Rétro-ingéniérie binaire

INF600C
Sécurité des logiciels et exploitation de vulnérabilités

Auteur: Jean Privat, Adapté par: Philippe Pépos Petitclerc
Hiver 2026

Université du Québec à Montréal

Notes

Rétro-ingéniérie binaire

Notes

Plan

Les semaines qui s'en viennent

- Rétro-ingéniérie binaire (rev)
- Corruption de mémoire et exploits (pwn)
- Contre-mesures classiques et exploits (rop)
- Contre-mesures modernes et exploits (hard)

Notes

Prérequis

INF2170 Organisation des ordinateurs et assembleur

- Comprendre le comportement du processeur et de la RAM
- Savoir lire et écrire des petits programmes en assembleur

INF3135 Construction et maintenance de logiciels

- Comprendre la programmation procédurale
- Comprendre l'utilisation de la mémoire et des pointeurs
- Savoir lire et écrire des petits programmes en C

Notes

Difficulté

- C'est très technique
- C'est assez hermétique
- Ça nécessite beaucoup de pratique

→ On va aller lentement en cours

→ Vous devez faire **activement** les labs

Notes

Rétro-ingéniérie binaire

Rétro-ingéniérie binaire

PIN1: le code c'est la vérité

Qu'est-ce que la rétro-ingénierie ?

Langages machine et d'assemblage

Rétro-ingénierie, c'est difficile

PIN2: des bogues

PIN3: prendre le contrôle

Notes

PIN1: le code c'est la vérité

Notes

PIN1

Un programme demande un PIN.

```
$ ./pin
PIN:42
Erreur!
$ ./pin
PIN:1111
Erreur!
$ ./pin
PIN:hello
Erreur!
```

Objectif: trouver le PIN

Notes

pin1 (binaire)

```
7f454c4601010100000000000000000200030001000000c0830408340000000d81700000000003400200009028001f001e00060000
0034000000348004083480040820010000200100000500000004000000030000005401000054810408548104081300000013000000400
0000010000000100000000000000080040808080040 8e8060000e80600000500000000100000010000000080f0000089f0408089f04081c
0100002801000006000000001000000200000140f0000149f0408149f0408e8000000e8000000060000000400000004000000068010000
6881040868810408440000004400000004000000400000050e57464d4050000d4850408d485040834000000340000000400000040000
0051e57464000000000000000000000000000000000000000600000010000000052e57464080f0000089f0408089f0408f8000000f800
0000040000000010000002f6c69622f6c642d6c696e75782e736f2e320000040000001000000001000000474e55000000000200000006
0000002000000004000000140000003000000474e55007d2c6bc4971a2d1383bf8a132d2e80689c7d6bf3020000006000000001000000
0500000000230020600000007000000291d8c1cad4be3c0000000000000000000000000000003000000000000000000000000120000
001a000000000000000000001200000050000000000000000000200000003e000000000000000000001200000021000000000000
0000000000001200000037000002 4a0040804000000011001a000b000000bc85040804000000110010000006c6962632e736f2e36005f49
4f5f737464696e5f7573656400666 6c75736 8005f5f69736f6339395f7363616e66007072696e7466007374646f7574005f5f6c696263
5f73746172745f6d61696e005f5f676d6f6e5f73746172745f5f00474c4942435f322e3700474c4942435f322e3000000000200020000
0002000300020001000100020001000000010000000000000001769690d000003005f0000001000000010696900000020069000000000
0000fc9f0408060300002 4a0040805060600 0ca0040807010000010a0040807020000014a0040807040000018a0040807050000538 3ec08e8
b300000081c3c31c00008b83fcffffff85c07405e85e00000083c4085bc3000000000000000ff3504a00408ff2508a0040800000000
ff250ca0040868000000000e9e0ffffffff2510a0040868080000000e9d0ffffffff2514a0040868100000000e9c0ffffffff2518a0040868
18000000e9b0ffffffff25fc9f0408669000000000000000031ed5e89e183e4f050545268a0850408684085040851566 8bb840408e8af
ffffffff4669066906690669066906906906908b1c24c3669066906690669066906906b827a004082d24a0040883f806761ab80000000085
c074115589e583ec146824a00408ffd083c410c9f3c3908d742600b824a004082d24a00408c1f80289c2c1ea1f01d0d1f8741bba000000
0085d274125589e583ec10506824a00408ffd283c410c9f3c38d7426008dbc2700000000803d28a00408007513 5589e583ec08e87cffff
ffc60528a0040801c9f3c36690b8109f04088b1085d27505eb938d7600ba0000000085d274f25589e583ec1450ffd283c410c9e975ffff
ff8d4c240483e4f0ff71fc5589e55183ec0483ec0c68c0850408e897feffff83c410a124a0040883ec0c50e896feffff83c41083ec0868
2ca0040868c5850408e8a1feffff83c410a12ca004083d390500007516a12ca0040883ec085068c8850408e84ffeffff83c410b8000000
008b4dfcc98d61fcc3669066906690669066906690669066905557 5653e8a7feffff81c3b71a000083ec0c8b6c24208db30cffffffe8d3fd
ffff8d8308ffffff29c6c1fe0285f6742531ff8db60000000083ec04ff74242cff74242c55ff94bb08ffffff83c70183c41039fe75e383
c40c5b5e5f5dc38d7600f3c300005383ec08e843feffff81c3531a000083c4085bc3030000000100020050494e3a00256400464c41477b ...
```

