unis. Du milieu à la fin des années 1970, la communauté locale s'émeut d'un grand nombre de leucémies infantiles survenant dans certains quartiers de la ville. Les familles se lancent alors dans l'exploration des causes et constatent la présence de décharges et de friches industrielles ainsi que l'existence de polluants. Dans un premier temps, les experts gouvernementaux concluent qu'il n'y a rien d'étrange. Mais les familles s'obstinent et saisissent leurs propres experts. Une étude statistique montre qu'il se passe sans doute quelque chose « d'étrange ».

Le tableau suivant résume les données statistiques concernant les enfants de Woburn de moins de 15 ans, pour la période 1969-1979 (Sources : *Massachusetts Department of Public Health* et *Harvard University*).

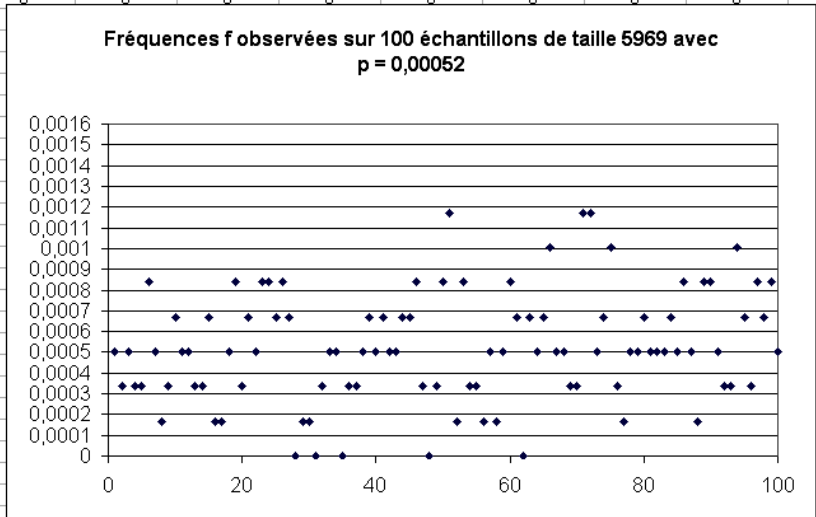
Enfants entre 0 et 14 ans	Population de Woburn selon le recensement de 1970 n	Nombre de cas de leucémie infantile observés à Woburn entre 1969 et 1979	Fréquence des leucémies à Woburn f	Fréquence des leucémies aux Etats-Unis p
Garçons	5969	9	0,00151	0,00052
Filles	5779	3	0,00052	0,00038
Total	11748	12	0,00102	0,00045

La question statistique qui se pose est de savoir si le hasard seul peut raisonnablement expliquer les fréquences observées à Woburn, considérées comme résultant d'un échantillon prélevé dans la population américaine.

La population des Etats-Unis étant très grande par rapport à celle de Woburn, on peut considérer que l'échantillon résulte d'un tirage avec remise et simuler des tirages de taille n avec le tableur.

Dans le cas des garçons, simulons sur le tableur 100 échantillons de taille $n = 5969$ prélevés dans une population où $p = 0,00052$. On représente sur un graphique les 100 fréquences f des cas de leucémie observés sur les échantillons simulés. La taille de cette simulation peut demander quelques secondes de calcul, selon la puissance de l'ordinateur. Voici l'affichage que nous avons obtenu.

B2 = =ENT(ALEA()*0,00052)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	simulations avec p = 0,00052 (garçons)	échantillon 1	échantillon 2	échantillon 3	échantillon 4	échantillon 5	échantillon 6	échantillon 7	échantillon 8	échantillon 9	échantillon 10	échantillon 11
1												
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5942		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5943		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5944		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5945		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5946		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5947		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5948		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5949		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5950		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5951		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5952		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5953		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5954		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5955		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5956		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5957		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5958		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5959		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5960		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5961		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5962		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5963		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5964		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5965		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5966		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5967		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5968		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5969		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5970		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5971	nombre de cas	3	2	3	2	2	5	3	1	2	4	3
5972	fréquence f	0,0005026	0,00033506	0,0005026	0,00033506	0,00033506	0,00083766	0,0005026	0,00016753	0,00033506	0,00067013	0,0005026
5973												
5974	nombre d'échantillons où f >= 0,00151			0								

