L'analyse forensique de la mémoire volatile (RAM) avec Linux

GCSE | BOUSSETA HATIM |BOUSSETA.HATIM@ETU.UAE.AC.MA

|12/01/2024| Encadré par : Dr. Manar Kassou

0

Table des matières

Partie 2 : **Les étapes principales pour analyser une mémoire volatile dans un cadre forensique sur Linux :**

1. Acquisition de la mémoire volatile .
2. Analyse de la mémoire volatile (RAM) .

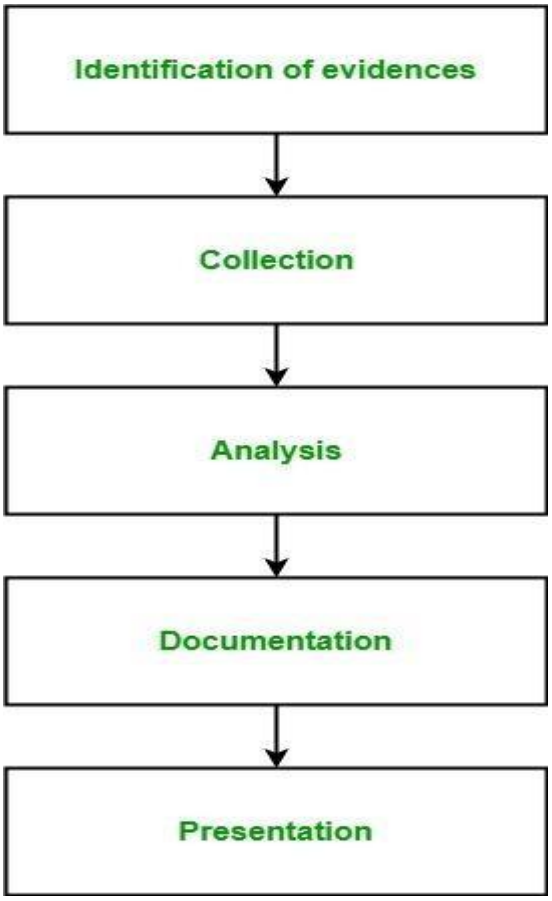
Partie 3 : **Conclusion**

1. Vérifications et tests .
2. Investigation pratique.

PARTIE 1 :

1- L'analyse forensique (Digital forensics)

En **Cybersécurité**, la **forensique numérique** concerne l'investigation des systèmes informatiques, réseaux, et appareils électroniques pour identifier des activités suspectes, collecter des preuves exploitables, et analyser les causes d'incidents de sécurité. Elle utilise des outils spécialisés pour examiner disques, mémoire, logs et réseaux, tout en garantissant l'intégrité des données. Le **cycle de la digital forensics** se compose de plusieurs phases essentielles, organisées pour garantir une enquête efficace et la validité des preuves :



Le cycle de la digital forensics garantit une enquête traçable et juridiquement valide pour préserver, analyser et présenter des preuves numériques.

Les investigations numériques sont régies par des principes clés qui garantissent l'intégrité et la légalité du processus. Voici les principes fondamentaux à respecter :

- La **légalité** : respect des lois et réglementations en vigueur.
- L'**authenticité** : vérification de la provenance des donnéeLa **préservation** : prévention de l'altération des données.
- L'**analyse** : interprétation approfondie des données collectées.
- La **documentation** : traçabilité de toutes les actions entreprises.
- La **présentation** : communication claire des résultats de l'enquête.

Le **cadre forensique** désigne l'ensemble des étapes, normes, et bonnes pratiques suivies lors d'une enquête numérique pour garantir l'intégrité des preuves !

La **digital forensics** est une branche vaste, mais ces notions essentielles offrent un aperçu fondamental de son processus, qui va bien au-delà de ces concepts de base.

2- LA MEMOIRE VOLATILE :

Une mémoire volatile est un type de mémoire informatique qui nécessite une alimentation électrique pour conserver les données. Lorsque l'alimentation est coupée, les données sont effacées. Les mémoires volatiles sont généralement rapides et utilisées pour stocker temporairement des données en cours d'utilisation, comme la mémoire vive (RAM).

La mémoire volatile est très importantes car elle contient des données temporaires, comme les processus en cours, les connexions réseau actives et les traces de logiciels malveillants .

L' analyse de cet mémoire nous permet de découvrir des comportements anormaux, comme des connexions réseau suspectes ou des commandes exécutées par le malware.

Donc quelles méthodes spécifiques peuvent être utilisées pour extraire et analyser efficacement ces données provenant de la RAM et d'autres sources dans un cadre d'enquête forensique ?

PARTIE 2 :

LES ETAPES PRINCIPALES POUR ANALYSER UNE MEMOIRE VOLATILE DANS UN CADRE FORENSIQUE SUR LINUX :

1-**Acquisition de la mémoire volatile :**

= Capturer une image exacte du contenu de la RAM .

Memory Sources : /dev/crash , /proc/kcore , /dev/mem

Pour l'extraction de la RAM, nous allons utiliser deux méthodes : Lime **et** avml

Il est important de réaliser cette étape avec soin, car toute modification de la mémoire pendant l'acquisition peut altérer les preuves.

Notes : Pour garantir une installation et une configuration réussies de **Lime** et **avml**, j'ai proposé des étapes simples et détaillées à suivre. Pour **Lime**, il faut vérifier que la version du noyau Linux est compatible avec l'outil et s'assurer d'avoir les droits administratifs (root) pour l'utiliser. Si des erreurs surviennent, comme une

incompatibilité du module ou un problème de permissions, j'ai prévu une alternative avec **avml**, un outil facile à installer et à utiliser. En suivant mes étapes, vous pouvez éviter les problèmes courants, comme le manque d'espace disque pour l'image de la RAM ou la corruption des fichiers extraits. Grâce à cette méthode, même en cas d'échec avec Lime, avml prend le relais pour garantir une extraction de la RAM fiable et efficace.

Notes : Avec **avml**, des problèmes peuvent également survenir, comme l'absence de dépendances nécessaires ou une mauvaise configuration de l'exécutable. Par exemple, si avml n'a pas les permissions d'exécution, une erreur comme Command not found ou Permission denied peut apparaître. Lors de l'extraction de la RAM, un espace disque insuffisant peut poser problème, car le fichier généré est souvent très volumineux. Cela peut provoquer l'erreur No space left on device. Enfin, des interruptions comme une panne de courant ou un problème réseau peuvent corrompre le fichier extrait, rendant l'image inutilisable (File corrupted).

Le premier outil qu'on peut utiliser :

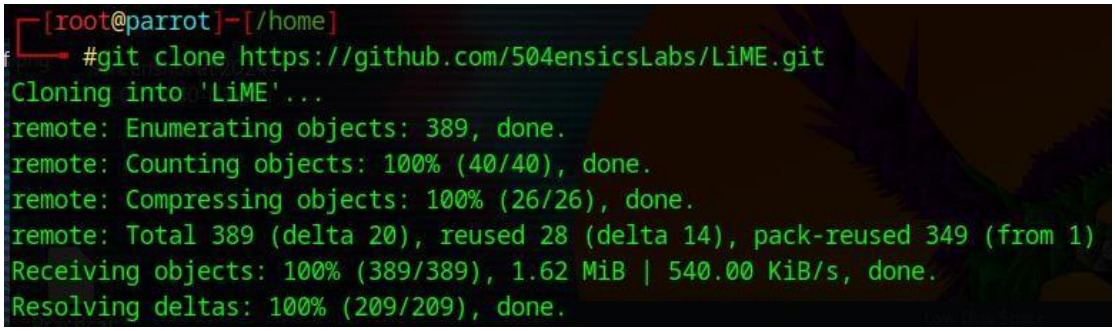
LiME (Linux Memory Extractor) :

LiME (Linux Memory Extractor) est un outil open-source utilisé pour extraire la mémoire vive (RAM) d'un système Linux en temps réel .

Configuration :

1 - Assurez-vous d'avoir un accès root ou des privilèges sudo : 2

-



Cela crée une copie locale complète du dépôt, y compris tous les fichiers, l'historique des versions et les branches.

La commande « git » est utilisée pour initialiser un nouveau dépôt Git dans un répertoire local.

3 –Compilation : Compiler signifie transformer du code source écrit dans un langage de programmation (comme C , C++ ou python) en un fichier exécutable compréhensible par l'ordinateur.