Outils: xxd, ghex

Notes

Comprendre le binaire?

« ...there's way too much information to decode the Matrix. You get used to it, though. Your brain does the translating. I don't even see the code. All I see is blonde, brunette, redhead. »

— Cypher, Matrix (1999)

Notes

Binaire exécutable

Fichier qui contient le programme exécutable

- le code machine du programme (et sous-programmes)
- du code machine ajouté par le compilateur/assembleur
- des données (dites statiques)
- des métadonnées pour éditeurs de liens, chargeurs, débogueurs...

Notes

Machine?

Langage machine

- Langage natif du processeur
- Composée d'instructions et de données codées en binaire
- Spécifique à une architecture (type de processeur)

Code machine

- Programme en langage machine
- Séquence de bits
- Interprétable directement par le processeur

Notes

Commande strings(1)

Rappel INF2170

- Tout n'est que bits
- Il n'y a pas de magie

```
$ strings pin1
__isoc99_scanf
printf
stdout
t$,U
PIN:
INF600C{%d}
```

Des octets dans le binaire servent à coder des chaînes

- Chaînes littérales écrites par un programmeur
- Noms de fonctions, de symboles, de sections, etc.
- Informations de débogage

Notes

Qu'est-ce que la rétro-ingénierie ?

Notes

Rétro-ingénierie (ingénierie inverse)

Comprendre le fonctionnement d'un programme

Objectifs

- Le maintenir
- Le faire inter-opérer
- S'assurer de son bon fonctionnement et de sa robustesse
- S'assurer de son innocuité
- S'en protéger, en cas de logiciel malveillant (*malware*)
- Créer une version compatible sans vol de copyright
- Percer les façons de faire des concurrents
- Récupérer des secrets embarqués
- Trouver des failles de sécurité

Notes

Légalité de la rétro-ingénierie

Complexe

- Droit d'auteur (*copyright*)
- Brevet d'invention (*patent*)
- Droit des contrats (*end user license agreement*)

Varié

- Canada, Loi sur le droit d'auteur (C-42), 1985
- États-unis, DMCA, 1998
- Europe, EUCD, 2001
- France, DADVSI, 2006

Notes

En gros dans le monde

Interopérabilité

- \+ ou - protégée pour l'utilisation personnelle
- Il y a des contraintes en cas de diffusion (ex. *clean room design*)

Mesures techniques de protection (DRM)

