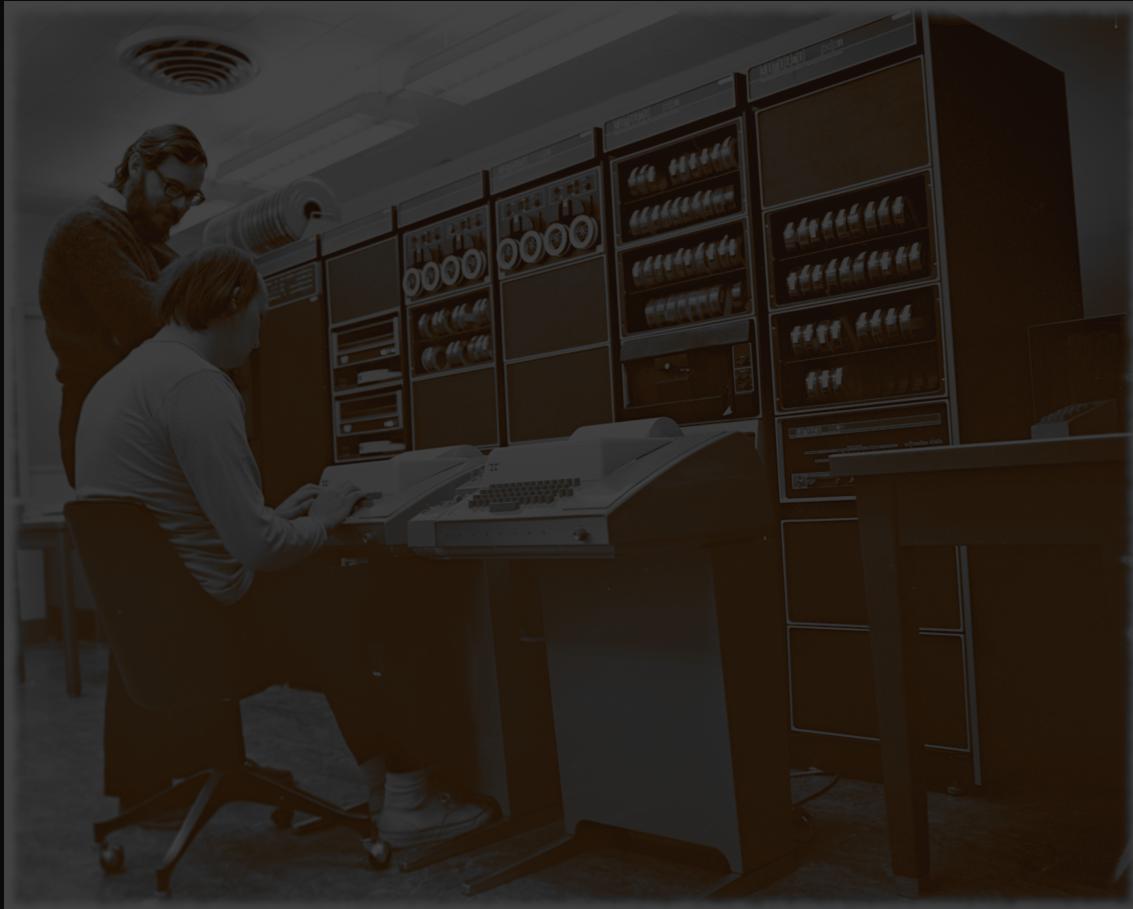


# Systèmes d'exploitation

Projet : Épidémie 2024

A. Lebret

2024-2025



**Objectif**

Mettre en oeuvre les connaissances vues en cours afin de simuler la propagation d'une contamination dans une ville. Nous utiliserons en particulier les différents mécanismes de communication interprocessus (signaux, tubes, files de messages, mémoire partagée, etc.), les *threads* ainsi que les sémaphores. Ce projet est à réaliser de préférence en quadrinômes.

**Pré-requis :** polycopié

**Durée estimée :** 3 séances et des (grosses) poussières

## 1 Présentation

Nous souhaitons réaliser une application qui simule la propagation d'une contamination d'origine virale dans une ville, ainsi que la lutte menée contre cette contamination par certains de ses citoyens.