Dans notre cas on doit compiler LiME, c-a-d transformer son code source en un fichier (lime.ko) que le noyau Linux peut utiliser pour capturer la mémoire. Cela permet à l'ordinateur de comprendre et d'exécuter les instructions écrites par les développeurs.

Un module noyau est une extension qui ajoute des fonctionnalités au noyau du système d'exploitation (le cœur de Linux), sans avoir à redémarrer l'ordinateur. Dans le cas de LiME, ce module permet au noyau d'interagir avec la mémoire vive et de capturer son contenu dans un fichier.

L'extension .ko signifie Kernel Object (objet noyau).

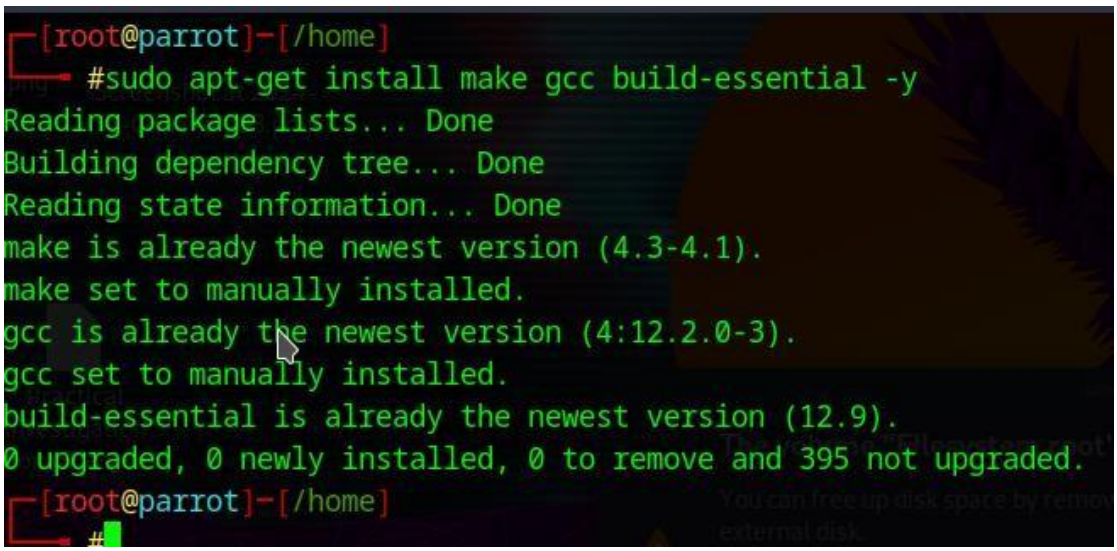
C'est un type de fichier utilisé sous Linux pour les modules noyau. Ces modules sont des programmes ou des morceaux de code qui peuvent être chargés ou déchargés dynamiquement dans le noyau du système d'exploitation pour lui ajouter des fonctionnalités, comme :

Gérer un matériel spécifique (exemple : pilotes).

Ajouter des capacités (comme l'acquisition de mémoire avec LiME).

Un fichier .ko est donc un module compilé, prêt à être intégré au noyau à l'aide de commandes comme insmod (charger) ou rmmod (décharger).

Installation des outils nécessaires pour compiler des programmes sous Linux.) :



make : Un outil qui automatise la compilation des programmes à partir de fichiers sources en utilisant un fichier Makefile.

gcc : Le compilateur GNU C/C++, utilisé pour transformer le code source en fichiers exécutables ou modules (.ko par exemple).

build-essential : Un méta-paquet qui installe des outils de développement essentiels, comme les bibliothèques et dépendances pour compiler correctement. (Un métapaquet est un paquet sous Linux qui ne contient pas de fichiers ou de logiciels spécifiques, mais plutôt une liste d'autres paquets à installer. Il permet d'installer plusieurs paquets nécessaires pour une tâche particulière en une seule commande.)

-y : Automatise la confirmation de l'installation, évitant d'avoir à répondre "oui" manuellement.

4- Quand tu utilises LiME (Linux Memory Extractor), il crée un module qui se connecte au noyau de Linux pour extraire la mémoire du système. Le noyau est le cœur du système d'exploitation, celui qui gère le matériel et les ressources de l'ordinateur.

La commande uname -r te donne la version du noyau qui est en cours d'utilisation.

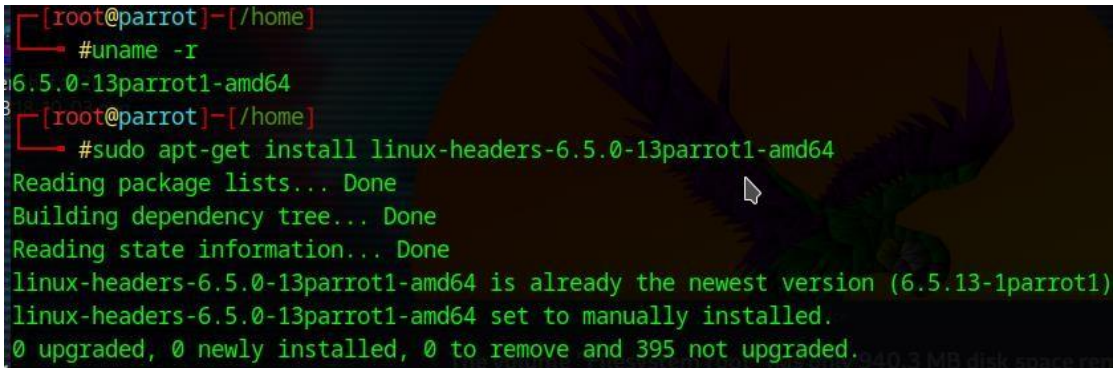
-Pourquoi est-ce important ?

LiME doit être compatible avec cette version du noyau. Si tu utilises une version spécifique du noyau, LiME doit être adapté à cette version pour bien fonctionner.

-Installation des outils : Pour compiler LiME (si nécessaire), tu as besoin des en-têtes du noyau (des fichiers nécessaires pour compiler les modules). Ces en-têtes doivent correspondre exactement à la version du noyau. Sinon, la compilation échoue.

Si ces en-têtes ne sont pas installés, la compilation échouera.

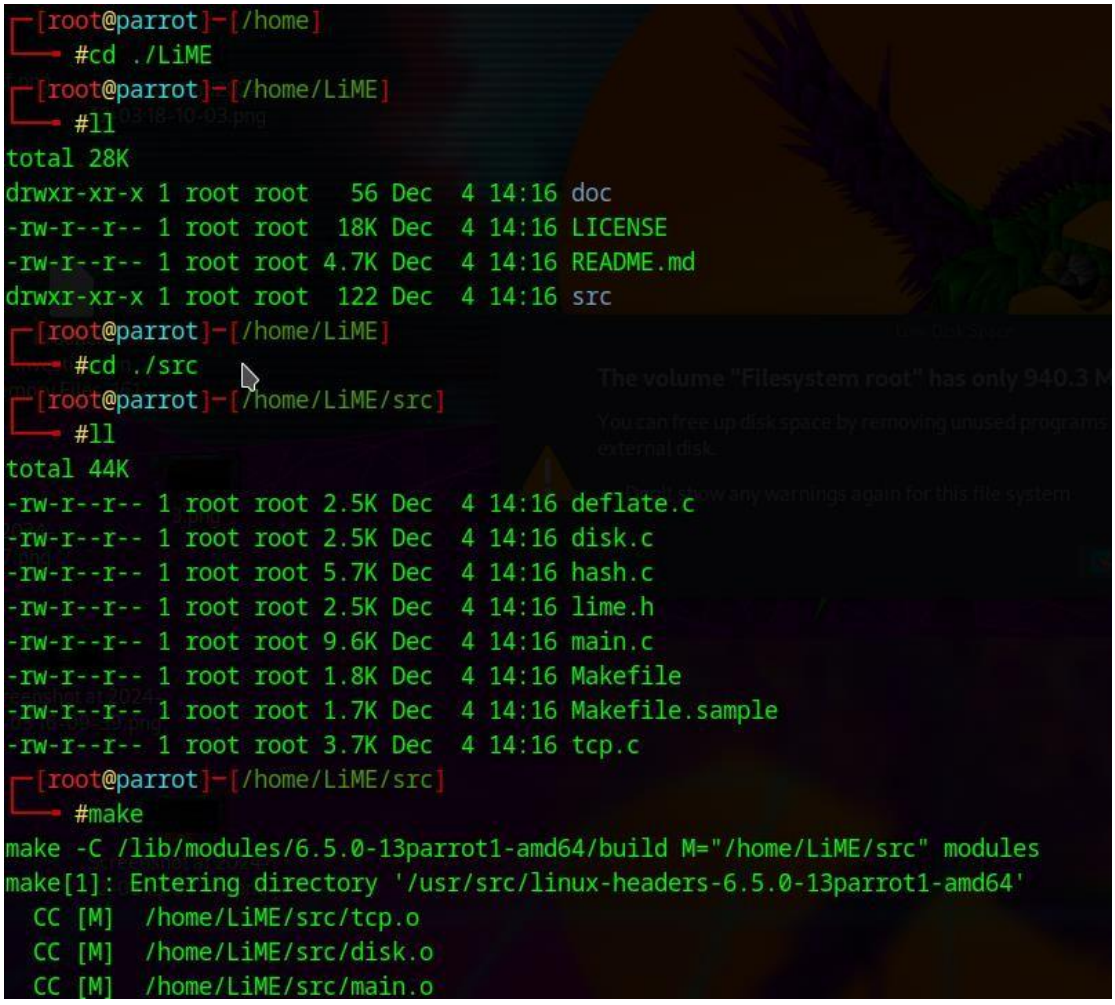
```
sudo apt-get install linux-headers-$(uname -r)
```