- Le contournement est interdit
- La promotion, la distribution, la vente ou l'utilisation de logiciels et/ou de services de contournement est interdit
- Sauf à des fins de recherche, de sécurité ou d'interopérabilité (sous contraintes)

Notes

Langages machine et d'assemblage

Notes

Fichiers exécutables

```
$ ls -l
-rwxr-xr-x 1 privat privat 7344 mar  7 09:59 pin1
-rwxr-xr-x 1 privat privat 8520 mar  7 09:59 pin1_64
-rw-r--r-- 1 privat privat  117 mar  7 09:59 pin1.pepo

$ file *
pin1:      ELF 32-bit LSB executable, Intel 80386
pin1_64:   ELF 64-bit LSB executable, x86-64
pin1.pepo: ASCII text

$ cat pin1.pepo
41 00 20 31 00 37 C1 00 37 B0 24 B6 0C 00 1C 41
00 25 39 00 37 50 00 7D 50 00 0A 00 41 00 2E 00
50 49 4E 3A 00 49 4E 46 36 30 30 43 7B 00 45 72
72 65 75 72 21 0A 00 00 00 zz
```


Notes

Pep/8 Rappel

Pédagogique

- Pour apprendre la programmation assembleur
- Représentatif des processeurs actuels
- Livré avec un simulateur graphique

Simple

- 16 bits
- 37 instructions (mnémoniques)
- 5 registres
- 8 modes d'adressages

Notes

Assembleur

Langage d'assemblage (ou assembleur)

- Représentation du code machine lisible par un humain
- Directives, littéraux, symboles, étiquettes

Assembler et assemblage

- Transformer du code d'assemblage en code machine équivalent

Assembleur

- Outil faisant l'assemblage. Exemple: `as`, `nasm`, `masm`, `asem8`

Désassembler

- Transformer du code machine en code d'assemblage équivalent
- C'est une **analyse statique** du binaire d'un programme

Notes

pin1: désassemblage

pep/8

```
0006:    c10024        lda  0x0024,d
0009:    b024b6        cpa  0x24b6,i
000c:    0c0018        brne 0x0018
```

Où est le PIN?

- Le bon PIN est dans le binaire
- C'est le même pricipe que `strings`
- Mais en plus technique

Contre-mesures

- Ne pas mettre de secrets dans le binaire

Notes

Un vrai processeur?

```
$ objdump -d -Mintel pin1
8048502: a12ca00408    mov eax,ds:0x804a02c
8048507: 3d023a0100    cmp eax,0x13a02
804850c: 7516          jne 8048524
```

```
$ objdump -d -Mintel pin1_64
40062c: 488b051d0a2000 mov rax,QWORD PTR [rip+0x200a1d]
400633: 483dd8210000   cmp rax,0x21d8
400639: 7519           jne 400654
```

En vrai c'est pareil

- Le bon PIN est dans le binaire
- Mais décompiler à la main c'est pénible
- Un outil c'est plus simple: `objdump(1)` de GNU binutils.

Notes

Architecture x86

Jeu d'instruction (*Instruction set architecture, ISA*)

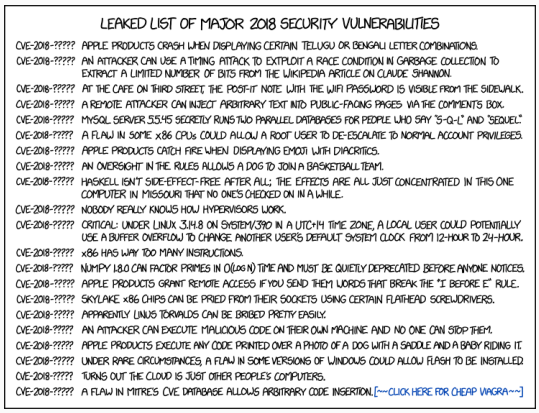
- 1978: 16 bits Intel 8086
- 1985: 32 bits Intel 80386
- 2001: 64 bits Intel Itanium (lol)
- 2003: 64 bits AMD64 x86-64

Complexe

- *Complex instruction set computer (CISC)*
- 981 mnémoniques (et 3684 variations)
- Redondant
- Contraintes et noms bizarres/historiques
- Plein de trucs obsolètes: MMX, BCD, etc.
- Plein de trucs sales: alignement `nop`, `repz ret`, etc.

