



Modélisation de l'évolution d'une population de Lapins

TP4 SIMULATION

Anaël Courjaud | S1 ZZ2 F2 | 05/02/2023

I. Introduction

Si vous avez déjà été en contact avec des lapins (à la campagne par exemple) et que leur reproduction n'était pas contrôlée, vous avez alors dû être épaté par la vitesse à laquelle ils se reproduisent et réussissent à proliférer. Cela a en tout cas été mon cas lors de mon enfance, dans la campagne bordelaise et ses fameuses vignes (à perte de vue). Bien que les vignes n'offrent pas beaucoup d'abris, ils étaient innombrables, se terrant dans des monticules de terre ou sous des amas de ronces et sortant la nuit.

Ce TP a pour but de simuler de la manière la plus réaliste possible l'évolution du nombre d'individus d'un groupe de lapins afin d'essayer d'en savoir plus sur l'impact de la modification de certains paramètres et de potentiellement comprendre les mécaniques pouvant, ou pas, mener à une éventuelle prolifération.

Pour ce faire, j'ai implémenté deux différents modèles que je vais m'atteler à décrire dans les deux prochaines parties.

II. Niveau d'effort = NULL

Un premier modèle, très simpliste, suivant le modèle exprimé en 1202 par Leonardo Fibonacci. C'est en fait une suite de Fibonacci qui ne prend pas en compte le décès des lapins, ni le côté aléatoire des lapins. Vous trouverez la fonction `simRabbitBasicEvolution(int nbrMois)` suivant ce modèle juste avant la fonction `main()` dans le fichier `main.cpp`. Cette fonction est tellement simpliste qu'elle ne nécessite pas d'explications supplémentaires.

III. Solution un peu plus stylée quand même

A. RAPIDE RESUME TECHNIQUE

Le deuxième modèle, bien qu'encore peu réaliste, présente en revanche une réflexion bien plus aboutie. Il prend en compte le vieillissement des lapins et les rend plus vulnérables aux prédateurs ou aux maladies lorsqu'ils sont trop jeunes ou trop vieux. Chaque mois, les femelles matures ont une certaine probabilité d'avoir une portée de *nombre aléatoires* petits, ayant chacun une certaine probabilité d'être un mâle ou une femelle. L'âge à atteindre pour être considéré comme mature est également différent et choisi aléatoirement pour chaque lapin.

J'ai codé cette solution C++ sur Linux en utilisant les principes de Programmation Orientée Objet (POO) et j'ai bien évidemment utilisé le Mersenne Twister pour toute la partie aléatoire du programme.

Pour modifier les conditions initiales ainsi que les paramètres de survies ou bien de procréation des lapins, il faut modifier le fichier « `general.hpp` » dans la section « Paramètres divers et variés ». Pour ensuite compiler le programme sous Linux : Ouvrir un terminal, se placer dans le répertoire de la solution, exécuter la commande « `make` ». Pour effacer le répertoire « `build` », la commande « `make clean` » est disponible. Pour lancer la simulation : toujours dans le même répertoire, exécuter la commande « `./exeProjetlapins` » et la console affichera les résultats de l'exécution.