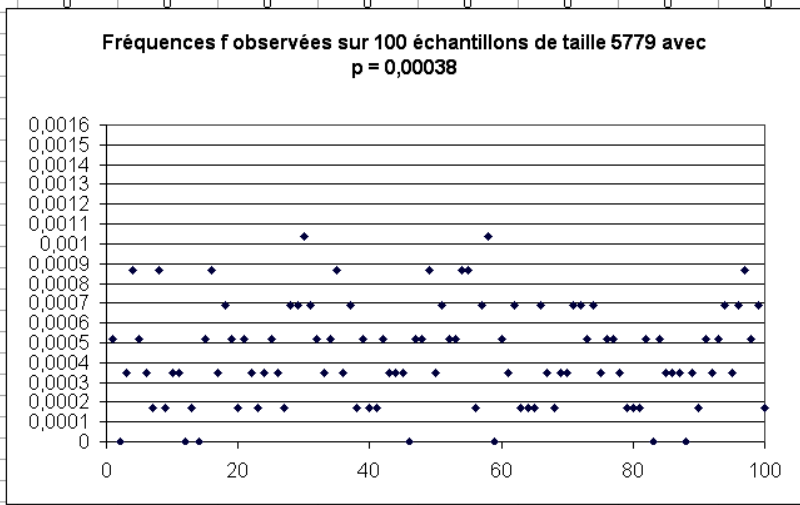


Cette simulation montre que plus de 95 % des fluctuations aléatoires des valeurs de f s'effectuent dans l'intervalle $[0 ; 0,001]$.
L'instruction `=NB.SI(B5972:CW5972;">=0,00151")` entrée en cellule D5974 confirme qu'aucun échantillon simulé n'a montré une fréquence de leucémie infantile chez les garçons atteignant le niveau de 0,00151 observé à Woburn. On ne peut donc pas raisonnablement attribuer au seul hasard le niveau très « significativement » élevé des leucémies infantiles observées chez les garçons à Woburn.

Pour ce qui est des filles, nous simulons de manière analogue sur le tableur 100 échantillons de taille $n = 5779$ prélevés dans une population où $p = 0,00038$. L'ordinateur affiche les résultats suivants :

B2 = =ENT(ALEA()*0,00038)											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
simulations avec $p = 0,00038$ (filles)	échantillon 1	échantillon 2	échantillon 3	échantillon 4	échantillon 5	échantillon 6	échantillon 7	échantillon 8	échantillon 9	échantillon 10	échantillon 11
1											
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D5784 = =NB.SI(B5782: CW5782;">=0,00052")												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
5752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5755	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5756	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5758	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5759	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5761	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5763	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5767	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5769	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5770	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5775	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5779	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5780	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5781	nombre de cas	3	0	2	5	3	2	1	5	1	2	2
5782	fréquence f	0,00051912	0	0,00034608	0,0008652	0,00051912	0,00034608	0,00017304	0,0008652	0,00017304	0,00034608	0,00034608
5783												
5784	nombre d'échantillons où $f \geq 0,00052$			25								%



Cette fois, l'instruction `=NB.SI(B5782: CW5782;">=0,00052")` entrée en D5784 montre que 25 % des échantillons simulés avec $p = 0,00038$ font apparaître une fréquence f supérieure ou égale à celle observée avec les données de Woburn. On peut donc penser que le taux de leucémies infantiles observé chez les filles à Woburn n'est pas « significativement » élevé. Le hasard pourrait l'expliquer. La taille de l'échantillon est en tout cas trop faible pour mettre en évidence ici un phénomène « anormal ».

Le taux anormalement élevé de leucémies infantiles chez les garçons à Woburn est officiellement confirmé par le Département de Santé Publique du Massachusetts en avril 1980. Les soupçons se portent alors sur la qualité de l'eau de la nappe phréatique qui, par des forages, alimente la ville. On découvre alors le syndrome du trichloréthylène. Les industriels responsables de cette pollution sont traduits en justice, les familles obtiendront des « réparations » financières et la dépollution des sites sera engagée. Suite à cette affaire, le discours du nouveau maire montre bien le changement d'attitude des autorités : « notre première priorité, dira-t-il, est de nous assurer d'avoir un approvisionnement en eau propre et saine ».

Quelques remarques, pour approfondir un peu le traitement probabiliste de cet exemple.

Les faibles valeurs de p empêchent, dans cet exemple, d'utiliser la formule de fluctuation de plus de 95 % des fréquences au programme de seconde : $[p - \frac{1}{\sqrt{n}} , p + \frac{1}{\sqrt{n}}]$. Les

intervalles obtenus sont beaucoup trop grands.

En revanche, avec les données concernant les enfants des deux sexes, on peut appliquer l'approximation par la loi normale, puisque $n \geq 30$ et $np = 5,3 \geq 5$. On sait alors qu'environ 95 % des fréquences obtenues sur les échantillons de taille $n = 11748$ dans une population où $p = 0,00045$ fluctuent à l'intérieur de l'intervalle :

$[p - 1,96 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} , p + \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}]$ c'est à dire $[0,00032 ; 0,00057]$. La fréquence $f = 0,00102$ observée avec les enfants de Woburn est loin d'appartenir à cet intervalle.

Lorsque p est trop petit, on peut considérer la variable aléatoire X correspondant au nombre d'observations et qui suit la loi binomiale de paramètres n et p . Vu la taille de n , il n'est pas très pratique d'utiliser ici cette loi, que l'on peut en revanche approcher par la loi de Poisson de paramètre $n \times p$ qui est bien adaptée aux cas rares.

Dans le cas des garçons, on peut ainsi calculer la probabilité d'observer un nombre de leucémies infantiles supérieur ou égal à celui de Woburn en utilisant la loi de Poisson de paramètre $n \times p = 5969 \times 0,00052 \approx 3,1$. On obtient $P (X \geq 9) \approx 0,0047$. Ce que l'on peut interpréter en disant que l'explication « il ne se passe rien d'étrange » a moins de 0,5 % de chances d'être exacte.

Qui peut encore, après un tel exemple, affirmer que « la statistique est la forme la plus élaborée du mensonge » ?