Lors de l'installation de LiME, plusieurs erreurs peuvent survenir, principalement liées à la compatibilité du module avec la version du noyau. Une erreur fréquente est l'incompatibilité entre le module LiME et la version du noyau utilisé, ce qui nécessite de compiler LiME spécifiquement pour cette version. De plus, si les entêtes du noyau (fichiers nécessaires pour la compilation des modules) ne sont pas

installés, la compilation échouera. L'absence des en-têtes peut entraîner des messages d'erreur tels que "linux/headers not found". Il est aussi possible de rencontrer des problèmes liés à l'absence de certaines dépendances nécessaires à la compilation, ou à des permissions insuffisantes pour accéder aux fichiers nécessaires. Pour éviter cela, il est crucial d'installer les en-têtes correspondants à la version du noyau avec la commande sudo apt-get install linux-headers-$(uname -r) et de s'assurer que toutes les dépendances sont présentes avant de lancer la compilation.

5 – make :

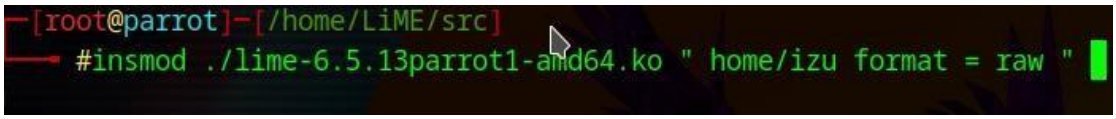


6- La commande `insmod` est utilisée sous Linux pour insérer un module dans le noyau. insmod [option] filename [args]

Dans le cas de **LiME**, la commande `insmod` est utilisée pour charger le module du noyau LiME afin de commencer l'extraction de la mémoire.

Raw est la désignation générique d'un type de fichier d'images numériques issues d'appareils photo numériques ou de scanners

La forme brute (ou format raw) fait référence à des données qui sont stockées sans aucune modification, compression, ou formatage supplémentaire.



Et comme ça on peut capturer une 'Dump memory' avec LiME .

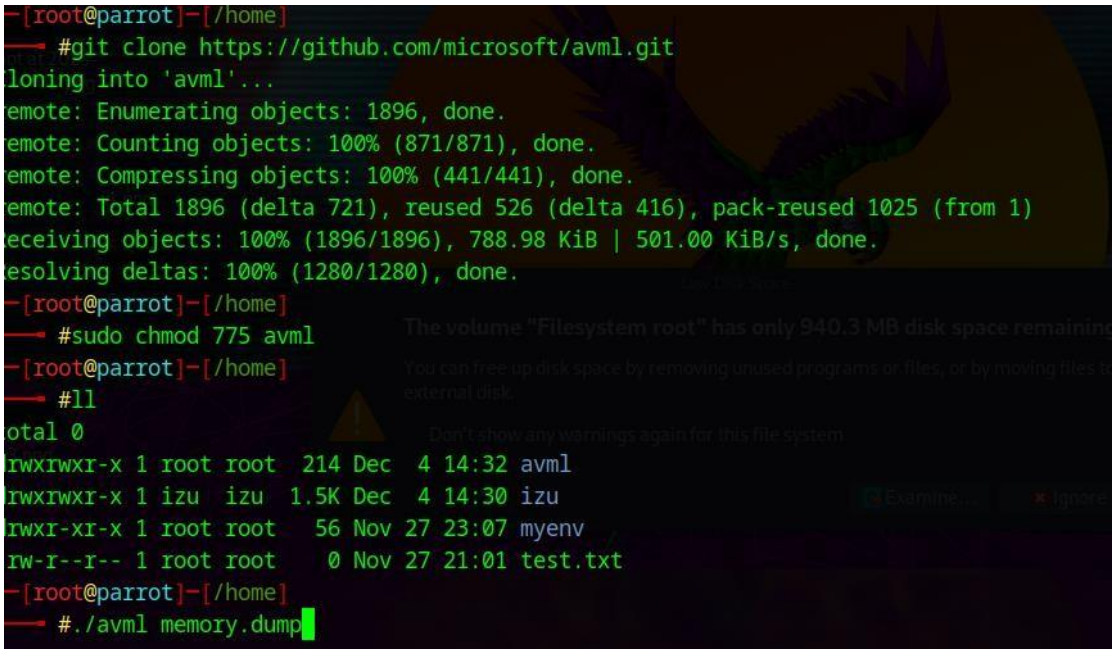
LiME a une configuration très complique car il nécessite une compilation avant l'extraction.

!!!! L'outil AVML est effectivement une bonne alternative, surtout pour ceux qui recherchent un outil simple et rapide à utiliser, sans avoir à passer par la compilation d'un module comme avec LiME.

(microsoft) AVML (Acquire Volatile Memory for Linux)

AVML est un outil d'acquisition de mémoire volatile pour les systèmes x86_64, écrit en Rust, et conçu pour être utilisé comme un binaire statique. Cela signifie que tu peux l'exécuter directement sans avoir à le compiler sur la machine cible, ce qui le rend plus facile à utiliser et plus portable.

Configuration : capture directe de la mémoire RAM avec [./avml nom_du_dump]



./ indique que l'on exécute un fichier dans le répertoire courant.

avml est le nom de l'exécutable, qui a été soit téléchargé sous forme de binaire précompilé, soit compilé à partir du code source (écrit en Rust).

L'un des principaux avantages de Volatility est qu'il ne nécessite pas d'accès au système d'exploitation ou aux fichiers de disque du système cible, car il fonctionne directement sur l'image mémoire capturée.

ATTENTION ! Pendant l'acquisition, évite d'effectuer des actions sur la machine qui pourraient altérer les données de la mémoire ou interférer avec l'extraction.

2-ANALYSE DE LA MEMOIRE VOLATILE (RAM) :

Volatility est le framework le plus utilisé au monde pour extraire des « artifacts »(empreintes ou traces numériques) à partir d'échantillons de mémoire volatile (RAM).

L'un des principaux avantages de Volatility est qu'il ne nécessite pas d'accès au système d'exploitation ou aux fichiers de disque du système cible, car il fonctionne directement sur l'image mémoire capturée.

Volatility prend en charge divers formats de mémoire et de plateformes, ce qui en fait un outil polyvalent pour effectuer des analyses forensiques sur des systèmes Windows, Linux et macOS.

Deux versions principales : **Volatility 2** et **Volatility 3**.

Volatility 3 est plus modulaire et performante. +plugins

Les éléments qu'on doit avoir pour analyser avec volatility3 :

1 – memory dump .

2– plugins : un module qui exécute une tâche particulière pour analyser une image mémoire et en extraire des informations pertinentes.

Un plugin peut être utilisé pour lister les processus , rechercher des fichiers ouverts en mémoire , ou encore extraire des connexions réseau actives .

