



Systemes d'exploitation

TP/Micro-Projet : *A License to Kill*

A. Lebreton

2023-2024

Objectif

Mettre en oeuvre l'ensemble des connaissances vues en cours et dans les exercices de travaux pratiques précédents, afin de créer une application multiprocessus autour du monde de l'espionnage. Vous utiliserez plus particulièrement les différents mécanismes de communication interprocessus (signaux, tubes, files de messages et mémoire partagée), les **threads**, ainsi que les techniques de synchronisation par sémaphore et/ou mutex, et éventuellement les verrous de fichiers.

Ce travail un peu plus long sera de préférence réalisé en quadrinômes afin qu'il y ait une vraie démarche de gestion de projet.

Pré-requis : polycopié

Durée estimée : 3 séances et des (grosses) poussières

1 Présentation

Un réseau d'espionnage étranger opère dans une ville. Ce réseau est composé d'**agents sources** (**spies**) chargés de récupérer des informations dans des entreprises "sensibles" installées en ville, ainsi que d'un **officier traitant** (**case officer**) chargé de collecter les informations de ses agents sources, puis de les transmettre à ses supérieurs.

Nous souhaitons réaliser une simulation composée de processus distincts qui mettent en oeuvre la récupération d'informations par ce réseau d'espionnage, ainsi que la lutte menée contre celui-ci par un **officier du contre-espionnage** (**counter intelligence officer**) stationné dans la ville.

Le nombre de tours de la simulation est fixé à 2016, soit deux semaines (un tour équivaut à 10 minutes fictives, ces dix minutes fictives seront réalisées avec une durée effective comprise entre 0,1 et 1 seconde en fonction de la vitesse d'animation souhaitée). Nous considérerons que le premier jour de la simulation débute un lundi à 0 h.

2 Principales règles de la simulation

Différents personnages circulent dans la ville dont certains lieux abritent des entreprises dites "sensibles". Ces personnages peuvent être des membres du réseau d'espionnage (officier traitant et 3 agents sources dont 1 dispose d'un permis de tuer), l'officier de contre-espionnage, ou encore des citoyens quelconques au nombre de 127 et n'ayant aucun lien de près ou de loin avec le monde de l'espionnage.

La ville est représentée par une grille constituée de 7x7 cases. Les cases contiennent un des bâtiments suivants : l'Hôtel de Ville, une des 8 entreprises "sensibles", un des 2 supermarchés, ou encore un des 11 immeubles d'habitation. Enfin, certaines cases ne comportent aucun bâtiment. Dans le cadre de cette simulation, la configuration de la ville est figée au départ (voir Fig. 1).

De plus, la ville dispose d'un réseau maillé de surveillance. Ainsi, chaque case dispose de matériels de détection (caméras, etc.). Ce réseau permet de détecter automatiquement tout mouvement inhabituel, par exemple en ciblant des personnages qui resteraient trop longtemps¹ aux abords des entreprises "sensibles", ou encore des déplacements nocturnes. Le poste de contrôle de ce réseau est placé dans l'Hôtel de Ville, et l'officier de contre-espionnage y a été installé en accord avec les autorités de la ville.

Chaque case a une coordonnée spécifique ainsi qu'une capacité maximale qui correspond au nombre de personnages qu'elle peut contenir². La capacité maximale d'une case en nombre de citoyens est de 15 pour un immeuble d'habitation, de 20 pour l'Hôtel de Ville, de 30 pour un magasin d'alimentation et de 50 pour les entreprises sensibles. Les cases sans bâtiment n'ont pas de limitation en nombre de personnages.


















































| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |

Figure 1: Configuration de la ville avec l'Hôtel de Ville au centre, 8 entreprises, 2 supermarchés et 11 immeubles d'habitation.

¹Une durée supérieure à 1 h, soit au moins 6 tours dans le voisinage immédiat d'une entreprise sensible.

²Un personnage se déplaçant de plusieurs cases en 1 tour n'influera pas sur le nombre de personnages présents dans les cases sur lesquelles il n'est qu'en transit.