Le TP sur tableur suivant a été pratiqué en seconde.

La classe est répartie en 14 groupes de 2 élèves par ordinateur – durée du TP : 1 heure.

Le TP est en deux parties. La première partie permet d'apporter aux élèves les outils nécessaires à un traitement statistique des données de Woburn, c'est-à-dire être capable de simuler sur un tableur les fluctuations des fréquences observées sur des échantillons de taille n .

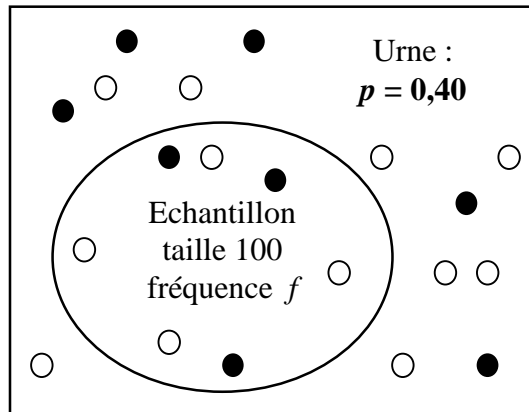
La seconde partie est plus « ouverte ». On demande aux élèves d'imaginer une procédure de simulation permettant de juger si les observations du nombre de cas de leucémies chez les garçons et les filles de Woburn sont à considérer comme « anormales » (le nombre de cas chez les garçons étant « significativement » élevé, mais pas le nombre de cas chez les filles).

Énoncé élève

Ouvrir un fichier Excel.

1 – Etude des fluctuations des échantillons

a. Tirage dans une urne



Une urne contient 40 % de boules noires et 60 % de boules blanches. On prélève au hasard une boule (chaque boule a les mêmes chances d'être prélevée).

Pour simuler le tirage d'une boule dans cette urne, il suffit avec Excel d'entrer dans la cellule A1 la **formule** : =ENT(ALEA() + 0,4) .

☞ Justifier cette formule sur la feuille réponse.

b. Echantillons de taille 100

On prélève au hasard avec remise 100 boules dans l'urne. Cela constitue un échantillon de taille 100.

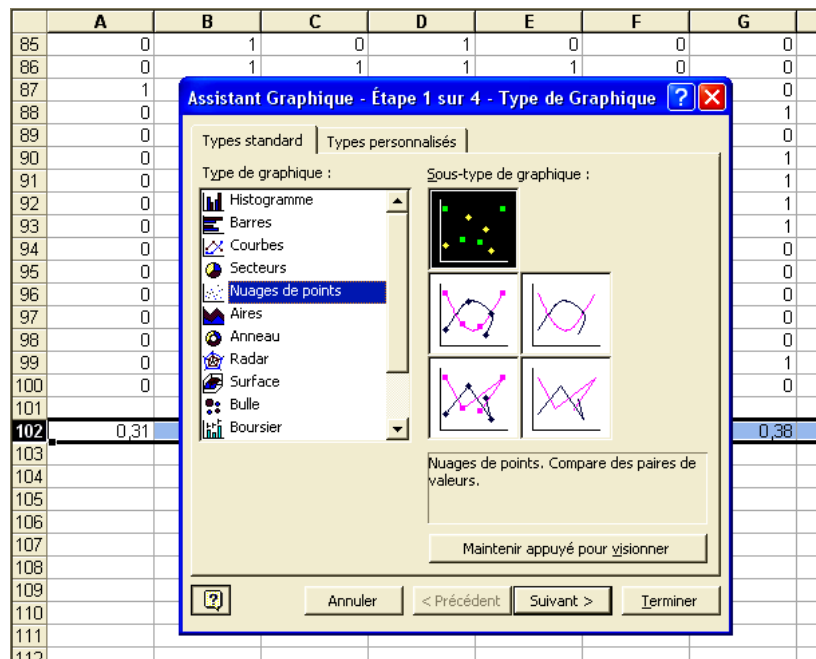
A102	=	=SOMME(A1:A100)/100	
A	B	C	D
93	0		
94	0		
95	1		
96	1		
97	0		
98	0		
99	1		
100	1		
101			
102	0,42		
103			
104			

Pour simuler cet échantillon sur le tableur, il suffit de **recopier vers le bas** (pointeur de la souris en forme de croix noire) le contenu de la cellule A1 jusqu'en A100.

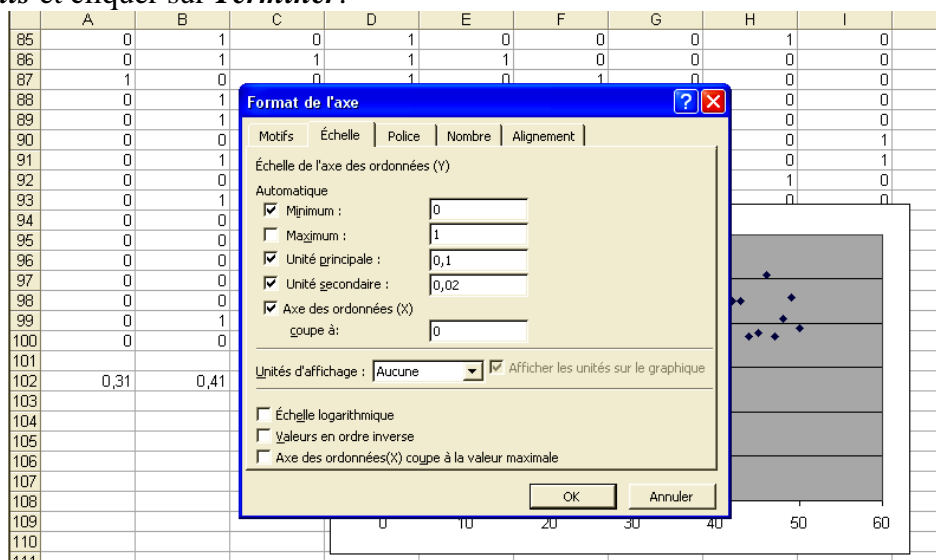
Calculez la fréquence f des boules noires observées sur cet échantillon en entrant en A102 la **formule** =SOMME(A1:A100)/100 .