!! Note : Les plugins dépendent de la mémoire capturée et non pas le système d'exploitation utilisé pour analyser.

Exemple de plugins : Windows.pslist , Linux.netstat , mac.filescan ….

- La configuration de volatility3 :

1-Pré-requis :

Volatility3 nécessite Python 3.7 ou une version plus récente. Vous pouvez vérifier votre version de Python avec la commande :

```
python3 --version
```

Si vous n'avez pas la bonne version :

```
sudo apt-get install python3-pip python3-dev libpython3-dev
```

pip est un gestionnaire de paquets pour Python. Il permet d'installer des bibliothèques et des modules Python à partir du Python Package Index (PyPI). python3-pip est la version de pip pour Python 3.

Ce paquet fournit les en-têtes et fichiers nécessaires pour développer des extensions Python. Il est souvent requis pour compiler et installer certains paquets Python qui nécessitent des bibliothèques C sous-jacentes.

Ce paquet contient les fichiers nécessaires pour compiler des modules d'extension

Python en C pour Python 3. Il inclut des bibliothèques et des en-têtes de développement essentiels.

vol.py est généralement un fichier qui fait partie de Volatility, un framework de mémoire volatile largement utilisé pour effectuer des analyses forensiques sur des images de mémoire (RAM) extraites. Ce fichier est un script Python qui permet d'interagir avec l'outil Volatility pour extraire et analyser des artefacts numériques provenant de la mémoire volatile d'un système compromis.

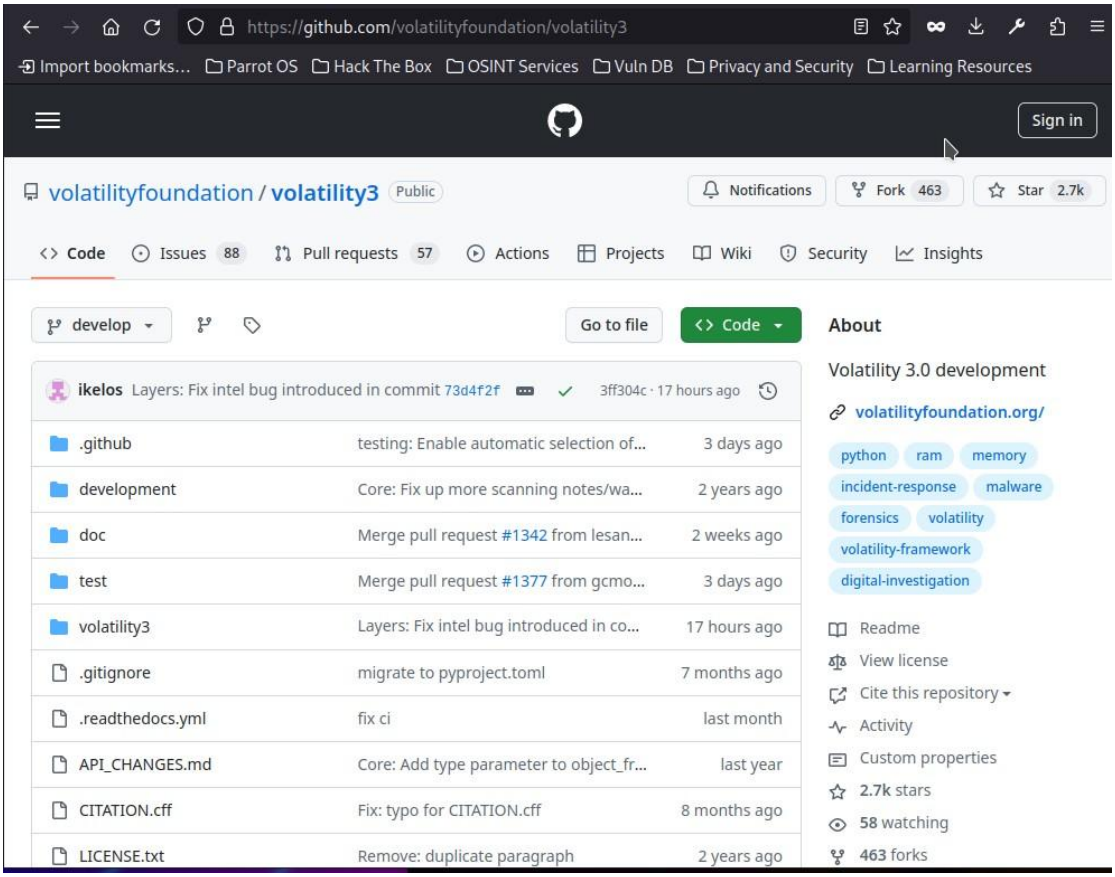
Exécution de programmes Python : Vous pouvez exécuter des scripts Python 3 en utilisant la commande python3 dans un terminal ou une ligne de commande.

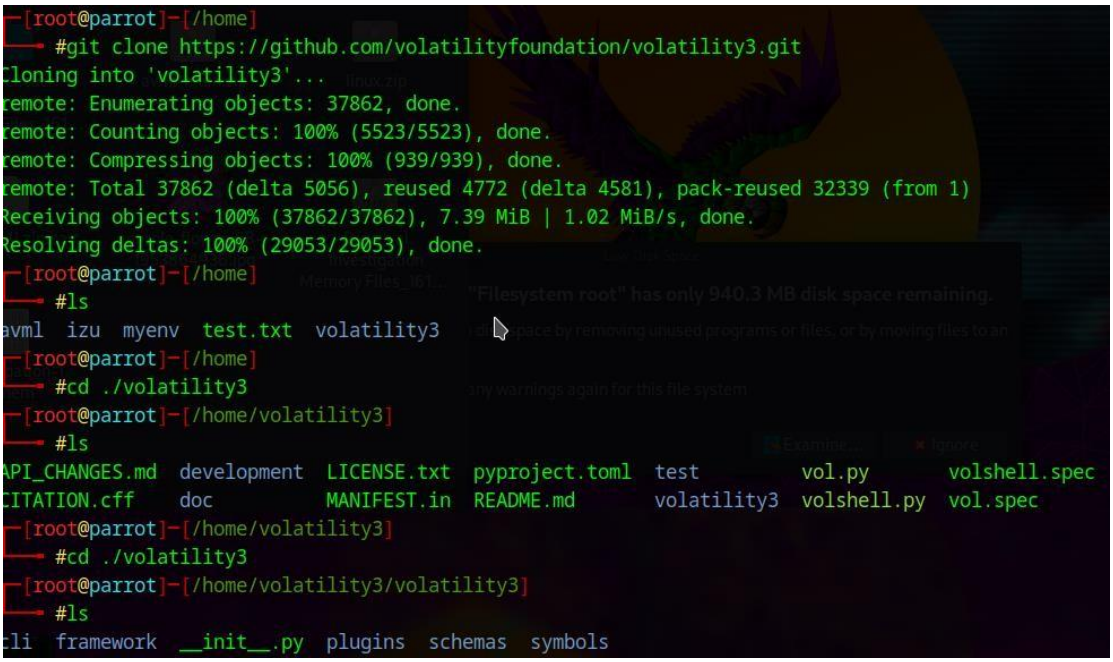
2- Télécharger Volatility3 :

