



Libft

Ta propre bibliothèque à toi tout seul

pedago pedago@staff.42.fr

Résumé: Ce projet a pour but de vous faire coder en C une bibliothèque de fonctions usuelles que vous pourrez utiliser dans tous vos projets.

Table des matières

I	Préambule	2
II	Introduction	3
III	Objectifs	4
IV	Consignes générales	5
V	Partie obligatoire	7
V.1	Considérations techniques	7
V.2	Part 1 - Fonctions de la libc	8
V.3	Part 2 - Fonctions supplémentaires	9
VI	Partie bonus	15
VII	Rendu et peer-évaluation	18

Chapitre I

Préambule

Ce premier projet marque le début de votre formation de développeur. profitez-en pour lire [cet article](#) et apprenez aujourd'hui que le typage est ce qui différencie le développeur de la bête. Si vous ne comprenez pas tout ce n'est pas grave. Ça viendra avec le temps.

Pour vous accompagner musicalement tout au long de la réalisation de ce projet je vous propose une liste de groupes dignes d'intérêt. Si vous n'aimez pas, c'est que vous avez visiblement des goûts musicaux pauvres, mais vous avez probablement d'autres qualités comme avoir beaucoup d'amis sur Facebook ou bien pouvoir toucher votre coude avec votre langue. Bref. Les groupes sont listés sans ordre particulier et cette liste n'a pas pour but d'être exhaustive. Les liens proposés sont donnés à titre d'exemple et vous êtes encouragés à explorer vous-même leur riche discographie.

- [Between The Buried And Me](#)
- [Between The Buried And Me, c'est bon, mangez-en](#)
- [Tesseract](#)
- [Chimp Spanner](#)
- [Emancipator](#)
- [Cynic](#)
- [Kalisia](#)
- [O.S.I](#)
- [Dream Theater](#)
- [Pain Of Salvation](#)
- [Crucified Barbara](#)

Chapitre II

Introduction

Le projet `libft` reprend le concept du D06 de la piscine, à savoir vous faire écrire une bibliothèque de fonctions utiles que vous pourrez ensuite utiliser dans la vaste majorité de vos projets de C cette année et ainsi vous faire gagner beaucoup de temps. Ce projet vous demande d'écrire beaucoup de code que vous avez déjà réalisé pendant la piscine, ce qui en fait un excellent moment pour faire le point sur votre avancement.



FIGURE II.1 – Représentation de votre Libft (vision d'artiste)

Chapitre III

Objectifs

La programmation en C est une activité très laborieuse dès lors qu'on a pas accès à toutes ces petites fonctions usuelles très pratiques. C'est pourquoi nous vous proposons à travers ce projet de prendre le temps de réécrire ces fonctions, de les comprendre et de vous les approprier. Vous pourrez alors réutiliser votre bibliothèque pour travailler efficacement sur vos projets en C suivants.

Ce projet est également pour vous l'occasion d'étendre la liste des fonctions demandées avec les vôtres et ainsi de rendre votre bibliothèque encore plus utile. N'hésitez pas à compléter votre `libft` tout au long de votre scolarité une fois que ce projet ne sera plus qu'un souvenir pour vous.

Chapitre IV

Consignes générales

- Les fonctions sont à réaliser dans l'ordre que vous souhaitez et vous êtes très encouragés à utiliser les fonctions déjà codées pour réaliser les suivantes. La difficulté n'est pas croissante et l'ordre du sujet parfaitement arbitraire. C'est un peu comme dans un jeu vidéo où vous pouvez réaliser des quêtes dans l'ordre que vous voulez et utiliser le loot des précédentes pour vous faciliter les suivantes.
- Votre projet doit être à la Norme
- En aucun cas vos fonctions ne doivent quitter de façon inattendue (Segmentation fault, bus error, double free, etc) en dehors des comportements indéterminés. Votre projet serait alors considéré comme non fonctionnel et recevra la note de 0 en soutenance.
- Toute mémoire allouée sur le tas doit être libérée proprement quand nécessaire.
- Vous devez rendre, à la racine de votre dépôt de rendu, un fichier **auteur** contenant votre login suivi d'un `'\n'` :

```
$>cat -e auteur  
xlogin$
```