B. PRESENTATION DES RESULTATS

```
ancourjaud@turing:~/shared/Z22.1 - Simulation/TP4simu.21.11.2022$ make
g++ -Wall -Wextra -MMD -g -O2 -fdiagnostics-color=auto -o build/Lapin.o -c Lapin.cpp
g++ -Wall -Wextra -MMD -g -O2 -fdiagnostics-color=auto -o build/main.o -c main.cpp
g++ -Wall -Wextra -MMD -g -O2 -fdiagnostics-color=auto -o build/mersemetwister.o -c mersenneTwister.cpp
g++ -o exeProjetLapins build/Lapin.o build/main.o build/mersemetwister.o
ancourjaud@turing:~/shared/Z22.1 - Simulation/TP4simu.21.11.2022$ ./exeProjetLapins

Execution n°1 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 12 lapins morts --> ça fait 12 naissances de lapins en tout.
Execution n°2 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°3 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°4 au bout du 100 ième mois : 1085276 lapins vivants; 904535 lapins morts --> ça fait 1989811 naissances de lapins en tout.
Execution n°5 au bout du 100 ième mois : 2073057 lapins vivants; 1737318 lapins morts --> ça fait 3810375 naissances de lapins en tout.
Execution n°6 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°7 au bout du 100 ième mois : 840929 lapins vivants; 705682 lapins morts --> ça fait 1546611 naissances de lapins en tout.
Execution n°8 au bout du 100 ième mois : 291916 lapins vivants; 243652 lapins morts --> ça fait 535568 naissances de lapins en tout.
Execution n°9 au bout du 100 ième mois : 2201566 lapins vivants; 1843619 lapins morts --> ça fait 4045185 naissances de lapins en tout.
Execution n°10 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°11 au bout du 100 ième mois : 1006890 lapins vivants; 841023 lapins morts --> ça fait 1847913 naissances de lapins en tout.
Execution n°12 au bout du 100 ième mois : 1255078 lapins vivants; 1056833 lapins morts --> ça fait 2311911 naissances de lapins en tout.
Execution n°13 au bout du 100 ième mois : 1427826 lapins vivants; 1188251 lapins morts --> ça fait 2616077 naissances de lapins en tout.
Execution n°14 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°15 au bout du 100 ième mois : 3277422 lapins vivants; 2742021 lapins morts --> ça fait 6019443 naissances de lapins en tout.
Execution n°16 au bout du 100 ième mois : 649100 lapins vivants; 542473 lapins morts --> ça fait 1191573 naissances de lapins en tout.
Execution n°17 au bout du 100 ième mois : 1825685 lapins vivants; 1524593 lapins morts --> ça fait 3350278 naissances de lapins en tout.
Execution n°18 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°19 au bout du 100 ième mois : 1102441 lapins vivants; 918564 lapins morts --> ça fait 2021005 naissances de lapins en tout.
Execution n°20 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°21 au bout du 100 ième mois : 1389738 lapins vivants; 1164671 lapins morts --> ça fait 2554409 naissances de lapins en tout.
Execution n°22 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°23 au bout du 100 ième mois : 302183 lapins vivants; 251726 lapins morts --> ça fait 553909 naissances de lapins en tout.
Execution n°24 au bout du 100 ième mois : 783121 lapins vivants; 652135 lapins morts --> ça fait 1435256 naissances de lapins en tout.
Execution n°25 au bout du 100 ième mois : 453036 lapins vivants; 379882 lapins morts --> ça fait 832918 naissances de lapins en tout.
Execution n°26 au bout du 100 ième mois : 4870803 lapins vivants; 4072943 lapins morts --> ça fait 8943746 naissances de lapins en tout.
Execution n°27 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°28 au bout du 100 ième mois : 2075952 lapins vivants; 1733227 lapins morts --> ça fait 3809179 naissances de lapins en tout.
Execution n°29 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°30 au bout du 100 ième mois : 787963 lapins vivants; 659559 lapins morts --> ça fait 1447522 naissances de lapins en tout.

Il y a donc eu en moyenne, sur 30 exécutions, 923333 lapins vivants à la fin du 100 ième mois.
L'espèce a perduré jusqu'à la fin de 63.3333% des exécutions

L'espèce a perduré 19 fois, on peut donc réaliser une étude statistique :
Une fois que l'espèce a réussi à perdurer, le nombre de lapins vivants à la fin du 100 ième mois a 95% de chances d'appartenir à l'intervalle [324504 ; 1.52216e+06]
Résultats obtenus avec NBRBEBESLAPINSINITIAUX = 7 et PROBASEXFEMININ = 0.5
Une femelle mature peut donc espérer obtenir 2.25 petits par mois car MINPETITS = 3; MAXPETITS = 6; PROBAPROCREATION = 0.5;

Compilation effectuée le Feb 5 2023 à 21:19:18
Exécution lancée le Sun Feb 5 21:19:26 2023
Exécution achevée le Sun Feb 5 21:19:55 2023
```

