

Sécurité des OS et des systèmes

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Présentation des intervenants

- Emmanuel Gras

- ▶ Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information depuis 1 an
- ▶ Bureau inspections en SSI
- ▶ <http://pro.emmanuelgras.com>
- ▶ emmanuel.gras@ssi.gouv.fr

- Aurélien Wailly

- ▶ Orange Labs / FTRD depuis 3 ans
- ▶ Thèse : *End-to-end Security Architecture and Self-Protection Mechanisms for Cloud Computing Environments*
- ▶ Sécurité OS, reverse-engineering
- ▶ <http://aurelien.wail.ly>
- ▶ aurelien.wailly@orange.com

Sécurité des systèmes et des OS

- Objectifs

- ▶ Fonctionnement des OS modernes, notamment du point de vue de la sécurité
- ▶ Failles, exploitation, compromission
- ▶ Dans le domaine de la sécurité, il est indispensable de comprendre comment marche un système pour l'exploiter

- Cibles

- ▶ Linux, les principes restent valables pour les UNIX
- ▶ Windows

Plan

- ➊ Introduction
- ➋ OS, CPU et sécurité
- ➌ Mémoire, segmentation et pagination (et sécurité !)
- ➍ Sécurité des utilisateurs - UNIX
- ➎ Sécurité des utilisateurs - Windows
- ➏ Analyse de binaires - Concepts et outils
- ➐ Failles applicatives
- ➑ Protection des OS

Ce qui ne sera pas abordé

La sécurité est un sujet vaste !

- Réseau
- Virus et malwares
- Techniques logicielles avancées
 - ▶ Shellcoding poussé
 - ▶ Protection logicielle
- Exploitation Web
 - ▶ Cross Site Scripting
 - ▶ Injections SQL

Un scénario d'attaque distante

- Scan réseau et découverte de services
- Recherche de vulnérabilités dans le programme
- Exploitation : exécution de code non-privilegié
- Elevation de privilèges
- Persistence : *backdoors* et *rootkits*

Un scénario d'attaque locale

- Démarrage du système sur un *Live CD*
- Récupération du condensat du mot de passe
- Cassage du mot de passe
- Compromission du système

OS, CPU et sécurité

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

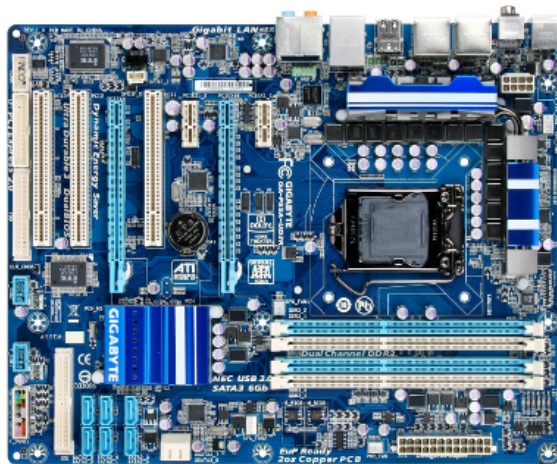
51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Architecture des ordinateurs - Le boîtier



Architecture des ordinateurs - La carte mère



Architecture des ordinateurs - Vitesses de transfert

Rapide (ex-Northbridge)

- **CPU / RAM** : 20 GB/s
- **CPU / PCIe 16x** : 8 GB/s
- **CPU / South Bridge** : 2 GB/s

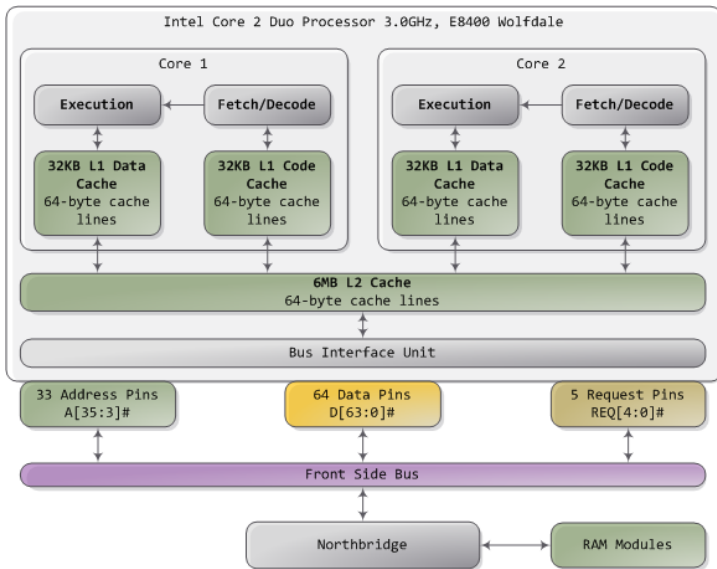
Lent (actuel Southbridge)

- **South Bridge / PCIe 1x** : 500 MB/s
- **South Bridge / USB** : 60 MB/s
- **South Bridge / SATA** : 300 MB/s

Architecture des ordinateurs - Le CPU

- Le CPU exécute du code présent en RAM.
- L'utilisateur interagit avec l'OS au moyen de périphériques qui génèrent des interruptions.

Architecture des ordinateurs - Le CPU



<http://duartes.org/gustavo/blog>

Operating System

- Ensemble de programmes qui gère les ressources de l'ordinateur :
 - ▶ Disque dur
 - ▶ Mémoire
 - ▶ Carte graphique
 - ▶ ...
- Fonctionnalités des OS modernes :
 - ▶ Processus
 - ▶ Interruptions
 - ▶ Gestion de la mémoire
 - ▶ Système de fichiers
 - ▶ Réseau
 - ▶ Droits des utilisateurs
 - ▶ ...

Le kernel

- **Kernel** : le composant essentiel de l'OS.
 - ▶ Chargé en mémoire au démarrage
 - ▶ Fourni les fonctionnalités essentielles de l'OS aux autres programmes
 - ▶ Gère les opérations bas niveau
 - ▶ Interface entre les applications et le hardware
- Garant de la sécurité de l'OS !
 - ▶ Contrôle d'accès aux ressources
 - ▶ Ordonnancement
 - ▶ Isolation entre les processus

Le kernel

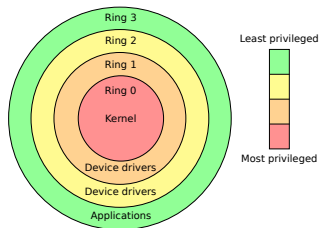
- Généralement écrit en C et assembleur
- Exemple pour Linux 2.6.37 :

code/linux_sloccount.txt

```
Totals grouped by language (dominant language first):
ansic:      8932526 (97.15%)
asm:        235122  (2.56%)
perl:       12143   (0.13%)
sh:         3743    (0.04%)
cpp:        3395    (0.04%)
yacc:       2993    (0.03%)
lex:        1825    (0.02%)
python:     1795    (0.02%)
awk:        708     (0.01%)
lisp:       218     (0.00%)
pascal:     121     (0.00%)
sed:        30      (0.00%)
```


Espace mémoire - Notion de rings

- Le noyau dispose d'un espace mémoire privilégié : **kernel-land**
- Les applications classiques s'exécutent en **user-land**
 - ▶ MS-DOS : les applications utilisent directement le hardware
 - ▶ OS modernes : les applications demandent au kernel, qui accepte ou non d'effectuer l'opération



- Fonctionnalité du CPU
 - ▶ **Hardware !**
- Ring 0 : kernel et drivers
- Ring 3 : userland

Systèmes multi-utilisateurs

- Un OS moderne est capable d'exécuter simultanément des applications appartenant à plusieurs utilisateurs.
 - ▶ Partage des ressources (CPU, disque dur, ...)
 - ▶ Une application **userA** n'a pas besoin d'avoir la connaissance d'une autre application **userB**.
 - ▶ Un bug dans **userA** ne doit pas perturber **userB**.
 - ▶ Un calcul compliqué dans **userA** ne doit pas ralentir **userB** (sauf si le kernel l'accepte).
 - ▶ **userA** ne doit pas être capable de regarder ce que fait **userB** (sauf si **userB** est d'accord).

Le noyau Linux

- **Monolithique**

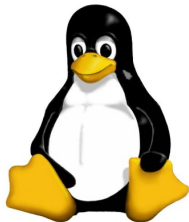
- ▶ Un seul programme
- ▶ Un seul espace d'adressage
- ▶ Très courant pour les UNIX (*exception : Mac OS X, GNU Hurd*)

- **Modulaire** : drivers

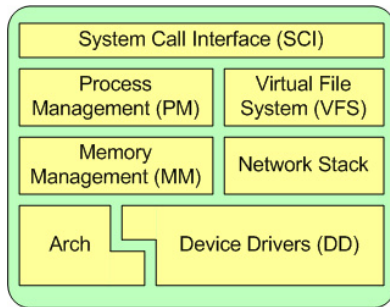
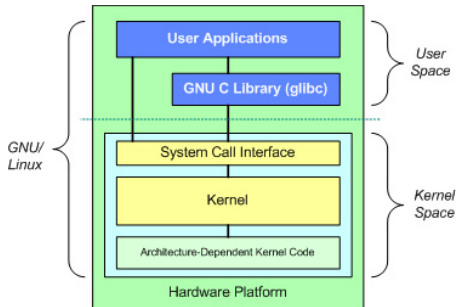
- Préemptif

- *Free as in speech* : open-source, documenté, modifiable.

- *Free as in beer* : gratuit (attention, on parle du kernel et pas de l'OS !)

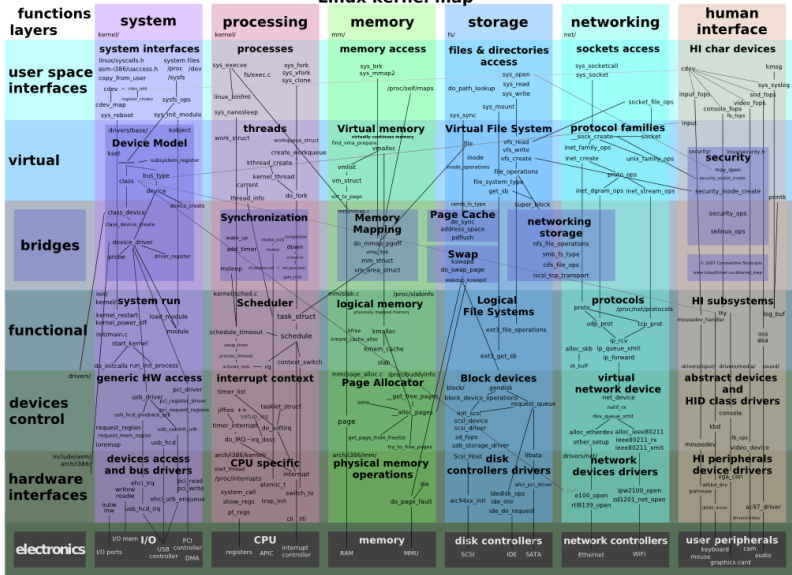


Le noyau Linux



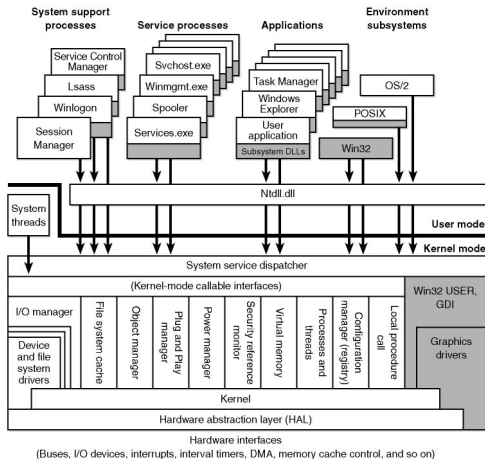
Le noyau Linux

Linux kernel map



Le noyau Windows

- **ntoskrnl.exe**
- **Micro-kernel hybride**
- Pas open-source : seule l'API offerte par les DLL système est documentée.



Notion de processus

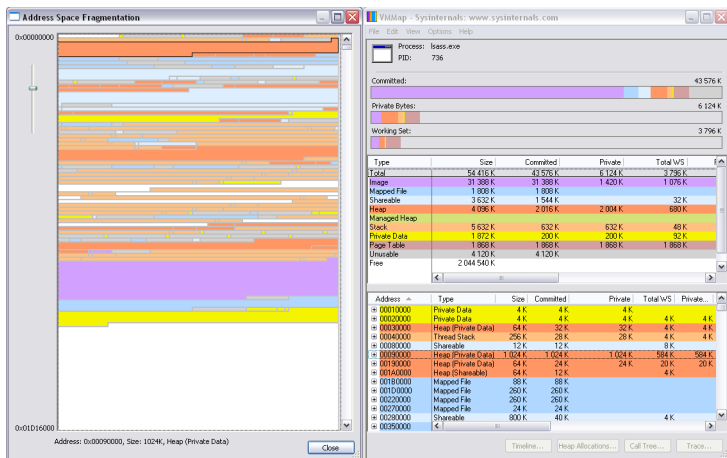
Processus

Instance d'un programme en exécution.

- Isolés : ne peuvent communiquer entre eux qu'au moyen de mécanismes mis en place par l'OS (*IPC : mémoire partagée, signaux, pipes, sockets*).
- Chaque processus a l'impression qu'il est le seul à s'exécuter (*mémoire virtuelle*).
- **UNIX** : commande *ps*
- **Windows** : application *Gestionnaire des tâches / vmmap*
- **PID** : process ID

Affichage processus

Démo : linux (ps + /proc/self)



Processus et changement de contexte

- Un CPU est capable d'exécuter une seule chose à la fois.
- **Scheduler** : détermine quel processus s'exécute.
- Quand on change de processus, il faut sauvegarder son état :
 - ▶ Registres, fichiers ouverts, mémoire, ...
 - ▶ C'est le **contexte** du processus.
- **Hiérarchie de processus**
 - ▶ Un processus peut en créer un autre (*processus fils*) dont il sera le *père*.
 - ▶ `fork()` / `execve()` sous UNIX
 - ★ *NOTE : distinction entre le processus et le programme qu'il exécute*
 - ▶ `CreateProcess()` sous Windows

Notion de thread

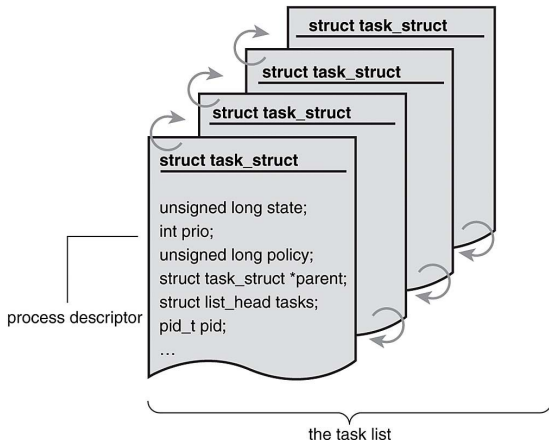
Thread

Fil d'exécution, processus léger.

- Changer de contexte est coûteux en cycles CPU.
- Les threads d'un même processus partagent le même espace mémoire.
- Implémentation sous Linux :
 - ▶ Processus == Thread pour le kernel (*task*)
 - ▶ Création d'un process :
`clone(SIGCHLD, 0);`
 - ▶ Création d'un thread :
`clone(CLONE_VM | CLONE_FS | CLONE_FILES | CLONE_SIGHAND, 0);`

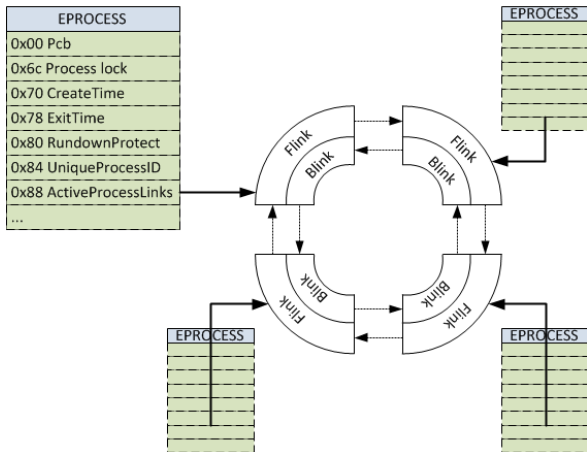
Gestion des processus - Linux

- Le noyau garde une **liste circulaire doublement chaînée**.
- Chaque élément est une *task_struct*.



Gestion des processus - Windows

- Chaque processus est représenté par une structure EPROCESS
- Chaque structure contient un pointeur vers un élément d'une **liste circulaire doublement chaînée**.



Récapitulatif - Le kernel

- **Composant logiciel** principal d'un OS
- **Interface** entre le hardware et les applications "classiques" :
 - ▶ Firefox ne peut pas accéder à la carte réseau (nous verrons pourquoi dans le chapitre suivant)
 - ▶ Il demande au kernel d'envoyer et de recevoir des paquets réseau pour lui
 - ▶ Il demande à la carte graphique d'afficher le rendu des pages web
- Garant de la sécurité



Récapitulatif - Les processus

- Un processus est l'**instance d'un programme** en exécution
- Comprend le **code** exécuté, ainsi que toutes les **ressources** annexes :
 - ▶ *fichiers ouverts, valeurs stockées dans les registres, signaux pas encore délivrés, ...*
- **Isolés** : les processus ne peuvent communiquer entre eux que par des mécanismes mis en place par l'OS
 - ▶ Communication directe impossible
 - ▶ Utilisation des IPC fournis par le kernel



Références

- Cours de Sécurité OS, Telecom ParisTech 2010, Ryad Benadjila
- *The Linux Programming Interface*, Michael Kerrisk
- *Understanding The Linux Kernel, 3rd Edition*, Daniel P. Bovet, Marco Cesati
- *Linux Kernel Development*, Robert Love
- `http://www.ibm.com/developerworks/linux/library/l-linux-kernel/`
- Wikipedia
- `man clone`
- CanardPC Hardware
- `http://download.sysinternals.com/files/VMMMap.zip`

MMU et OS

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Objectif

- **Objectif** : décrire comment les OS cloisonnent les processus dans leur propre espace mémoire.
- L'OS utilise une partie du CPU (*hardware*) : **MMU** (Memory Management Unit).
- La MMU est commune à une grande partie des CPU modernes.
 - ▶ Dans notre cas, **x86**.
- Valable pour Linux et Windows.