- Vous devez rendre un fichier **C** par fonction à réaliser ainsi qu'un fichier **libft.h** qui contiendra tous leurs prototypes ainsi que les **macros** et les **typedefs** dont vous pourriez avoir besoin. Tous ces fichiers devront se trouver à la racine de votre dépôt.
- Votre dossier ne devra comprendre qu'un seul **.h** qui sera **libft.h**.
- Vous devez rendre un **Makefile** qui compilera vos sources vers une bibliothèque statique nommée **libft.a**.
- Votre **Makefile** doit au moins proposer les règles **\$(NAME)**, **all**, **clean**, **fclean** et **re** dans l'ordre qui vous paraîtra le plus adapté.
- Votre **Makefile** doit compiler votre travail avec les flags de compilation **-Wall**, **-Wextra** et **-Werror**.

- Seules les fonctions suivantes de la `libc` sont autorisées : `malloc(3)`, `free(3)` et `write(2)` et leur utilisation est restreinte, voir plus bas.
- Vous devez bien entendu inclure l'`include` système nécessaire pour utiliser l'une ou l'autre des 3 fonctions autorisées dans votre fichier `.c` concerné. Le seul `include` système que vous êtes autorisés à utiliser en plus est `string.h` pour avoir accès à la constante `NULL` et au type `size_t`. Tout le reste est interdit.
- Nous vous encourageons à réaliser un ou plusieurs programmes de test pour votre bibliothèque. Bien que ce travail ne soit **pas à rendre sur votre dépôt et ne sera pas évalué**, il vous permettra de tester facilement votre travail et celui des autres.

Hormis dans le cadre de la piscine à distance qui n'en contient pas, vous trouverez une utilité particulière pour ces tests lors des soutenances. Vous êtes dans ce cadre là libres d'utiliser vos tests ou ceux du souteneur/soutenu voire même les deux si cela vous fait plaisir et la logistique sous-jacente est à votre discrétion.

Chapitre V

Partie obligatoire

V.1 Considérations techniques

- Votre fichier `libft.h` peut contenir des **macros** et des **typedefs** selon vos besoins.
- Une chaîne de caractères est **TOUJOURS** terminée par un `'\0'`, même si cela a été omis dans la description d'une fonction. Dans le cas contraire, cela serait explicitement indiqué.
- Interdiction d'utiliser des variables globales.
- Si vous avez besoin de fonctions auxiliaires pour l'écriture d'une fonction complexe, vous devez définir ces fonctions auxiliaires en **static** dans le respect de la Norme.



Savoir ce qu'est une fonction statique est un bon début : <http://codingfreak.blogspot.com/2010/06/static-functions-in-c.html>

- Vous devez prêter attention à vos types et utiliser judicieusement les casts quand c'est nécessaire, en particulier lorsqu'un type `void *` est impliqué. Dans l'absolu, évitez les casts implicites, quels que soient les types concernés. Exemple :

```
char *str;

str = malloc(42 * sizeof(*str)); /* Wrong ! Malloc retourne un void * (cast implicite) */
str = (char *) malloc(42 * sizeof(*str)); /* Right ! (cast explicite) */
```


V.2 Part 1 - Fonctions de la libc

Dans cette première partie, vous devez recoder un ensemble de fonctions de la `libc` telles que décrites dans leur `man` respectif sur votre système. Vos fonctions devront avoir exactement le même prototype et le même comportement que les originales. Leur nom devra être préfixé par “`ft_`”. Par exemple `strlen` devient `ft_strlen`.



Certains prototypes des fonctions que vous devez recoder utilisent le qualifieur de type “`restrict`”. Ce mot clef fait parti du standard `c99`, vous devez donc ne pas le mettre dans vos prototypes et ne pas compiler avec le flag `-std=c99`.