## 2 Principales règles de la simulation

Les citoyens circulent dans une ville dont certains lieux sont contaminés. Ces citoyens peuvent être des médecins, des pompiers, des journalistes, ou des gens ordinaires. Les pompiers ont pour rôle la décontamination des lieux et des citoyens. Les médecins, quant à eux, sont chargés d'administrer les soins afin d'enrayer les maladies qui résultent de la contamination. Enfin, les journalistes sont chargés de transmettre des dépêches sur le niveau de contamination global et le nombre de morts à l'agence de presse du pays qui est située en dehors de la ville.

La ville est représentée par une grille constituée de 7x7 cases. Chaque case peut contenir un des éléments suivants : un hôpital, une caserne, une maison ou un terrain vague. Chaque case a une coordonnée spécifique, une capacité maximale qui correspond au nombre de citoyens qu'elle peut contenir, ainsi qu'un niveau de contamination donné.

La capacité maximale d'une case en nombre de citoyens est de 6 pour une maison, 8 pour une caserne, 12 pour un hôpital et 16 pour un terrain vague.

Le niveau de contamination d'un lieu est compris entre 0 (0%) et 1 (100%). Initialement, seuls les terrains vagues ont un niveau de contamination supérieur à zéro, et au début de la partie, seuls 10% de ceux-ci sont contaminés avec des niveaux de contamination compris entre 20% et 40%.

## 2.1 Règles concernant les citoyens

Les citoyens se déplacent aléatoirement de case en case sur la grille de la ville (un citoyen peut également rester sur une même case). Plus précisément, dans 60% des cas ils resteront sur la même case et dans 40% des cas, ils se mouvront au hasard sur l'une des 8 cases voisines. Le niveau de contamination d'un citoyen sera compris entre 0 (0%) et 1 (100%).

Un citoyen en se déplaçant voit son niveau de contamination augmenter seulement de 2% du niveau de contamination du lieu sur lequel il arrive et de 5% par tour s'il reste sur la même case. De plus, le niveau de contamination de la case sur laquelle le citoyen contaminé arrive augmente de 1% du niveau de contamination du citoyen. Toutefois, on peut noter qu'une caserne a un niveau de contamination toujours nul et qu'un hôpital ne répercute que 1/4 de l'augmentation grâce aux conditions d'hygiène élevées.

À chaque tour, un citoyen contaminé a un risque (probabilité) de devenir malade qui est égal à son niveau de contamination. À partir du 5e jour de maladie, il peut décéder des suites de sa maladie. La probabilité de décéder est de 5% par jour de maladie au-delà du 5e jour de maladie. Ce risque de décès est diminué de moitié si un médecin est dans le même lieu<sup>1</sup>. De plus, un malade ou son cadavre a 10% de chance de contaminer les autres citoyens d'un même lieu, et s'il se trouve sur un terrain vague, il a également 1% de chance de contaminer aussi les citoyens présents sur les terrains vagues voisins. À ce moment-là, les citoyens contaminés par le malade ou son cadavre voient leur niveau de contamination augmenter de 0,01.

### Cas particulier des pompiers

Les pompiers tiennent deux rôles. Le premier consiste à décontaminer les personnes et les lieux. Le second nécessite de brûler les morts afin de réduire les risques de propagation. Un pompier qui entre sur une case brûle automatiquement tous les corps des citoyens morts en 1 tour. Pour la décontamination, il peut diminuer jusqu'à 20% par tour la contamination de chaque citoyen présent sur le lieu ainsi que du lieu si nécessaire. Il commencera toujours par décontaminer les personnes avant le lieu sur lequel il est situé. Il ne peut utiliser qu'1/10 de la capacité du pulvérisateur par tour. Un pompier peut se voir contaminé et devenir lui aussi malade, mais grâce à sa tenue de protection, le niveau de contamination augmente 10 fois moins vite que ce qu'il reçoit d'un lieu. Dans 70% des cas, le virus propagé par un autre citoyen n'arrive pas à traverser sa tenue (ne le rendant donc pas malade).

---

<sup>1</sup>Excepté si le lieu est un hôpital – dans ce cas, le risque est divisé par 4.

