TME2 : Langage C: étude de cas sur les tables de hachage

1. Objectif
2. Description des sources et principe des tables de hachage
3. Etape 1 : Questions sur le code fourni
 1. Le Makefile
 2. Le programme main
 3. Les fonctions de bases de la tables de hachage
 4. Le service *dictionnaire*
 5. Les autres services possibles
 6. L'utilisation du dictionnaire pour compter des occurrences de mots
4. Etape 2 : Evolution du programme
5. Compte-Rendu

Objectif

Pour développer une application en C, vous devez savoir:

- Ecrire un programme C en respectant des conventions d'écriture.
- Compiler en plusieurs fichiers objet et construire une librairie.
- Ecrire un Makefile.
- Debugger en utilisant gdb ou xgdb.
- Faire des mesures de performances avec gprof.
- Ecrire un man sur l'outil.

L'objectif de ce TME est triple :

1. Il doit d'une part vous permettre de compléter l'auto-évaluation de vos connaissances des outils de développement C que vous avez commencée dans le précédent TME, en vous posant des questions auxquelles vous devriez savoir répondre. Si ce n'est pas le cas, vous **devez** trouver les réponses dans les documentations (man, web), ou auprès de vos camarades.
2. Il introduit de nouveaux outils permettant l'indentation automatique d'un programme source (outil *indent*), la construction d'une bibliothèque C (outil *ar*), ou l'écriture d'une documentation (outil *man*).
3. Il présente une structure de données, la table de hachage, très utile quelque soit le type de programme.

Il vous offre également un modèle de programme, avec Makefile et man pour vos futurs développements.

Vous devez commencer par récupérer l'archive attachment:tme2.tar.gz ou créer un répertoire *tme2* et y copier tous les fichiers se trouvant dans :

```
/users/enseig/encadr/cao/tme2
```

Ce répertoire contient un programme utilisant une table de hachage. Le travail demandé comporte deux phases. Dans un premier temps vous devez analyser le code fourni, et **rédigier** des réponses aux questions portant sur ce code. Dans un deuxième temps, vous devrez modifier ce programme, pour introduire de nouvelles fonctionnalités.

Le programme fourni compte le nombre de mots d'un fichier texte et indique le nombre total de mots dans le fichier, ainsi que le nombre de mots différents, et le nombre d'occurrences de chaque mot.

Description des sources et principe des tables de hachage

- `Makefile` description du processus de construction de l'exécutable.
- `main.c`, `main.h` programme principal source et déclarations.
- `count.c`, `count.h` algorithme de parcours d'un fichier texte en vue de comptage.
- `hte.c`, `hte.h` fonction de création des tables de hachage et déclaration de toutes fonctions de gestion.
- `dico.c`, `dejavu.c`, `namealloc.c` .. fonctions de gestion des tables pour trois types d'usage
- `man1/tool.1` fichier au format man

Une table de hachage est une structure de données permettant de stocker des ensembles contenant un nombre quelconque d'éléments, où chaque élément est un couple de la forme (clé, data). Le plus souvent la clé est une chaîne de caractères. La donnée peut être un nombre ou une structure de données plus ou moins complexe, parfois la donnée est absente. Le principal objectif d'une table de hachage est d'accélérer la recherche d'un élément par sa clé.

Pour représenter un ensemble de couple (clé, data) la méthode la plus simple consiste à les stocker dans une liste chaînée. La recherche d'un élément se fait alors par un parcours de la liste, donc de l'ensemble des éléments, ce n'est pas très efficace si le nombre d'éléments est grand.

Pour accélérer la recherche, on crée un tableau de listes chaînées. Le nombre de cases de ce tableau doit être de l'ordre de grandeur du nombre maximal d'éléments que l'on souhaite gérer. Si on veut gérer 1000 éléments, il faut un tableau d'environ 1000 cases. On définit ensuite une fonction, que l'on nomme **fonction de hachage**, qui calcule l'index d'une case à partir de la clé d'un élément. Un élément doit être rangé dans la liste chaînée associée à la case du tableau définie par l'index calculé par la fonction de hachage.

Pour que cette méthode soit efficace, il faut que les éléments se répartissent aussi uniformément que possible dans les différentes cases de la table. Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'index, nous vous donnons celle proposé par Donald Knuth. Dans la pratique, il n'est pas possible d'éviter les collisions, et deux éléments ayant des clés différentes peuvent avoir le même index de hachage.

En résumé, pour ranger 1000 éléments, on fabrique un tableau de 1000 listes chaînées avec l'espoir que la plupart des listes ne contiendront qu'un seul élément et qu'il n'y aura qu'un tout petit nombre de listes contenant plus d'un élément.

La propriété principale d'une table de hachage est que, si la taille de la table est du même ordre de grandeur que le nombre d'éléments, alors le temps de recherche est en $O(1)$, c'est à dire indépendant du nombre d'éléments, même pour un million d'éléments. Les deux principales actions sont l'ajout d'un élément (add) et la recherche d'un élément (get).