Vous devez recoder les fonctions suivantes :

- `memset`
- `bzero`
- `memcpy`
- `memccpy`
- `memmove`
- `memchr`
- `memcmp`
- `strlen`
- `strdup`
- `strcpy`
- `strncpy`
- `strcat`
- `strncat`
- `strlcat`
- `strchr`
- `strrchr`
- `strstr`
- `strnstr`
- `strcmp`
- `strncmp`
- `atoi`
- `isalpha`
- `isdigit`
- `isalnum`
- `isascii`
- `isprint`
- `toupper`
- `tolower`

V.3 Part 2 - Fonctions supplémentaires

Dans cette seconde partie, vous devrez coder un certain nombre de fonctions absentes de la `libc` ou présentes dans une forme différente. Certaines de ces fonctions peuvent avoir de l'intérêt pour faciliter l'écriture des fonctions de la première partie.

•

ft_memalloc	
Prototype	<code>void * ft_memalloc(size_t size);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne une zone de mémoire "fraiche". La mémoire allouée est initialisée à 0. Si l'allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	La taille de la zone de mémoire à allouer.
Retour	La zone de mémoire allouée.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

•

ft_memdel	
Prototype	<code>void ft_memdel(void **ap);</code>
Description	Prend en paramètre l'adresse d'un pointeur dont la zone pointée doit être libérée avec <code>free(3)</code> , puis le pointeur est mis à <code>NULL</code> .
Param. #1	L'adresse d'un pointeur dont il faut libérer la mémoire puis le mettre à <code>NULL</code> .
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>free(3)</code> .

•

ft_strnew	
Prototype	<code>char * ft_strnew(size_t size);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne une chaîne de caractère "fraiche" terminée par un <code>'\0'</code> . Chaque caractère de la chaîne est initialisé à <code>'\0'</code> . Si l'allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	La taille de la chaîne de caractères à allouer.
Retour	La chaîne de caractères allouée et initialisée à 0.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

•

ft_strdel	
Prototype	<code>void ft_strdel(char **as);</code>
Description	Prend en paramètre l'adresse d'une chaîne de caractères qui doit être libérée avec <code>free(3)</code> et son pointeur mis à <code>NULL</code> .
Param. #1	L'adresse de la chaîne de caractère dont il faut libérer la mémoire et mettre le pointeur à <code>NULL</code> .
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>Free(3)</code> .

ft_strclr	
Prototype	<code>void ft_strclr(char *s);</code>
Description	Assigne la valeur '\0' à tous les caractères de la chaîne passée en paramètre.
Param. #1	La chaîne de caractères à clearer.
Retour	Rien.
Fonctions libc	Aucune.

ft_striter	
Prototype	<code>void ft_striter(char *s, void (*f)(char *));</code>
Description	Applique la fonction f à chaque caractère de la chaîne de caractères passée en paramètre. Chaque caractère est passé par adresse à la fonction f afin de pouvoir être modifié si nécessaire.
Param. #1	La chaîne de caractères sur laquelle itérer.
Param. #2	La fonction à appeler sur chaque caractère de s.
Retour	Rien.
Fonctions libc	Aucune.

ft_striteri	
Prototype	<code>void ft_striteri(char *s, void (*f)(unsigned int, char *));</code>
Description	Applique la fonction f à chaque caractère de la chaîne de caractères passée en paramètre en précisant son index en premier argument. Chaque caractère est passé par adresse à la fonction f afin de pouvoir être modifié si nécessaire.
Param. #1	La chaîne de caractères sur laquelle itérer.
Param. #2	La fonction à appeler sur chaque caractère de s et son index.
Retour	Rien.
Fonctions libc	Aucune.

ft_strmap	
Prototype	<code>char * ft_strmap(char const *s, char (*f)(char));</code>
Description	Applique la fonction f à chaque caractère de la chaîne de caractères passée en paramètre pour créer une nouvelle chaîne "fraîche" (avec malloc(3)) résultant des applications successives de f.
Param. #1	La chaîne de caractères sur laquelle itérer.
Param. #2	La fonction à appeler sur chaque caractère de s.
Retour	La chaîne "fraîche" résultant des applications successives de f.
Fonctions libc	malloc(3)

ft_strmapi	
Prototype	char * ft_strmapi(char const *s, char (*f)(unsigned int, char));
Description	Applique la fonction f à chaque caractère de la chaîne de caractères passée en paramètre en précisant son index pour créer une nouvelle chaîne "fraiche" (avec malloc(3)) résultant des applications successives de f.
Param. #1	La chaîne de caractères sur laquelle itérer.
Param. #2	La fonction à appeler sur chaque caractère de s en précisant son index.
Retour	La chaîne "fraiche" résultant des applications successives de f.
Fonctions libc	malloc(3)