2.1 Règles concernant les personnages

Exception faite de l'officier du contre-espionnage qui réside à l'Hôtel de Ville afin d'avoir accès à la salle de contrôle du réseau de surveillance, les autres personnages disposent tous d'un domicile dans un des immeubles de la ville. L'affectation d'un domicile à chaque personnage se fait aléatoirement à l'initialisation de la simulation, en respectant toutefois une répartition équilibrée entre chaque immeuble. Pour ce qui est des membres du réseau d'espionnage, ils ne devront toutefois pas se trouver à une distance³ de plus de 4 cases de la boîte aux lettres. Enfin, un des appartements inoccupés sera utilisé pour y dissimuler la boîte aux lettres. Lors de la répartition, on prendra garde à ce qu'aucun des membres du réseau ne se trouve dans le même immeuble que celui de la boîte.

À chaque tour, les personnages vont pouvoir se déplacer d'une case à une de ses 8 voisines ou encore rester sur la même case un certain temps.

Points de vie

Au début de la simulation, tous les personnages disposent de 10 points de vie, y compris les citoyens quelconques.

La perte de points de vie sera associée à des blessures occasionnées par la réception des signaux "SIGUSR1" (blessure minime faisant perdre 1 point de vie) ou "SIGUSR2" (blessure plus sérieuse faisant perdre 2 points de vie). Une description plus complète des blessures liées à de possibles combats se trouve plus bas.

À la perte de plus ou moins de points de vie correspond une dégradation de l'état de santé du personnage. La dégradation de l'état de santé d'un personnage impactera sa capacité de déplacement après la blessure et ce jusqu'à ce qu'il puisse rejoindre son domicile pour se reposer le nombre de tours de repos nécessaires pour récupérer 1 point de vie. Le tableau suivant regroupe les états des personnages, ainsi que leur capacité à se mouvoir et la durée nécessaire de leur repos en fonction de leurs points de vie.

| Points de vie | État | Tours/case | Tours de repos |
|---------------|-----------|------------|----------------|
| 10 | "healthy" | 1 tour | 0 |
| 9 | "" | 1 tour | 6 |
| 8 | "" | 1 tour | 12 |

³On considérera la distance de Manhattan.

| Points de vie | État | Tours/case | Tours de repos |
|---------------|--------|------------|----------------|
| 7 | "" | 2 tours | 18 |
| 6 | "" | 4 tours | 24 |
| 5 | "" | 8 tours | 36 |
| 4 | "" | 9 tours | 48 |
| 3 | "" | 10 tours | 92 |
| 2 | "" | 11 tours | 128 |
| 1 | "" | 20 tours | 196 |
| 0 | "dead" | – | – |

Règles pour les citoyens quelconques

Les 127 citoyens quelconques vont ajouter un peu de piment à notre simulation et vont rendre plus compliqué le travail de l'officier de contre-espionnage.

Chaque jour y compris le week-end, les citoyens se déplacent de case en case pour aller de leur domicile jusqu'à leur lieu de travail : 10 citoyens sont affectés à l'Hôtel de Ville, 3 citoyens sont affectés dans chaque supermarché et les 111 restants sont répartis aléatoirement dans les différentes entreprises sensibles, mais en s'arrangeant de manière à ce qu'aucune entreprise n'ait moins de 5 employés.

Pour simplifier, on supposera que tous les citoyens partent de leur domicile à 8 h, se rendent sur leur lieu de travail, et y restent jusqu'à 17 h (salariés en entreprise ou employés de l'Hôtel de ville) et 19 h 30 (salariés des supermarchés). Sur le chemin du retour et de manière aléatoire, ils pourront s'arrêter dans un des deux supermarchés afin d'y faire des courses (la probabilité de faire ses courses chaque jour est de 25 %). Les salariés des supermarchés quant à eux, font leurs emplettes sur place entre 19 h et 19 h 30, ce qui permet de ne pas en tenir compte pour l'implémentation. Une fois chez eux, ils y restent jusqu'au lendemain.