### **Cas particulier des médecins**

En début de partie, un médecin qui se trouve hors de l'hôpital est muni de 5 pochettes de soins (10 pochettes s'il est dans l'hôpital). Un médecin entrant dans un hôpital reçoit 10 pochettes de soins qui permettent, pour chacune, de guérir un malade situé en dehors de l'hôpital. Un médecin ne peut soigner qu'un seul malade par jour. S'ils sont plusieurs sur une même case, il soignera toujours le plus malade (niveau de contamination le plus élevé). Un médecin malade ne peut soigner aucun autre citoyen tant qu'il est lui-même malade. Si toutefois il est souffrant depuis moins de 10 jours<sup>2</sup> et qu'il possède encore une pochette de soins, il peut alors l'utiliser sur lui-même pour guérir. Un médecin n'a pas besoin d'une pochette de soins pour soigner un malade lorsqu'il se trouve dans un hôpital. Un médecin présent dans un hôpital et qui en sort ne peut y retourner avant au moins deux jours.

### **Cas particulier des journalistes**

Les journalistes transmettent à chaque tour des dépêches plus ou moins prioritaires ainsi que des données spécifiques : le nombre de citoyens en bonne santé (priorité : 6) ; le nombres de malades (priorité : 7) ; le nombre de cadavres (priorité : 8), le nombre de corps brûlés (priorité : 9), ainsi que le niveau moyen de contamination de la ville (priorité : 5). Enfin, ils expédient aussi des dépêches qui renseignent sur leur taux de contamination personnel (priorité 1). Les journalistes obtiennent la totalité de ces informations des autorités de la ville (informations stockées judicieusement dans une des structures de la mémoire partagée à laquelle ont accès les journalistes).

## **2.2 Règles concernant les lieux**

### **Terrain vague**

Un terrain vague peut augmenter le niveau de contamination d'un autre terrain vague situé dans son voisinage (les 8 cases qui l'entourent), seulement si son niveau est supérieur aux voisins considérés. Dans ce cas, la probabilité d'avoir une augmentation du niveau de contamination est de 25% pour les cases à l'Est et au Sud-Est, de 20% au Nord-Est, de 15% au Nord et au Sud, et de 3% pour les autres<sup>3</sup>. Cette augmentation sera comprise entre 1% et 20% de

---

<sup>2</sup>Au-delà, il est considéré comme trop faible pour se soigner lui-même.

<sup>3</sup>C'est une façon très simple de tenir compte de la direction et de la force des vents, notamment des vents ouest et nord-ouest qui sont généralement dominants.

la différence de niveau de contamination entre les deux terrains. Notez que les maisons, hôpitaux et casernes<sup>4</sup> ne peuvent voir leur niveau de contamination augmenter à cause de terrains vagues voisins (et réciproquement), mais seulement à cause des citoyens présents.

## Hôpital

Seuls les citoyens malades, les médecins et les pompiers peuvent entrer dans un hôpital<sup>5</sup>. Un citoyen malade qui entre dans un hôpital est directement pris en charge. Son risque de mortalité est alors divisé par 4. De plus, son niveau de contamination baisse de 10% à chaque tour s'il était au départ supérieur à celui de l'hôpital, sans pouvoir toutefois devenir inférieur à celui de l'hôpital<sup>6</sup>. Le nombre de personnes guéries de leur maladie à chaque tour correspond au nombre de médecins qui ne sont pas malades dans l'hôpital. Les personnes les plus malades (en nombre de jours) sont soignées en premier. Après avoir été guérie, une personne (hors médecin) ne peut rester à l'hôpital plus de deux jours. Si une personne malade n'a pas pu entrer dans un hôpital faute de place, alors toute personne guérie devra sortir le tour suivant.