☞ Faire plusieurs fois F9 et compléter la feuille réponse.

Pour visualiser les résultats de 50 échantillons à la fois, **sélectionner** (pointeur en forme de croix blanche) les cellules de A1 à A102 puis **recopier vers la droite** (pointeur en forme de croix noire) jusqu'à la colonne AX.



Sélectionner la ligne 102 puis cliquer sur l'icône de l'Assistant graphique, choisir *Nuages de points* et cliquer sur *Terminer*.



En cliquant avec le bouton droit sur le graphique, *Effacer* la légende, puis par un clic droit sur l'axe des ordonnées, régler dans *Format de l'axe* le maximum à 1.

☞ Faire plusieurs fois F9 et compléter la feuille réponse.

c. Echantillons de taille 1000

Cliquer sur l'onglet **Feuil2** et procéder comme dans la partie b. pour étudier cette fois le comportement d'échantillons de taille 1000 extraits de l'urne précédente : simuler 50 échantillons de taille 1000 et représenter, avec la même échelle que précédemment, les 50 fréquences obtenues.

☞ Faire plusieurs fois F9 et compléter la feuille réponse.

2 – Inquiétudes à Woburn



Maisons à Woburn, où habitaient certains des enfants malades (Source : Internet.).

Woburn est une petite ville industrielle du Massachusetts, au Nord-Est des Etats-Unis. Du milieu à la fin des années 1970, la communauté locale s'émeut d'un grand nombre de leucémies infantiles survenant dans certains quartiers de la ville. Les familles se lancent alors dans l'exploration des causes et constatent la présence de décharges et de friches industrielles ainsi que l'existence de polluants.

Dans un premier temps, les experts gouvernementaux concluent qu'il n'y a rien d'étrange. Mais les familles s'obstinent et saisissent leurs propres experts.

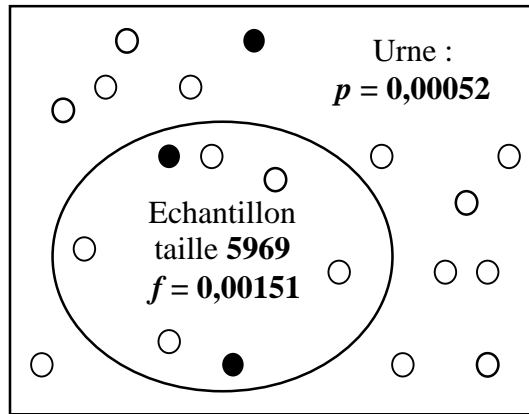
L'objectif de ce paragraphe est que vous apportiez votre expertise statistique !

a. Le cas des garçons

Les statistiques pour les garçons sont les suivantes :

Enfants entre 0 et 14 ans	Population de Woburn selon le recensement de 1970 n	Nombre de cas de leucémie infantile observés à Woburn entre 1969 et 1979	Fréquence des leucémies à Woburn f	Fréquence des leucémies aux Etats-Unis p
Garçons	5969	9	0,00151	0,00052

On peut considérer que les garçons de Woburn constituent un échantillon de taille $n = 5969$ extrait de la population des Etats-Unis.



Cliquer sur l'onglet **Feuil3**. Elaborer votre feuille de calcul pour étudier si les observations de Woburn, dans le cas des garçons, sont ou non « statistiquement anormales ».

☞ Compléter la feuille réponse.

b. Le cas des filles

Les statistiques pour les filles sont les suivantes :

Enfants entre 0 et 14 ans	Population de Woburn selon le recensement de 1970 n	Nombre de cas de leucémie infantile observés à Woburn entre 1969 et 1979	Fréquence des leucémies à Woburn f	Fréquence des leucémies aux Etats-Unis p
Filles	5779	3	0,00052	0,00038

Cliquer sur l'onglet **Feuil4**. Elaborer votre feuille de calcul pour étudier si les observations de Woburn, dans le cas des filles, sont ou non « statistiquement anormales ».

☞ Compléter la feuille réponse.

Feuille réponse

NOMS :

1 – Etude des fluctuations des échantillons

a. Tirage dans une urne

Quels sont les résultats possibles de la formule =ENT(ALEA() + 0,4) ?

.....

Pourquoi a-t-on 40 % de chances de voir afficher la valeur 1 par la formule =ENT(ALEA() + 0,4) ? (La réponse « parce qu'il y a écrit 0,4 » n'est pas correcte).