Règles pour les agents sources

Les agents sources sont de deux types : ceux qui se contentent de la collecte des informations, et ceux qui, en plus, possèdent un permis de tuer leur permettant de riposter à une attaque.

Un agent source chargé de la collecte d'informations pourra entrer dans une entreprise "sensible" afin d'y voler quelques secrets. Le "vol" d'une information nécessite 18 tours : les 12 premiers

correspondant à une phase de repérage et les 6 derniers au vol de l'information proprement dite. Bien évidemment, les vols devront se faire entre 17 h et 8 h du matin avec une probabilité de 2 % entre 17 h et 20 h, 10 % entre 20 h et minuit, 76 % entre minuit et 3 h du matin, 10 % entre 3 h et 5 h et 2 % entre 5 h et 8 h⁴. Au bout des 12 tours de repérage, l'agent aura 85 % de chance de pouvoir envisager le vol au tour suivant, et dans le cas contraire il ira déposer un message "trompeur" dans la boîte aux lettres du réseau, puis il reviendra le lendemain tenter le coup. Si le vol est envisageable, il aura alors 90 % de chance de réussir à voler une des informations de l'entreprise. L'information volée aura une importance plus ou moins grande : "**crucial**", "**strong**", "**medium**", "**low**" et "**very low**" avec une probabilité de survenir qui sera respectivement de 1 %, 5 %, 14 %, 30 % et 50 %. À l'importance de l'information, l'agent associera une priorité de 10 ("crucial"), 9 ("strong"), 6 ("medium"), 3 ("low") ou 2 ("very low"), priorité qui sera ensuite utilisée lors de la transmission des messages par l'officier traitant.

Une fois la tentative de vol d'information réalisée, qu'elle soit réussie ou non, l'agent quitte l'entreprise au dix-neuvième tour, puis va déposer dans la boîte aux lettres du réseau une version chiffrée du message contenant l'information en lui associant son niveau d'importance. Ce dépôt doit se faire entre 17 h et 8 h du matin, et si ce n'est pas possible, le dépôt sera fait la nuit suivante. Si un autre agent est déjà sur place afin d'y déposer un message, l'agent doit patienter au voisinage de l'immeuble pendant 1 h avant d'y pénétrer. Une fois le dépôt terminé, l'agent retourne à son appartement.

Un même agent ne peut voler une entreprise sensible qu'une seule fois afin d'éviter de se faire repérer. Par contre, un autre agent pourra à nouveau réaliser un vol dans la même entreprise si au moins 3 jours se sont écoulés.

Lorsqu'il ne vole pas d'informations, un agent peut chaque heure en journée décider de rester chez lui pour se reposer (30 %), parcourir la ville afin de localiser une entreprise à voler (60 %), ou encore aller faire des courses afin de se sustenter (10 %).

Un agent source peut subir des blessures s'il est attaqué par l'officier du contre-espionnage. Ces blessures peuvent être occasionnées par des projectiles que l'on associera à la réception des signaux SIGUSR1 (projectile occasionnant une blessure minime faisant perdre 1 point de vie) ou SIGUSR2 (projectile occasionnant une blessure plus sérieuse faisant perdre 2 points de vie). Dans le cas d'un agent source avec permis de tuer, ce dernier pourra alors lorsqu'il est atteint par un projectile, riposter sur celui qui l'a attaqué en envoyant lui-même un projectile SIGUSR1 (faisant perdre 1 point de vie à l'officier du contre-espionnage).