ft_strequ	
Prototype	int ft_strequ(char const *s1, char const *s2);
Description	Compare lexicographiquement s1 et s2. Si les deux chaînes sont égales, la fonction retourne 1, ou 0 sinon.
Param. #1	La première des deux chaînes à comparer.
Param. #2	La seconde des deux chaînes à comparer.
Retour	1 ou 0 selon que les deux chaînes sont égales ou non.
Fonctions libc	Aucune.

ft_strnequ	
Prototype	int ft_strnequ(char const *s1, char const *s2, size_t n);
Description	Compare lexicographiquement s1 et s2 jusqu'à n caractères maximum ou bien qu'un '\0' ait été rencontré. Si les deux chaînes sont égales, la fonction retourne 1, ou 0 sinon.
Param. #1	La première des deux chaînes à comparer.
Param. #2	La seconde des deux chaînes à comparer.
Param. #3	Le nombre de caractères à comparer au maximum.
Retour	1 ou 0 selon que les deux chaînes sont égales ou non.
Fonctions libc	Aucune.

ft_strsub	
Prototype	<code>char * ft_strsub(char const *s, unsigned int start, size_t len);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne la copie “fraiche” d’un tronçon de la chaine de caractères passée en paramètre. Le tronçon commence à l’index <code>start</code> et à pour longueur <code>len</code> . Si <code>start</code> et <code>len</code> ne désignent pas un tronçon de chaine valide, le comportement est indéterminé. Si l’allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	La chaine de caractères dans laquelle chercher le tronçon à copier.
Param. #2	L’index dans la chaine de caractères où débute le tronçon à copier.
Param. #3	La longueur du tronçon à copier.
Retour	Le tronçon.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

ft_strjoin	
Prototype	<code>char * ft_strjoin(char const *s1, char const *s2);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne une chaine de caractères “fraiche” terminée par un <code>'\0'</code> résultant de la concaténation de <code>s1</code> et <code>s2</code> . Si l’allocation echoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	La chaine de caractères préfixe.
Param. #2	La chaine de caractères suffixe.
Retour	La chaine de caractère “fraiche” résultant de la concaténation des deux chaines.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

ft_strtrim	
Prototype	<code>char * ft_strtrim(char const *s);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne une copie de la chaine passée en paramètre sans les espaces blancs au debut et à la fin de cette chaine. On considère comme espaces blancs les caractères <code>' '</code> , <code>'\n'</code> et <code>'\t'</code> . Si <code>s</code> ne contient pas d’espaces blancs au début ou à la fin, la fonction renvoie une copie de <code>s</code> . Si l’allocation echoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	La chaine de caractères à trimmer.
Retour	La chaine de caractère “fraiche” trimmée ou bien une copie de <code>s</code> sinon.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

ft_strsplit	
Prototype	<code>char ** ft_strsplit(char const *s, char c);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne un tableau de chaînes de caractères “fraîches” (toutes terminées par un <code>'\0'</code> , le tableau également donc) résultant de la découpe de <code>s</code> selon le caractère <code>c</code> . Si l'allocation échoue, la fonction retourne <code>NULL</code> . Exemple : <code>ft_strsplit("salut les étudiants", '*')</code> renvoie le tableau <code>["salut", "les", "etudiants"]</code> .
Param. #1	La chaîne de caractères à découper.
Param. #2	Le caractère selon lequel découper la chaîne.
Retour	Le tableau de chaînes de caractères “fraîches” résultant de la découpe.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code> , <code>free(3)</code>

ft_itoa	
Prototype	<code>char * ft_itoa(int n);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne une chaîne de caractères “fraîche” terminée par un <code>'\0'</code> représentant l'entier <code>n</code> passé en paramètre. Les nombres négatifs doivent être gérés. Si l'allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	L'entier à convertir en une chaîne de caractères.
Retour	La chaîne de caractères représentant l'entier passé en paramètre.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code>

ft_putchar	
Prototype	<code>void ft_putchar(char c);</code>
Description	Affiche le caractère <code>c</code> sur la sortie standard.
Param. #1	Le caractère à afficher.
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>write(2)</code> .