Mémoire physique

Pointers

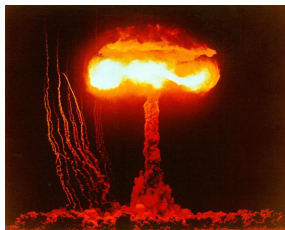
$2^{32} - 1$



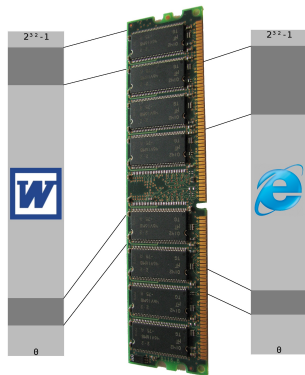
0

blog.ksplice.com

- Qu'est-ce qu'un pointeur ?
- OS "anciens" : pointeurs vers la mémoire physique
- Différents programmes et le noyau partagent la même mémoire
- Que se passe-t-il si un programme écrit dans la mémoire d'un autre ? Et si la mémoire du noyau est corrompue ?



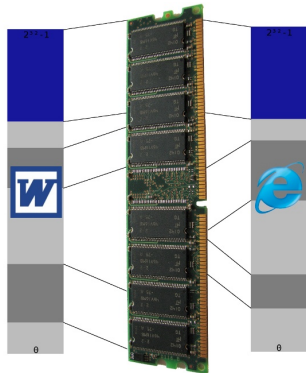
Mémoire virtuelle



- Chaque programme a son propre espace d'adressage.
- 0x1000 pour IE est différent (hardware) de 0x1000 pour Word.
- La mémoire virtuelle peut utiliser autre chose que de la RAM (*ex : swap sur le disque dur*).

blog.ksplice.com

Mémoire kernel



- Changer de contexte est coûteux.
- Cela arrive souvent (syscalls).
- La mémoire du kernel est *mappée* dans l'espace d'adressage de tous les processus.

blog.ksplice.com

Mémoire virtuelle - Double avantage

- On ne s'occupe plus de la mémoire physique au niveau de l'application (abstraction).
- Isolation des processus.

Les différentes architectures

- La taille de la mémoire virtuelle est déterminée par l'architecture :
 - ▶ x86 : $2^{32} - 1 = 4Go$
 - ★ Indépendant de la RAM installée
 - ★ Si RAM < 4 Go, on utilise le disque dur comme extension
 - ★ *Swap*
 - ▶ x86_64 : $2^{48} - 1 = 256To$

Digression sur les architectures

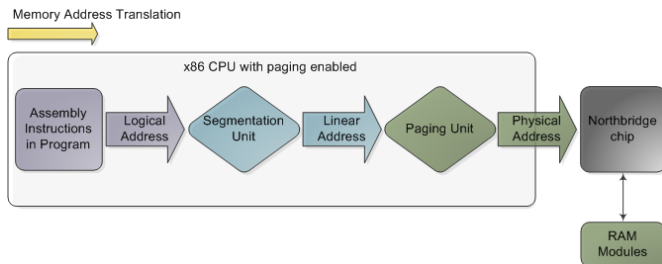
- **x86** : descendante des Intel 8086 16 bits (1978) (CISC)
- **AMD64** : version boostée de x86 (CISC)
- Intel a dû s'aligner sur AMD (**EM64T**)...
- **x86_64** : désigne AMD64 et EM64T
- Ne pas confondre avec **IA-64** (Itanium) d'Intel !

Back on track

Nous nous intéresserons plus spécifiquement à l'architecture **x86**.

Traduction d'adresse - Principe

- Trois types d'adresses :
 - ▶ **Logique** : segment + offset relatif
 - ▶ **Linéaire (ou virtuelle)** : entier de 32 bit
 - ▶ **Physique** : signal électrique sur le bus mémoire
- **Memory Management Unit** : Segmentation Unit + Paging Unit

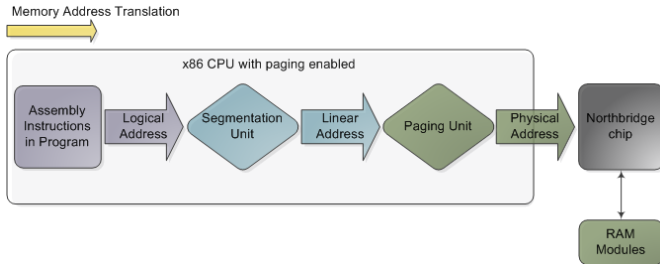


duartes.org/gustavo/blog/

Regardons d'abord le hardware...

Traduction d'adresse - Segmentation - Hardware

- Pourquoi le software n'utilise pas directement des adresses linéaires ?



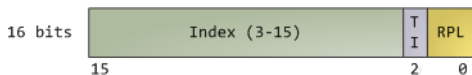
duartes.org/gustavo/blog/

- *Intel 8086* : registres de 16 bits
- Comment augmenter la taille de la mémoire adressable (64K) ?
 - ▶ Ajout de registres de segment
 - ▶ Indique dans quel morceau de 64K on travaille

Traduction d'adresse - Segmentation - Hardware

Registre de segment

Registre de 16 bit contenant un **sélecteur de segment**.

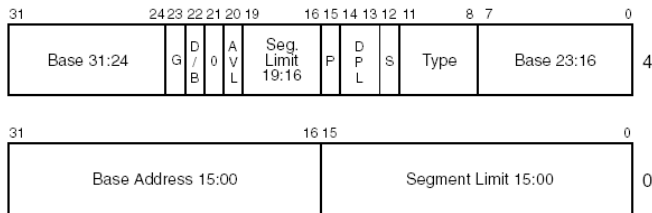


duartes.org/gustavo/blog/

- **cs** : Code
- **ds, es, fs, gs, ss** : Data
- **Requested Privilege Level** : niveau de privilège
- **Index** : position du **descripteur de segment** dans la **Global / Local Descriptor Table** (suivant la valeur du **Table Indicator**)
- L'adresse physique de la GDT/LDT est stockée dans le registre **gdtr/ldtr**

Traduction d'adresse - Segmentation - Hardware

● Descripteur de segment



AVL — Available for use by system software

BASE — Segment base address

D/B — Default operation size (0 = 16-bit segment; 1 = 32-bit segment)

DPL — Descriptor privilege level

G — Granularity

LIMIT — Segment Limit

P — Segment present

S — Descriptor type (0 = system; 1 = code or data)

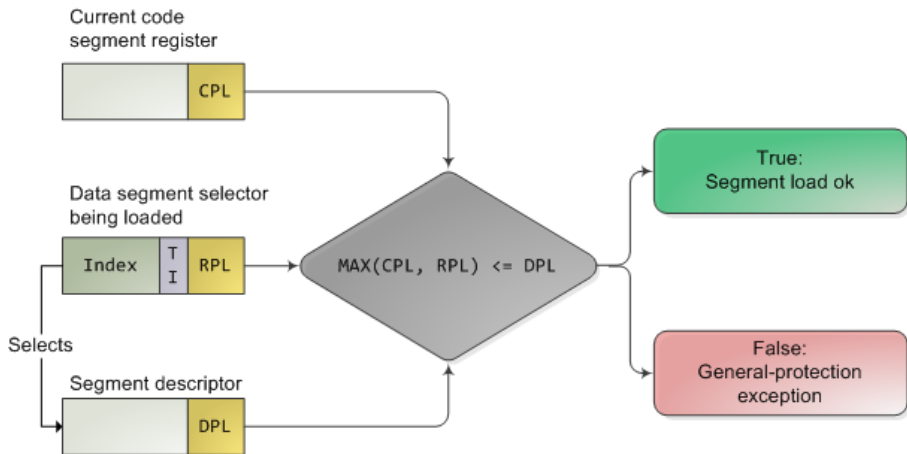
TYPE — Segment type

Niveaux de privilège

- **Current Privilege Level (CPL)** : niveau de privilège courant du CPU (*i.e* les 2 premiers bits de *cs*). Cela correspond au segment de code où le CPU lit les instructions.
- **Descriptor Privilege Level (DPL)** : niveau de privilège du descripteur de segment sélectionné. Cela correspond au niveau nécessaire pour accéder au segment.
- **Requested Privilege Level (RPL)** : niveau de privilège présent dans le registre de segment. En pratique, égal au CPL.

Note : le RPL donne la possibilité de charger un segment avec des privilèges amoindris.

Protection de la mémoire - Segmentation - Hardware



duartes.org/gustavo/blog/

Et maintenant, en pratique sous Linux. . .

Segmentation - Linux

- **Flat memory model :**

adresse de base des segments = 0x00000000 , limite = 0xffffffff.

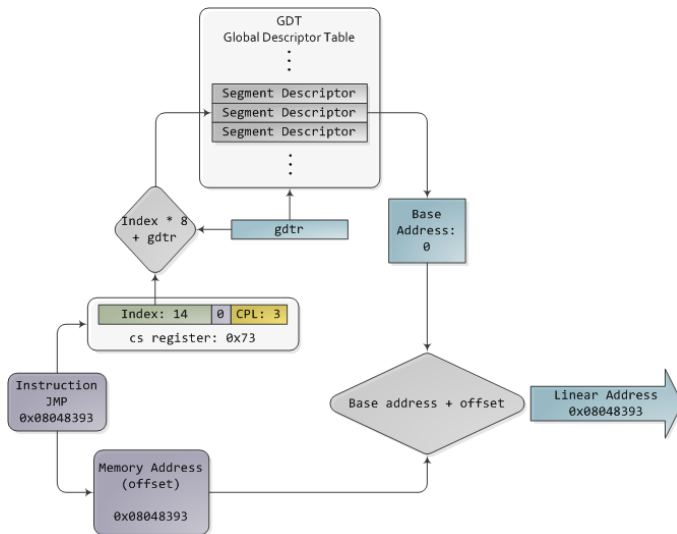
- ▶ *Il n'y a pas de séparation des adresses kernel-land / user-land au niveau de la segmentation !*
- ▶ Dans le *flat memory model*, la segmentation n'intervient pas lors de la **traduction d'adresse**.
- ▶ **grsec / UDEREF** : patch de sécurité qui corrige ce problème.

- Utilisation de seulement 2 niveaux de privilèges : 0 (kernel-land) et 3 (user-land) : `#define USER_RPL 0x3`

- Quatre sélecteurs de segment possibles :

- ▶ `__USER_CS`, `__USER_DS`, `__KERNEL_CS`, `__KERNEL_DS`
- ▶ User : ring 3 // Kernel : ring 0
- ▶ Code : RX // Data : RO

Traduction d'adresse - Segmentation - Linux



duartes.org/gustavo/blog/

Utilisation implicite des registres de segment

Les registres de segments sont utilisés de façon implicite :

- instructions CPU, cibles de `jmp` et `call` : **cs** (code)
- références mémoire : **ds** (data)
- opération sur la stack (`push`, `pop`) : **ss** (stack)
- opération sur les chaînes de caractères (`stos`, `movs`) : **es**

On peut surcharger ces valeurs.

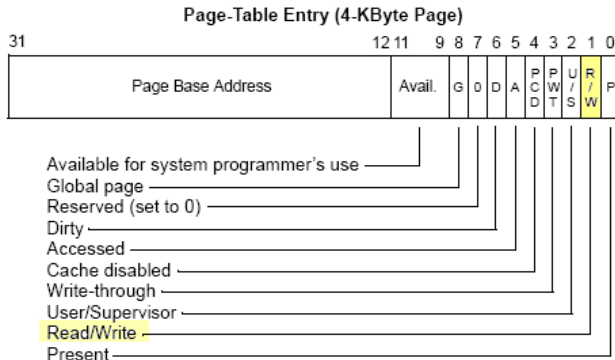
Paging Unit

- Unité hardware qui traduit une adresse linéaire en adresse physique.
- Fonction principale : isoler les processus entre eux.
 - ▶ Il s'agit du principal mécanisme de protection mémoire.
- Performance : les adresses linéaires sont groupées en blocs d'adresses physiques contigües (4Ko).

Page Table

- Structure (en mémoire) qui maintient le mapping entre adresses physiques et adresses linéaires.
- Elle contient des **Page Table Entries** (PTE).
- Son adresse physique est stockée dans le registre `cr3`.

Traduction d'adresse - Pagination - Hardware



- **Present** flag : la page est en RAM
- **Read / Write** flag : droit RW / RO (pas de eXecute !)
- **User / Supervisor** flag : niveau de privilège requis
 - ▶ User : peut toujours être adressée
 - ▶ Supervisor : peut être adressée uniquement si **CPL < 3**

- **Note :**

- ▶ Uniquement 2 niveaux de privilèges (User et Supervisor).
- ▶ Uniquement 2 types d'accès : lecture seule ou lecture / écriture (!)
- ▶ Processeurs récents : **bit NX** (No eXecute) ou **XD** (eXecute Disable).
 - ★ On parle de **RO+X** et **RW+NX**.

Changement de ring et segmentation

- Le code user-land ne peut absolument pas agir sur “l’extérieur” :
 - ▶ Ouvrir des fichiers, envoyer des paquets réseaux, ...
- Il faut changer de ring : passer de 3 à 0.
- L’architecture x86 fournit plusieurs méthodes. Voici les plus utilisés :
 - ▶ Appel direct : *far jump* et *call*
 - ▶ Appel système (utilise l’instruction **sysenter**, **syscall** ou **int 0x80**)
 - ▶ Interruption matérielle ou logicielle

Interruptions et exceptions

- **Interruptions** : asynchrones, déclenchées par le hardware
 - ▶ Clavier, souris, ...
- **Exceptions** : synchrones, déclenchées par le software
 - ▶ Division par 0, page fault,
 - ▶ Appel direct : instruction `int`
 - ★ `int 0x80` : appel système
 - ★ `int 0x3` : breakpoint
- Lorsqu'on rencontre une interruption/exception, le kernel prend la main.
- **Interrupt Descriptor Table**
 - ▶ On associe un nombre à chaque interruption : **vector**.
 - ▶ Le CPU utilise ce vecteur comme un index dans l'IDT.
 - ▶ Détermine la réponse du kernel associée à une interruption donnée.
 - ▶ L'adresse physique de l'IDT est stockée dans le registre **idtr**.

Segmentation et instructions réservées

Certaines instructions ne sont accessibles qu'en kernel-land ($CPL = 0$) :

- `lldt`, `lgdt`, `lidt` : modifier la LDT / GDT / IDT
- manipulation des **control registers** (`cr0`, ..., `cr4`)
- `vmcall`, `vmlaunch`, ...

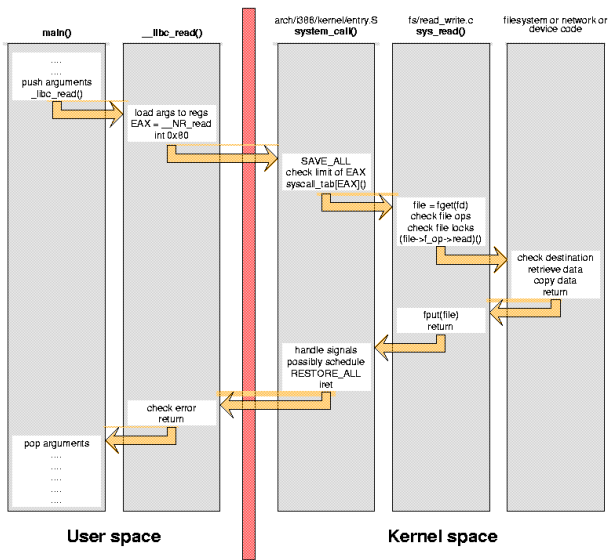
Appel système

Appel système (syscall)

Point d'entrée dans le kernel, permettant à un processus de demander au kernel de faire une action à sa place

- Les appels systèmes changent l'état d'exécution du CPU (usermode \Rightarrow kernelmode)
- Ils sont identifiés par un nombre (*syscall number*), voir `/usr/include/asm/unistd_32.h`
- Ils ont une liste d'arguments, qui permettent de passer des données depuis l'user-land vers le kernel-land
- <http://syscalls.kernelgrok.com/>
- En assembleur :
 - ▶ Ancienne méthode : `int 0x80`
 - ▶ Nouvelle méthode : `sysenter`
 - ★ `syscall` pour les CPU x86_64.

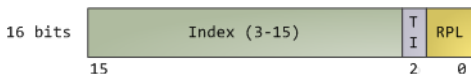
Appel système



www.linux.it/~rubini/

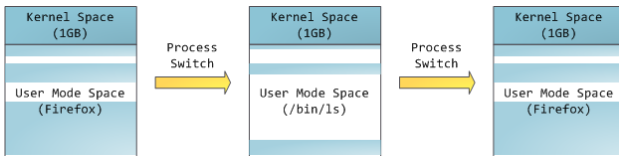
Récapitulatif - La segmentation

- Mécanisme de traduction d'une **adresse logique** (*seg :off*) en **adresse virtuelle** (*vaddr*).
- Les **registres de segment** contiennent des **sélecteurs de segments**, ainsi que le **niveau de privilège** du segment associé.
- Les **descripteurs de segments** contiennent l'adresse de base, ainsi que le **niveau de privilège** requis pour accéder au segment (ce niveau DPL est comparé au RPL/CPL pour déterminer si l'accès est autorisé).



Récapitulatif - La pagination

- Mécanisme de traduction d'une **adresse virtuelle** en **adresse physique**.
- **Page** : bloc continu d'adresses physiques (4 Ko).
- Permissions : R/W, U/S, NX.
- Process user-land en ring 3, ne peuvent accéder aux adresses du kernel car celles-ci ont le flag **S** fixé dans leur **Page Table Entry**.



duartes.org/gustavo/blog/



Références

- Cours de Sécurité OS, Télécom ParisTech 2010, Ryad Benadjila
- *A Guide To Kernel Exploitation*, Enrico Perla, Massimiliano Oldani
- *IA-32 Intel Architecture*,
<http://www.intel.com/products/processor/manuals/>
- *The Linux Programming Interface*, Michael Kerrisk
- <http://blog.ksplice.com/2010/03/null-pointers-part-i/>, Nelson Elhage
- <http://duartes.org/gustavo/blog/post/memory-translation-and-segmentation>, Gustavo Duarte
- <http://grsecurity.net/~spender/uderef.txt>, Brad Spengler
- <http://esec-lab.sogeti.com/post/2011/07/05/Linux-syscall-ABI>

Sécurité des utilisateurs - Linux

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Introduction

- Deux grands sujets :
 - ▶ **Cloisonnement** des processus et des fichiers opérés par le noyau : contrôle de l'accès des utilisateurs aux ressources.
 - ▶ **Authentification** des utilisateurs au système.
- Jusqu'à maintenant : notions communes à Linux et Windows
 - ▶ user-land / kernel-land, processus, mémoire virtuelle.
- Linux et Windows gère la sécurité des utilisateurs différemment.
 - ▶ Dans cette partie : Linux
 - ▶ Dans la partie suivante : Windows

Systèmes multi-utilisateurs

- Plusieurs utilisateurs peuvent utiliser le système *en même temps*.
 - ▶ Authentification : de quel utilisateur s'agit-il ?
 - ▶ Cloisonner les données : un utilisateur ne doit pas pouvoir lire / modifier les données d'un autre (sauf si on lui donne la permission).
 - ▶ Gérer les niveaux de privilèges des utilisateurs.
 - ▶ Gérer des groupes d'utilisateurs.