Concernant le déplacement des agents sources, lorsque un agent arrive sur une des cases voisines à une entreprise sensible qu'il a ciblée lors de ses promenades en journée, il va, avant de pénétrer dans l'entreprise pour y dérober des informations, réaliser son repérage de 12 tours

⁴Du fait des 12 tours de repérage (2 h), l'effraction ne peut pas débuter avant 19 h environ.

en se mouvant de manière aléatoire, mais uniquement sur les cases voisines à l'entreprise. Enfin, en cas d'altercation avec l'officier du contre-espionnage dans l'appartement où est localisée la boîte aux lettres, les agents vont tenter de fuir vers leur "planque" en se déplaçant d'une case tous les 2 tours s'ils sont blessés de façon minime, ou tous les 3 tours dans le cas d'une blessure plus sérieuse. Pour ceux qui ont un permis de tuer, une riposte doit être faite avant de fuir. Dans le cas de figure où un agent a réussi à s'enfuir (blessé ou non), le réseau est automatiquement dissout, l'officier de contre-espionnage a perdu et la simulation est stoppée.

Cas particulier de l'officier traitant du réseau d'espionnage

L'officier traitant passe sa journée chez lui hormis pour 3 sorties qu'il effectue à des moments aléatoires de la journée : deux sorties pour relever les messages (entre 8 h et 17 h) et une sortie dans un des supermarchés pour y faire ses courses (entre 17 h et 19 h).

L'envoi des messages à ses supérieurs se fait aléatoirement le soir entre 22 h et minuit⁵.

En cas d'altercation avec l'officier du contre-espionnage, l'officier traitant va tenter de fuir vers sa "planque" en se déplaçant d'une case tous les 2 tours s'il est blessé de façon minime, ou tous les 3 tours dans le cas d'une blessure plus sérieuse. Au cas où l'officier réussit à s'enfuir (blessé ou non), le réseau est automatiquement dissout, l'officier de contre-espionnage a perdu et la simulation est stoppée.

Cas particulier de l'officier du contre-espionnage

L'officier du contre-espionnage réside à l'Hôtel de Ville en accord avec les autorités de la ville. Il reste à proximité de la salle de contrôle du réseau de surveillance afin d'être prévenu automatiquement de toute anomalie dans la ville, que ce soit de jour ou de nuit. L'officier est totalement secondé par l'équipe municipale et ne perd donc aucun temps aux contraintes de la vie courante telles que la nécessité de faire ses courses.

Lors d'une détection suspecte au voisinage d'une entreprise, l'officier de contre-espionnage se rend aussi vite que possible au voisinage du lieu incriminé. Lors d'un déplacement entre l'Hôtel de Ville et le lieu où la détection a été faite, l'officier est capable de se déplacer de 3 cases par tour. Arrivé au voisinage de l'entreprise, il se cache en attente d'une éventuelle effraction, puis si celle-ci a lieu, il attend la sortie du personnage suspect. Dès la sortie du personnage suspect, il le suit jusqu'à sa destination. Si le personnage ressort de l'immeuble quelques tours après y être entré, l'officier du contre-espionnage pénètre à son tour dans l'habitation et fouille cette dernière afin d'y trouver la boîte aux lettres du réseau. La fouille dure 1 tour au maximum. Étant

⁵Les messages sont envoyés en fonction de leur importance : les plus prioritaires d'abord, les autres ensuite.

très expérimenté, il a 70 % de chances de trouver la boîte aux lettres lors de sa première visite, auquel cas il relève les messages. Si sa recherche est infructueuse la première fois, il revient les jours suivants en journée et à des heures aléatoires, sa probabilité augmentant de 10 % à chaque nouvelle visite. Une fois que la boîte aux lettres est clairement localisée, l'officier pourra passer chaque jour et aléatoirement entre 8 h et 17 h, de manière à faire une copie des messages qui s'y trouvent.

L'officier du contre-espionnage cherche au maximum à éviter toute altercation avec le réseau étranger. Dans le cas où un autre agent, voire l'officier traitant du réseau étranger pénétrerait dans l'appartement où la boîte aux lettres se trouve, et ce au moment où l'officier du contre-espionnage effectue sa fouille ou son relevé, un combat peut avoir lieu (10 %). Toutefois, la fuite sans être démasqué doit être privilégiée (90 %). En cas d'obligation de combattre, l'officier du contre-espionnage a 90 % de chance de tirer le premier sur son adversaire⁶. Dès la première blessure, l'officier doit chercher à fuir (déplacement d'une case par tour). Dans ce cas-là, le réseau risque d'être dissout et l'officier de contre-espionnage aura perdu et la simulation sera stoppée.