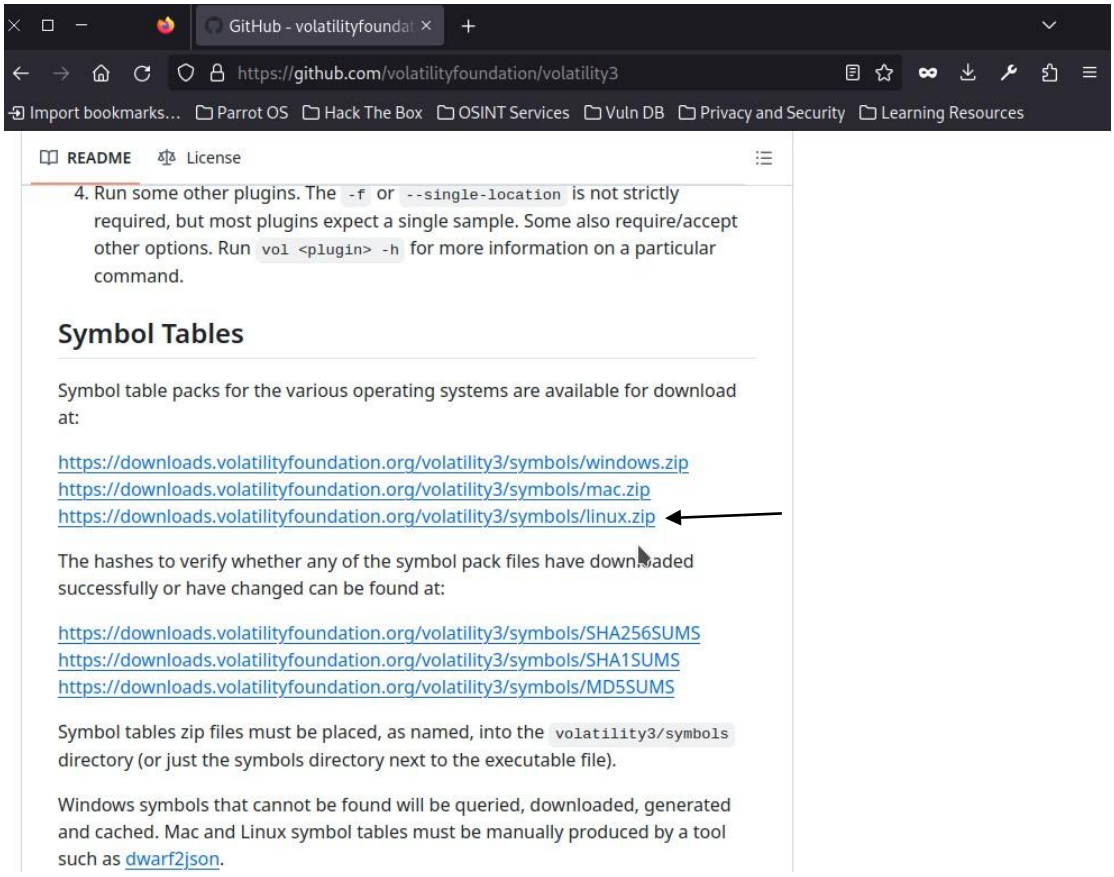
```
git clone https://github.com/volatilityfoundation/volatility3.git cd

./volatility3/volatility3
```

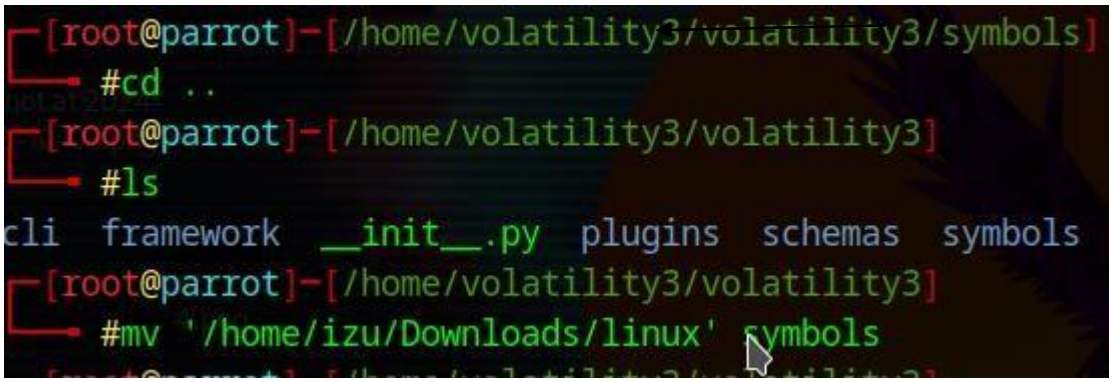
Après , on doit installer les tableaux de symboles (extraire ce fichier dans le dossier ./volatility3/volatility3/symbols)

Les tables de symboles pour différents systèmes d'exploitation sont souvent nécessaires lors de l'analyse de la mémoire ou des enquêtes forensiques. Ces tables fournissent les mappages nécessaires entre les adresses mémoire et les symboles utilisés par le noyau, ce qui est crucial lors de l'analyse des vidages de mémoire ou de la mémoire en direct pour identifier des objets, des fonctions et d'autres structures de données importantes.


https://github.com/volatilityfoundation/volatility3
Import bookmarks... Parrot OS Hack The Box OSINT Services Vuln DB Privacy and Security Learning Resources
Sign in
volatilityfoundation / volatility3 Public
Notifications Fork 463 Star 2.7k
Code Issues 88 Pull requests 57 Actions Projects Wiki Security Insights
develop
Go to file
Code
About
Volatility 3.0 development
volatilityfoundation.org/
python ram memory
incident-response malware
forensics volatility
volatility-framework
digital-investigation
Readme
View license
Cite this repository
Activity
Custom properties
2.7k stars
58 watching
463 forks
ikelos Layers: Fix intel bug introduced in commit 73d4f2f 3ff304c · 17 hours ago
.github testing: Enable automatic selection of... 3 days ago
development Core: Fix up more scanning notes/wa... 2 years ago
doc Merge pull request #1342 from lesan... 2 weeks ago
test Merge pull request #1377 from gcmo... 3 days ago
volatility3 Layers: Fix intel bug introduced in co... 17 hours ago
.gitignore migrate to pyproject.toml 7 months ago
.readthedocs.yml fix ci last month
API_CHANGES.md Core: Add type parameter to object_fr... last year
CITATION.cff Fix: typo for CITATION.cff 8 months ago
LICENSE.txt Remove: duplicate paragraph 2 years ago


[root@parrot]-[/home]
#git clone https://github.com/volatilityfoundation/volatility3.git
Cloning into 'volatility3'...
remote: Enumerating objects: 37862, done.
remote: Counting objects: 100% (5523/5523), done.
remote: Compressing objects: 100% (939/939), done.
remote: Total 37862 (delta 5056), reused 4772 (delta 4581), pack-reused 32339 (from 1)
Receiving objects: 100% (37862/37862), 7.39 MiB | 1.02 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (29053/29053), done.
[root@parrot]-[/home]
#ls
avml izu myenv test.txt volatility3
[root@parrot]-[/home]
#cd ./volatility3
[root@parrot]-[/home/volatility3]
#ls
API_CHANGES.md development LICENSE.txt pyproject.toml test vol.py volshell.spec
CITATION.cff doc MANIFEST.in README.md volatility3 volshell.py vol.spec
[root@parrot]-[/home/volatility3]
#cd ./volatility3
[root@parrot]-[/home/volatility3/volatility3]
#ls
cli framework __init__.py plugins schemas symbols





3. Installer les dépendances de Volatility3 :

```
python3 -m venv venv && . venv/bin/activate

 pip install -e .[dev]
```

3-1. python3 -m venv venv python3 : Utilise la version 3 de Python. -m :

Exécute un module Python comme un script. venv : Il s'agit du module qui permet de créer des environnements virtuels en Python.

venv (après -m venv) : C'est le nom du répertoire où l'environnement virtuel sera créé. Il contiendra une installation isolée de Python, permettant d'installer des dépendances spécifiques à un projet sans affecter le système global.

Cette commande crée donc un environnement virtuel Python dans le répertoire venv. L'environnement virtuel permet de travailler sur un projet spécifique sans interférer avec les autres projets Python ou l'installation globale de Python.

3-2. && . venv/bin/activate

&& : Cela signifie que la deuxième commande sera exécutée seulement si la première a réussi. C'est une manière de chaîner les commandes.

. venv/bin/activate : C'est un script qui active l'environnement virtuel Python que vous venez de créer.

Le . (point) ou source permet d'exécuter le script dans le shell actuel.

venv/bin/activate : Le chemin vers le fichier activate dans l'environnement virtuel créé. Ce script configure le terminal pour utiliser les bibliothèques Python installées dans l'environnement virtuel, au lieu des bibliothèques globales.

Après l'activation de l'environnement virtuel, le prompt du terminal changera pour indiquer que vous êtes maintenant dans l'environnement virtuel (généralement, le nom de l'environnement apparaît avant le prompt, par exemple (venv)).

3-4-. pip install -e .[dev]

pip : Le gestionnaire de paquets Python. install :

L'option pour installer des paquets avec pip.

-e : Cela signifie "installation en mode édition", ce qui signifie que vous installez un paquet en développement à partir du répertoire actuel. Cela vous permet de faire des modifications dans le code source du projet sans avoir à réinstaller le paquet à chaque modification.