Le super-utilisateur

- Utilisateur possédant le niveau de privilèges le plus élevé
 - ▶ Linux : **root**
 - ▶ Windows : **Administrateur**
- *Attention* : ne pas confondre avec les privilèges au sens CPU (rings).
 - ▶ Dans le noyau (i.e en ring 0) : pas de notion d'utilisateurs.
 - ▶ Même espace mémoire, pas de cloisonnement.
 - ▶ Processus lancés en user-land par le super-utilisateur restent sous le contrôle du noyau.
- Il peut en revanche faire exécuter facilement du code par le noyau (contrairement aux utilisateurs "normaux").
 - ▶ Installation de drivers (`insmod`).

Utilisateurs et groupes

- Sous Linux : notions d'**utilisateurs** et de **groupes**.
- Chaque user a un **uid**, chaque groupe a un **gid**.
- Liste des users et de leur uid : `/etc/passwd`
- Liste des groupes et de leur gid : `/etc/group`

```
lp:x:7:daemon,manu
wheel:x:10:root,manu
network:x:90:manu
audio:x:92:manu,mpd
users:x:100:manu,mpd
vboxusers:x:108:manu
android:x:420:manu
```

`group_name:password:GID:user_list`

Utilisateurs et groupes - /etc/passwd

Format

`login:password:UID:GID:comment:home:shell`

Extrait

```
root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
http:x:33:33:http:/srv/http:/bin/false
manu:x:1000:1000::/home/manu:/bin/zsh
```

Système de fichiers

- Linux est orienté fichiers : presque toutes les ressources sont accessibles à travers des lectures / écritures dans des fichiers :
 - ▶ Périphériques physiques (clés USB, ...) : `/dev`
 - ▶ Processus et mémoire virtuelle : `/proc`
 - ▶ Mémoire physique : `/dev/mem`, `/proc/kcore`
 - ▶ Mémoire virtuelle du noyau : `/dev/kmem`
 - ▶ Configuration du noyau : `/proc/sys/kernel`
 - ▶ Logs : `/var/log`
 - ▶ Configuration : `/etc`
- Gérer les droits d'accès aux fichiers revient à gérer les droits d'accès des utilisateurs et de leur processus associés aux ressources.

Discretionary Access Control

- Contrôle d'accès de type DAC : les droits accès à une ressource sont fixés par le propriétaire de la ressource.
- Différent du **Mandatory Access Control** (MAC) : une seule autorité décide des droits d'accès.
- DAC avec super-utilisateur : *root* peut modifier les droits de tous les fichiers (même ceux des autres).
- Le système de fichier implémente un **Access Control List** (ACL) limité : les droits *RWX-UGO*.

Les droits RWX-UGO

```
$ ls -l MMU.tex
-rw-rw-r-- 1 manu manu 9020 Apr  5 07:19 MMU.tex
$ ls -ld picts/
drwxrwxr-x 2 manu manu 4096 Mar 24 13:59 picts/
$ ls -l /dev/sda1
brw-rw---- 1 root disk 8, 1 Apr  5 06:56 /dev/sda1
$ ls -l /dev/tty0
crw--w---- 1 manu manu 4, 0 Apr  5 06:56 /dev/tty0
$ ls -l ~/bin/ida
lrwxrwxrwx 1 manu manu 26 Feb 17 13:22 ~/bin/ida -> ~/ida/ida6.0/idaq
```

- **Type** : - = fichier, d = directory, b = block device, c = character device, l = link
- **Droits Utilisateur** : Read, Write, eXecute
- **Droits Groupe**
- **Droits Other**

Les droits RWX-UGO

- On peut aussi exprimer les droits en base octale :
 - ▶ R=4, W=2, X=1
 - ▶ 777 = `rw-rw-rwx`
 - ▶ 755 = `rw-r-xr-x`
 - ▶ 600 = `rw----`
- *chmod* / *chown* : changement de droits / propriétaire

```
$ ls -l test
-rw-rw-r-- 1 manu manu 0 Apr  5 08:39 test
$ chmod u+x test
$ ls -l test
-rwxrw-r-- 1 manu manu 0 Apr  5 08:39 test
$ chmod ug-r,o+x test
$ ls -l test
--wx-w-r-x 1 manu manu 0 Apr  5 08:39 test
$ chown http:wheel test
$ ls -l test
--wx-w-r-x 1 http wheel 0 Apr  5 08:39 test
```

Les droits RWX-UGO

- Les droits RWX ne signifient pas la même chose suivant s'il s'agit de fichiers ou répertoire.
- Read :
 - ▶ Fichier : **lire** le contenu
 - ▶ Répertoire : **lister** le contenu
- Write :
 - ▶ Fichier : **écrire** dans le fichier
 - ▶ Répertoire : **ajouter** / **supprimer** des fichiers répertoires
- eXecute :
 - ▶ Fichier : **exécuter** le fichier
 - ▶ Répertoire : **parcourir** le répertoire

Les droits RWX-UGO et processus

- Quand un user *uid* exécute un fichier, le processus a le droit *uid*.
- Certains fichiers doivent pouvoir être lancés par tous les utilisateurs et avoir les droits root.
 - ▶ Ex : `passwd` sert à changer de mot de passe, donc modifier `/etc/shadow` et `/etc/passwd`
 - ▶ Ce fichier n'est bien entendu pas modifiable par un utilisateur normal.
 - ▶ Un utilisateur normal doit pouvoir changer son mot de passe quand même.
- Il faudrait que `passwd` puisse obtenir temporairement les droits root. . .

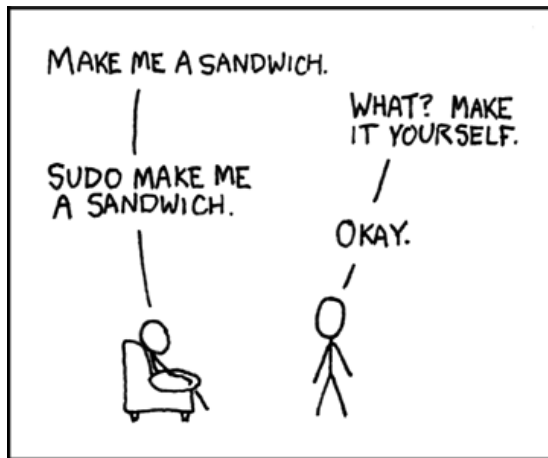
SUID et SGID

- Droits **SUID** et **SGID** : donne le privilège du *propriétaire* du fichier, quel que soit l'exécutant.
- `chmod ug+s`

```
$ ls -l /usr/bin/passwd
-rwsr-xr-x 1 root root 19704 Mar  2 22:22 /usr/bin/passwd
$ ls -l /bin/su
-r-sr-xr-x 1 root root 30274 Feb  4 23:55 /bin/su
```

- Pour un processus, on a donc :
 - ▶ *uid* : id réelle de l'utilisateur
 - ▶ *euid* : id effective du processus (i.e du propriétaire du fichier dans le cas d'un binaire SUID)
- Même chose avec GID

SUID et SGID - sudo



xkcd.com

Sticky bit

- Le nom vient d'une ancienne fonctionnalité : le programme reste en mémoire après exécution.
- Pour les dossiers : on ne peut effacer que les fichiers dont on est le propriétaire et sur lesquels on a les droits d'écriture...
 - ▶ ...et non plus tous les fichiers +w !
- Utilité : dossier /tmp
 - ▶ ugo+w (pour que tout le monde puisse écrire des fichiers temporaires)
 - ▶ On ne veut pas qu'un programme efface les fichiers des autres

```
$ ls -ld /tmp/
drwxrwxrwt 7 root root 200 Apr  5 18:01 /tmp/
$ cd /tmp/
$ touch test
$ chmod 777 test
$ su dummy
Password:
$ ls -l test
-rwxrwxrwx 1 manu manu 0 Apr  5 18:02 test
$ rm test
rm: cannot remove 'test': Operation not permitted
```

Dangers du SUID

- Il faut bien faire attention aux fichiers SUID, notamment aux droits qui leurs sont associés. . .
- Exemple : un programme SUID possède une vulnérabilité qui permet de modifier son exécution
 - ▶ L'attaquant peut exécuter du code avec les privilèges du propriétaire. . .
- *Note* : l'exploitation sera vue dans ce cours plus tard.

Principe du moindre privilège

- On ne peut pas se passer du SUID (ex : passwd).
- On ne peut garantir qu'un programme ne présente pas de vulnérabilité.
- Quelle est la solution ?

Principe du moindre privilège

- N'accorder à un processus que le privilège minimum pour qu'il fasse son travail.
- Limiter les droits d'accès aux fichiers au maximum.
- Limiter le nombre de programmes SUID.
 - ▶ `find /bin /sbin /usr/bin /usr/sbin -perm -4000` (38 sur mon système !)
- Limiter le nombre de daemons privilégiés.

Abandon temporaire de privilèges

code/suid.c

```
#define _GNU_SOURCE
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(){
    uid_t ruid, euid, suid;
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid_: %d\teuid_: %d\tsuid_: %d\n", ruid, euid, suid);
    // drop privileges
    seteuid(ruid);
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid_: %d\teuid_: %d\tsuid_: %d\n", ruid, euid, suid);
    // recuperation privileges
    seteuid(suid);
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid_: %d\teuid_: %d\tsuid_: %d\n", ruid, euid, suid);
    return 0;
}
```

Abandon temporaire de privilèges

```
$ ls -l mysuid
-rwsrwxr-x 1 root root 4886 Apr 10 19:27 mysuid
$ ./mysuid
ruid : 1000 euid : 0      suid : 0
ruid : 1000 euid : 1000 suid : 0
ruid : 1000 euid : 0      suid : 0
```

Abandon définitif de privilèges

- En cas de faille permettant d'exécuter du code : `setuid(0)`
 - ▶ L'attaquant devient root quand même !
- **setuid** : abandon définitif (affecte ruid, euid **et** suid)

```
$ ls -l mysuid2
-rwsrwxr-x 1 root root 4973 Apr 10 19:32 mysuid2
$ ./mysuid2
ruid : 1000 euid : 0      suid : 0
ruid : 1000 euid : 1000 suid : 1000
ruid : 1000 euid : 1000 suid : 1000
```


Abandon définitif de privilèges

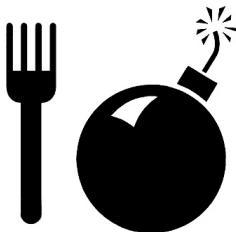
code/suid2.c

```
#define _GNU_SOURCE
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(){
    uid_t ruid, euid, suid;
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid:_%d\teuid:_%d\tsuid:_%d\n", ruid, euid, suid);
    // drop définitif privileges
    setuid(ruid);
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid:_%d\teuid:_%d\tsuid:_%d\n", ruid, euid, suid);
    // verification privileges
    seteuid(suid);
    getresuid(&ruid, &euid, &suid);
    printf("ruid:_%d\teuid:_%d\tsuid:_%d\n", ruid, euid, suid);
    return 0;
}
```

Politique de gestion des ressources

- On ne peut pas toujours faire confiance aux utilisateurs...
 - ▶ Fork bomb : `:() { : | :& }; :`
 - ▶ Un volontaire ? :-)
- Il faut appliquer une politique de gestion des ressources.



- **ulimit** : user limits
- Configuré dans `/etc/security/limits.conf` .

```
$ ulimit -a
-t: cpu time (seconds)          unlimited
-f: file size (blocks)          unlimited
-d: data seg size (kbytes)      unlimited
-s: stack size (kbytes)         8192
-c: core file size (blocks)     unlimited
-m: resident set size (kbytes)  unlimited
-u: processes                   27862
-n: file descriptors            1024
-l: locked-in-memory size (kb)  40000
-v: address space (kb)          unlimited
-x: file locks                  unlimited
-i: pending signals             27862
-q: bytes in POSIX msg queues   819200
-e: max nice                     30
-r: max rt priority             65
```

- **quota** : gestion de l'utilisation maximale du disque.
- `man 2 quotactl`
- Peuvent être définis par utilisateurs ou par groupes.
- Limitations au montage des disques (`/etc/fstab`) :
 - ▶ Pas d'exécution : **noexec** (`/tmp` !)
 - ▶ Hélas, certaines applications mal codées cesseront de fonctionner...

chroot et jail

- *chroot* : permet de changer la racine “/” d’un processus.
- Permet d’enfermer les utilisateurs :
 - ▶ Fichiers visibles, programmes qu’ils peuvent exécuter.
- Inutile si on exploite une faille pour passer root : il est alors trivial de sortir.
- `man 1 chroot`; `man 2 chroot`
- *jail* : sous BSD. Plus complet que *chroot*.

Authentification des utilisateurs - Historique

- Autrefois :

- ▶ `/etc/passwd` contient les mots de passe des utilisateurs.
- ▶ `/bin/login` tourne en root sur tous les terminaux.
- ▶ Un utilisateur donne son username et son mot de passe, `login` le vérifie et lance un shell avec les droits correspondants.

Authentification des utilisateurs - Méthode actuelle

- Si les mots de passe sont en clair, on peut les récupérer *offline*
 - ▶ Toujours avoir une clé USB bootable sur soi !
- On utilise la cryptographie pour les protéger : c'est le *hash* des mots de passe qui est stocké.
- On rajoute aussi un **salt** : pour éviter les pré-calculs.

Authentification des utilisateurs - /etc/shadow

Format

login:hashed password:**last changed**:min age:max age:
warning period:**inactivity period**:**expiration**

Exemple

dummy:\$1\$j2ZPpRpR\$mRHvqfdFfXQAVILenkgtT.:14875:0:99999:7::

Cela ne signifie pas que le mot de passe est sûr...

```
$ sudo john --users=dummy /etc/shadow
Created directory: /root/.john
Loaded 1 password hash (FreeBSD MD5 [32/32])
dummydummy          (dummy)
guesses: 1   time: 0:00:00:00 100.00% (1) (ETA: Tue Apr  5 19:32:24 2011)  c/s: 6
trying: dummydummy
```


Méthodes de hashage

Format

- \$id\$salt\$hash
- **dummy**:\$1\$j2ZPpRpR\$mRHvqfdFfXQAVILenkgtT.:14875:0:99999:7::

Algorithmes

- Par défaut : DES
- \$1\$: MD5
- \$2a\$: Blowfish
- \$5\$: SHA-256
- \$6\$: SHA-512

Quelques chiffres

```
$ ./john --test --format=crypt
Benchmarking: generic crypt(3) DES [?/64]... DONE
Many salts:275232 c/s real, 275232 c/s virtual

$ ./john --test --format=md5
Benchmarking: FreeBSD MD5 [SSE2i 12x]... DONE
Raw:30252 c/s real, 30252 c/s virtual

./john --test --format=raw-sha512
Benchmarking: Raw SHA-512 [64/64]... DONE
Raw:1530K c/s real, 1546K c/s virtual

$ ./john --test --format=xsha512
Benchmarking: Mac OS X 10.7+ salted SHA-512 [64/64]... DONE
Many salts:1545 K c/s real, 1561K c/s virtual

$ ./john --test --format=cryptsha512
Benchmarking: crypt SHA-512 rounds=5000 [OpenSSL 64/64]... DONE
Raw:297 c/s real, 297 c /s virtual
```

Authentification des utilisateurs - PAM

- Il faut factoriser les méthodes d'authentification.
 - ▶ Sinon tous les programmes qui ont besoin d'authentifier les utilisateurs doivent les re-implémenter...
 - ▶ ssh, ftp, telnet, login, ...
- **Pluggable Authentication Module** : brique logicielle centralisant toutes les méthodes d'authentification.
- Configurable dans `/etc/pam.d` , chaque service peut être configuré séparément.

```
$ ls /etc/pam.d
chage chfn chgpasswd chpasswd chsh cups groupadd
groupdel groupmems groupmod login newusers other
passwd polkit-1 postgresql samba screen shadow
slim sshd su sudo useradd userdel usermod xscreensaver
```

Authentification des utilisateurs - PAM

- type control module args
 - ▶ **type** : account (date / heure, ressources utilisées), auth (authentification d'utilisateurs).
 - ▶ **control** : que faire si le module échoue (**required** : on passe au module suivant, **requisite** : on quitte).

/etc/pam.d/su

```
#!/PAM-1.0
auth          sufficient      pam_rootok.so
# Uncomment the following line to implicitly trust users in the "wheel" group.
#auth         sufficient      pam_wheel.so trust use_uid
# Uncomment the following line to require a user to be in the "wheel" group.
#auth         required        pam_wheel.so use_uid
auth          required        pam_unix.so
account       required        pam_unix.so
session       required        pam_unix.so
```

Les capabilities

- Problème : l'utilisateur root peut tout faire...
- La gestion des droits n'est pas assez fine.
- Linux 2.2 : introduction des *capabilities* :
 - ▶ Division des droits root en plusieurs unités.
 - ▶ *CAP_CHOWN* : changer les droits d'accès de fichiers avec `chmod`
 - ▶ *CAP_MKNOD* : créer des devices avec `mknod`
 - ▶ *CAP_NET_RAW* : utiliser des raw sockets
 - ▶ *CAP_SYS_MODULE* : charger des modules (i.e du code kernel)
 - ▶ *CAP_SYS_PTRACE* : debugger un autre processus

Capabilités des processus

Chaque processus possède 3 ensembles de capacités :

- *Permitted*
 - ▶ Ensemble maximum des capacités qu'un processus peut avoir.
 - ▶ Lorsqu'on acquiert une capability, c'est cet ensemble qu'on regarde.
 - ▶ Abandonner une capability dans cet ensemble est définitif.
- *Effective*
 - ▶ Ensemble des capacités courant.
 - ▶ Lors d'une vérification de permission, c'est cet ensemble qu'on regarde.
 - ▶ Analogie : real UID et effective UID.
- *Inheritable*
 - ▶ Ensemble des capacités transmissible à l'ensemble *permitted* lors d'un exec.
- `grep Cap /proc/PID/status`

Capabilités des fichiers

À chaque fichier on peut associer 3 ensembles similaires de capabilités.