ft_putstr	
Prototype	<code>void ft_putstr(char const *s);</code>
Description	Affiche la chaîne <code>s</code> sur la sortie standard.
Param. #1	La chaîne de caractères à afficher.
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>write(2)</code> .

ft_putendl	
Prototype	void ft_putendl(char const *s);
Description	Affiche la chaîne s sur la sortie standard suivi d'un '\n'.
Param. #1	La chaîne de caractères à afficher.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

ft_putnbr	
Prototype	void ft_putnbr(int n);
Description	Affiche l'entier n sur la sortie standard.
Param. #1	L'entier à afficher.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

ft_putchar_fd	
Prototype	void ft_putchar_fd(char c, int fd);
Description	Ecrit le caractère c sur le descripteur de fichier fd.
Param. #1	Le caractères à écrire.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

ft_putstr_fd	
Prototype	void ft_putstr_fd(char const *s, int fd);
Description	Ecrit la chaîne s sur le descripteur de fichier fd.
Param. #1	La chaîne de caractères à écrire.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

ft_putendl_fd	
Prototype	void ft_putendl_fd(char const *s, int fd);
Description	Ecrit la chaîne s sur le descripteur de fichier fd suivi d'un '\n'.
Param. #1	La chaîne de caractères à écrire.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

ft_putnbr_fd	
Prototype	void ft_putnbr_fd(int n, int fd);
Description	Ecrit l'entier n sur le descripteur de fichier fd.
Param. #1	L'entier à écrire.
Retour	Rien.
Fonctions libc	write(2).

Chapitre VI

Partie bonus

Si vous avez réussi parfaitement la partie obligatoire, cette section propose quelques pistes pour aller plus loin. Un peu comme quand vous achetez un DLC pour un jeu vidéo.

Avoir des fonctions de manipulation de mémoire brute et de chaînes de caractères est très pratique, mais vous vous rendrez vite compte qu'avoir des fonctions de manipulation de liste est encore plus pratique.

Vous utiliserez la structure suivante pour représenter les maillons de votre liste. Cette structure est à ajouter à votre fichier `libft.h`.

```
typedef struct    s_list
{
    void          *content;
    size_t        content_size;
    struct s_list *next;
} t_list;
```

La description des champs de la structure `t_list` est la suivante :

- **content** : La donnée contenue dans le maillon. Le `void *` permet de stocker une donnée de n'importe quel type.
- **content_size** : La taille de la donnée stockée. Le type `void *` ne permettant pas de connaître la taille de la donnée pointée, il est nécessaire d'en sauvegarder la taille. Par exemple la chaîne de caractères "42" a une taille de 3 octets et l'entier 32bits 42 a une taille de 4 octets.
- **next** : L'adresse du maillon suivant de la liste ou `NULL` si le maillon est le dernier.

Les fonctions suivantes vous permettront de manipuler vos listes aisément.

ft_lstnew	
Prototype	<code>t_list * ft_lstnew(void const *content, size_t content_size);</code>
Description	Alloue (avec <code>malloc(3)</code>) et retourne un maillon “frais”. Les champs <code>content</code> et <code>content_size</code> du nouveau maillon sont initialisés par copie des paramètres de la fonction. Si le paramètre <code>content</code> est nul, le champs <code>content</code> est initialisé à <code>NULL</code> et le champs <code>content_size</code> est initialisé à 0 quelque soit la valeur du paramètre <code>content_size</code> . Le champ <code>next</code> est initialisé à <code>NULL</code> . Si l’allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
Param. #1	Le contenu à ajouter au nouveau maillon.
Param. #2	La taille du contenu à ajouter au nouveau maillon.
Retour	Le nouveau maillon.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code> , <code>free(3)</code>