. : Cela fait référence au répertoire actuel, donc cela installe le projet Python à partir du répertoire où la commande est exécutée.

[dev] : C'est une extra option qui indique à pip d'installer également les dépendances spécifiées dans un groupe dev du fichier setup.py du projet. Ces dépendances sont généralement utilisées pour le développement (par exemple, des outils de test, des linters, etc.).

Résumé :

python3 -m venv venv : Crée un environnement virtuel Python.

&& . venv/bin/activate : Active cet environnement virtuel.

pip install -e .[dev] : Installe le projet en mode édition avec ses dépendances de développement.

Fin de configuration .

PARTIE 3 :

1 - VERIFICATION ET TESTS :

-Pour lister les options et les plugins :

```
Python3 vol.py –h
```

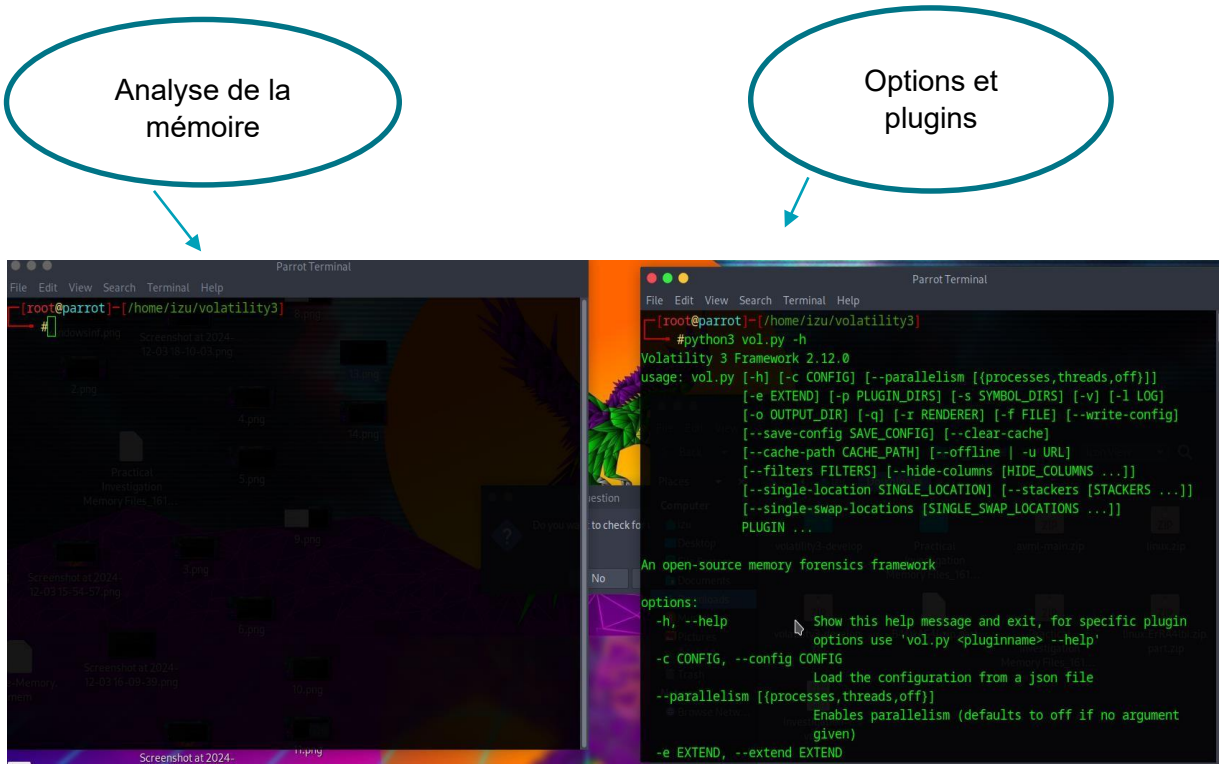
-Pour avoir des informations sur la mémoire :

```
Python3 –f memory.dump OS.info
```

OS (operation system) = Windows , linux , mac

-Pour analyser la mémoire :

Python3 vol.py –f memory.dump plugin



Lors de l'utilisation de Volatility 3, on commence généralement par spécifier des options essentielles pour l'analyse, telles que l'image mémoire à analyser et le profil du système. Voici quelques-unes des options courantes :

-f : Spécifie le chemin vers l'image mémoire à analyser (fichier de dump mémoire).

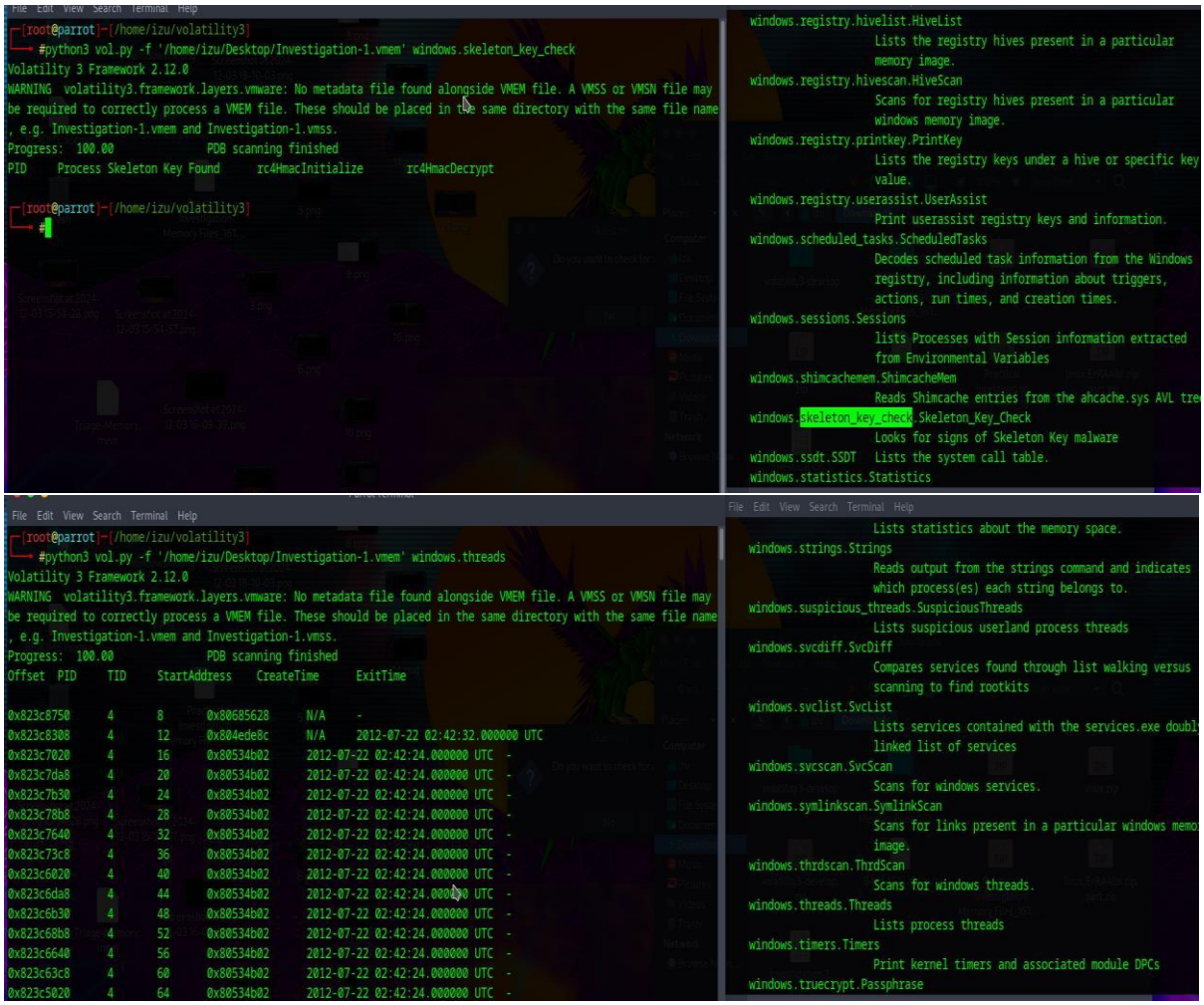
-p : Utilisé pour définir un profil système spécifique, comme le système d'exploitation (Windows, Linux, macOS).