## Caserne

Aucun citoyen, excepté un pompier, ne peut entrer et rester dans une caserne que si au moins un pompier s'y trouve déjà. Un citoyen qui entre dans une caserne voit son niveau de contamination diminuer de 20% par tour. Un citoyen est donc totalement décontaminé en un maximum de 5 tours, mais cela n'a aucune incidence sur son statut de malade et seul un médecin, voire un hôpital, pourra le soigner. De plus, dès son entrée dans la caserne, il reçoit un appareil qui lui permet de mesurer le niveau de contamination des personnes et des lieux dans son voisinage immédiat, ainsi que celui de la case sur laquelle il est situé. Les pompiers sont automatiquement équipés de cet appareil dès le début de la partie. Dès son entrée dans une caserne, un pompier reçoit un pulvérisateur qui permet de décontaminer jusqu'à 1000 % du niveau de contamination. En début de partie, les pompiers présents hors de la caserne sont munis d'un pulvérisateur rempli à moitié.

---

<sup>4</sup>De toute façon, le niveau de contamination d'une caserne est obligatoirement de 0%.

<sup>5</sup>Bien entendu, il ne peut entrer que s'il reste des places.

<sup>6</sup>La règle d'augmentation du niveau de contamination du lieu à cause de ses occupants doit être appliquée même dans un hôpital.

## 3 Implémentation

### 3.1 Initialisation

La ville de dimension 7 par 7 comporte 1 hôpital en son centre, 2 casernes situées au nord-est et au sud-ouest de la ville, 12 maisons et donc 34 terrains vagues (voir figure 1). Au départ, la ville est composée de 4 médecins, 6 pompiers et 25 simples citoyens (tout citoyen se trouve obligatoirement sur une des cases de la ville). Au moins un des médecins est positionné initialement sur l'hôpital et chaque caserne comporte au moins un pompier. Concernant les journalistes, ils sont au nombre de 2 et utilisent le même canal de transmission pour informer l'agence de presse (une file de messages).

Le nombre de tours (nombre de jours) de la simulation est fixé à 100. Vous utiliserez un générateur aléatoire pour placer les maisons et les citoyens sur la ville.

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

**Figure 1:** Exemple de ville générée aléatoirement avec 1 hôpital au centre, 2 casernes au nord-est et au sud-ouest, 12 maisons et 34 terrains vagues.

### 3.2 Implémentation du simulateur

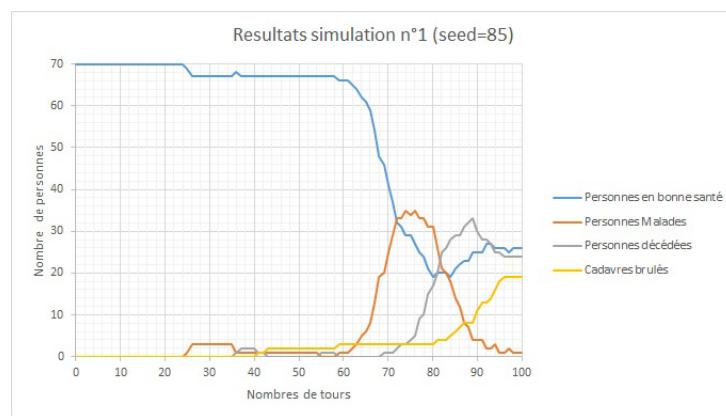
Le simulateur est constitué de quatre programmes indépendants, mais qui communiquent et partagent certaines ressources :

1. Le programme « `epidemic_sim` » gère la ville ainsi que les informations sur l'état de la population.

Au début du programme, le processus parent crée une mémoire partagée qui contient une ou des structures de données permettant de gérer entre autres la ville et l'état de

ses citoyens. Ce processus est aussi responsable d'éventuels échanges avec les deux processus suivants : « `citizen_manager` » et « `press_agency` », les échanges pouvant se faire, suivant les nécessités, à l'aide de tubes nommés, de signaux, ou des deux. À chaque tour (c'est-à-dire, dès qu'il reçoit un signal de la part du processus « `timer` »), le processus met à jour le fichier « `evolution.txt` » avec l'ensemble des informations concernant le nombre de citoyens en bonne santé, le nombre de malades, le nombre de citoyens décédés ainsi que le nombre de cadavres brûlés. Ce fichier sera utilisé par un processus enfant (ou une autre solution) afin d'afficher le résultat de l'évolution à l'aide du programme *Gnuplot*. Au bout de 100 tours, le processus transmet un signal de fin à tous les autres processus en cours.