Exemple : CAP_CHOWN

fs/attr.c

```
int inode_change_ok(const struct inode *inode, struct iattr *attr)
{
    // ...

    /* Make sure a caller can chown. */
    if ((ia_valid & ATTR_UID) &&
        (current_fsuid() != inode->i_uid ||
         attr->ia_uid != inode->i_uid) && !capable(CAP_CHOWN))
        goto error;
```


Exemple : CAP_SYS_PTRACE

kernel/ptrace.c

```
int __ptrace_may_access(struct task_struct *task, unsigned int mode)
{
    const struct cred *cred = current_cred(), *tcred;

    tcred = __task_cred(task);
    if ((cred->uid != tcred->euid ||
        cred->uid != tcred->suid ||
        cred->uid != tcred->uid ||
        cred->gid != tcred->egid ||
        cred->gid != tcred->sgid ||
        cred->gid != tcred->gid) &&
        !capable(CAP_SYS_PTRACE)) {
        rcu_read_unlock();
        return -EPERM;
    }
}
```

Références

- Cours de Sécurité OS, Télécom ParisTech 2010, Ryad Benadjila
- man !

Sécurité des utilisateurs - Windows

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Description générale

- Séparation des privilèges par des droits et des groupes
- L'utilisateur ayant les pleins pouvoirs est le compte Administrateur (équivalent de root sous Unix)
- Windows utilise un DAC avec override du super utilisateur comme sous Unix
- Le DACL (Discretionary Access Control List) contient des ACEs (Access Control Entries)

Composants du système de sécurité

- **Security reference monitor (SRM)** : Composant qui définit une structure de données pour l'accès au token représentant un contexte de sécurité, effectue des vérifications de sécurité sur les objets, manipule les privilèges et génère des messages. (*ntoskrnl.exe*)
- **Local security authority subsystem (lsass)** : Un processus utilisateur s'occupant de la politique de sécurité locale définie dans le registre sous HKLM\SECURITY (accès aux sessions, mots de passe), l'authentification des utilisateurs et de l'envoi des messages au gestionnaire d'évènements. (*lsass.exe*)
- **Security Accounts Manager (SAM)** : Un ensemble de routines permettant d'accéder et de modifier la base de données contenant les noms d'utilisateurs et les groupes contenus dans la base de registre HKLM\SAM. (dans le processus lsass)

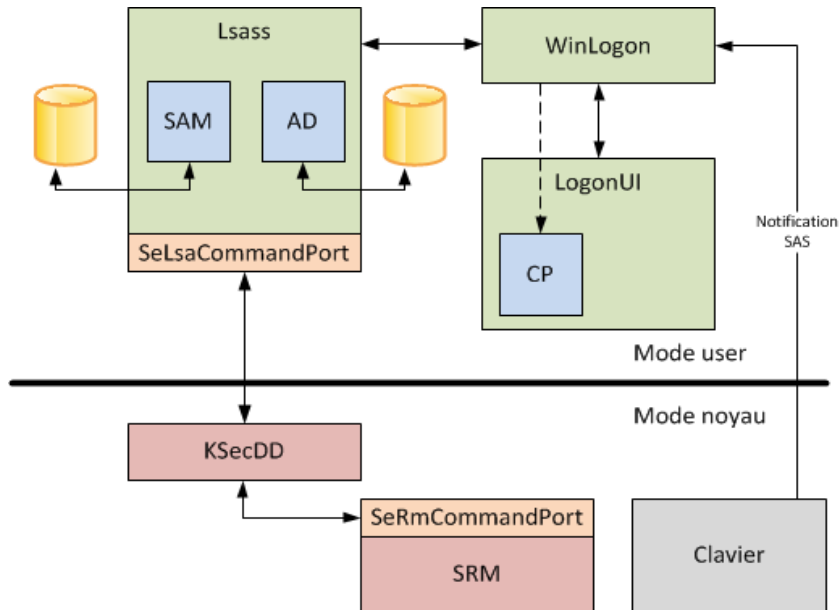
Composants du système de sécurité

- **Active Directory** : Un répertoire de services contenant une base de données qui détient les informations des objets propres à un domaine. Un domaine est un ensemble de machines et des groupes de sécurité associés. Ce répertoire est dupliqué sur l'ensemble des machines du qui contrôlent le domaine. Implémenté dans le processus de lsass.
- **Win logon** : Un processus utilisateur qui gère l'authentification des sessions interactives. Il crée une interface utilisateur à chaque fois qu'un utilisateur se connecte. Il récupère les informations d'identification d'un utilisateur (le login, les certificats sur une carte à puce) via les objets COM Credential Providers.
- **Logon user interface** : Une interface qui permet aux utilisateurs de s'identifier en sollicitant les fournisseurs de credentials. (*logonui.exe*)

Composants du système de sécurité

- **Credential Providers** : Objets COM tournant dans le processus LogonUI fournissant les noms d'utilisateurs, les mots de passe, les codes PIN et autres données biométriques. (*System32\authui.dll*)
- **Network logon service** : Un service windows qui met en place un canal sécurisé vers un contrôleur de domaine via lequel sont envoyés des requêtes sécurisées
- **Kernel Security Device Driver (KSecDD)** : Une bibliothèque noyau implémentant des fonctions de LPC (local procedure call) utilisée lors de la communication avec lsass. (*Ksecdd.sys*)

Intéractions



Exemple d'interactions

SRM (Noyau)

Crée un port ALPC (*Advanced Local Procedure Call*) au lancement :
SeRmCommandPort

Lsass (User)

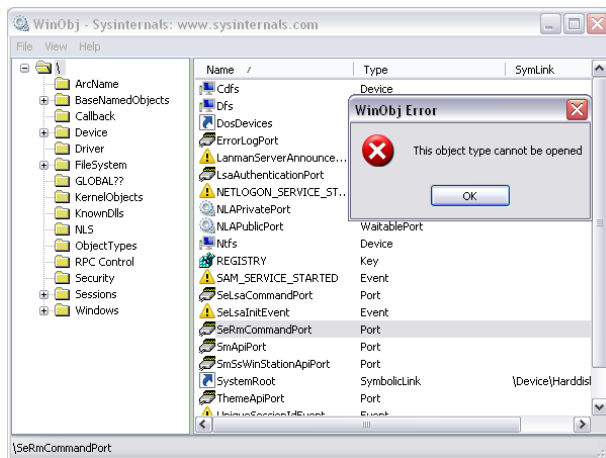
Crée un port ALPC au lancement : SeLsaCommandPort
Le SRM s'y connecte et crée une zone mémoire partagée

Fin d'échange

Les deux ports ne sont plus en écoute

Affichage processus

Démo : ALPC avec winobj.exe



La notion d'objet

- Chaque élément présent dans l'OS est considéré comme un objet
 - ▶ Process, Thread
 - ▶ Clefs de registre
 - ▶ Fichier
 - ▶ Ports de communication, mutexes...

Structure d'un objet

- Nom (permet de résoudre un handle)
- Répertoire
- Sécurité : droits d'accès, utilisation et suppression
- Quota
- Compteur de références
- Liste d'objets ayant référencé cet objet
- Type

La notion de handle

- Référence OS fournie à un processus lorsqu'il ouvre un objet (équivalent d'un PID mais pour les objets en général)
- Permet des référencements rapides sans résolution des noms à la volée
- La politique de sécurité Windows repose sur l'obtention/utilisation de handles sur les objets
 - ▶ Un thread veut utiliser une certaine ressource, un fichier par exemple
 - ▶ Il va demander au noyau via le gestionnaire d'objets un handle sur cet objet par son nom
 - ▶ Le noyau vérifie si le thread a les droits nécessaires, et fournit le handle
- Même vérification à l'utilisation du handle après son ouverture

Protéger les objets

- L'architecture du noyau Windows est basée 3 types d'objets distincts
 - ▶ **Executive objects** Des objets servant de primitives à la construction d'objets
 - ▶ **Kernel objects** Des objets noyau internes au fonctionnement de celui-ci. Les executives objects en encapsulent
 - ▶ **GDI/User objects** Des objets créés par l'utilisateur
- Exemples d'executive objects
 - ▶ Process
 - ▶ Thread
 - ▶ Tokens
 - ▶ Fichier

Remarque

Le gestionnaire d'objets joue un rôle clef dans la sécurité des objets car les objets exportés côté utilisateur sont implémentés comme des objets côté noyau

Accès aux objets

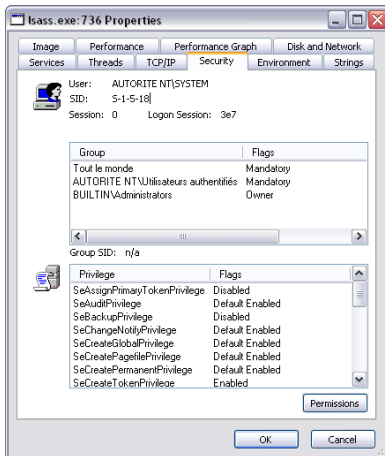
- Lorsqu'un processus veut accéder à un objet, le manager vérifie que l'identifiant de sécurité de l'appellant est bel et bien autorisé à récupérer un handle
- Cependant, les threads peuvent avoir accès à un contexte de sécurité différent via le mécanisme d'impersonation
- Le manager appelle le *SRM* afin de valider l'accès au handle demandé

La notion de SID

- Le SID est l'élément de base d'identification d'une entité : utilisateurs, groupes, machines, domaines
- Les noms ne sont pas forcément uniques !
- Format : SID :S-1-5-21-domain-501
 - ▶ Numéro de révision
 - ▶ Identifier authority value (48 bits)
 - ▶ Une ou plusieurs Subauthorities (32 bits)
 - ▶ Un ou plusieurs Relative Identifier (RID)
- Les RID servent à différencier les utilisateurs d'une même machine et d'un même domaine :
 - ▶ Utilisateurs, machines et domaine ont le même IA, mais se différencient par leur RID

Exemple SID

Démo : SID avec process explorer.exe



La notion de token

- Chaque processus et thread sous Windows se voit attribuer un objet particulier : le token
- Il est utilisé par le SRM afin d'identifier le contexte de sécurité d'un élément
- Structure d'un token
 - ▶ Privilèges (SeDebug, SeLoadDriverPrivilege, ...)
 - ▶ Les SIDs des comptes associés au processus/thread
 - ▶ DACL par défaut
 - ▶ Un token authentication ID (check modifications)
 - ▶ Niveau d'impersonation : token utilisé par les threads pour changer d'identité

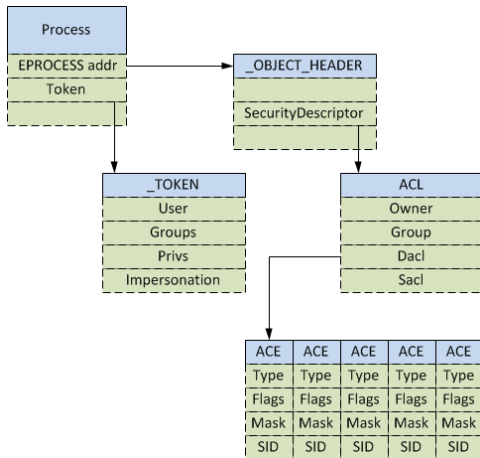
- Le processus de décision du DACL : parcours d'une liste chaînée, notion d'ordre des ACEs

La notion d'impersonation

- Permet à un processus de prendre l'identité SID/RID d'un autre utilisateur
- Ressemble à un `seteuid()` Unix
- Exemple : Service de partage de fichier : Lorsqu'un utilisateur veut supprimer un fichier, le démon fait une impersonation en local sur le serveur pour vérifier les droits
- Eviter de faire les vérification "manuellement"
- API : `RPCImpersonateClient()` en RPC
- L'impersonation, outre le changement de SID/RID, permet de changer d'autres champs du token : enlever les privilèges, marquer des SID, API `CreateRestrictedToken()`, ...

Récapitulatif

Démo : Propriétés de sécurité d'un fichier



Système de fichier et ACL

- Le système de fichiers NTFS utilise une ACL sur les fichiers et répertoires ayant les attributs suivants :
 - ▶ Parcours d'un dossier
 - ▶ Liste d'un dossier
 - ▶ Lecture de méta-données
 - ▶ Ajout de fichier
 - ▶ Ajout de répertoire
 - ▶ Ajout de données à un fichier existant
 - ▶ Modification des droits
 - ▶ Suppression
 - ▶ Lecture
 - ▶ Appropriation
 - ▶ Exécution

Mots de passe

- Comment sont stockés les mots de passe ?
- Deux algorithmes possibles : LM Hash et NTLM
 - ▶ LM Hash
 - ▶ NTLM est utilisé par défaut (avec rétrocompatibilité LM Hash) sous Vista et au delà.

Mots de passe : LM

- Deux chiffrements DES effectués sur deux fois 7 caractères : les deux demi-mdp sont utilisés pour chiffrer une chaîne constante
- Plusieurs problèmes : minuscules transformées en majuscules, DES faible \Rightarrow crack en quelques heures par bruteforce (*john*)
- Aucun “sel” n’est utilisé \Rightarrow les attaques par tables précalculées sont possibles \Rightarrow crack en quelques minutes

Mots de passe : NTLM

- Basé sur le MD4 : *hash_ntlm = MD4(password)*
- Limité à 255 caractères
- Prend en charge l'Unicode

Génération Hash NTLM

```
import hashlib,binascii
hash = hashlib.new('md4', "thisiscool".encode('utf-16le')).digest()
print binascii.hexlify(hash)
```

Exemple

Génération Hash

```
>>> import smbpasswd
>>> passwd = 'thisiscool'
>>> smbpasswd.lmhash(passwd)
'85B9118E40F913A0BB4798EF9CA65D2D'
>>> smbpasswd.nthash(passwd)
'389C1B670DED73B1E36BFEA49708D8D9'
```

● Démonstration LM Hash

● Résultats :

Cassage du hash

```
~ % echo 85B9118E40F913A0BB4798EF9CA65D2D > passwd
~ % john passwd
Loaded 4 password hashes with no different salts (LM DES [128/128 BS SSE2-16])
00L (?:2)
guesses: 1 time: 0:00:00:41 0.01% (3) c/s: 75405K trying: HFRIDD - HFRGTE
THISISC (?:1)
```

Mots de passe

- Hash de mots de passe dans la base SAM, sous format protégé
- Cracker le mot de passe suppose avoir accès aux hashes
- Protection de SAM : chiffrement DES (syskey, utilisation du RID de l'utilisateur), mais plusieurs attaques existent :
 - ▶ Récupération à chaud via injection de code dans LSASS (*pwdump2*)
 - ▶ Récupération offline en récupérant (*samdump2*) et cassant (*bkhives*)

Références

- *Windows Internals Fifth edition*, Mark E. Russinovich and David A. Solomon with Alex Ionescu
- *Cours de Sécurité OS, Télécom ParisTech 2010*, Ryad Benadjila
- *LM/NTLM Documentation* -
<http://technet.microsoft.com/en-us/library/dd277300.aspx>, Microsoft
- <http://download.sysinternals.com/files/WinObj.zip>
- <http://download.sysinternals.com/files/ProcessExplorer.zip>

Analyse de binaires : concepts et outils

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Les binaires

- Comment sont construits les binaires ?
- Comment “fonctionnent”-ils ?
- Objectif : préparer le terrain pour l’exploitation.
- Deux grands formats : **ELF** et **PE**
 - ▶ Dérivés du **Common Object File Format** (COFF)
 - ▶ Le format sur disque varie, mais la description mémoire est identique
 - ▶ Nous utiliserons ELF comme exemple !

Qu'est-ce qu'un CPU ?

Un CPU est composé de :

- Registres généraux
- Registres spéciaux
- Unités de calcul
- Flags

L'architecture x86 - 32 bits

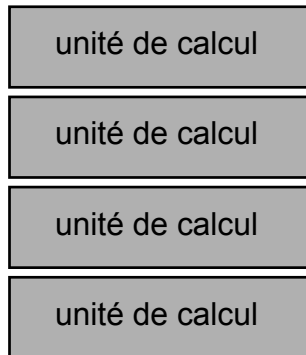
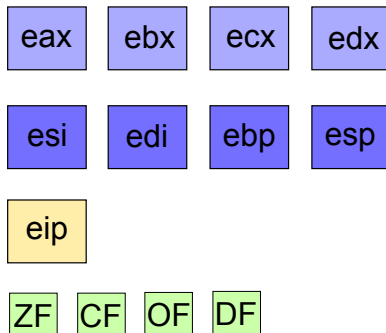
Les registres

- **eax, ebx, ecx, edx, esi, edi** : registres généraux
- **eip** : compteur programme
- **esp, ebp** : indiquent la base et le sommet de la pile
- registres de segment, registres de controle, registres de calcul en virgule flottante. . .

Les Flags

- **ZF** : Zero Flag
- **CF** : Carry Flag
- **OF** : Overflow Flag
- **DF** : Direction Flag

L'architecture x86 - 32 bits



Les registres x86 - 32 bits

- **eax** : accumulateur
 - ▶ Registre préféré pour les opérations de base (*add, xor, mul, and, or*).
 - ▶ Valeur de retour : `return 1;` \Rightarrow `eax = 1`
- **edx** : données
 - ▶ Extension de l'accumulateur pour les calculs (*e.g : pour calcul sur 64 bits, on utilise eax et edx*).
- **ecx** : compteur
 - ▶ Il s'agit du *i* dans `for (i=0; i<10; i++)` .
- **esi, edi** : source et destination
 - ▶ Toute boucle qui crée / lit des données en mémoire utilise 2 pointeurs qui parcourent ces données : esi et edi.
- **ebp, esp** : bas et haut de la pile
- **ebx** : base

Les registres x86

On peut aussi accéder à des sous-parties d'un registre.