.....
.....
.....
.....

b. Echantillons de taille 100

Pourquoi les échantillons de taille 100 ne donnent-ils pas la même fréquence ?

.....
.....

Sur 50 échantillons de taille 100 apparaissant sur le graphique, combien, en moyenne (faire plusieurs fois F9), donnent une fréquence f n'appartenant pas à l'intervalle $[0,3 ; 0,5]$?

.....
.....
.....

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 45 % de boules noires ?

.....

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 50 % de boules noires ? Est-ce possible ?

.....

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

.....

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

.....
.....

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

.....
.....

2 – Inquiétudes à Woburn

a. Le cas des garçons

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

b. Le cas des filles

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Déroulement, éléments de réponse et commentaires

Première partie (traitée par tous les groupes)

Une urne contient 40% de boules noires. Simulation de tirages (avec remise) d'échantillons de taille 100 ou 1000.

Objectifs de cette partie :

– Comprendre le principe de la simulation (modèle de l'urne) pour être capable de l'adapter et de le réinvestir dans le cas des statistiques de leucémies à Woburn.

Cet objectif est atteint : **11** groupes sur 14 ont su adapter cette simulation au cas de Woburn. **3** groupes sur 14 n'ont pas traité la deuxième partie par manque de rapidité et surtout par manque de sérieux.

– Comprendre que d'un certain point de vue, le « hasard » ne se comporte pas n'importe comment : certaines observations sont plus ou moins rares selon la taille de l'échantillon.

Il s'agissait, par l'observation des simulations, de lutter contre l'idée a priori répandue « hasard » = « n'importe quoi ». L'objectif est « atteint » au-delà du « raisonnable » puisque **11** groupes sur 14 qualifient « d'impossible » un événement (70% de boules noires sur un échantillon de taille 100) qui n'a pas été observé.

Exemples de réponses d'élèves

On s'intéresse aux questions :

- Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?
- Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

REPONSES DU TYPE « n'est possible que ce que j'observe » (11/14) :

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Oui, il est rare. Non, c'est pas possible. pourquoi ?

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

Celui de taille 1000 change moins que celui de taille 100.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Oui, comme c'est aléatoire, on ne peut pas savoir le résultat exact.

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Oui, il est rare. Non, c'est pas possible.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Oui, comme c'est aléatoire, on ne peut pas savoir le résultat exact.

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Oui c'est rare même très rare et c'est pas possible.

pourquoi?

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

On observe pour les échantillon de taille 100 et les échantillon de taille 1000 est différent les échantillon de taille 1000 ont plus précis et on note entre 0,5 ; 0,5) on note pas plus.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Non le hasard ne fait pas n'importe quoi car dès qu'on prend un grand échantillon les résultats sont plus précis.

oui

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Oui c'est rare, même très rare et c'est pas possible.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Non le hasard ne fait pas n'importe quoi car dès qu'on prend un grand échantillon les résultats sont plus précis.

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Non « impossible » d'arriver jusque là.

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

On observe un rétrécissement de l'intervalle, les fluctuations sont plus autour de 0,5. Cela est beaucoup plus précis.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Non le hasard est contrôlé. Il fluctue bien sûr, mais avec la loi des grands nombres on obtient plus ou moins un résultat peut attendre (fluctue très peu en fonction du hasard).

oui

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Non « impossible » d'arriver jusque là.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Non le hasard est contrôlé. Il fluctue bien sûr, mais avec la loi des grands nombres, on obtient plus ou moins un résultat attendu (fluctue très peu en fonction du hasard).

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

C'est impossible par conséquent on en trouve jamais.

Pourquoi est-ce impossible ?

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

Sur le graphique de 100 c'est moins varié, cela se situe entre 0,4 à chaque fois.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

On voit qu'à grande échelle c'est plus précis.

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

C'est impossible par conséquent on en trouve jamais.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

On voit qu'à grande échelle c'est plus précis.

Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Sur un échantillon de taille 100 il est extrêmement rare d'observer 70% de boules noires, non ce n'est pas possible.

c. Echantillons de taille 1000

Quelle différence observez-vous, sur le graphique, entre le comportement des fréquences des échantillons de taille 100 et celui des fréquences des échantillons de taille 1000 ?

Il fluctue moins car l'échantillon de taille 1000 est beaucoup plus précis.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Le hasard ne peut pas faire n'importe quoi car sur de très grands échantillons le hasard est compris dans une petite fourchette entre 0,35 et 0,45.