2. Le programme « `citizen_manager` » gère l'ensemble des *threads* citoyens et journalistes qui évoluent dans la ville. Ce programme accède aussi à la mémoire partagée afin de récupérer les informations de contamination des cases et de stocker l'état des citoyens à chaque tour de la simulation.
3. Le programme « `press_agency` » joue le rôle de l'agence de presse qui reçoit les dépêches en provenance des deux journalistes qui circulent dans la ville puis les affichent en continu. La communication entre les journalistes et l'agence de presse est réalisée à l'aide d'un canal de transmission unique réalisé à l'aide d'une file de messages. Les dépêches concernant la santé des journalistes ne sont affichées que si leur taux de contamination dépasse 80%, quant aux autres, elles sont, avant affichage, minorées de 35% s'il s'agit du nombre de corps brûlés et de cadavres, de 10% dans le cas du nombre de citoyens contaminés et malades.
4. Le programme « `timer` » assure quant à lui périodiquement l'indication de fin de tour à « `contamination_sim` », la durée d'un tour (comprise entre 1 et 5 secondes) étant transmise au programme lors de son appel.



**Figure 2:** Exemple d'évolution de la contamination pour une population initiale de 70 citoyens.

### 3.3 Interface utilisateur

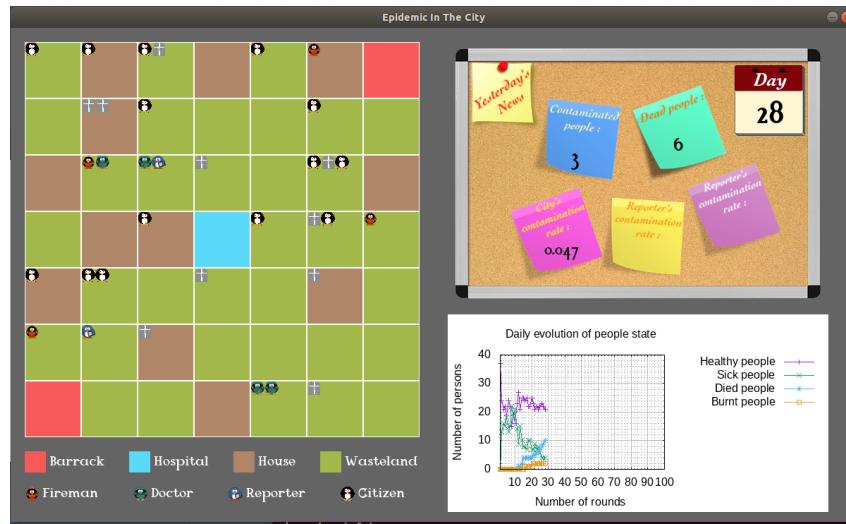
Il est possible de visualiser l'évolution des paramètres de la ville en réalisant une interface utilisateur textuelle ou graphique.

L'implémentation de l'interface textuelle peut se faire à l'aide de la bibliothèque *ncurses* disponible nativement sur les distributions Linux comme le montre la figure 3. À ce moment-là, il peut être nécessaire de prévoir un système de journalisation (fichiers de *logs*) afin de fournir plus de précision.