32	24	16	8
eax			
		ax	
		ah	al

Assembleur x86 - Les syntaxes

Syntaxe AT&T

- Utilisée sous Windows et UNIX.
- **Ordre des opérandes :**
`movl src, dest`
- **Préfixes :**
`movl $0x1, %eax`
- **Adresses :**
`movl (%ebx,%ecx,4), %eax`

Syntaxe Intel

- Dominante dans le monde Windows.
- **Ordre des opérandes :**
`mov dest, src`
- **Pas de préfixes :**
l'assembleur se débrouille !
- **Adresses :**
`mov eax, dword [ebx + ecx*4]`

Assembleur x86 - Exemple

```
main:
    mov eax, 1          ; je mets 1 dans eax
    mov ebx, 3          ; je mets 3 dans ebx
    add eax, ebx        ; eax = eax + ebx
    mov ecx, 12
    cmp eax, ecx        ; je compare eax et ecx
                        ; si eax>ecx, ZF=0
                        ; si eax<=ecx, ZF=1
    jle function2       ; je saute en function1 si ZF=1

function1:
    push 0x42           ; je mets 0x42 sur la pile
    ; ...
    pop eax             ; je mets la valeur sur le haut de la
                        ; pile dans eax
    ; ...

function2:
    push 0x0            ; je mets 0 sur la pile
    ; ...
    pop eax             ; ...
    ; ...
```

Endianisme ou Boutisme

Ordre des octets en mémoire.

- L'entier **0x08048320** sera représenté par :
 - ▶ 08 04 83 20 sur une architecture **big endian** (ou *gros-boutiste*).
 - ▶ 20 83 04 08 sur une architecture **little endian** (ou *petit-boutiste*).

L'architecture x86 est **little endian**.

Familles de langages

- Langages **compilés** : C, C++, Pascal, Fortran, ...
- Langages **interprétés** : Python, Perl, Ruby, ...
- Langages **semi-interprétés** : Java, VB, C#, ...

Note : on parle ici de famille par rapport à la compilation et pas par rapport au paradigme (comme les langages orientés objet, impératifs, déclaratifs, ...)

Les différentes familles

Langages compilés

- Un compilateur prend en entrée un fichier texte et produit un fichier binaire (code source vers langage machine).

Langages interprétés

- Le code source est traduit en code machine par un programme spécifique (l'interpréteur).
- Ce programme doit être installé sur chaque machine destinée à exécuter le programme.

Langages semi-interprétés

- Un compilateur traduit le code source en langage assembleur spécifique (le bytecode), indépendant du processeur.
- Ce bytecode est exécuté par un autre programme..

Les différentes familles

Langages compilés

- Le binaire produit est spécifique au CPU et à l'OS.
- La meilleure solution si on cherche la performance.

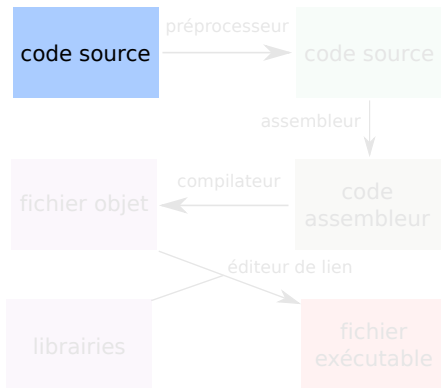
Langages interprétés

- L'interpréteur est spécifique au CPU et à l'OS.
- Le code source est indépendant de la plateforme.
- *"Write once, run everywhere."*

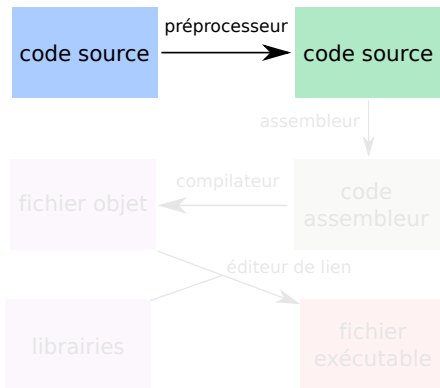
Langages semi-interprétés

- La machine-virtuelle est spécifique au CPU et à l'OS.
- Le compilateur et le code source sont indépendants de la plateforme (i.e ils produisent le même bytecode).

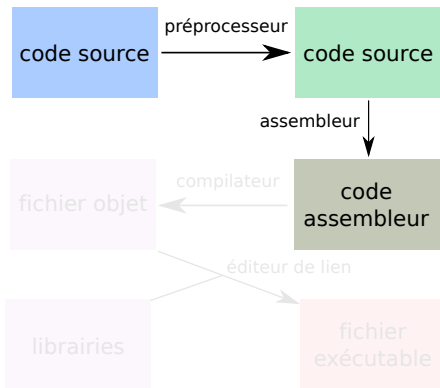
Les étapes de la compilation



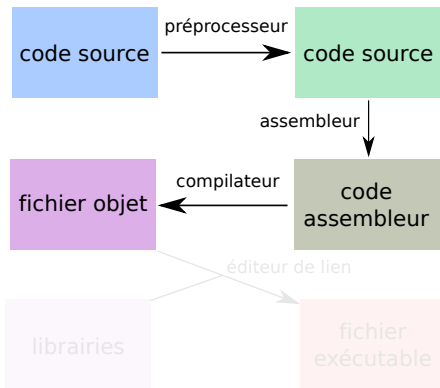
Les étapes de la compilation



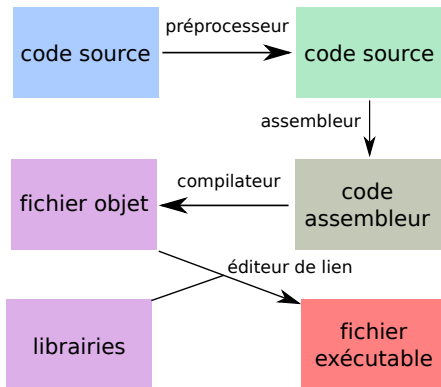
Les étapes de la compilation



Les étapes de la compilation



Les étapes de la compilation



Les fichiers exécutables

Un fichier exécutable est composé de :

- **en-tête** (*header*) : contient les informations sur le fichier
 - ▶ point d'entrée (*entrypoint*)
 - ▶ imports : fonctions extérieures dont le programme a besoin
 - ▶ ...
- **code** : instructions que le processeur va exécuter
- **données** :
 - ▶ initialisées (strings à afficher, URLs, ...) et non-initialisées (valeur que l'utilisateur va devoir rentrer, date à laquelle le programme est lancé)
 - ▶ globale au programme ou locale (à l'intérieur d'une fonction)

Les étapes de la compilation

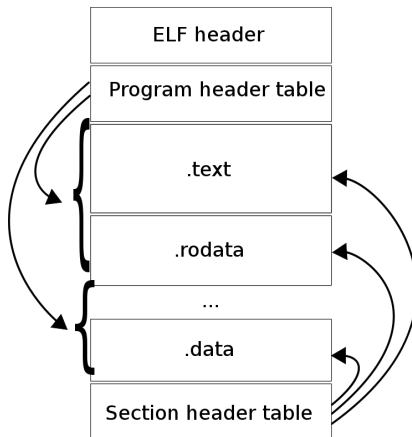
Definition (Executable and Linkable Format (ELF))

Format de fichier pour les **exécutables**, les **librairies** et les **fichiers objets**, utilisé notamment sous Linux.

Petite démonstration, utilisant quelques outils :

- **file** : détermine le type d'un fichier
- **gcc** : GNU Compiler Collection
- **objdump** : manipule les fichiers objets et exécutables
- **hexedit** : éditeur hexadécimal

Le format ELF - sur disque



Le format ELF - sur disque

ELF Header

Donne les **informations** sur le binaire (type, position de la SHT / PHT).

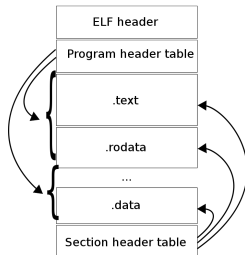
Section Header Table

Décrit les **sections** du binaire :

- *.text* : code exécutable
- *.data*, *.rodata* : données initialisées
- *.bss* : données non-initialisées

Program Header Table

Décrit l'agencement du programme en mémoire (**segments**).



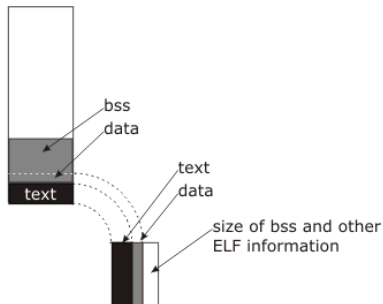
Le format ELF - sur disque

Nouvelle démonstration, nouveaux outils :

- **strings** : recherche les chaînes de caractères dans un fichier
- **readelf** : donne des informations sur les fichiers ELF

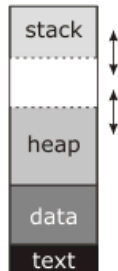
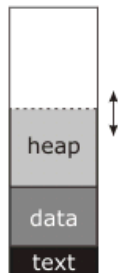
Du disque vers la mémoire

memory map

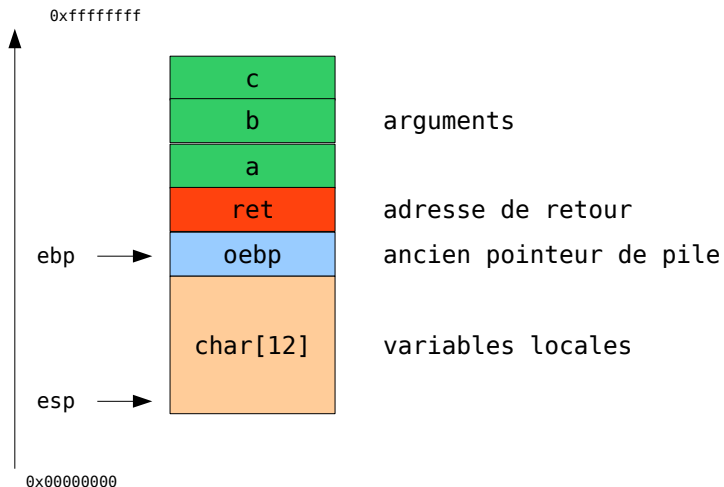


ELF file on disk

[www.ualberta.ca/CNS/RESEARCH/LinuxClusters/
mem.html](http://www.ualberta.ca/CNS/RESEARCH/LinuxClusters/mem.html)



Stackframe



Stackframe, appel de fonctions, prologue

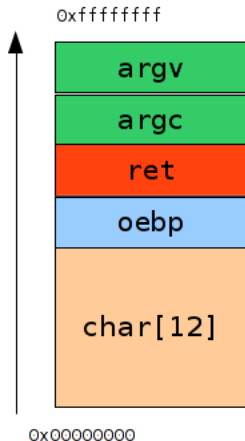
Appel

La fonction appelante pousse les **arguments** de la fonction appelée sur la **pile**. Lors de l'appel, elle sauvegarde **l'adresse de retour** sur le haut de la pile, puis transfère le contrôle à la fonction appelée.

Prologue

La fonction appelée sauvegarde le pointeur de pile (ebp) précédent et crée sa nouvelle **stackframe**. Elle alloue de l'espace sur la pile pour ses **variables locales**.

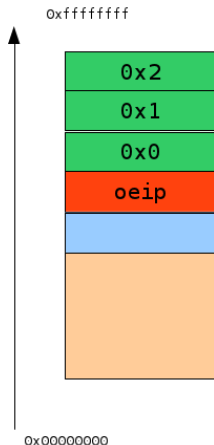
Stackframe - Fonction main



```
#include <string.h>

int main(int argc,
         char **argv)
{
    char mystr[12];
    strcpy(mystr,
           argv[1]);
    return 0;
}
```

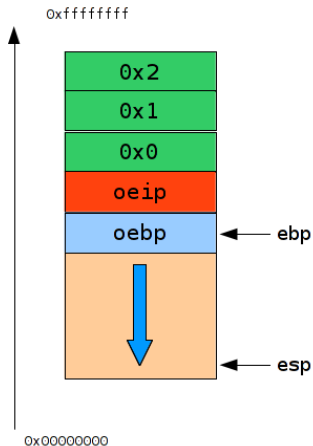
Appel de fonction - Assembleur



```
push 0x2
push 0x1
push 0x0
call fun1 ; push eip
           ; set eip = fun1

fun1:
; do stuff
```


Prologue - Assembleur



```
; prologue
    push    ebp
    mov     ebp, esp
    sub     esp, 0xc
```

Stackframe, épilogue, retour de fonctions

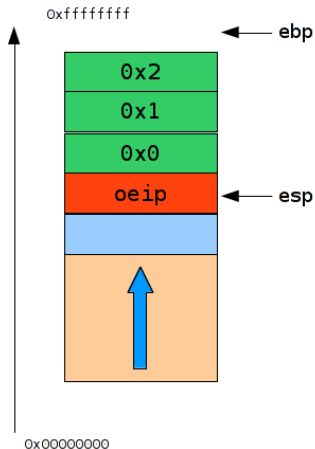
Epilogue

La fonction appelée libère l'espace alloué pour ses variables locales. Elle restaure l'ancienne stackframe.

Retour

La fonction appelée transfère le contrôle à l'adresse sur le **haut de la pile** (*i.e* l'adresse en `[esp]`). C'est l'**adresse de retour**.

Epilogue et retour - Assembleur



```
; epilogue
    add    esp, 0xc
    mov    esp, ebp
    pop    ebp
; retour
    ret    ; "pop eip"
```

Appel et retour de fonctions

Quelle est la valeur retournée par ce programme (dans eax) ?

```
BITS 32
GLOBAL _start
EXTERN _exit
SECTION .text

_start:
    xor eax, eax      ; eax = 1
    call fun1         ; appel fun1
    xor eax, eax      ; eax = 0
    push eax          ; eax sur la pile
    call _exit        ; exit(valeur sur la pile)

fun1:
    mov eax, 0x1      ; eax = 1
    ret
```

Appel et retour de fonctions

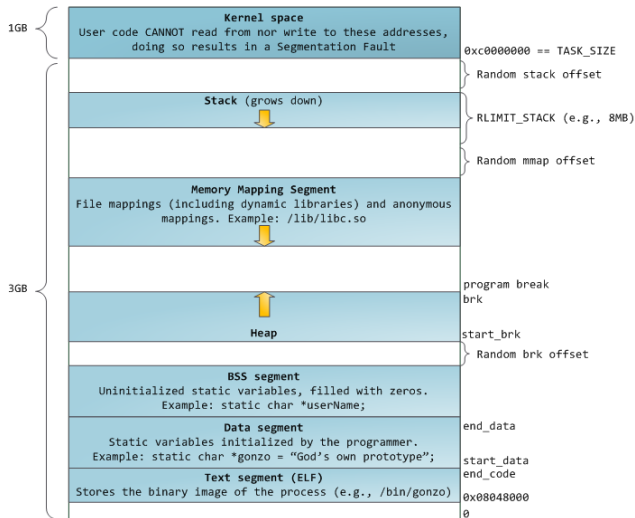
Quelle est la valeur retournée par ce programme (dans eax) ?

```
BITS 32
GLOBAL _start
EXTERN _exit
SECTION .text

_start:
    xor eax, eax           ; eax = 0
    call fun1              ; "push eip"
                           ; set eip=fun1
    xor eax, eax           ; eax = 0
                           ; "31 c0" en hexa
    push eax               ; valeur sur la pile = eax
    call _exit              ; exit avec code retour
                           ; = valeur sur la stack

fun1:
    mov eax, 0x1           ; eax = 1
    inc DWORD [esp]        ; increment valeur sur la pile
    inc DWORD [esp]        ; ==> [esp] += 2
    ret                    ; retour a l'adresse sur la pile
```

Programme en mémoire - 32 bits



duartes.org/gustavo/blog

Programme en mémoire - 32 bits

bf81d000 - bf83e000	rw-p	00000000	00:00	0	[stack]
b7833000 - b7834000	rw-p	0001c000	08:01	109784	/lib/ld-2.13.so
b7832000 - b7833000	r--p	0001b000	08:01	109784	/lib/ld-2.13.so
b7816000 - b7832000	r-xp	00000000	08:01	109784	/lib/ld-2.13.so
b7815000 - b7816000	r-xp	00000000	00:00	0	[vdso]
b7813000 - b7815000	rw-p	00000000	00:00	0	
b77e9000 - b77ec000	rw-p	00000000	00:00	0	
b77e8000 - b77e9000	rw-p	00147000	08:01	106097	/lib/libc-2.13.so
b77e6000 - b77e8000	r--p	00145000	08:01	106097	/lib/libc-2.13.so
b77e5000 - b77e6000	---p	00145000	08:01	106097	/lib/libc-2.13.so
b76a0000 - b77e5000	r-xp	00000000	08:01	106097	/lib/libc-2.13.so
b769f000 - b76a0000	rw-p	00000000	00:00	0	
b74ec000 - b769f000	r--p	00000000	08:01	675954	/usr/lib/locale/locale - archive
08def000 - 08e10000	rw-p	00000000	00:00	0	[heap]
0804e000 - 08050000	rw-p	00000000	00:00	0	
0804d000 - 0804e000	rw-p	00005000	08:01	303921	/usr/bin/tac
08048000 - 0804d000	r-xp	00000000	08:01	303921	/usr/bin/tac

Digression - L'architecture x86_64

- Deux modes d'exécution principaux :
 - ▶ Legacy : identique au x86, les extensions 64 bits sont désactivées
 - ▶ Long mode : mode natif. Dans ce mode, les applications 32 bits peuvent quand même s'exécuter non-modifiées (*compatibility mode*).
 - ★ Par exemple : jusqu'à Snow Leopard, applications 64 bits mais kernel 32 bits.
- Augmentation de la taille des registres généraux à 64 bits
 - ▶ rax, rbx, ...rbp, rbp, rsi, ...
- Ajout de 8 nouveaux registres généraux de 64 bits
 - ▶ r8, ...r15
- Bit NX présent

Digression - L'architecture x86_64

- Possible de référencer la mémoire relativement au compteur programme `rip`
 - ▶ Très intéressant pour compiler du *position independent code*
- L'espace d'adressage est de 256 To
- Convention d'appel :
 - ▶ Linux x86 : paramètres poussés sur la stack
 - ▶ Linux x86_64 :
 - ★ Paramètres de type integer passés dans `rdi`, `rsi`, `rdx`, `rcx`, `r8`, `r9`
 - ★ Paramètres de type float/double passés dans `xmm0`, ..., `xmm7`
 - ★ Le reste est poussé sur la stack

Du binaire au code source

- Le reverse-engineering consiste à retrouver un équivalent fonctionnel du code source à partir du binaire compilé.
- La compilation est une **opération à sens unique**.
 - ▶ donnée de 32 bits : pointeur, integer, float, ... ?
- Equivalence **fonctionnelle**.