presque toujours

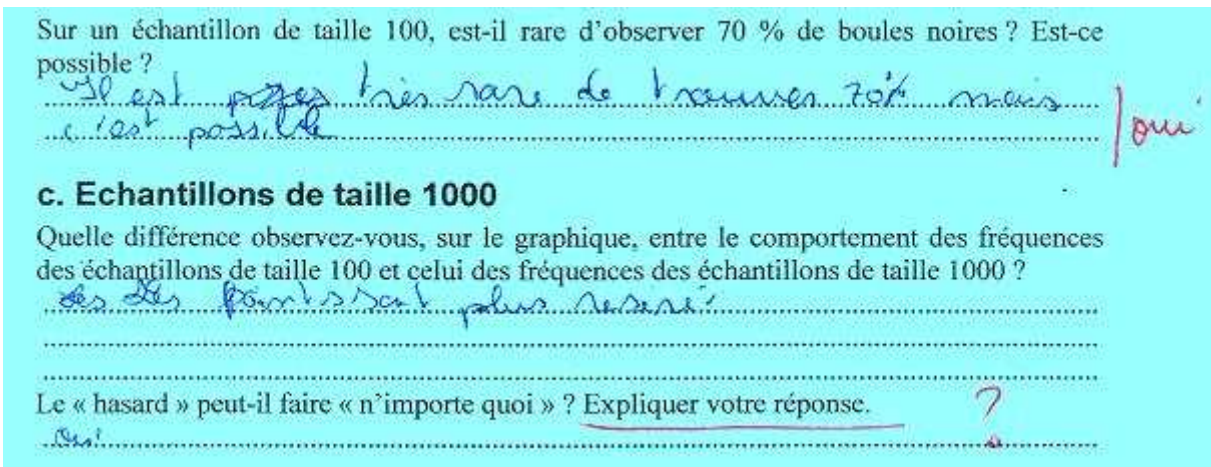
Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Sur un échantillon de taille 100 il est extrêmement rare d'observer 70 % de boules noires. non ce n'est pas possible.

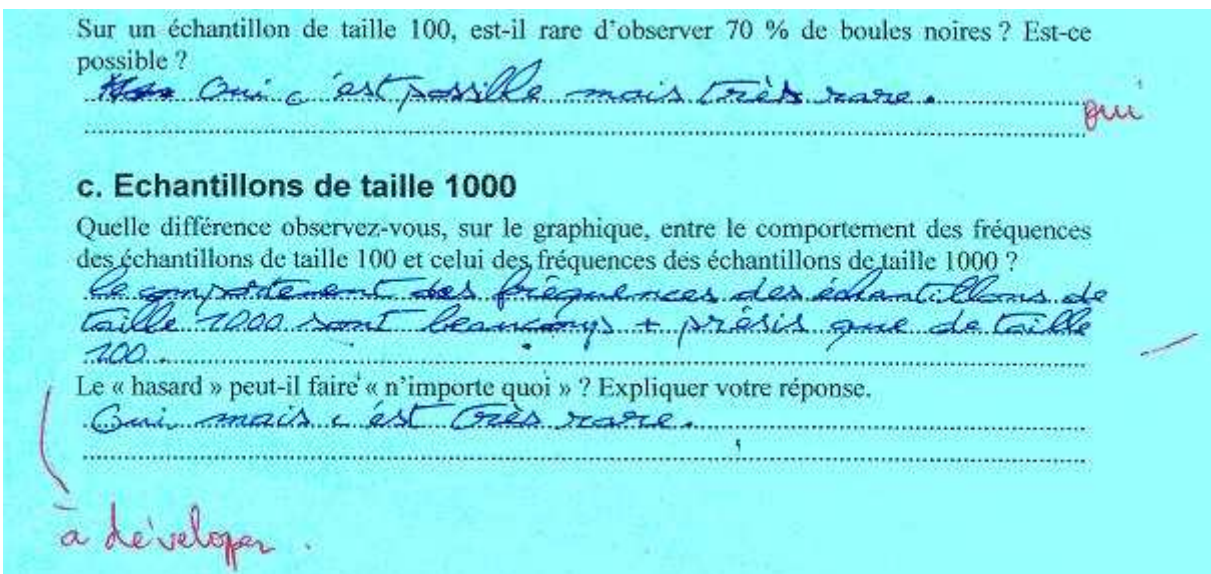
Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Le hasard ne peut pas faire n'importe quoi car sur de très grands échantillons le hasard est compris dans une petite fourchette entre 0,35 et 0,45 [35% et 45% de boules noires].

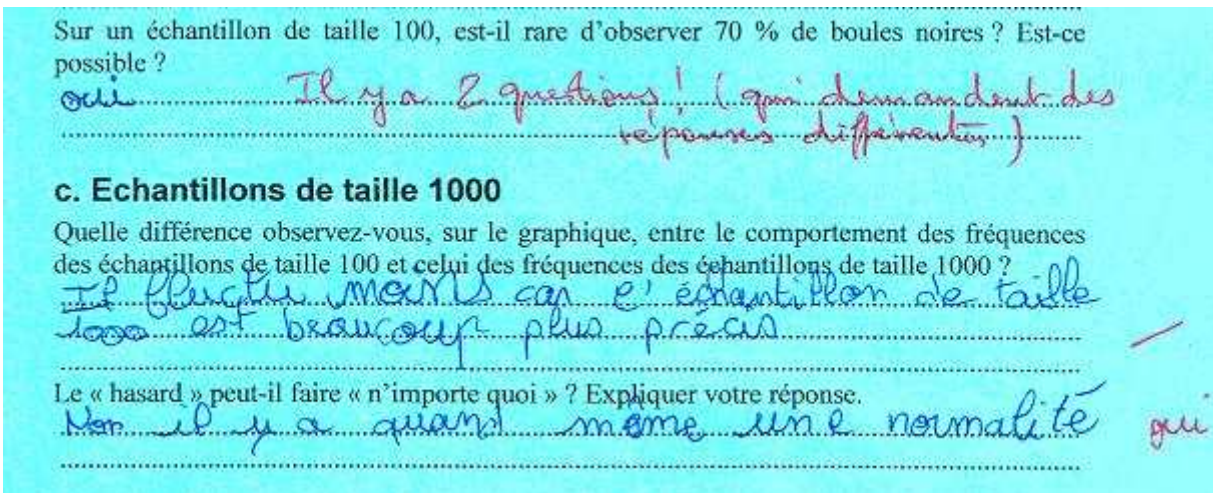
REPONSES DU TYPE « tout est possible » ou « tout est possible mais c'est rare » (3/14) :



Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?
 Il est très rare de trouver 70 % mais c'est possible.
 Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.
 Oui.



Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?
 Oui c'est possible mais très rare.
 Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.
 Oui mais c'est très rare.



Sur un échantillon de taille 100, est-il rare d'observer 70 % de boules noires ? Est-ce possible ?

Oui.

Le « hasard » peut-il faire « n'importe quoi » ? Expliquer votre réponse.

Non, il y a quand même une normalité.

Seconde partie (traitée par 11 groupes sur 14)

Fréquences des leucémies chez les garçons et chez les filles à Woburn, en comparaison aux fréquences correspondantes aux Etats-Unis.

Objectifs :

– Penser à simuler des échantillons dont la taille correspond à la population de Woburn sur la base des fréquences observées aux Etats-Unis.

Cela a été fait par les 11 groupes qui se sont penchés sur cette parties. Ils étaient cependant aidés par un schéma.

– Constaté que la fréquence chez les garçons de Woburn est tout à fait « anormale » alors que celle des filles ne peut pas être considérée comme « anormale ».

Seuls 3 groupes sur 11 fournissent une bonne réponse complète, plus ou moins argumentée. 1 groupe fournit une bonne réponse partielle (pas le temps d'étudier le cas des filles). 7 groupes sur 11 fournissent de mauvaises réponses, généralement non argumentées : il s'agit d'évidences du type « les leucémies sont rares » ou « il y a plus de leucémies à Woburn que la moyenne aux Etats-Unis ».

« BONNES » REPONSES (4/11) :

a. Le cas des garçons
Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.
On a fait = ENT(ALEA.R(, 0,00012)) jusqu'à 45278
On a fait plusieurs échantillons
On a fait la somme en notant = SOMME(A1:A5278) / 5278

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?
A Woburn, le nombre de leucémies est de 0,00151 ce qui est très rare pour des causes naturelles.

b. Le cas des filles
Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.
Tête Procédure

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?
Non, c'est anormal.
Non, dans la statistique, ce n'est pas anormal.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

A Woburn, le nombre [la fréquence] de leucémies pour les gars est de 0,00151 ce qui est très rare pour des causes naturelles.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

Non, c'est pas anormal.

a. Le cas des garçons

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

= Ent. (ALEA (1) + 0,00052) puis tiré jusqu'à A 5363
On a fait la somme : Somme (A1 : A 5363) / 5363
On la tire au 50 jusqu'à X. On a fait
le tableau des résultats des 50 et on obtient
le résultat

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

A l'aide du tableau on peut voir qu'on obtient 0,00151 est
très rare.

Le fait d'obtenir 9 cas dans un même endroit
ne sera pas dû au hasard, donc elle est due
à une cause bien précise.

b. Le cas des filles

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

Même procédure

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

La fréquence à Woburn est de 0,00052
Avec le résultat on peut s'apercevoir que que le "hasard"
normal se situe entre 0 et 0,001.
Donc pour les filles, ça peut très bien être le
hasard

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

A l'aide du tableau on peut voir qu'on obtient 0,00151 est très rare.

Le fait d'obtenir 9 cas dans un même endroit ne sera pas dû au hasard, donc c'est dû à une cause bien précise.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

La fréquence à Woburn est de 0,00052.

Avec le résultat on peut s'apercevoir que le « hasard » normal se situe entre 0 et 0,001.

Donc pour les filles, ça peut très bien être le hasard.

a. Le cas des garçons

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

On a fait la formule = ENT (ALEA () + 0,0005) oui

En A1 on a écrit cette formule puis sélectionné jusqu'à ~~A8~~ A5969 puis recopié une autre formule = SOMME (A1:A5969) / 5969 puis on a fait un graphique. Bien

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Les garçons sont plus faibles que cette maladie qui est leucémie et par rapport au standard du gouvernement il faut s'inquiéter car 0,00151 est extrêmement rare et c'est quasiment impossible. oui

b. Le cas des filles

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

On a fait la formule (= ENT (ALEA () + ^{0,0005} ~~0,0003~~)) 0,0003

En A1 on a écrit cette formule puis sélectionné jusqu'à A5779 puis recopié une autre formule (= SOMME (A1:A5779) / 5779) puis on fait un graphique pour

comparer les différents résultats.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

Observations ?