ft_lstdelone	
Prototype	<code>void ft_lstdelone(t_list **alst, void (*del)(void *, size_t));</code>
Description	Prend en paramètre l’adresse d’un pointeur sur un maillon et libère la mémoire du contenu de ce maillon avec la fonction <code>del</code> passée en paramètre puis libère la mémoire du maillon en lui même avec <code>free(3)</code> . La mémoire du champ <code>next</code> ne doit en aucun cas être libérée. Pour terminer, le pointeur sur le maillon maintenant libéré doit être mis à <code>NULL</code> (de manière similaire à la fonction <code>ft_memdel</code> de la partie obligatoire).
Param. #1	L’adresse d’un pointeur sur le maillon à libérer.
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>free(3)</code>

ft_lstdel	
Prototype	<code>void ft_lstdel(t_list **alst, void (*del)(void *, size_t));</code>
Description	Prend en paramètre l’adresse d’un pointeur sur un maillon et libère la mémoire de ce maillon et celle de tous ses successeurs l’un après l’autre avec <code>del</code> et <code>free(3)</code> . Pour terminer, le pointeur sur le premier maillon maintenant libéré doit être mis à <code>NULL</code> (de manière similaire à la fonction <code>ft_memdel</code> de la partie obligatoire).
Param. #1	L’adresse d’un pointeur sur le premier maillon d’une liste à libérer.
Retour	Rien.
Fonctions libc	<code>free(3)</code>

ft_lstadd	
Prototype	<code>void ft_lstadd(t_list **alst, t_list *new);</code>
Description	Ajoute l'élément <code>new</code> en tête de la liste.
• Param. #1	L'adresse d'un pointeur sur le premier maillon d'une liste.
Param. #2	Le maillon à ajouter en tête de cette liste.
Retour	Rien.
Fonctions libc	Aucune.

ft_lstiter	
Prototype	<code>void ft_lstiter(t_list *lst, void (*f)(t_list *elem));</code>
Description	Parcourt la liste <code>lst</code> en appliquant à chaque maillon la fonction <code>f</code> .
• Param. #1	Pointeur sur le premier maillon d'une liste.
Param. #2	L'adresse d'une fonction à laquelle appliquer chaque maillon de la liste.
Retour	Rien.
Fonctions libc	Aucune.

ft_lstmap	
Prototype	<code>t_list * ft_lstmap(t_list *lst, t_list * (*f)(t_list *elem));</code>
Description	Parcourt la liste <code>lst</code> en appliquant à chaque maillon la fonction <code>f</code> et crée une nouvelle liste "fraîche" avec <code>malloc(3)</code> résultant des applications successives. Si une allocation échoue, la fonction renvoie <code>NULL</code> .
• Param. #1	Pointeur sur le premier maillon d'une liste.
Param. #2	L'adresse d'une fonction à appliquer à chaque maillon de la liste pour créer une nouvelle liste.
Retour	La nouvelle liste.
Fonctions libc	<code>malloc(3)</code> , <code>free(3)</code> .

Si vous réussissez parfaitement la partie obligatoire et la partie bonus, vous êtes encouragés à ajouter d'autres fonctions qui vous paraissent utiles pour agrandir votre bibliothèque. Exemples : une version de `ft_strsplit` qui renvoie une liste de chaînes au lieu d'un tableau de chaînes, la fonction `ft_lstfold` similaire à la fonction `reduce` de `Python` et à la fonction `List.fold_left` d'`OCaml` (attention aux fuites mémoires!), des fonctions de manipulation de tableaux, de piles, de files, de maps, de tables de hash, etc. La limite est votre imagination.

Chapitre VII

Rendu et peer-évaluation

Rendez-votre travail sur votre dépôt GiT comme d'habitude. Seul le travail présent sur votre dépôt sera évalué.

Si et seulement si vous réalisez ce projet dans le cadre de la piscine à distance : Votre travail sera évalué par une moulinette uniquement.

Sinon : Une fois vos soutenances terminées une moulinette passera sur votre rendu. Votre note finale sera calculée en prenant en compte les notes que vous avez reçues en peer-évaluation et la note de la moulinette.

La moulinette corrigera tous vos exercices en suivant le schéma donné dans ce sujet (part1, part2, bonus). Une erreur dans l'une des parties entraînera systématiquement l'arrêt de la comptabilisation des points des parties suivantes.

Bon courage à tous et n'oubliez pas votre fichier auteur !