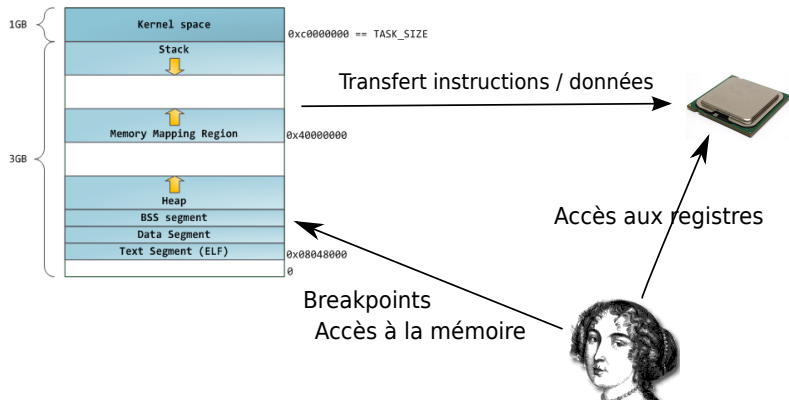
- **Analyse statique** : observer le binaire sur le disque dur
 - ▶ *Editeur hexadécimal* : étude des binaires, sans interprétation
 - ▶ *Désassembleur* : code binaire vers assembleur
 - ▶ *Décompilateur* : code binaire vers code source !
- **Analyse dynamique** : observer le binaire “en action”
 - ▶ *Debugger* : étude du binaire en mémoire
 - ▶ *Outils de monitoring* : étude de l'environnement du binaire (activité réseau, disque, ...)

Les désassembleurs

- Code machine vers assembleur
- Explorer un code assembleur facilement
- **Control Flow Graph** : reconnaître les structures classiques
 - ▶ `if then else`
 - ▶ boucles
 - ▶ switches
- **Call Graph** : quelle fonction appelle qui ?

DEMO AVEC IDA

Les debuggers



Les debuggers

- Vision dynamique du code lors de son exécution.
- Arrêter l'exécution et étudier un état précis.
- Changer les registres / la mémoire / le code.

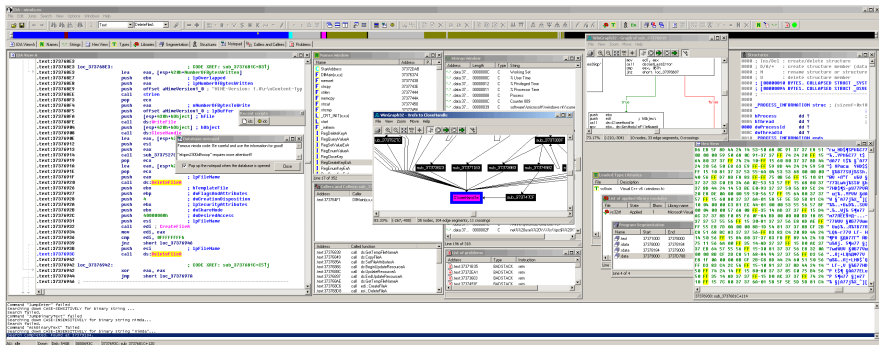
```
gdb$ break main
Breakpoint 1 at 0x80483d7
gdb$ run
```

```
EAX: 0xBFFFFFF8 EBX: 0xB7FBAFF4 ECX: 0xF25BA99A EDX: 0x00000001  o d l t s Z a P c
ESI: 0x00000000 EDI: 0x00000000 EBP: 0xBFFFFFF8 ESP: 0xBFFFFFFC EIP: 0x080483D7
CS: 0073 DS: 007B ES: 007B FS: 0000 GS: 0033 SS: 007B
```

```
=> 0x80483d7 <main+3>: and    esp,0xffffffff
0x80483da <main+6>: sub     esp,0x20
0x80483dd <main+9>: cmp     DWORD PTR [ebp+0x8],0x2
0x80483e1 <main+13>: je      0x80483fb <main+39>
0x80483e3 <main+15>: mov     DWORD PTR [esp],0x8048510
0x80483ea <main+22>: call    0x80482f8 <puts@plt>
0x80483ef <main+27>: mov     DWORD PTR [esp],0xffffffff
0x80483f6 <main+34>: call    0x8048308 <exit@plt>
```

```
Breakpoint 1, 0x080483d7 in main ()
gdb$
```

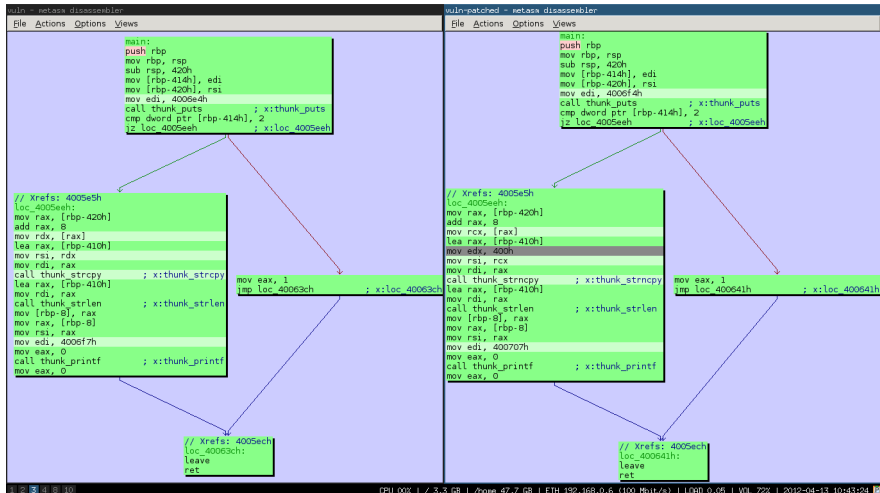
IDA Pro - La Rolls Royce



Pour les fauchés - Metasm

- Framework complet de reverse-engineering écrit en Ruby
- Assembleur, compilateur, linker, désassembleur, décompilateur, débbugger
- Nombreuses architectures supportées
- Développé par des français !
- <http://metasm.cr0.org/>

Metasm - bindiff



Récapitulatif - La pile - Adresse de retour

- L'architecture x86 utilise une **pile**.
- Elle sert à stocker les **variables locales** des fonctions, ainsi qu'à leur passer leurs **arguments**.
- Pour appeler une fonction (en x86), on pousse ses arguments sur la pile.
- Lors du retour d'une fonction, le flot d'exécution se poursuit à l'**adresse de retour**, située au sommet de la pile.



Références

- Cours de Sécurité OS, Télécom ParisTech 2010, Ryad Benadjila
- <http://duartes.org/gustavo/blog/>, Gustavo Duarte
- <http://www.ualberta.ca/CNS/RESEARCH/LinuxClusters/mem.html>

Failles Applicatives

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

Orange Labs

38-40 rue du Général Leclerc
92130 Issy-les-Moulineaux

ANSSI

51 boulevard de La Tour-Maubourg
75007 Paris

11 Juin 2013

Buffer

- Bloc continu de données du même type
- Langage C : Tableaux
- Allocation des tableaux
 - Statique Au chargement du segment de données
 - Dynamique Durant l'exécution sur la pile

Organisation mémoire des processus

- Régions

Text Instructions et données en lecture seule

Data-Bss Variables statiques

Pile LIFO Format abstrait de données PUSH/POP

PUSH Permet de pousser une donnée sur la pile

POP Permet de récupérer la dernière donnée de la pile

Intérêt de la pile

Fonctions La pile permet d'implémenter une hiérarchie de fonctions pour du code haut niveau

Variables La pile permet d'allouer simplement de la place pour des variables
(esp - imm)

La pile 1/2

- Un bloc continu de données
- Le haut de la pile est pointé par le registre SP
- Le bas de la pile est à une adresse fixée
- Taille déterminée par le noyau au runtime
- Le CPU implémente les fonctions d'accès à la pile (push/pop)
- Comportement dépendant de l'implémentation
 - Intel Grandit vers les adresses basses, SP désigne l'adresse la plus basse de la pile

La pile 2/2

- La valeur de SP change avec les arguments, besoin d'une adresse fixe
- Le registre BP représente le début de la stack frame
- SP et BP sont modifiés lors du prologue et de l'épilogue pour rester cohérents (enter/leave)

Utilisation de la pile

exemple-pile.c

- ```
void foo(int a, int b, int c)
{
 char tab[5] = "AAAAA";
 char tab2[10] = "BBBBBBBBBB";
}

int main()
{
 foo(1, 2, 3);
}
```

- ```
gcc -S exemple-pile.c -o exemple-pile.s
```

exemple-pile.s

- ```
subl $12, %esp
movl $3, 8(%esp)
movl $2, 4(%esp)
movl $1, (%esp)
call foo
```

# Utilisation de la pile

## exemple-pile.s

● foo:

```
pushl %ebp
movl %esp, %ebp
subl $16, %esp
movl $1094795585, -5(%ebp)
movb $65, -1(%ebp)
movl $1111638594, -15(%ebp)
movl $1111638594, -11(%ebp)
movw $16962, -7(%ebp)
leave
ret
```

# Recherche de vulnérabilités

- Une vulnérabilité est un bug amenant un problème de sécurité.
- Comment trouve-t-on ce genre de bug ?

## Analyse de code source

- Manuellement : long et fastidieux.
- En s'aidant d'outils automatiques : *Coverity*, *AppScan*, *Valgrind*, ...
- Les outils automatiques renvoient souvent des faux positifs : une partie de l'analyse est toujours manuelle.

# Fuzzing

## Fuzzing

Technique consistant à envoyer des entrées invalides à un programme pour déclencher des erreurs.

Elle est employée pour tester une grande variété de logiciels :

- Implémentation de protocoles réseau : ssh, http, protocoles propriétaires
- Parsers : images, texte (html), son (mp3)

## Exemples

- `cat /dev/urandom | ncat server 1234`
- `./myprog $(python -c 'print "A"*2048')`

# Fuzzing

## Avantages

- Ecrire un fuzzer simple est trivial.
- Automatique : de nombreux programmes / librairies existent pour automatiser les tests.

## Fuzzing intelligent

- Rester proche des cas valides :
  - ▶ Changer quelques octets dans un fichier binaire.
  - ▶ Mettre des champs trop longs dans un paquet réseau.

# Buffer Overflow

- **Principe** Débordement de l'espace alloué
- **Résultat** Écrasement de la précédente stack frame, de l'adresse de retour (Segmentation Fault)

# Buffer Overflow : gdb

## Débordement strcpy()

```
void foo(int a, int b, int c)
{
 char tab[5] = "AAAAA";
 char tab2[10] = "BBBBBBBBBB";
 strcpy(tab, "CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC");
}

int main()
{
 foo(1, 2, 3);
}
```

**gdb** GNU debugger : très utile pour étudier le déroulement d'un programme



# Buffer Overflow : gdb

## Debug gdb

```
gdb$
-----[regs]
ESI: 0x00000000 EDI: 0x00000000 EBP: 0xFFFFD358 ESP: 0xFFFFD330 EIP: 0x080483DF
-----[code]
=> 0x80483df <foo+59>: call 0x80482d8 <memcpy@plt>
 0x80483e4 <foo+64>: leave
 0x80483e5 <foo+65>: ret

0x080483df in foo ()
gdb$ ni
-----[regs]
ESI: 0x00000000 EDI: 0x00000000 EBP: 0xFFFFD358 ESP: 0xFFFFD330 EIP: 0x080483E4
-----[code]
=> 0x80483e4 <foo+64>: leave
 0x80483e5 <foo+65>: ret

0x080483e4 in foo ()
gdb$ si
-----[regs]
ESI: 0x00000000 EDI: 0x00000000 EBP: 0x43434343 ESP: 0xFFFFD35C EIP: 0x080483E5
-----[code]
=> 0x80483e5 <foo+65>: ret

0x080483e5 in foo ()
gdb$ si
-----[regs]
ESI: 0x00000000 EDI: 0x00000000 EBP: 0x43434343 ESP: 0xFFFFD360 EIP: 0x43434343
Cannot access memory at address 0x43434343
0x43434343 in ?? ()
```

# Intérêt

- Modification du flot d'exécution
- Exemple :

## exemple-pile-ret-modif.c

```
void foo(int a, int b, int c)
{
 int *retu;
 char tab[5] = "AAAAA";
 char tab2[10] = "BBBBBBBBBB";

 /* Compilation little endian
 * [[BBBBBBBBBB][AAAAA][*RET][SEBP][PIEO]
 * | 5 + 4 + 4 ^
 * '-----', */

 retu = tab + 13;
 (*retu) += 8;
}

int main()
{
 int x;
 x = 0;
 foo(1, 2, 3);
 x = 1;
 printf("%d\n", x);
}
```

# Intérêt

- Le programme n'écrit pas 1 !

## Retour inattendu

```
./exemple-pile-ret-modif
```

```
0
```

- Le flot d'instructions peut être modifié simplement
- Possibilité de faire pointer le flot vers du code que l'on a écrit : le shellcode

# Shellcode

## Definition

Une suite d'instructions assembleur permettant d'exécuter du code arbitraire

- Historiquement, un shell, mais on peut exécuter n'importe quel code
- Exemple :

### Shellcode execve

|                   |                        |                                              |
|-------------------|------------------------|----------------------------------------------|
| <code>xor</code>  | <code>eax, eax</code>  | <code>; Logical Exclusive OR</code>          |
| <code>push</code> | <code>eax</code>       | <code>; EAX = 0</code>                       |
| <code>push</code> | <code>68732F6Eh</code> | <code>;</code>                               |
| <code>push</code> | <code>69622F2Fh</code> | <code>; Pousse "//bin/sh"</code>             |
| <code>mov</code>  | <code>ebx, esp</code>  | <code>; Enregistre &amp;"//bin/sh"</code>    |
| <code>cdq</code>  |                        | <code>; EAX -&gt; EDX:EAX (with sign)</code> |
| <code>push</code> | <code>edx</code>       | <code>; Pousse EDX = 0</code>                |
| <code>push</code> | <code>ebx</code>       | <code>; Pousse &amp;</code>                  |
| <code>mov</code>  | <code>ecx, esp</code>  | <code>; char *user *</code>                  |
| <code>mov</code>  | <code>al, 0Bh</code>   | <code>; Numéro du syscall</code>             |
| <code>int</code>  | <code>80h</code>       | <code>; LINUX - sys_execve</code>            |

# Compréhension

- Exécution du shellcode précédent :

Exécution shellcode execve

```
gcc -o bof bof.c
./bof
using address 0xbffff574
bash#
```

- Nécessite d'avoir le descripteur de fichier stdin ouvert

## Idées

Ouvrir un fichier et afficher son contenu

Ouvrir une socket associée à un shell (le descripteur de fichier restera ouvert)

# Problèmes

- On ne maîtrise plus la suite du programme car la stackframe de la fonction appelante est écrasée
- La taille du shellcode doit être optimisée pour ne pas corrompre l'ensemble du programme
- Se servir de l'espace sûr du buffer pour placer le shellcode et revenir dessus
- Il y a toujours des différences entre les adresses durant le debug et les adresses réelles

## Résoudre les problèmes d'adresses

Padding avec des instructions NOP (NOP-sled)

Utiliser l'environnement

Utiliser les bibliothèques chargées

# Problèmes

- Pas de caractère nul car il signalerait la fin d'une chaîne de caractères
- Estimer la position de notre shellcode

## Pas si simple

Difficile en cas de randomisation de l'espace mémoire du programme (ASLR)  
Les systèmes "durcis" surveillent de près les erreurs de segmentation

# Exemple de solutions

- Le NOP-sled
- L'utilisation d'espaces non randomisés
- Réutilisation de codes existants, il est plus simple de lancer la fonction `system("/bin/sh")` à l'aide de la `libc`



# Différences avec UNIX

- Les appels systèmes sont gérés par la ntdll qui va les traduire puis lancer une interruption 0x2E
- Ceux-ci sont décrits au travers de la structure noyau référant les adresses des services systèmes (*SSDT*). Elle peut être indexée par un appel système afin de localiser la fonction en mémoire. Les paramètres sont quand à eux décrits dans la *SSPT*.
- Leurs adresses sont disponibles dans la table KeServiceDescriptorTable exportée par le noyau
- Ils sont propriétaires, mais largement disséqués
- Différents pour chaque version de windows !

## Shellcoding Windows basé sur les syscalls

Compatible avec une version très précise de windows

# Solutions

- On peut utiliser des API documentées qui ne changeront pas avec les versions
- Utiliser le code disponible dans les librairies chargées par le programme
- Par exemple, la librairie `kernel32.dll` est présente dans tous les programmes PE
- Elle contient deux routines qui permettent de récupérer l'adresse d'une fonction, même non exportée

# Signatures des fonctions

- **LoadLibrary** : Charge une DLL

Signature

```
HMODULE WINAPI LoadLibrary(
 __in LPCTSTR lpFileName
);
```

- **GetProcAddress** : Récupère l'adresse d'une fonction dans une DLL

Signature

```
FARPROC WINAPI GetProcAddress(
 __in HMODULE hModule,
 __in LPCSTR lpProcName
);
```

# Process Environment Block

- Une structure importante de tous les processus Windows est le *PEB*
- Il se trouve à la zone mémoire pointée par `fs: [0x30]` (voir la segmentation), et le *Thread Environment Block* (TEB) en `fs: [0x0]`
- Il contient par exemple la localisation du tas, des *SEH*, de la liste chaînée des DLL chargées (*kernel32.dll*)

## Récupération adresse kernel32

```
xor ebx, ebx // clear ebx
mov ebx, fs:[0x30] // get a pointer to the PEB
mov ebx, [ebx + 0x0C] // get PEB->Ldr
mov ebx, [ebx + 0x14] // get PEB->Ldr.InMemoryOrderModuleList.Flink (1st entry)
mov ebx, [ebx] // get the next entry (2nd entry)
mov ebx, [ebx] // get the next entry (3rd entry)
mov ebx, [ebx + 0x10] // get the 3rd entries base address (kernel32.dll)
```

# Heap overflow

- **Principe** : Utilisé plus d'espace que celui alloué pour utiliser les metadatas de l'entrée suivante dans la liste doublement chaînée.
- Chaque entrée est stockée comme metadata + chunk (.ptr et .size), et sont souvent proches en mémoire
- On peut complètement réécrire les metadatas pour exécuter du code arbitraire lors d'un appel à `free()` par exemple.

## Définition structure header

```
struct malloc_chunk {
 size_t prev_foot; /* Size of previous chunk (if free). */
 size_t head; /* Size and inuse bits. */
 struct malloc_chunk* fd; /* double links -- used only if free. */
 struct malloc_chunk* bk;
};
```

# Exploitation - Petits chunks

## Méthode

On peut réécrire l'adresse d'une fonction dans la *Global Offset Table* du programme.