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Les garçons sont faibles contre cette maladie qui est la leucémie et par rapport aux observations du gouvernement il faut s'inquiéter car 0,00151 est extrêmement rare et c'est quasiment impossible.

a. Le cas des garçons

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

$\alpha = \text{ENT}(\text{ALEA}(\text{R})) * 0,00052$
On a descendu le résultat jusqu'à 50
A 5969 puis on étend ces résultats jusqu'à 50
échantillons.
En A5976 on entre la formule = Somme(A1:A5969)/5969
On étend le résultat jusqu'à 50
mais avec ces résultats on fait un graphique
en marge de point.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier)?

Le cas de leucémie chez les garçons de Woburn
est très rare.
développer

b. Le cas des filles

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

MÊME PROCÉDURE.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier)?

Le cas de leucémie chez les filles de Woburn
n'est pas anormal.
car les points sont tous regroupés pour la
plupart au niveau de 0,00052.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Le cas de leucémie chez les garçons de Woburn est très rare.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

Le cas de leucémie chez les filles de Woburn n'est pas anormal car les points sont tous regroupés pour la plupart au niveau de 0,00052 [valeur à Woburn].

« MAUVAISES » REPONSES OU ABSENCE DE REPONSE (7/11) :

a. Le cas des garçons
 Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.
 En A1 on a $\text{nombre} = \text{ENT}(\text{ALEA}() / 0,00052)$
 puis on a recopié vers le bas avec le paramètre
 de la soude jusqu'à A5969
 Enfin en A5977 on a $\text{nombre} = \text{SOMME}(A1:A5969) / 5969$
 et on a puis posé un peu son F9. qui

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?
Je conclus qu'il y a très peu de garçons qui ont la leucémie (0,0003%) ?
Cette réponse n'est pas très utile

b. Le cas des filles
 Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.
 Nous faisons le même calcul que chez les garçons, sauf
 que S.B. est remplacé par 5919
 $\text{nombre} = \text{ENT}(\text{ALEA}() / 0,00052)$ erreur
 $= \text{SOMME}(A1:A5919) / 5919$
0,00038

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?
Il y a 0,0003%

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Je conclus qu'il y a très peu de garçons qui ont la leucémie.

a. Le cas des garçons

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

On a écrit en A13 = ENT(ALEA8 + 0,00052)

puis on a copié jusqu'à 5969.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Même avec 5969 garçons il y a très peu de chance d'avoir une leucémie.

38
Réponse très incomplète

b. Le cas des filles

Expliquez rapidement ce que vous avez fait sur la feuille de calcul.

On a écrit en A13 = ENT(ALEA6 + 0,00052)

puis on a copié jusqu'à 5779.

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les filles à Woburn (justifier) ?

Parce que pour les garçons il y a aussi peu de chance d'avoir une leucémie que les garçons.

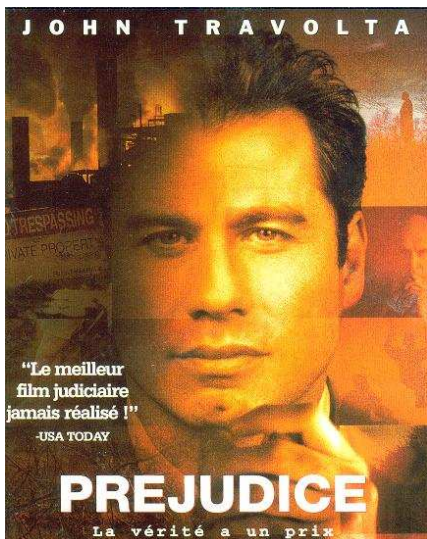
38
le même

Quelle est votre conclusion concernant les cas de leucémies observés chez les garçons à Woburn (justifier) ?

Même sur 5969 garçons il y a très peu de chances d'avoir une leucémie.

Prolongement

Visionnage du film « Préjudice » en ECJS (Education civique juridique et sociale)



Le film « Préjudice » (*A Civil Action*) sorti en 1999, avec John Travolta dans le rôle de l’avocat, décrit le procès intenté par les familles des victimes de Woburn aux industriels responsables des pollutions. Il a été diffusé en cours d’ECJS, après le TP informatique réalisé en maths.

Un questionnaire a été rempli par les élèves après la projection. La première question revient sur l’aspect mathématique, à propos d’une réflexion du début du film, faisant état de « statistiques significatives ».

Texte du questionnaire d’ECJS

Le film *Préjudice* que vous allez voir raconte l’histoire du procès qui a opposé les parents des victimes de la pollution industrielle dans les années 1970 à Woburn dans le Massachussets à l’entreprise qui en était responsable.

Lisez les questions suivantes afin de pouvoir y répondre pendant le visionnage du film.

- 1) Qu’entend-t-on par « statistiques significatives » à propos de la fréquence des leucémies infantiles chez les garçons de Woburn ?
- 2) Identifiez le rôle de chacun des personnages importants de l’affaire.
- 3) En quoi l’argent joue-t-il un rôle essentiel ?
- 4) L’action des parents fait-elle preuve de civisme selon vous ? Pourquoi ?
- 5) Quel fut le dénouement de cette affaire ? Grâce à quelle intervention ?

Des réponses d’élèves à la première question de ce questionnaire

« On entend que les morts des garçons de Woburn sont trop nombreuses par rapport à une autre ville. »

« On entend par statistiques significatives un nombre très élevé de cas qui ne s’expliquent pas statistiquement, ils sont trop nombreux pour être dus au hasard. »