Notes

2018 CVE List



LEAKED LIST OF MAJOR 2018 SECURITY VULNERABILITIES

CVE-2018-????? APPLE PRODUCTS CRASH WHEN DISPLAYING CERTAIN TELUGU OR BENGALI LETTER COMBINATIONS.
CVE-2018-????? AN ATTACKER CAN USE A TIMING ATTACK TO EXTPLOIT A RACE CONDITION IN GARBAGE COLLECTION TO EXTRACT A LIMITED NUMBER OF BITS FROM THE WIKIPEDIA ARTICLE ON CLAUDE SHANNON.
CVE-2018-????? AT THE CAFE ON THIRD STREET, THE POST-IT NOTE WITH THE WIFI PASSWORD IS VISIBLE FROM THE SIDEWALK.
CVE-2018-????? A REMOTE ATTACKER CAN INJECT ARBITRARY TEXT INTO PUBLIC-FACING PAGES VIA THE COMMENTS BOX.
CVE-2018-????? MYSQL SERVER 5.5.45 SECRETLY RUNS TWO PARALLEL DATABASES FOR PEOPLE WHO SAY "5-0-L" AND "SEQUEL."
CVE-2018-????? A FLAW IN SOME x86 CPUs COULD ALLOW A ROOT USER TO DE-ESCALATE TO NORMAL ACCOUNT PRIVILEGES.
CVE-2018-????? APPLE PRODUCTS CATCH FIRE WHEN DISPLAYING EMOJI WITH DIACRITICS.
CVE-2018-????? AN OVERSIGHT IN THE RULES ALLOWS A DOG TO JOIN A BASKETBALL TEAM.
CVE-2018-????? HASKELL ISN'T SIDE-EFFECT-FREE AFTER ALL; THE EFFECTS ARE ALL JUST CONCENTRATED IN THIS ONE COMPUTER IN MISSOURI THAT NO ONE'S CHECKED ON IN A WHILE.
CVE-2018-????? NOBODY REALLY KNOWS HOW HYPERVISORS WORK.
CVE-2018-????? CRITICAL: UNDER LINUX 3.1-3.8 ON SYSTEM/390 IN A UTC+1-H TIME ZONE, A LOCAL USER COULD POTENTIALLY USE A BUFFER OVERFLOW TO CHANGE ANOTHER USER'S DEFAULT SYSTEM CLOCK FROM 12-HOUR TO 24-HOUR.
CVE-2018-????? x86 HAS WAY TOO MANY INSTRUCTIONS.
CVE-2018-????? NUMPY 1.8.0 CAN FACTOR PRIMES IN O(LOG N) TIME AND MUST BE QUIETLY DEPRECATED BEFORE ANYONE NOTICES.
CVE-2018-????? APPLE PRODUCTS GRANT REMOTE ACCESS IF YOU SEND THEM WORDS THAT BREAK THE "I BEFORE E" RULE.
CVE-2018-????? SKYLAKE x86 CHIPS CAN BE PRIED FROM THEIR SOCKETS USING CERTAIN FLATHEAD SCREWDRIVERS.
CVE-2018-????? APPARENTLY LINUS TORVALDS CAN BE BRIBED PRETTY EASILY.
CVE-2018-????? AN ATTACKER CAN EXECUTE MALICIOUS CODE ON THEIR OWN MACHINE AND NO ONE CAN STOP THEM.
CVE-2018-????? APPLE PRODUCTS EXECUTE ANY CODE PRINTED OVER A PHOTO OF A DOG WITH A SADDLE AND A BABY RIDING IT.
CVE-2018-????? UNDER RARE CIRCUMSTANCES, A FLAW IN SOME VERSIONS OF WINDOWS COULD ALLOW FLASH TO BE INSTALLED.
CVE-2018-????? TURNS OUT THE CLOUD IS JUST OTHER PEOPLE'S COMPUTERS.
CVE-2018-????? A FLAW IN MITRE'S CVE DATABASE ALLOWS ARBITRARY CODE INSERTION.[~~CLICK HERE FOR CHEAP VIAGRA~~]