### Définition unlink

```
/* Unlink a chunk from a smallbin */
#define unlink_small_chunk(M, P, S) {\
 mchunkptr F = P->fd;\
 mchunkptr B = P->bk;\
 F->bk = B;\
 B->fd = F;\
}
```

# Exemple

## Heap Overflow Classique

```
int main(void)
{
 char* overflow = malloc(768);
 char* p = malloc(64);
 scanf("%s", overflow); // Ecrasement
 free(overflow);
 free(p);
 return 0;
}
```

## Crash

```
% perl -e 'print "A"x2500' | ./exemple-heap-overflow
*** glibc detected *** ./exemple-heap-overflow: free():
invalid next size (normal): 0x0000000001cd6010 ***
```

# Format Strings

- **Principe** : Profiter d'une mauvaise utilisation du paramètre de format dans les fonctions `printf`.
- On peut récupérer simplement les valeurs sur la pile avec `%p`, puis aller lire et écrire n'importe où avec `%s` et `%n`.
- Exemple :

```
int bof(char *str)
{
 printf(str);
 return 0;
}

int main()
{
 int x, y;
 bof("%s.%s.%s.%s.%s");
 return 0;
}
```





# Integer overflow

- **Principe** : Il s'agit de profiter d'une mauvaise représentation mémoire d'un entier
- Par exemple, un débordement d'entier intervient lorsque le compteur d'une voiture passe de 999 999 à 0
- Ces erreurs de représentations permettent généralement d'outrepasser les vérifications de sécurité et d'aboutir à des race conditions



# Structured Exception Handler

- Grâce au gestionnaire d'exceptions Windows, les erreurs comme les divisions par zéros ou les fautes de pages peuvent être gérées simplement avec les *SEH*
- Cependant les handlers sont poussés sur la pile comme élément d'une liste chaînée
- On peut donc déborder sur le *SEH* pour le réécrire, il suffit ensuite de déclencher une faute pour pouvoir exécuter n'importe quel code arbitraire.

## Problème

Certains systèmes utilisent les **SafeSEH** et le **SEHOP** pour prévenir la réécriture des *SEH* simplement

# Structured Exception Handler

- Exemple de code avec gestion des exceptions, beaucoup de A pour déclencher une exception immédiate

## Bof avec exception

```
int bof(char *str)
{
 char buf[10];
 __try
 {
 strcpy(buf, str);
 }
 __except(1)
 {
 printf("Perdu\n");
 }
 return 0;
}

int main()
{
 int x, y;
 /* en pratique, beaucoup plus de A */
 bof("AA");
 return 0;
}
```

# SEH - Écrasement

- Une chaîne d'exception est mise en place

## Bof avec exception

```
int bof(char *str)
{
 char buf[10];
 __try
 {
 strcpy(buf, str);
 }
 __except(1)
 {
 printf("Perdu\n");
 }
 return 0;
}

int main()
{
 int x, y;
 /* en pratique, beaucoup plus de A */
 bof("AA");
 return 0;
}
```

# SEH - Écrasement

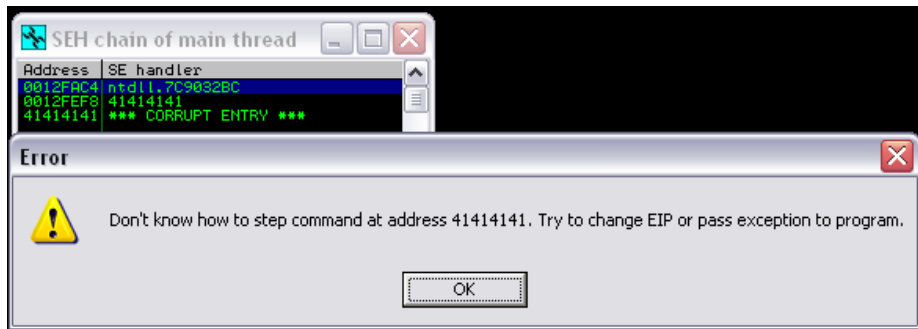
- Chaque exception s'ajoute à la fin de la chaîne quand il le faut, et s'enlève si tout c'est bien passé

## Écrasement avec SEH

```
0012FEE0 00000000
0012FEE4 00000000
0012FEE8 00000004 ...
0012FEEC FE9DC470 pÃxÃ Cookie
0012FEF0 0012FE90 xÃ sEBP
0012FEF4 00000000
0012FEF8 0012FFA8 ÃÃ Pointer to next SEH record
0012FEFC 00411041 AA. SE handler
0012FF00 FECE69E0 ÃÃÃÃ
0012FF04 00000000

0012FEE0 41414141 AAAA
0012FEE4 41414141 AAAA
0012FEE8 41414141 AAAA
0012FEEC 41414141 AAAA
0012FEF0 41414141 AAAA
0012FEF4 41414141 AAAA
0012FEF8 41414141 AAAA Pointer to next SEH record
0012FEFC 41414141 AAAA SE handler
0012FF00 41414141 AAAA
0012FF04 41414141 AAAA
```

# SEH - Démonstration



- On a réussi à casser la chaîne en introduisant un pointeur vers notre exception

# Return to libc

- On a déjà évoqué le concept précédemment, réutiliser le code existant pour exécuter directement des routines contenues dans la `libc`
- Il est plus simple de pousser `"/bin/sh"` puis de faire un call `system@libc` que de construire la pile avec les arguments de `execve` et de faire l'appel système ! Cela prend aussi moins de place
- Des variantes de cette technique existent, *ret2code*, *ret2reg*, *ret2got* ou encore *ret2ret* !
- Il s'agit d'une technique qui permet d'outrepasser des restrictions système, en appelant `mprotect` pour rendre notre pile exécutable par exemple
- Il faut cependant connaître les adresses exactes des libraires, ce qui la rend peu portable

# Conseils

- Toujours utiliser les **versions sécurisées des fonctions** copiant des entrées non contrôlées, `strncpy_s`, `snprintf_s`...
- Faire appel à des programmes qui implémentent leurs gestionnaires de mémoire pour détecter les fuites mémoires, écritures invalides ou bien les comportements douteux.
  - ▶ Valgrind
  - ▶ Fortify
- Protéger la pile grâce aux **canaries**, qui vont vérifier que l'adresse de retour n'a pas été modifiée
- Utiliser les outils de durcissement système, comme les patch **GrSsec** pour noyaux linux et les options noyau pour rendre les piles non exécutables (**NX**)
- Sous windows, il faut compiler les programmes avec les options SEH **/SAFESEH** et **/GS**



# Récapitulatif - Exploitation

- Le but est de **détourner le flot d'exécution** normal d'un programme.
- L'origine est souvent un **bug** (débordement de buffer).
- Il faut alors réussir à faire exécuter quelque chose d'intéressant au programme (et pas de le faire planter) : **shellcode**, **payload**.
- Il existe beaucoup de techniques d'attaque. . .
- . . . et de nombreuses contre-mesures !



# Références

- `ftp://g.oswego.edu/pub/misc/malloc.c`

# Protection des OS

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

**Orange Labs**

38-40 rue du Général Leclerc  
92130 Issy-les-Moulineaux

**ANSSI**

51 boulevard de La Tour-Maubourg  
75007 Paris

11 Juin 2013

# Problèmes

- Injection et exécution de code arbitraire
- Différences entre Windows et Unix
- Présentation non exhaustive des techniques les plus utilisées
  - Pourquoi** Description de l'origine des buffers overflows
  - Comment** Description de techniques de durcissement du système

# Origine des buffer overflows

- Les systèmes peuvent adopter plusieurs type de mémoires

**Flat model** L'adressage mémoire est vu comme un bloc contigu linéaire. Tout le code, la pile et les données (.data) sont contenus dans un même espace d'adressage.

**Segmented** La mémoire est vue comme un ensemble de segments (accessibles via les registres du processeur CS, DS, ES, SS, FS, GS)

**Real mode** Type supporté pour des raisons de compatibilité, l'espace d'adressage linéaire est un tableau de segments

# Origine des buffer overflows

- Le mode *Flat model* est le plus répandu pour des raisons de performances, mais il permet d'accéder aux adresses mémoire de la même façon quelque soit les segments.
- L'injection de code se fait via les segments DS et SS
- L'exécution de code se fait via le segment CS
- Ces deux segments fournissent la même traduction d'*adresse logique* en *adresse linéaire* puis *physique*
- On peut donc exécuter des données en les référant par la même *adresse virtuelle (linéaire)* !

# Origine des buffer overflows

- Les segments permettent de n'exécuter du code qu'à partir du segment CS, et que le code des segments de data ne soient pas exécutable
- Il est donc possible d'avoir des buffer overflows en *flat memory model* et sans protection au niveau des pages

## Protections

Comment les constructeurs et les développeurs ont-ils remédié à ces problèmes ?

# Niveaux de protections

Plusieurs niveaux de contrôle possibles

- Directement à l'exécution via l'ajout de routines de contrôle
- Dans l'OS pour gérer directement la mémoire de façon plus ou moins transparente



- Il faut protéger la pile, par exemple
  - ▶ Comparaison de la valeur d'une variable sur la pile avec une variable connue
  - ▶ Une valeur aléatoire est calculée et placée avant l'adresse de retour
  - ▶ Avant d'exécuter le RET, un `__stkcheck(valRandom)` est exécutée
  - ▶ Si un tampon est débordé et que la pile n'est plus cohérente une exception est remontée et le programme stoppé

## Problèmes

La valeur de la précédente stack frame peut être écrasée pour modifier le flot d'exécution

Les *format strings* ne sont pas impactées

# Niveau OS

- L'OS est une zone de contrôle privilégiée permettant de définir finement les droits des segments, pages et les fonctions.
- Plusieurs idées ayant différents noms suivant les systèmes :
  - ▶ Unix
    - ★ OpenWall
    - ★ ASCII Armor
    - ★ Bit NX
    - ★ Exec-shield et W^X
    - ★ Pax
  - ▶ Windows
    - ★ SafeSEH
    - ★ ASLR

- Sous Unix, le canary est inclus par défaut depuis gcc4 (stack-protector)
- gcc fourni une option `-D_FORTIFY_SOURCE=2` permettant de remplacer des fonctions dangereuses (`printf`, `strcpy`...) par des versions plus sûre
- Illustration canary

# OpenWall

- Tout premier patch Unix visant à combiner des mécanismes noyau et processeur pour empêcher l'exécution de code sur la pile
- Le segment SS devient non exécutable
- Impose des restrictions sur `/tmp` et `/proc` pour éviter les fuites d'informations
- Détruit les segments partagés non utilisés

## Impact

Le code exécutable ne peut pas être sur la pile

## Inconvénients

Les retours à la libc outrepassent purement et simplement cette protection  
Des protections trop fortes peuvent modifier complètement le fonctionnement du programme (Oracle)

# ASCII Armor

- Une zone "ASCII Armor" est mise en place entre 0x00000000 et 0x01010100
- L'ensemble du code exécutable est déplacé dans cette zone
- Il devient très difficile de placer l'adresse des fonctions

## Pourquoi ?

Les fonctions comme `strcpy` considèrent le caractère nul comme la fin d'un string  
Mettre un caractère nul arrête la copie du shellcode  $\Rightarrow$  il n'est plus cohérent

## Problèmes

L'espace protégé n'est pas très grand et peut ne pas suffir, la protection devient alors moins forte

# Bit de non exécution des pages

- Souvent appelé bit NX (Non eXecute)
- Cela permet d'empêcher strictement l'exécution de code sur certaines pages
- Il permet d'ajouter un flag d'exécution aux pages, de façon hardware ou software
- Les constructeurs l'ont implémentés depuis les séries Intel Pentium 4 et AMD Athlon 64
- Leurs présence ne suffit pas, il faut des mécanismes OS pour les utiliser

# Exec-shield

- Développé par RedHat, il introduit des changements profonds dans le coeur du code noyau
- Support du bit NX sur la majorité des architectures
- Emule le bit NX grâce à la limite du segment de code sur les architectures IA32

- Fournit le bit NX et les fonctionnalités NX sur tous les systèmes
- Implémentation beaucoup plus complète que Exec-Shield, mais qui peut provoquer des dysfonctionnements dans les applications légitimes
- Utilisé dans toutes les distributions "durcies" (Gentoo Hardened)
- Plusieurs techniques disponibles :
  - ▶ PAGEEXEC et SEGMEEXEC
  - ▶ ASLR
  - ▶ Hook de la fonction mprotect() pour un contrôle plus fin des droits d'accès à la modification des pages





# PaX - PAGEEXEC

- Permet l'utilisation ou l'émulation du bit NX
- Le bit Superviseur est surchargé pour représenter le bit NX
- Un accès à une page qui n'a pas été mise en cache dans le *TLB* (Table Lookaside Buffer) provoque une faute de protection
- La MMU informe l'OS de la faute
  - ▶ Si c'est une faute *ITLB* (exécution), le processus est stoppé
  - ▶ Si c'est une faute *DTLB* (read/write), l'exécution continue normalement

## Remarque

La mémoire n'est pas divisée, chaque processus possède 3GB de mémoire virtuelle (IA32)

**Très lent**

# PaX - SEGMEXEC

- La fonctionnalité du bit NX est émulée en séparant l'espace d'adressage en deux moitiés mises en miroir (`do_mmap()`)
- Un premier descripteur de segment de données couvre l'espace 0 - 1.5 GB d'adresses linéaires
- Un second descripteur de segment de code couvre l'espace 1.5 - 3 GB
- La récupération d'une instruction est traduite sur la séparation de l'espace d'adressage
- Si le code n'appartient pas à la bonne moitié, le programme s'arrête

## Problème

Les performances sont limitées car l'espace disponible n'est que de **1.5GB pour le code ou les données**

# PaX - mprotect()

- PaX assure que la RAM n'est en aucun cas en écriture et exécutable (PROT\_WRITE et PROT\_EXEC)
- Pour modifier cela, la fonction `mprotect()` permet de spécifier les permissions d'une zone mémoire et peut donc être appelée lors d'une exploitation
- PaX injecte donc sa version de `mprotect()` avec un return Permission Denied si les flags PROT\_WRITE et PROT\_EXEC sont passés en même temps

## Remarques

Empêche l'exécution de code sur les pages contenant des données non contrôlées

**Incompatibilités logicielle** : Java (car ils ne savent pas se servir de `mprotect`...)

- OpenBSD a sorti W^X pour maîtriser les permissions des segments
- Le signal trampoline n'est plus au dessus de la pile
- Le segment de pile est marqué comme non exécutable
- La PLT et la GOT n'ont plus de code exécutable, ld.so doit être légèrement modifié
- Si la granularité de l'exécution de page n'est pas disponible, on en revient à définir un ensemble d'exécution
- Les zones exécutables sont séparés des zones non exécutables en deux parties distinctes

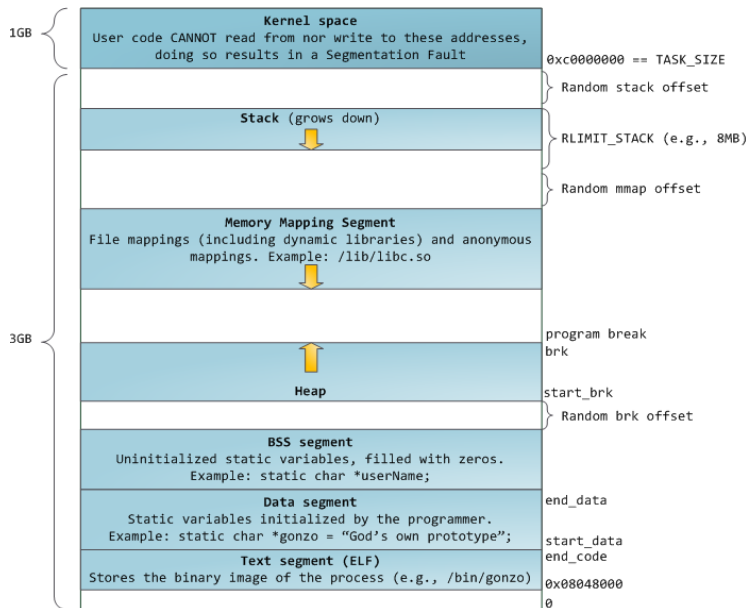
# Address Space Layout Randomization

- L'ASLR permet d'introduire de l'aléa dans les adresses utilisées par un processus
  - RANDMMAP** Randomise la mémoire gérée par `mmap()` (bibliothèques, tas, pile de thread, mémoires partagées)
  - RANDEXEC** Randomise la mémoire gérée par `brk()` et les segments de data, bss, et code de l'exécutable
  - RANDUSTACK** Randomise la pile utilisateur
  - RANDKSTACK** Randomise la pile noyau

## Remarques

- ▶ Attaque sur l'entropie possible
- ▶ RANDEXEC peut corrompre l'exécution de certains programmes qui utilisent des adresses en dur (non relogeables)
- ▶ La majorité des programmes est compilé sans ASLR ! (*checksec.sh*)

# Address Space Layout Randomization



# Vérification automatique

Un script a été mis au point afin de vérifier que des protections sont présentes sur un système donné, checksec.sh

## Exemple checksec.sh

```
% checksec.sh --proc-all
* System-wide ASLR (kernel.randomize_va_space): On (Setting: 2)

Description - Make the addresses of mmap base, heap, stack and VDSO page randomized.
This, among other things, implies that shared libraries will be loaded to random
addresses. Also for PIE-linked binaries, the location of code start is randomized.

See the kernel file 'Documentation/sysctl/kernel.txt' for more details.

* Does the CPU support NX: Yes
```

| COMMAND     | PID   | RELRO         | STACK CANARY    | NX/PaX     | PIE         |
|-------------|-------|---------------|-----------------|------------|-------------|
| awesome     | 1262  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| dbus-launch | 1273  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| dbus-daemon | 1274  | Partial RELRO | No canary found | NX enabled | PIE enabled |
| xterm       | 1321  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| zsh         | 1322  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| mpd         | 14669 | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| vim         | 20918 | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| ssh         | 2317  | No RELRO      | Canary found    | NX enabled | No PIE      |
| mupdf       | 2477  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| firefox     | 2571  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |
| gconfd-2    | 2590  | No RELRO      | No canary found | NX enabled | No PIE      |

# Compilateur - Windows

- Sous Windows, le canary est inclus par défaut le flag **/GS**
- Protection de la gestion des exceptions **/SafeSEH** et **SEHOP**
- Encodage des pointeurs
- Modifications des fonctions sujettes à des débordements de tampons