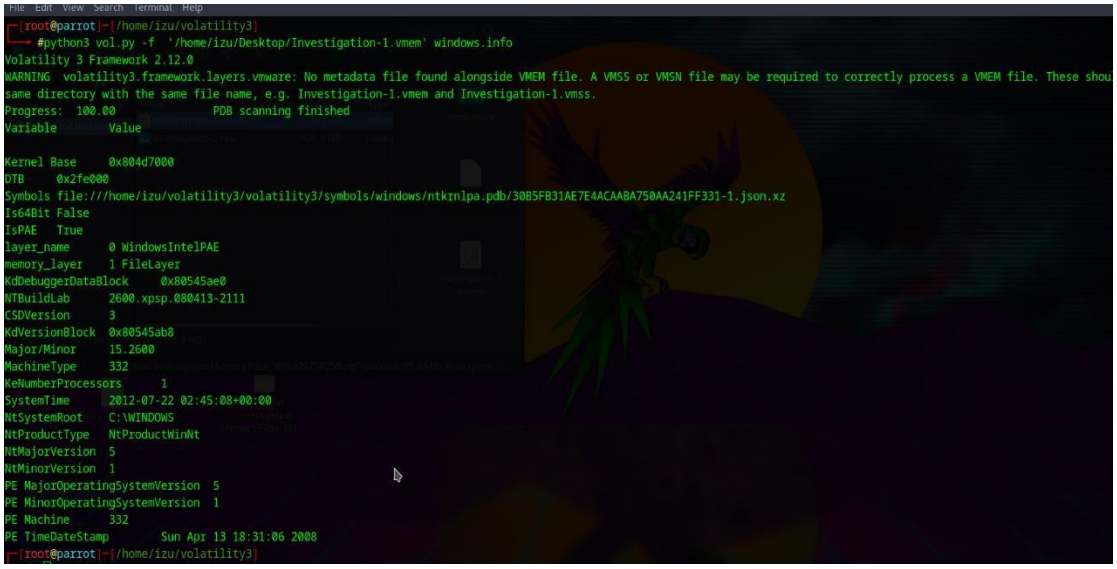
-v : Active le mode verbeux pour afficher des informations détaillées pendant l'exécution des commandes.

Note : Le message qui indique que Volatility a détecté l'absence des fichiers de métadonnées (comme VMSS ou VMSN), mais il a tout de même tenté l'analyse du fichier VMEM. Cela est possible car certains outils, notamment Volatility, peuvent fonctionner en mode "brut" pour extraire des informations même sans métadonnées.

Si le profil du système n'est pas détecté automatiquement, précisez-le manuellement

vol -f Investigation-1.vmem --profile=<nom_du_profil> windows.pslist





NOTE : L'analyse de la mémoire se fait sur windows comme linux , mais l'extration de la mémoire est differente .

2 - INVESTIGATION PRATIQUE :

Votre SOC vous a informé qu'ils ont récupéré un dump mémoire , suspecté d'avoir été compromis par un « trojan Horse Malware » bancaire se faisant passer pour un document Adobe. Votre mission est d'utiliser vos connaissances en renseignement sur les menaces et en ingénierie inverse pour effectuer une analyse forensique de la mémoire sur l'hôte infecté.

Les chevaux de Troie sont des programmes qui prétendent remplir une fonction mais en remplissent en réalité une autre, généralement malveillante

Ils ont souvent utilisés pour :

- Voler des informations personnelles (comme des identifiants de connexion ou des informations bancaires).
- Installer d'autres malwares sur le système, comme des ransomwares ou des logiciels espions.
- Permettre l'accès à distance à un ordinateur ou un réseau pour mener des actions malveillantes, telles que l'exfiltration de données ou le contrôle du système.

(mémoire = Investigation-1.vmem) qui est dèja extractée .

Questions :

Quelle est la version de la machine hôte ?

À quelle heure le fichier mémoire a-t-il été acquis?

Quel processus peut être considéré comme suspect?

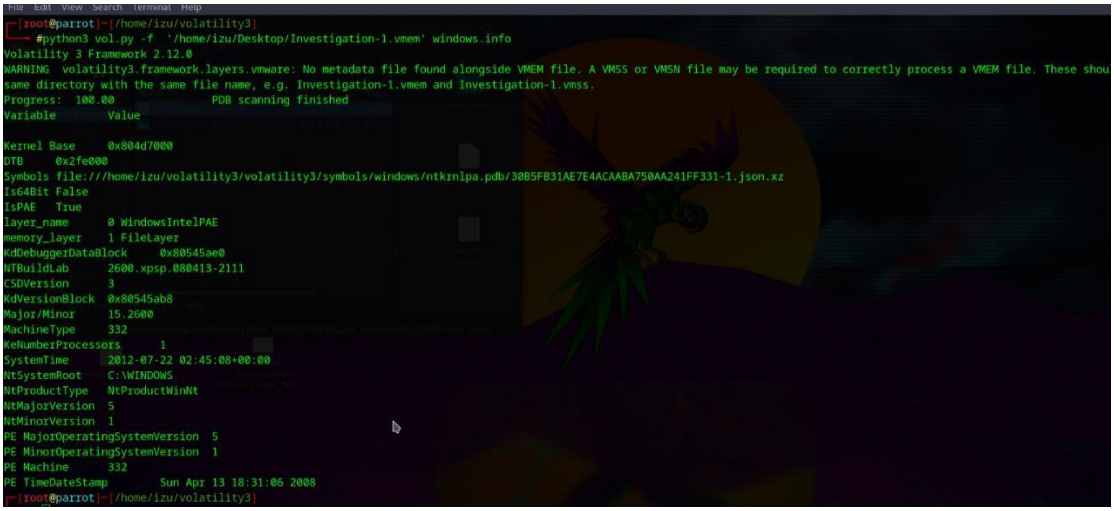
Quel est le processus parent du processus suspect?

Quel est le PID du processus suspect ?

Quel **user-agent** a été utilisé par l'adversaire ?

La banque Chase faisait-elle partie des domaines suspects trouvés ?