Source: https://xkcd.com/1957/ (2018)

Notes

Syntaxe assembleur AT&T vs. Intel

Syntaxe AT&T

- Préfixe: valeurs `$`, registres `%`, destinations `*`
- Ordre: `mov source,destination`
- Adressage: `%segreg:disp(base,index,scale)`
- Taille mémoire dans l'instruction si besoin `movb`, `movw`, `movl`, `movq`
- Défaut chez Unix et les outils GNU

Syntaxe Intel

- Pas de préfixe
- Ordre: `mov destination,source`
- Adressage: `segreg:[base+index*scale+disp]`
- Taille mémoire explicite: `BYTE`, `WORD`, `DWORD`, `QWORD`
- Plus populaire en sécu et dans les outils Windows
- Plus proche de Pep/8

Notes

Registres importants

Pep/8: 16 bits

- A et X: registres généraux
- SP: pointeur de pile (*stack pointer*)
- IP: pointeur d'instruction (compteur ordinal)

80386: 32 bits

- EAX, ECX, EBX, EDX, ESI et EDI: registres généraux
- ESP: pointeur de pile (haut de la pile)
- EBP: pointeur de base
- EIP: pointeur d'instruction

x86-64: 64 bits

- 8 de base (RAX → RBP), 8 nouveaux (R8 → R15) et RIP

Notes

Registre d'état

Pep/8: NZVC

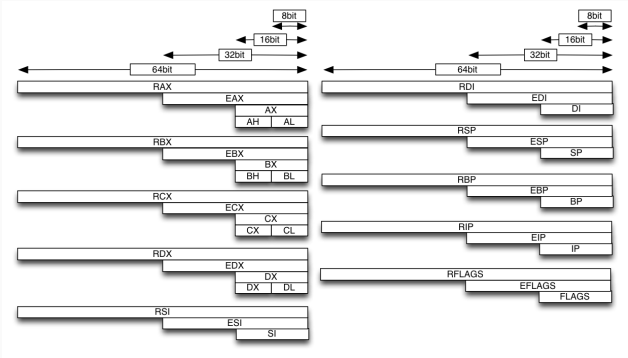
- N: négatif (signe)
- Z: zéro
- V: débordement (*overflow*)
- C: retenue (*carry*)

80386 et x86-64: EFLAGS

- SF: signe (négatif)
- ZF: zéro
- OF: débordement (*overflow*)
- CF: retenue (*carry*)

Notes

Taille et compatiblité



Notes

Instructions usuelles

Instructions 0x86

Transfert de valeur

- Copie une valeur
- Immédiate, en mémoire ou registre
- En x86: `mov`
- En Pep/8: `ld`, `st`

Opération arithmétique et logique

- Opérations unaires ou binaires
- En x86: `add`, `sub`, `cmp`, `mul`, `and`, `sar`, etc.
- En Pep/8: `add`, `sub`, `cp`, …, `and`, `asr`, etc.

Notes

Instructions usuelles

Contrôle du flot d'exécution

- Branchements et sous-programmes
- En x86: `jmp`, `jl`, `call`, `ret`, etc.
- En Pep/8: `br`, `brlt`, `call`, `ret0`, etc.