- Illustration canary security\_check\_cookie

Bof compilé avec /GS

```
int bof(char *str)
{
 char buf[10];
 strcpy(buf, str);
 return 0;
}
int main()
{
 int x, y;
 bof("AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA");
 return 0;
}
```

# Canary Windows - Initialisation

- La valeur du canary est calculée au début du programme

## Entrée du programme

| CPU Disasm |     |             | Command                | Comments                  |
|------------|-----|-------------|------------------------|---------------------------|
| Address    | Hex | dump        |                        |                           |
| 004113E2   | .   | 55          | PUSH EBP               |                           |
| 004113E3   | .   | 8BEC        | MOV EBP,ESP            |                           |
| 004113E5   | .   | E8 3EFCFFFF | CALL 00411028          | ; [__security_init_cookie |
| 004113EA   | .   | E8 11000000 | CALL __tmainCRTStartup | ; [__tmainCRTStartup      |
| 004113EF   | .   | 5D          | POP EBP                |                           |
| 004113F0   | \.  | C3          | RETN                   |                           |

# Canary Windows - Initialisation

- Calculé à partir de plusieurs paramètres

## Calcul du cookie (`__security_init_cookie`)

```
CPU Disasm
Address Hex dump Command
00411B05 |. FF15 68714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.GetSystemTimeAsFil
...
00411B1A |. FF15 6C714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.GetCurrentProcessI
...
00411B26 |. FF15 70714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.GetCurrentThreadId
...
00411B32 |. FF15 74714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.GetTickCount>]
...
00411B8B |. 890D 14604100 MOV DWORD PTR DS:[__security_cookie],ECX ; Canary = 0xB5C33723
```

## Code de la fonction bof

| CPU Disasm |               |                                          |
|------------|---------------|------------------------------------------|
| Address    | Hex dump      | Command                                  |
| 00411660   | / \$ \55      | PUSH EBP                                 |
| 00411661   | . 8BEC        | MOV EBP,ESP                              |
| 00411663   | . 83EC 50     | SUB ESP,50                               |
| 00411666   | . A1 14604100 | MOV EAX,DWORD PTR DS:[__security_cookie] |
| 0041166B   | . 33C5        | XOR EAX,EBP                              |
| 0041166D   | . 8945 FC     | MOV DWORD PTR SS:[LOCAL.1],EAX           |
| 00411670   | . 53          | PUSH EBX                                 |
| 00411671   | . 56          | PUSH ESI                                 |
| 00411672   | . 57          | PUSH EDI                                 |
| 00411673   | . 8B45 08     | MOV EAX,DWORD PTR SS:[ARG.1]             |
| 00411676   | . 50          | PUSH EAX                                 |
| 00411677   | . 8D4D F0     | LEA ECX,[LOCAL.4]                        |
| 0041167A   | . 51          | PUSH ECX                                 |
| 0041167B   | . E8 ACFAFFFF | CALL 0041112C                            |
| 00411680   | . 83C4 08     | ADD ESP,8                                |
| 00411683   | . 33C0        | XOR EAX,EAX                              |
| 00411685   | . 5F          | POP EDI                                  |
| 00411686   | . 5E          | POP ESI                                  |
| 00411687   | . 5B          | POP EBX                                  |
| 00411688   | . 8B4D FC     | MOV ECX,DWORD PTR SS:[LOCAL.1]           |
| 0041168B   | . 33CD        | XOR ECX,EBP                              |
| 0041168D   | . E8 7DF9FFFF | CALL 0041100F                            |
| 00411692   | . 8BE5        | MOV ESP,EBP                              |
| 00411694   | . 5D          | POP EBP                                  |
| 00411695   | \. C3         | RETN                                     |

```
; INT simplebof2.bof(str)
; cookie = 0xB5C33723
; EAX ^= EBP
; Pousse EAX sur
; le premier argument
; disponible, en 0x0012FF04
; strcpy(0x12FEF8, &str)
; Recupere la valeur
; du cookie~EBP
; ECX = 0x41414141
; Calcule le cookie
; ECX = 0x4153BE49
; [__security_check_cookie
```

# Evolution de la pile

## Pile

### ● CPU Stack

| Address  | Value     | ASCII  | Comments                            |
|----------|-----------|--------|-------------------------------------|
| 0012FEB8 | /10360668 | hxx6   | Alloue 0x50 octets sur la pile      |
| 0012FEF8 | 00000000  |        | /                                   |
| 0012FEFC | 00000000  |        | Buffer pour la chaine de caractères |
| 0012FF00 | 00000000  |        | \                                   |
| 0012FF04 | B5D1C82B  | +ÃÃÃÃt | Valeur du cookie~EBP                |
| 0012FF08 | /0012FF68 | hÃf    | Push EBP                            |
| 0012FF0C | \004112A3 | Ãč     | RET vers main+13                    |
| 0012FF10 | /0041496C | lIA    | Pointeur vers str = "AAA..."        |

### CPU Stack

| Address  | Value    | ASCII | Comments          |
|----------|----------|-------|-------------------|
| 0012FEF8 | 41414141 | AAAA  |                   |
| 0012FEFC | 41414141 | AAAA  |                   |
| 0012FF00 | 41414141 | AAAA  |                   |
| 0012FF04 | 41414141 | AAAA  | Cookie~EBP ecrase |
| 0012FF08 | 41414141 | AAAA  | EBP ecrase        |
| 0012FF0C | 41414141 | AAAA  | Ret ecrase        |

# Arrêt du programme

- Comparaison des valeurs, et arrêt du programme

## Vérification du cookie

```
CPU Disasm
Address Hex dump Command
; simplebof2.__security_check_cookie(void)
00411EF0 /$ \3B0D 14604100 CMP ECX,DWORD PTR DS:[__security_cookie]
; Compare simplement le cookie a la valeur calculee au lancement
00411EF6 |. 75 02 JNE SHORT 00411EFA
; Erreur! On jump vers __report_gsfailure
00411EF8 \. F3:C3 REP RETN
```

## report\_gs\_failure

```
CPU Disasm
Address Hex dump Command
00411F10 |> \8BFF MOV EDI,EDI
...
00411FE4 |. FF15 80714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.SetUnhandledExcept
...
00411FEF |. FF15 5C714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.UnhandledException
...
00412014 |. FF15 64714100 CALL DWORD PTR DS:[<&KERNEL32.TerminateProcess>]
```

# Protection SEH

## Protections

**SafeSEH** : Les handlers sont comparés à une liste statique, bypass possible si une DLL n'est pas compilée avec le flag /SafeSEH

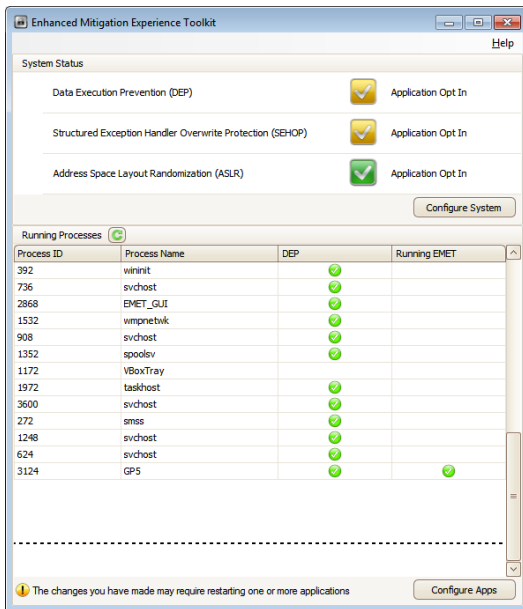
**Structure Exception Handler Overwrite Protection (SEHOP)** : Un cookie est mis en place à la fin de la chaîne, pas de technique de bypass connue

# Address Space Layout Randomization

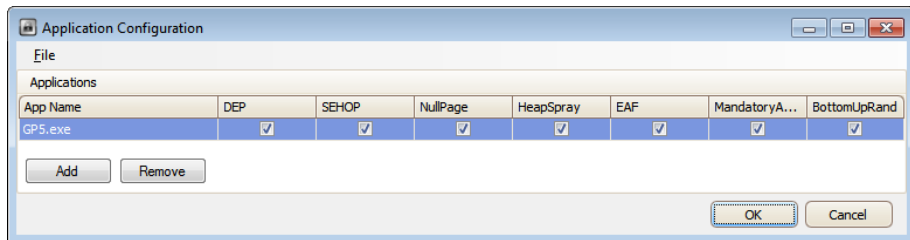
- L'outil *Enhanced Mitigation Experience Toolkit* (EMET) de Microsoft permet de :
  - ▶ Gérer dynamiquement le DEP
  - ▶ Mettre en place le SEHOP
  - ▶ Prévenir l'allocation de pages nulles et de données répétées sur le tas (Heap Spray)
  - ▶ Filtrer la table des adresses d'exportations (EAF)
  - ▶ Forcer l'ASLR



# Address Space Layout Randomization



# Address Space Layout Randomization



# Address Space Layout Randomization - GP5

| Process Explorer - Sysinternals: www.sysinternals.com [manu-PC\manu] |      |        |               |             |                                  |                 |                       |      |             |
|----------------------------------------------------------------------|------|--------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------------|-----------------------|------|-------------|
| File Options View Process Find DLL Users Help                        |      |        |               |             |                                  |                 |                       |      |             |
| Process                                                              | PID  | CPU    | Private Bytes | Working Set | Description                      | DEP             | Integrity             | ASLR | Virtualized |
| audiodg.exe                                                          | 1020 |        | 14 996 K      | 13 736 K    |                                  | n/a             |                       |      |             |
| svchost.exe                                                          | 908  | 0.01   | 17 792 K      | 25 732 K    | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| gdi32.dll                                                            | 2024 |        | 1 016 K       | 3 736 K     | Gestionnaire de fenêtres du ...  | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 952  | 0.04   | 18 820 K      | 24 092 K    | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| WMIADAP.exe                                                          | 2336 | 0.10   | 2 016 K       | 4 188 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| svchost.exe                                                          | 1128 | < 0.01 | 5 800 K       | 10 588 K    | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 1248 | 0.01   | 7 928 K       | 9 464 K     | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| spoolsv.exe                                                          | 1352 | < 0.01 | 4 400 K       | 8 056 K     | Application sous-système sp...   | n/a             |                       | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 1388 |        | 9 800 K       | 11 196 K    | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 1492 | 0.04   | 4 916 K       | 9 660 K     | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| taskhost.exe                                                         | 1972 |        | 7 064 K       | 7 184 K     | Processus hôte pour tâches...    | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR | Virtualized |
| SearchIndexer.exe                                                    | 1476 | < 0.01 | 16 048 K      | 10 864 K    | Indexeur Microsoft Windows ...   | n/a             |                       | ASLR |             |
| SearchProtocolHost.exe                                               | 2056 | < 0.01 | 1 528 K       | 4 332 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| SearchFilterHost.exe                                                 | 4076 |        | 916 K         | 3 192 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| winrmnetwk.exe                                                       | 1532 | 0.01   | 7 000 K       | 19 080 K    | Service Partage réseau du L...   | n/a             |                       | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 2216 | 0.93   | 7 748 K       | 9 560 K     | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| svchost.exe                                                          | 3600 | 0.02   | 58 192 K      | 28 772 K    | Processus hôte pour les serv...  | n/a             |                       | ASLR |             |
| lsass.exe                                                            | 500  | 0.03   | 2 780 K       | 7 880 K     | Local Security Authority Proc... | n/a             |                       | ASLR |             |
| lsim.exe                                                             | 512  |        | 1 076 K       | 2 848 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| csrss.exe                                                            | 404  | 0.01   | 1 316 K       | 5 504 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| winlogon.exe                                                         | 444  |        | 2 128 K       | 5 108 K     |                                  | n/a             |                       |      |             |
| explorer.exe                                                         | 2036 | 0.03   | 18 760 K      | 30 468 K    | Explorateur Windows              | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR |             |
| VBoxTray.exe                                                         | 1172 | < 0.01 | 1 276 K       | 4 200 K     | VirtualBox Guest Additions Tr... | DEP             | Niveau obligatoire... |      | Virtualized |
| EMET_GUI.exe                                                         | 2868 | 0.01   | 30 164 K      | 38 228 K    |                                  | n/a             |                       |      |             |
| procexp.exe                                                          | 3136 | 1.93   | 9 388 K       | 15 688 K    | Sysinternals Process Explorer    | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR |             |
| explore.exe                                                          | 3180 | < 0.01 | 6 108 K       | 16 856 K    | Internet Explorer                | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR | Virtualized |
| explore.exe                                                          | 3260 | 0.04   | 19 372 K      | 33 212 K    | Internet Explorer                | DEP (permanent) | Niveau obligatoire... | ASLR | Virtualized |
| GP5.exe                                                              | 3840 | 0.02   | 18 184 K      | 28 076 K    |                                  | DEP             | Niveau obligatoire... |      | Virtualized |

| Name             | Description                        | Company Name           | Version        | Base       | Image Base | ASLR |
|------------------|------------------------------------|------------------------|----------------|------------|------------|------|
| fmindex.dll      | FMOD Ex SoundSystem                | Firelight Technologies | 0.4.4.4        | 0x430000   | 0x10000000 |      |
| gdi32.dll        | GDI Client DLL                     | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x77D60000 | 0x77D60000 | ASLR |
| GdiPlus.dll      | Microsoft GDI+                     | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x748C0000 | 0x748C0000 | ASLR |
| GP5.exe          |                                    | Arabas Music           | 5.2.0.0        | 0x400000   | 0x400000   |      |
| Guitar Pro 5.tff |                                    |                        |                | 0x58A0000  | 0x0        | n/a  |
| hhctrl.ocx       | Contrôle de l'aide HTML Microsoft® | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x67790000 | 0x67790000 | ASLR |
| imm32.dll        | Multi-User Windows IMM32 API Cl... | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x76730000 | 0x76730000 | ASLR |
| kernel32.dll     | DLL du client API BASE Windows ... | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x77630000 | 0x77630000 | ASLR |
| KernelBase.dll   | DLL du client API BASE Windows ... | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x75E40000 | 0x75E40000 | ASLR |
| ksuser.dll       | User CSA Library                   | Microsoft Corporation  | 6.1.7600.16385 | 0x74130000 | 0x74130000 | ASLR |
| locale.nls       |                                    |                        |                | 0x160000   | 0x0        | n/a  |

CPU Usage: 3.95% Commit Charge: 15.50% Processes: 39 Physical Usage: 30.21%

- Windows 7 est un des OS les plus compliqué à exploiter, par défaut :
  - ▶ **ASLR** sur l'ensemble des librairies et programmes (mais certaines versions antérieures de l'OS non)
  - ▶ **Bit NX** via le mécanisme de Data Execution Prevention (DEP)
  - ▶ Les Structured Exception Handler (SEH) se voient ajoutées des couches de protection, les **SafeSEH** et le **SEHOP**

# Récapitulatif - Méthodes de protection

- Plusieurs solutions existent pour empêcher l'exploitation de vulnérabilités :
  - ▶ Au niveau de la **compilation**
  - ▶ Au niveau de l'**OS**
- Ces deux méthodes sont complémentaires.



# Références

- <http://www.openbsd.org/papers/ven05-deraadt/mgp00009.html>
- <http://www.tenouk.com/cncplusplusbufferoverflow.html>
- <http://pax.grsecurity.net/docs>
- <http://gcc.gnu.org/ml/gcc-patches/2004-09/msg02055.html>
- <http://tk-blog.blogspot.com/search/label/checksec.sh>
- <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa290051%28v=vs.71%29.aspx>
- <http://support.microsoft.com/kb/2639308/en-us>

# Conclusion

Télécom Sud Paris

Aurélien Wailly, Emmanuel Gras

**Orange Labs**

38-40 rue du Général Leclerc  
92130 Issy-les-Moulineaux

**ANSSI**

51 boulevard de La Tour-Maubourg  
75007 Paris

11 Juin 2013

# Ouf !

- La sécurité est un sujet vaste !
- Qu'a-t-on appris ?
  - ▶ La sécurité des OS utilise très souvent des fonctionnalités du hardware.
  - ▶ La gestion de la mémoire est un point capital : stabilité, isolation.
  - ▶ Systèmes multi-utilisateurs : problématiques et implémentations UNIX / Windows.
  - ▶ Comment fonctionne un binaire, outils d'analyse.
  - ▶ Méthodes d'exploitation de failles.
  - ▶ Comment rendre un OS plus résistant aux attaques.



# Mais on est loin d'avoir fini !

- Sécurité réseau : protocoles, attaques.
- Malware et botnets
- Cryptographie : pour les matheux !
- Sécurité Web :
  - ▶ Souvent le point faible dans un système...
  - ▶ Injection SQL, XSS, ...
- Social engineering... ;-)

# Pour aller plus loin

- Linux :

- ▶ <http://duartes.org/gustavo/blog/>
- ▶ *Understanding the Linux Kernel*, Daniel P. Bovet, Marco Cesati
- ▶ *The Linux Programming Interface*, Michael Kerrisk

- Windows :

- ▶ *Windows Internals 5th Edition*, Mark E. Russinovich, David Solomon

- Exploitation :

- ▶ *Smashing the stack for fun and profit*, Aleph One
- ▶ <http://www.corelan.be/index.php/2009/07/19/exploit-writing-tutorial-part-1-stack-based-overflows/>

- Assembleur :

- ▶ <http://www.intel.com/products/processor/manuals/>
- ▶ <http://sandpile.org/>

# Pour s'entraîner

- NewbieContest : <http://newbiecontest.org/>
- OverTheWire (anciennement PullThePlug) :  
<http://www.overthewire.org/wargames/>
- Intruded.net (anciennement DiEvo) : <http://intruded.net/wglist.html>
- SmashTheStack.org : <http://smashthestack.org/wargames.html>
- Starlfeet Academy Hackits : <http://isatcis.com/>
- The Python Challenge : <http://www.pythonchallenge.com/>
- Try2Hack : <http://www.try2hack.nl/>
- Hack This Site : <http://www.hackthissite.org/>
- 0x41414141 : <http://0x41414141.com/>
- wg.nx.to : <http://edx.ath.cx:1111/>
- Hackbbs : <http://hackbbs.org/>
- RPISEC Training : <http://rpisec.net/news/show/55>
- AMENRA Wargames : <sshlevel1@ivan.stalkr.net-p13248pass:level1>

# Merci pour votre attention - Des questions ?