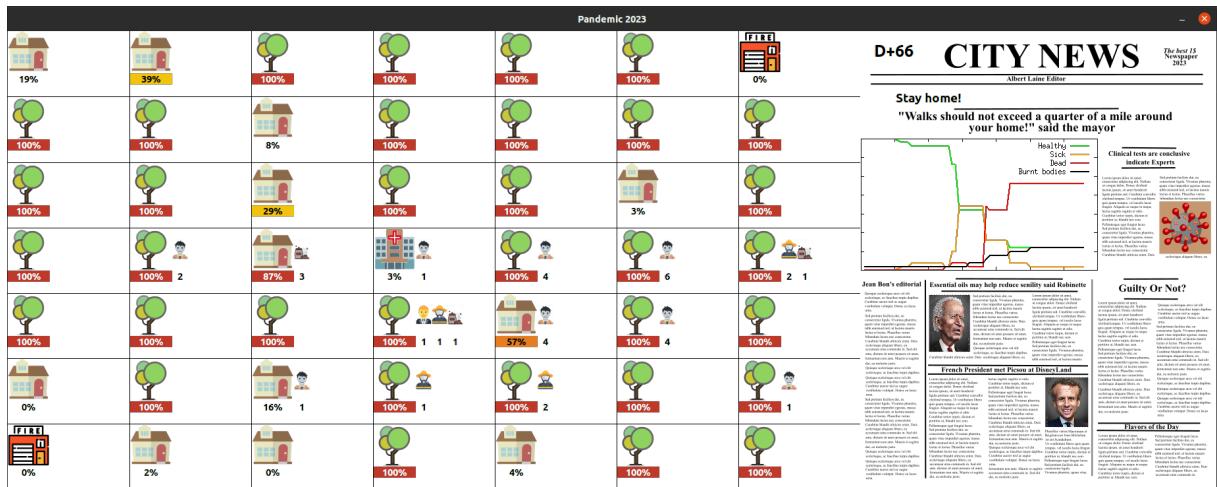
**Figure 3:** Exemple d'interface sous *ncurses* proposée en 2021 par T. Delahaye (2A INFO FISE).

L'implémentation de l'interface graphique, quant à elle, peut être réalisée en langage C à l'aide de différentes bibliothèques telles que SDL <https://www.libsdl.org> (voir figure 4), Gtk <https://www.gtk.org> (voir figure 5), CSFML <https://www.sfm-dev.org/download/csfml/>, etc.



**Figure 4:** Exemple d'interface sous SDL v2.0 proposée en 2021 par M. Castel, L. Marquis et J. Zaïdi (2A INFO FISE).

Si vous le souhaitez, des ébauches d'interfaces Gtk et sous licence GNU v. 3.0 vous sont proposées sur le *Gitlab* de l'école. Basées sur le travail réalisé en 2020 par L. Alouache *et al.*, elles fournissent les interfaces de visualisation de la ville et de l'agence de presse (voir figure 5).



**Figure 5:** Interface Gtk basée sur celle proposée en 2020 par L. Alouache, M. Morin, A. Heslouin, A. Fave and E. Le Mazier (2A INFO FISA).

## 4 Livrable

Le projet sera développé en créant un dépôt privé sur le serveur GitLab de l'ENSICAEN<sup>7</sup> auquel vous inscrirez l'ensemble des encadrants de ce cours – Attention aux permissions que vous nous accorderez (le niveau « Invité » qui est défini par défaut ne nous permettra pas de télécharger votre projet).

L'arborescence du projet comportera au minimum :

- un rapport au format PDF de cinq pages maximum placé dans le dossier « doc », et dans lequel vous détaillerez vos choix de conception, les difficultés rencontrées et comment elles ont été résolues – vous indiquerez notamment les aides extérieures dont vous avez bénéficiées (sites, personnes, etc.), ainsi que les informations ou les codes sources que vous avez intégrés au vôtre ;
- un fichier « README.md » présent à la racine, et décrivant succinctement le projet ainsi que les commandes à effectuer pour installer et exécuter le programme ;
- le fichier « Makefile » permettant de construire automatiquement les programmes ;
- les dossiers « include » et « src » comportant les différents fichiers sources « .c » et « .h ».

L'originalité de votre travail sera analysée par rapport aux autres projets rendus. La qualité structurelle et la lisibilité du code (emploi de macros, de structures, modularité du code, etc.<sup>8</sup>), ainsi que les fonctionnalités de votre simulateur multiprocessus permettront de classer et de noter votre rendu.

## 5 Calendrier

Le projet sera récupéré directement sur votre dépôt :

- le premier dimanche qui succède aux vacances de Noël pour les FISE.
- le dernier dimanche de votre période à l'école pour les FISA.

Vous n'avez donc aucune action particulière à effectuer pour le rendre, mais vous devez vous assurer que les fichiers requis sont bien présents sur la branche *master*. Les groupes dont le projet ne pourra pas être récupéré correctement seront sanctionnés.

---

<sup>7</sup>Serveur accessible à l'adresse <https://gitlab.ecole.ensicaen.fr>.

<sup>8</sup>Voir en particulier les règles de codage GNU : <https://www.gnu.org/prep/standards/standards.pdf>.