- La fonction `get()` prend en paramètre la clé de l'élément recherché. Si l'élément existe, elle rend la donnée associée.
- La fonction `add()` prend en paramètre le couple (clé, data). Si l'élément existe, elle change sa donnée, sinon elle crée l'élément.

Etape 1 : Questions sur le code fourni

Le Makefile

Les premières questions portent sur le fichier attachment:"Makefile"

1. Complétez la liste des dépendances pour les cibles : `main.o ... namealloc.o`.
2. Réécrivez les commandes en utilisant les variables automatiques : `$(@) $(<) $(^)`
 - ◆ `$(@)` : désigne le fichier cible d'une règle.
 - ◆ `$(<)` : désigne le premier fichier de la liste des fichiers source d'une règle.
 - ◆ `$(^)` : désigne la liste des fichiers source d'une règle.
3. Donnez une raison à la définition des commandes et paramètres au début du Makefile
4. A quoi servent les options `-p`, `-g`, `-wall`, `-werror`, `-ansi` ? (man `gcc`)
5. Comment demander l'optimisation maximale du compilateur ? (man `gcc`)
6. L'option `-p` est présente dans `LDFLAGS` et `CFLAGS`, pourquoi n'est-ce pas le cas de `-g` ? (man `gcc`)
7. Que fait la règle `indent` ? quelle est la signification des flags utilisés par le programme `indent` ? (man `indent`)

Le programme main

Les questions suivantes portent sur le programme principal attachment:main.c

- A quoi sert chaque `include` ?
- Pourquoi a-t-on un fichier `main.h` ?
- Expliquez le fonctionnement de la fonction `getopt` (man 3 `getopt`)

Ajoutez l'option `-h` qui affiche l'usage du programme et un petit texte de description du comportement (très court, c'est juste pour l'exercice).

Vous ajouterez plus tard l'option `-s` qui demande les statistiques d'usage de la tables de hachage.

- A quoi sert l'appel de `return` à la fin de la fonction `main()` ?
- Pourquoi y-a-t-il `exit()` à la fin de la fonction `usage()` ?
- Qu'est ce qu'un appel système, en voyez-vous dans ce fichier, si oui lesquels,

citez en d'autres.

- Quelle précaution doit on prendre lors de leur utilisation ?
- Ou sont définies les fonctions standards ?
- Qu'est-ce qu'un filtre unix ?
- Que faut-il faire pour transformer ce programme en filtre ?

et sur le fichier de prototype associé attachment:main.h

- A quoi servent les lignes les 2 premières lignes et la dernière ?
- Pourquoi inclure `stdio.h` ici ?

Les fonctions de bases de la tables de hachage

Questions sur les déclaration du fichier attachment:h.h

- Les types `h.h_item_t` et `h.h_data_t` sont des structures dont le contenu n'est pas défini ici.

Leur contenu n'est pas défini non plus dans le fichier `hte.c`, en revanche il est défini dans les fichiers `dico.c`, `dejavu.c` et `namealloc.c`. Quelle est alors la contrainte d'usage de ces types dans le fichier `hte.c`? Quel est l'intérêt de cette écriture?

- Dans la définition des prototypes de fonctions, le nom des paramètres est-il nécessaire? si non pourquoi les mettre?

et sur les fichiers de créations des tables `attachment:hte.c`

- Faîte un dessin représentatif de la valeur de la variable locale `root` de la fonction `hte_create` si `nb_list==10` juste avant l'appel `return`.
- La fonction `hte_hash` peut-elle provoquer une erreur de segment? Comment y remédier proprement?
- Dans la fonction `hte_create` comment fait-on pour tester le retour de `malloc`? à quoi cela sert-il?

Le service *dictionnaire*

Le fichier `attachment:dico.c` rassemble les fonctions d'accès à une table de hachage utilisé comme dictionnaire.

- Le type `hte_data_t` n'est pas défini ici. Est-ce grave? Où devra-t-il être défini?
- Pourquoi teste-on `key` dans la fonction `hte_get`?
- Pourquoi définit-on la structure `hte_item_s` ici?
- Dans la structure `hte_item_s` le champ `KEY` est un tableau de taille indéfinie.

Quel différence y aurait-il avec une définition du type `char *KEY`?

- A quoi sert la fonction `perror`?

Les autres services possibles

Nous vous proposons deux autres services possibles des tables de hachage dans les fichiers, `attachment:dejavu.c` et `attachment:namealloc.c`.

Le premier, `dejavu`, permet de répondre à la question "ai-je déjà vu cette chaîne de caractères". Le second, `namealloc`, permet de garantir que si deux chaînes de caractères sont identiques alors elles seront rangées à la même adresse.