LEA: *Load Effective Address*

- Détermine l'adresse effective d'un `mov` (sans accès mémoire)
  Ça calcule un pointeur
- Sert aussi à faire de l'arithmétique pas chère

```
segreg:[base+index*scale+disp]
```

Pile

- `push` et `pop`: empile et dépile une valeur; modifie ESP
- `enter` et `leave`: empile et dépile un cadre; modifie EBP et ESP

Notes

Rétro-ingénierie, c'est difficile

Notes

Rétro-ingénierie, c'est difficile

Que fait le programme Pep/8 suivant?

```
C0 FE FE 16 00 0D 70 65 70 38 00 41 00 06 00 0B 58
```

```
0000:  C0FEFE          LDA     -258,i
0003:  16000D          CALL    0xD
0006:  706570          ADDA    25968,i
0009:  380041          DECO    65,i
000C:  00              STOP
000D:  06000B          BRLE    0xB
0010:  58              RET0
```


Notes

L'interprétation dépend de l'observateur

```
C0 FE FE 16 00 0D 70 65 70 38 00 41 00 06 00 0B 58
```

Si on interprète les octets différemment…

```
0000:  C0FEFE          LDA     -258,i
0003:  16000D          CALL    0xD

000D:  06000B          BRLE    0xB

000B:  410006          STRO    0x6,i
000E:  00              STOP

0006:  7065703800      .ASCII "pep8\x00"
```


Notes

Qu'est-ce que la vérité ?

« Boy: Do not try and bend the spoon. That's impossible. Instead only try to realize the truth.
Neo: What truth?
Boy: There is no spoon. » – Matrix (1999)

Notes

Code impénétrable (*Code obfuscation*)

Rendre le code difficile à comprendre

- Enlever toute information de débogage (`strip(1)`)
- Complexifier les algorithmes
- Forcer le désassembleur à mal désassembler

Techniques d'anti-désassemblage:

- Utiliser un même octet en RAM pour des significations différentes
- Abuser de branchements indirects calculés
- Générer/muter le code machine lors de l'exécution
- Ajouter de l'aléa pour rendre les choses faussement non-déterministes

Notes

Qui est aussi méchant?

Notes

Qui est aussi méchant?

- Développeurs de logiciels malveillants (*malwares*)
- Développeurs utilisant la sécurité par l'obscurité (DRM)
- Développeurs paranoïaques
- Amateurs de défis et de casse-têtes (CTF)
- Développeurs de compilateurs optimisants (dégât collatéral)

Notes

PIN2: des bogues

Notes

PIN2

Objectif: trouver le PIN

```
$ ./pin2
PIN: 12
Erreur!

$ ls -l
-rwxr-xr-x 1 privat privat 7352 mar  9 12:59 pin2
-rwxr-xr-x 1 privat privat 8528 mar  9 12:59 pin2_64
-rw-r--r-- 1 privat privat  260 mar  9 13:27 pin2.pepo

$ cat pin2.pepo
41 00 4B 31 00 49 C0 06 50 C8 00 04 16 00 1C B1
00 49 0C 00 1B C1 00 49 16 00 3C 00 68 00 02 E3
00 00 B8 00 00 06 00 38 1E 70 00 01 73 00 00 E3
00 00 88 00 01 04 00 22 C3 00 00 5A 68 00 02 41
00 50 3B 00 00 51 00 7D 5A 00 00 50 49 4E 3A 00
46 4C 41 47 7B 00 zz
```


Notes

pin2.pepo désassemblé (1)

`main`:

```
0000  41004B main:    STRO    0x004B,d
0003  310049          DECI    0x0049,d
0006  C00650          LDA     0x650,i
0009  C80004          LDX     0x4,i
000C  16001C          CALL    get_pin
000F  B10049          CPA     0x0049,d
0012  0C001B          BRNE    0x001B
0015  C10049          LDA     0x0049,d
0018  16003C          CALL    print
001B  00              STOP
```

- Le bon PIN est calculé par `get_pin`

Notes

pin2.pepo désassemblé (2)

`get_pin`:

```
001C  680002 get_pin: SUBSP   2,i
001F  E30000          STA     0,s
0022  B80000          CPX     0,i
0025  060038          BRLE    0x0038
0028  1E              ASRA
0029  700001          ADDA    0x1,i
002C  730000          ADDA    0,s
002F  E30000          STA     0,s
0032  880001          SUBX    0x1,i
0035  040022          BR      0x0022
0038  C30000          LDA     0,s
003B  5A              RET2
```

- `get_pin` est compliqué
- On peut tenter de comprendre l'algo
- Mais il y a plus simple...