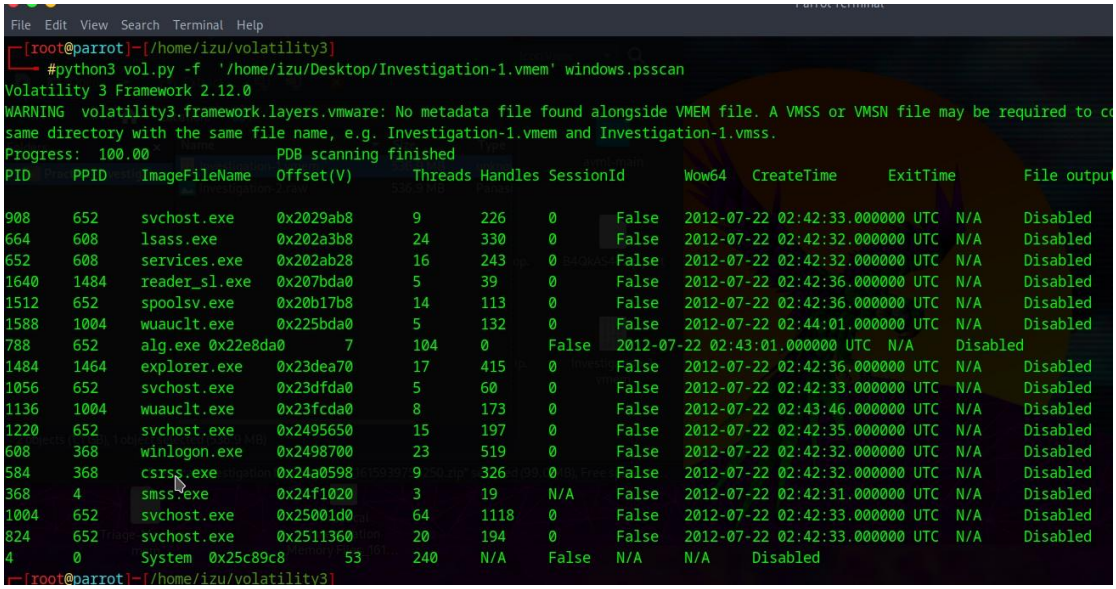
Python3 –f memory.dump windows.info



2600.xpsp.080413-2111

2012-07-22 02:45:08

Python3 –f memory.dump windows.psscan

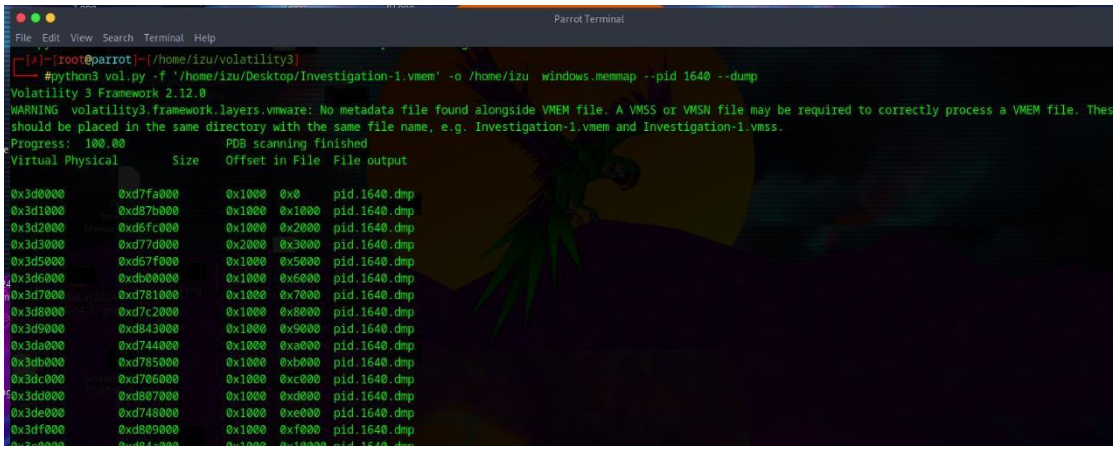


reader_sl.exe

1640

1484

python3 vol.py -f /home/izu/Investigation-1.vmem -o /home/izu windows.memmap -pid 1640 –dump



--dump : **Dumping Memory Regions in Volatility :** Lorsque **Volatility** effectue une analyse de la mémoire, il peut localiser des régions spécifiques de mémoire (par exemple, des parties de la mémoire d'un processus, de la mémoire noyau, ou de la mémoire DLL) et "dump" ces régions dans des fichiers séparés pour une analyse détaillée.

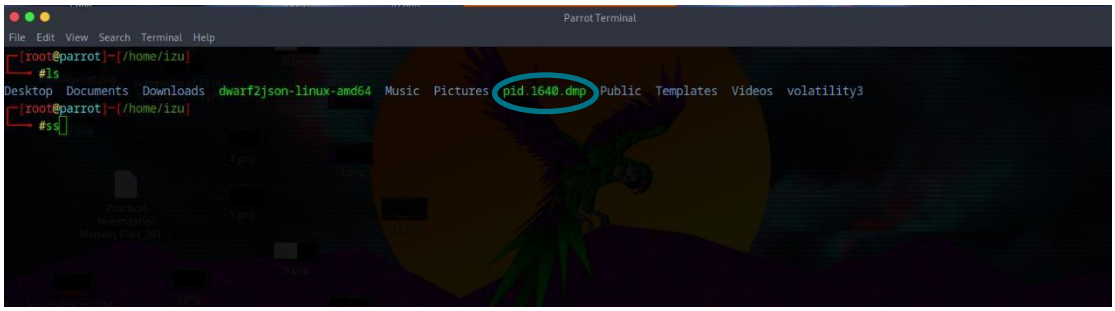
Ainsi, le "dump" dans **Volatility** signifie l'extraction et l'enregistrement de données spécifiques de l'image mémoire dans des fichiers pouvant être analysés isolément.

`-o` : L'emplacement de l'output .

Windows.memmap : extraire et afficher la cartographie de la mémoire d'un processus ou d'un système entier .

Il fournit des informations détaillées sur les différentes régions de mémoire, y compris les adresses, tailles et types de mémoire.

L'option `--pid` dans **Volatility** est utilisée pour spécifier un **identifiant de processus (PID)**, ce qui permet de cibler l'analyse de la mémoire pour un processus particulier ;



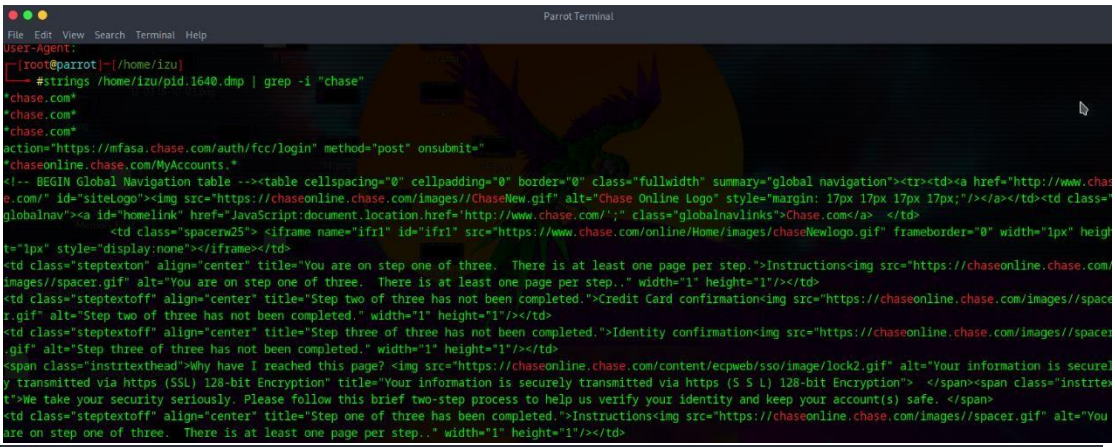
Strings /home/izu/pid.1640.dmp | grep –i user-agent

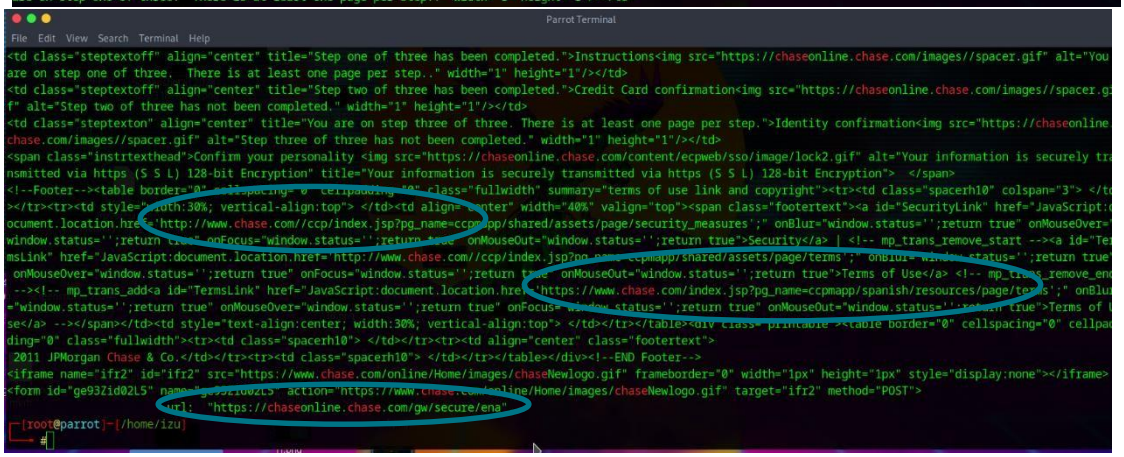
La commande **strings** est un utilitaire utilisé pour extraire du texte lisible par l'humain à partir de fichiers binaires, y compris des dumps mémoire .

Un **user-agent** est une chaîne de texte qu'un navigateur web ou une application envoie à un serveur web pour s'identifier. Cette chaîne contient généralement des informations sur le navigateur, sa version, le système d'exploitation et parfois le type de dispositif ou l'application effectuant la requête.

`-i` permet donc de ne pas tenir compte de la différence entre les lettres majuscules et minuscules lors de la recherche.

Strings /home/izu/pid.1640.dmp | grep –i chase





On peut déduire que l'attaquant ait envoyé à la victime un lien vers une fausse page bancaire où la victime a téléchargé le document depuis le domaine !!!!!!

FIN .