Vous n'utiliserez pas ces services au cours de ce TME. Cependant, ils vous seront utiles lors des TME futurs. Vous pourrez faire alors une édition de liens avec la bibliothèque `libhte.a`. Pour aujourd'hui, contentez-vous de jeter un coup d'oeil par simple curiosité.

L'utilisation du dictionnaire pour compter des occurrences de mots

Le code se trouve dans le fichier `attachment:count.c`

- Le mot clé **static** est utilisé de trois manières différentes. Quel est son effet?
- Aurait-on pu écrire `static char * buffer = malloc(1024)` ou encore `char * buffer = malloc(1024);`. Pourquoi?
- La fonction `token` est censé rendre un nouveau token (mot) du fichier `infile` à chaque appel. Que pensez-vous de son comportement, est-il satisfaisant d'une manière générale?

- Pourquoi as-t-on mis une étoile devant l'argument `numero` de la fonction `token`.

Etape 2 : Evolution du programme

Vous devrez modifier le programme de façon à ce qu'il indique, pour chaque mot, les numéros de toutes les lignes où le mot est présent. Ainsi le programme fourni appliqué sur le fichier `Makefile` (c'est un fichier texte) produit:

```
prompt$ ./statt Makefile
namealloc.o : 2 occurences
  hte.o : 2 occurences
    true : 2 occurences
      dico.o : 2 occurences
        des : 3 occurences
          : : 2 occurences
            clean : 3 occurences
              /dev/null : 2 occurences
                2> : 2 occurences
                  count.o : 2 occurences
                    # : 3 occurences
                      Definition : 3 occurences
                        dejavu.o : 2 occurences
                          -p : 2 occurences
                            || : 2 occurences
                              indent : 2 occurences
                                = : 9 occurences
                                  $(RM) : 2 occurences
                                    statt : 4 occurences
                                      main.o : 2 occurences
                                        de : 2 occurences
                                          libhte.a : 3 occurences
116 mots dont 80 différents
```

Après modification, il devra afficher:

```
prompt$ ./statt Makefile
namealloc.o : 2 occurences lignes: 23 22
  hte.o : 2 occurences lignes: 23 22
    true : 2 occurences lignes: 37 34
      dico.o : 2 occurences lignes: 23 22
        des : 3 occurences lignes: 14 8 2
          : : 2 occurences lignes: 22 19
            clean : 3 occurences lignes: 37 34
              /dev/null : 2 occurences lignes: 37 34
                2> : 2 occurences lignes: 37 34
                  count.o : 2 occurences lignes: 20 19
                    # : 3 occurences lignes: 14 8 2
                      Definition : 3 occurences lignes: 14 8 2
                        dejavu.o : 2 occurences lignes: 23 22
                          -p : 2 occurences lignes: 10 9
                            || : 2 occurences lignes: 37 34
                              indent : 2 occurences lignes: 17 8 2
                                = : 9 occurences lignes: 15 12 11 10 9 6 5 4 3
                                  $(RM) : 2 occurences lignes: 37 34
                                    statt : 4 occurences lignes: 37 34
                                      main.o : 2 occurences lignes: 20 19
                                        de : 2 occurences lignes: 14 14
                                          libhte.a : 3 occurences lignes: 23 22
116 mots dont 80 différents
```

Pour répondre à cette question, il va vous falloir:

- Définir un type de liste chaînée pour le stockage des numéros de ligne.

Ce type contient deux champs: un champ vers l'élément suivant et un entier représentant le numéro de ligne.

- Changer la structure `hte_data_s` afin d'ajouter un pointeur sur une liste chaînée pour le stockage des numéros de lignes.
- Créer un nouvel élément de numéro de ligne lors du parcours du fichier (fonction `count`)
- Parcourir les listes créées pour les afficher (fonction `result_count`)

Vous donnerez également des statistiques sur l'usage des tables de hachage, telles que le nombre moyen de comparaisons nécessaires lors de la recherche d'un mot.

Compte-Rendu

Vous rédigerez un compte-rendu avec la réponse aux questions posées et une explication des évolutions demandées. Pour ce tme, comme pour les suivants, vous serez interrogé **individuellement** devant machine.

Nous vous demandons également de renommer le fichier `attachment:tool.1` (il se trouve dans le répertoire `man1`) en `statt.1`. Ce fichier contient une page de manuel générique contenant des commentaires pour expliquer la syntaxe. La structure de cette page est standard, c'est celle utilisée pour les commandes unix. Vous devez écrire la page de manuel du programme `statt`. Le but de cette opération est de vous montrer que l'écriture d'un man ne pose pas de problème de forme. Pour utiliser ce man ajouter, le répertoire `.` à la variable d'environnement `MANPATH`:

```
export MANPATH=./:$MANPATH
```

Ainsi, vous pouvez taper la commande `man statt` dans le répertoire `tme2` pour voir votre manuel.