Notes

Débogage

Exécution contrôlée d'un programme

- Pas à pas, instruction par instruction
- Voir le contenu de la mémoire et des registres
- Surveiller les appels

C'est une **analyse dynamique** d'un programme

Objectif

- Diagnostiquer certains bugs
- Rétro-ingénierie

Notes

Pilule rouge

« The pill you took is part of a trace program. It's design to disrupt your input/output carrier signal so we can pinpoint your location. »
— Morpheus, Matrix (1999)

Notes

GDB

GNU Debugger

- 1986 (Richard Stallman)
- Supporte de nombreux langages et architectures
- Interface texte (console)
- Nombreuses interfaces graphique (tierces parties)
- Débogage de processus en cours
- Débogage réseau

Notes

Peda

Python Exploit Development Assistance for GDB

- Améliore l'affichage de GDB
- Ajoute des fonctions d'aide à l'ingénierie inverse
- Ajoute des fonctions d'aide au développement d'exploits

```
$ git clone https://github.com/longld/peda.git ~/peda
$ echo "source ~/peda/peda.py" >> ~/.gdbinit
$ echo "set disassembly-flavor intel" >> ~/.gdbinit
```


Notes

Commandes gdb/peda utiles

Exécuter

- `run args`: exécute depuis le début avec des arguments
- `start` (peda): exécute jusqu'au début du main
- `si, stepi`: exécute une instruction, entre dans les fonctions
- `ni, nexti`: exécute une instruction, n'entre pas dans les fonctions
- `finish`: exécute jusqu'à la fin de la fonction
- `nextcall` (peda): exécute jusqu'au prochain `call`
- `nextjmp` (peda): exécute jusqu'au prochain `jmp`
- `c, continue`: reprend l'exécution
- `b *adresse`: met un point d'arrêt

Divers

- entrée: refait la dernière commande
- `q, quit`: quitter
- `h cmd, help cmd`: affiche l'aide
- `peda`: affiche les commandes peda

Notes

Commandes gdb/peda utiles

Inspecter

- `p expr`: calcule et affiche une expression (en hexa par défaut)
- `p/d expr`: pareil mais en décimal (d'autres formats existent)
- `x adresse`: affiche le contenu d'une adresse
- `x/3db adresse`: affiche **3** **d**écimaux, chacun d'un octet (**b**yte)
- `telescope adresse` (peda): affiche et déréférence
- `pdisass foncton` (peda): désassemble une fonction
- `bt, backtrace`: affiche la pile d'appels

Notes

PIN3: prendre le contrôle

Notes

PIN3

```
$ ./pin3
PIN:1234
Erreur!
```

Objectif: Ignorer le PIN et avoir le flag

Notes

Plus de commandes gdb/peda utiles

Modifier

- `set $reg = expr`: modifier la valeur d'un registre
- `goto adresse`: modifier le compteur ordinal
- `skipi` (peda): ignorer une instruction (ça fait des bonds)
- `return`: quitter de force une fonction sans l'exécuter
- `patch adress valeur` (peda): écrire une valeur en mémoire

Pourquoi modifier?

- Mieux comprendre ce qui se passe

Notes

Prendre le contrôle

« I don't like the idea that I'm not in control of my life. »
— Neo, Matrix (1999)

Notes

Cercle de confiance

Qui peu déboguer ?