2.2 Règles concernant les lieux

Boîte aux lettres du réseau

La boîte aux lettres utilisée par le réseau d'espionnage se trouve dans un des appartements inoccupés de la ville et elle est connue de tous les membres du réseau. Afin de renforcer la sécurité, l'officier traitant y relève deux fois par jour les messages à des horaires aléatoires compris entre 8 h et 17 h. Quant aux agents, ils viennent y déposer leurs messages entre 17 h et 8 h, et ils prennent soin de placer un tissu à la fenêtre lors du dépôt de manière à éviter que deux agents se trouvent en même temps dans l'appartement dans lequel est située la boîte aux lettres..

Terrain sans bâtiment

Ce type de terrain n'est pas limité en termes de nombre de personnages. Tous les personnages y ont accès.

Immeuble d'habitation

Les immeubles d'habitation sont tous de 5 étages et sont composés de 3 appartements par étage. Les citoyens quelconques, les agents sources ou encore l'officier traitant disposent chacun

⁶L'adversaire peut riposter s'il a un permis de tuer, ou s'enfuir sinon.

d'un appartement distinct. De la même façon, un des appartements inoccupés sert de boîte aux lettres pour le réseau. Le taux d'occupation des immeubles sera le plus équilibré possible.

Hormis dans le cas d'une effraction permettant de pénétrer dans un des appartements (celui de la boîte aux lettres en l'occurrence), seuls les occupants de l'immeuble ont accès à celui-ci.

Entreprise "sensible"

Les entreprises "sensibles" au nombre de 8 sont accessibles à leurs salariés de 8 h à 17 h. Elles sont fermées entre 17 h et 8 h le matin. En fonction du nombre d'employés de l'entreprise, celle-ci peut-être considérée comme "**very small**" (5 à 10 employés), "**small**" (10 à 20 employés), "**medium**" (20 à 30 employés) et "**big**" (au-dessus de 30 employés). Votre répartition des citoyens qui y travaillent sera la plus équilibrée possible afin que le maximum d'entreprises de types différents coexistent.

Pour une entreprise donnée, on définit dans le tableau ci-dessous le nombre d'informations dont l'entreprise dispose, ce pour une importance donnée ("crucial", "strong", "medium", "low" ou "very low"). Par exemple, seule une grosse entreprise dispose de 2 informations cruciales, les autres n'en ayant aucune.

| Importance | Employés | Nombre d'informations |
|------------|----------|-----------------------|
| "crucial" | > 30 | 2 |
| "crucial" | <= 30 | 0 |
| "strong" | > 30 | 5 |
| "strong" | <= 30 | 1 |
| "medium" | > 20 | 12 |
| "medium" | <= 20 | 7 |
| "low" | > 10 | 20 |
| "low" | <= 10 | 11 |
| "very low" | > 10 | 30 |
| "very low" | <=10 | 17 |

Hormis dans le cas d'une effraction permettant à un agent source de pénétrer dans une entreprise, seuls les employés de l'entreprise ont accès à celle-ci.

Supermarché

Les supermarchés, au nombre de 2, sont accessibles à leurs clients de 8 h à 19 h 30. Ils sont fermés entre 19 h 30 et 8 h le matin. Tous les personnages y ont accès.

Hôtel de Ville

L'Hôtel de Ville est accessible de 8 h à 17 h. Tous les personnages ont accès aux salles publiques (la salle de contrôle étant isolée dans le bâtiment et réservée à l'officier du contre-espionnage).

Réseau maillé de surveillance

Le réseau maillé de surveillance couvre l'ensemble des cases de la ville. Il dispose pour chaque case de caméras classiques et infrarouges, ainsi que de lidars pilotés par une IA. Par apprentissage, l'IA est capable d'associer à tout personnage de la ville ses trajets journaliers et d'indiquer les mouvements suspects autour des entreprises, de jour comme de nuit. Elle informe alors le poste de contrôle de ces mouvements suspects autour des entreprises⁷.