Figure 1 : Exemple du retour dans le terminal lors d'une exécution du programme

```
ancourjaud@turing:~/shared/Z22.1 - Simulation/TP4simu.21.11.2022$ ./exeProjetLapins

Execution n°1 au bout du 100 ième mois : 5539 lapins vivants; 7250 lapins morts --> ça fait 12789 naissances de lapins en tout.
Execution n°2 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°3 au bout du 100 ième mois : 6396 lapins vivants; 7955 lapins morts --> ça fait 14351 naissances de lapins en tout.
Execution n°4 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 10 lapins morts --> ça fait 10 naissances de lapins en tout.
Execution n°5 au bout du 100 ième mois : 882 lapins vivants; 1243 lapins morts --> ça fait 2125 naissances de lapins en tout.
Execution n°6 au bout du 100 ième mois : 31525 lapins vivants; 39972 lapins morts --> ça fait 71497 naissances de lapins en tout.
Execution n°7 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°8 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°9 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 13 lapins morts --> ça fait 13 naissances de lapins en tout.
Execution n°10 au bout du 100 ième mois : 1805 lapins vivants; 2045 lapins morts --> ça fait 3850 naissances de lapins en tout.
Execution n°11 au bout du 100 ième mois : 24436 lapins vivants; 31135 lapins morts --> ça fait 55571 naissances de lapins en tout.
Execution n°12 au bout du 100 ième mois : 5746 lapins vivants; 7658 lapins morts --> ça fait 13404 naissances de lapins en tout.
Execution n°13 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°14 au bout du 100 ième mois : 19330 lapins vivants; 24956 lapins morts --> ça fait 44286 naissances de lapins en tout.
Execution n°15 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 16 lapins morts --> ça fait 16 naissances de lapins en tout.
Execution n°16 au bout du 100 ième mois : 14216 lapins vivants; 17925 lapins morts --> ça fait 32141 naissances de lapins en tout.
Execution n°17 au bout du 100 ième mois : 3793 lapins vivants; 4988 lapins morts --> ça fait 8781 naissances de lapins en tout.
Execution n°18 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°19 au bout du 100 ième mois : 11085 lapins vivants; 14076 lapins morts --> ça fait 25161 naissances de lapins en tout.
Execution n°20 au bout du 100 ième mois : 5561 lapins vivants; 6948 lapins morts --> ça fait 12509 naissances de lapins en tout.
Execution n°21 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°22 au bout du 100 ième mois : 24112 lapins vivants; 30990 lapins morts --> ça fait 55102 naissances de lapins en tout.
Execution n°23 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 12 lapins morts --> ça fait 12 naissances de lapins en tout.
Execution n°24 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°25 au bout du 100 ième mois : 31443 lapins vivants; 40543 lapins morts --> ça fait 71986 naissances de lapins en tout.
Execution n°26 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 10 lapins morts --> ça fait 10 naissances de lapins en tout.
Execution n°27 au bout du 100 ième mois : 9704 lapins vivants; 12717 lapins morts --> ça fait 22421 naissances de lapins en tout.
Execution n°28 au bout du 100 ième mois : 0 lapins vivants; 7 lapins morts --> ça fait 7 naissances de lapins en tout.
Execution n°29 au bout du 100 ième mois : 392 lapins vivants; 496 lapins morts --> ça fait 888 naissances de lapins en tout.
Execution n°30 au bout du 100 ième mois : 7598 lapins vivants; 9039 lapins morts --> ça fait 16637 naissances de lapins en tout.

Il y a donc eu en moyenne, sur 30 exécutions, 6785.43 lapins vivants à la fin du 100 ième mois.
L'espèce a perduré jusqu'à la fin de 56.6667% des exécutions

L'espèce a perduré 17 fois, on peut donc réaliser une étude statistique :
Une fois que l'espèce a réussi à perdurer, le nombre de lapins vivants à la fin du 100 ième mois a 95% de chances d'appartenir à l'intervalle [804.016 ; 12766.9]
Résultats obtenus avec NBRBEBESLAPINSINITIAUX = 7 et PROBASEXFEMININ = 0.5
Une femelle mature peut donc espérer obtenir 1.125 petits par mois car MINPETITS = 3; MAXPETITS = 6; PROBAPROCREATION = 0.25;

Compilation effectuée le Feb 5 2023 à 21:35:47
Exécution lancée le Sun Feb 5 21:35:49 2023
Exécution achevée le Sun Feb 5 21:35:49 2023
Le programme a donc été exécuté en 0 secondes : 0 jours, 0 heures, 0 minutes et 0 secondes
```

Figure 2 : Exemple du retour dans le terminal lors de l'exécution du programme avec les mêmes paramètres que dans la figure 1 sauf que PROBAPROCREATION est divisé par 2.

IV. Conclusion

Il suffit de jouer un peu avec les paramètres pour se rendre compte que malgré leur faible résistance (maximum 60% de survivre lors d'une année de vie pour un lapin mature), ils réussissent quand même à plutôt souvent à se multiplier de façon exponentielle, et cela même avec seulement 7 bébés lapins au lancement de l'exécution ! On voit bien qu'en baissant le paramètre PROBAPROCREATION (c'est-à-dire que chaque mois, les femelles matures ont moins de chances d'avoir une portée. Le taux d'hormone aurait-il été diminué ?), le nombre de lapins vivants à la fin de l'exécution a drastiquement baissé. La stratégie des lapins consistant à fornicer un maximum sans se soucier du reste est donc bel et bien extrêmement efficace pour la survie de l'espèce.

J'ai cependant encore quelques doutes sur la cohérence de mon étude statistique effectuée par mon programme. En effet, les résultats exploités pour l'étude statistique ont tendance à être extrêmement dispersés et j'ai l'impression que cela fausse la cohérence et la crédibilité de mon intervalle de confiance. J'ai essayé de compenser ce problème en exécutant l'étude statistique uniquement sur les scénarios où l'espèce réussit à perdurer mais cela n'a pas l'air d'être suffisant...

Parallèlement à cela, pour continuer à améliorer le réalisme du modèle, il faudrait que le paramètre PROBAPROCREATION de chaque lapine prenne en compte son âge (la fertilité décroît avec l'âge) ainsi que la proportion de mâles par rapport à la proportion de femelles (peu de mâles ne réussiront pas à féconder toutes les femelles). Il faudrait également que les chances de survie mensuelles des différents types de lapins prennent en compte les problèmes de famine dus aux saisons ainsi qu'à la surpopulation etc...

Pour finir, je tiens à remercier mon enseignant M. David Hill pour son soutien, sa patience et sa bienveillance quant à ma gestion de ce projet.