- Seul l'utilisateur légitime peut contrôler le comportement

→ Mais il n'y a aucun privilège à gagner

Ça ne fonctionne pas

- Sur un processus d'un autre utilisateur
- Sur un binaire suid
- Sur un processus d'une autre machine

Notes

Un débogueur, comment ça marche

Un outil surpuissant

- Suspendre et reprendre l'exécution
- Lire toute la mémoire
- Modifier toute la mémoire… même celle en lecture seule
- Lire et modifier les registres
- Intercepter les signaux
- Mettre des points d'arrêts

Pas de magie

- `gdb(1)` est un programme normal non privilégié
- Le système lui permet d'observer et de contrôler d'autres processus
- Appel système `ptrace(2)`
- Utilisé aussi par `strace(1)` et `ltrace(1)`

Notes

Principe de ptrace

- Observé et observateur sont des processus **indépendants**
  Un observateur, plusieurs observés
- L'observé peut être
  Un processus fils (`PTRACE_TRACEME`)
  Un processus existant de l'utilisateur (`PTRACE_ATTACH`)
- Lorsque l'observé reçoit un signal
  Le système **arrête** l'observé (état stoppé)
  L'observateur est notifié (via `wait`)
- Quand l'observé est stoppé, l'observateur peut
  L'inspecter et le bricoler
  Le faire repartir (*continue*)
- L'observateur est laissé à lui-même
  Interpréter les octets de la mémoire et des registres
  Bricoler et restaurer le code machine
  ex. points d'arrêts via `int 3` (0xCC)

Notes

Observateur vs. observé

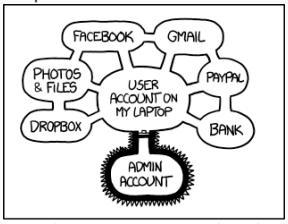
« First there was darkness. Then came the strangers. They abducted us and brought us here. This city, everyone in it, is their experiment. They mix and match our memories as they see fit, trying to divine what makes us unique. » — Dr. Daniel P. Schreber, Dark City (1998)

Notes

Rappel de sécurité traditionnelle

Sauf contre-ordre validé par le système d'exploitation:

- Les contrôles d'accès sont au niveau des utilisateurs
- Un processus a le complet contrôle de son espace mémoire
- Un processus ne peut accéder à la mémoire d'autres processus



IF SOMEONE STEALS MY LAPTOP WHILE I'M LOGGED IN, THEY CAN READ MY EMAIL, TAKE MY MONEY, AND IMPERSONATE ME TO MY FRIENDS, BUT AT LEAST THEY CAN'T INSTALL DRIVERS WITHOUT MY PERMISSION.

Notes

Sécurité et ptrace?

Mode d'accès `ptrace`

- Pour les appels systèmes
- qui permettent d'accéder à la mémoire d'autres processus

Règles de base:

- Restreint aux mêmes utilisateurs et groupes
- modulo *root*
- modulo *setuid*

Lire et écrire la mémoire

- `/proc/pid/mem` (nécessite d'être ptracé et ptrace-stoppé)
- `ptrace(2)`; commandes `PTRACE_PEEKDATA` et `PTRACE_POKEDATA`
- `process_vm_readv(2)`, `process_vm_writev(2)`
- `gcore(1)` pour générer une image mémoire

Notes

Vol de secret

Un logiciel malveillant peut utiliser `ptrace` pour surveiller ou contrôler tout processus d'un utilisateur

- vol de secrets dans la mémoire de ssh, gpg, etc.
- vol de terminaux (*keylogger*)

Notes

Contre-mesures

Réduction de la surface d'attaque ?

- Interdire d'attacher. On ne trace que les fils. (défaut Ubuntu)
  `/proc/sys/kernel/yama/ptrace_scope` (module de sécurité)
- Désactiver le traçage.
  `prctl(PR_SET_DUMPABLE, 0)`, `ptrace(PTRACE_TRACEME)`

Vraies contre-mesures ?

- Isoler les applications dans des conteneurs
  Exemples: `firejail(1)`, `flatpack`, `snap`, etc.
- Isoler les applications dans des *users*.
  Exemple: Android
- Contrôler les applications directement
  Exemple: MAC (SELinux, AppArmor, etc.)

Notes