3 Implémentation

3.1 Implémentation du simulateur

Le simulateur est constitué d'au moins 7 programmes distincts, mais qui communiquent et partagent certaines ressources :

1. Le programme "spy_simulation" gère la ville ainsi que les informations sur l'état des personnages qui y circulent.

Au début du programme, le processus crée une mémoire partagée qui contient une ou plusieurs structures de données permettant de gérer entre autres la ville, son réseau maillé de surveillance, ainsi que l'état de ses personnages. Ce processus est aussi responsable d'éventuels échanges complémentaires (hormis via la mémoire partagée) avec les autres processus, les échanges pouvant se faire, suivant les nécessités, à l'aide de tubes nommés, de signaux, etc..

⁷Ne prenez pas le terme "IA" au pied de la lettre. L'objectif ici n'est pas de créer une IA en C. Des structures de données judicieuses ainsi qu'une mémoire partagée intelligemment conçue sauront remplacer cette IA.

2. Le programme "citizen_manager" gère l'ensemble des **threads** associés aux citoyens quelconques qui évoluent dans la ville. Ce programme accède aussi à tout ou partie de la mémoire partagée.
3. Le programme "enemy_spy_network" gère le réseau d'espionnage formé des **threads** associés aux agents sources et à l'officier traitant qui évoluent dans la ville. Ce programme accède aussi à tout ou partie de la mémoire partagée.
4. Le programme "counterintelligence_officer" gère le fonctionnement de l'officier du contre-espionnage. Ce programme accède aussi à tout ou partie de la mémoire partagée.
5. Le programme "enemy_country" reçoit les messages chiffrés en provenance du réseau d'espionnage, puis les affichent en continu sur un téléscripateur (exception faite des messages "trompeurs" qu'il aura aussi reçu). La communication entre le réseau d'espions (programme "enemy_spy_network") et "enemy_country" est réalisée à l'aide d'un canal de transmission unique implémenté avec une file de messages.
6. Le programme "timer" assure périodiquement, quant à lui, l'indication de fin de tour à "spy_simulation", la durée réelle d'un tour étant transmise au programme lors de son lancement. À l'exception d'une dissolution du réseau d'espionnage avant la fin de la simulation, le processus transmet au bout de 2016 tours un signal de fin à tous les autres processus en cours. Ce programme peut aussi accéder à tout ou partie de la mémoire partagée.
7. Le programme "monitor" qui réalise l'interface textuelle (ou graphique) de suivi de la simulation.

3.2 Interface utilisateur

Il est possible de visualiser l'évolution des paramètres de la simulation en réalisant une interface utilisateur textuelle ou éventuellement graphique (si vous en avez le courage).

L'implémentation de l'interface textuelle peut se faire à l'aide de la bibliothèque **ncurses** (voir Figure 2). Cette bibliothèque est disponible nativement sur les distributions Linux. Un tutoriel très complet sur **ncurses** est disponible sur <https://nasciiboy.github.io/book4all/pg2ncurses/pg2ncurses.html>. Nous vous proposons d'ailleurs dans les ressources un point de départ pour cette interface textuelle, ainsi que quelques pistes pour démarrer le développement.

L'implémentation de l'interface graphique, quant à elle, peut être réalisée en langage C à l'aide de différentes bibliothèques (Gtk, CSFML <https://www.sfml-dev.org/download/csFML/>, etc.).

4 Livrable

Le projet sera développé en créant un dépôt privé sur le serveur GitLab de l'ENSICAEN⁸ 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.⁹), 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 dernier samedi de l'année à 20 h 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.

⁸ Serveur accessible à l'adresse <https://gitlab.ecole.ensicaen.fr>.

⁹ Voir en particulier les règles de codage GNU : <https://www.gnu.org/prep/standards/standards.pdf>.



Figure 2: Vue d'une interface sous *ncurses*.