De l'invisibilité des rootkits : application sous Linux

Eric Lacombe[1] Frédéric Raynal[2] Vincent Nicomette[3]

[1]eric.lacombe@{laas.fr,security-labs.org}
LAAS-CNRS - EADS Innovation Works

[2]frederic.raynal@security-labs.org
Sogeti ESEC - MISC Magazine

[3]nicomett@laas.fr
LAAS-CNRS

31 mai 2007

Introduction

Définition de *rootkit*

Ensemble de modifications permettant à un attaquant de *maintenir dans le temps un contrôle frauduleux* sur un système informatique.

Plan

Plan

Évolution des rootkits

Évolution des rootkits

Jusqu'alors : démarche de factorisation afin de toucher le plus de monde avec un minimum de modifications.

- D'abord modification des commandes du système.
- Ensuite factorisation en espace utilisateur via la modification de DSO - Dynamic Shared Object, compilateur, etc.
- Enfin au sein de l'entité partagé par tous les éléments du système : le noyau.

Maintenant : stade d'externalisation du code malicieux.

- Les *rootkit-hyperviseurs* se place en dessous du noyau en exploitant les technologies de virtualisation.

Évolution des rootkits

Évolution des rootkits

Jusqu'alors : démarche de factorisation afin de toucher le plus de monde avec un minimum de modifications.

- D'abord modification des commandes du système.
- Ensuite factorisation en espace utilisateur via la modification de DSO - Dynamic Shared Object, compilateur, etc.
- Enfin au sein de l'entité partagé par tous les éléments du système : le noyau.

Maintenant : stade d'externalisation du code malicieux.

- Les *rootkit-hyperviseurs* se place en dessous du noyau en exploitant les technologies de virtualisation.

Plan

Architecture fonctionnelle d'un rootkit

Quatre éléments fonctionnnels

- Un injecteur : installer le rootkit.
- Un module de protection : protéger le rootkit et les activités de l'attaquant.
- Une backdoor : communiquer avec le rootkit.
- Des services : effectuer des opérations malicieuses.

Définitions des éléments fonctionnels d'un rootkit (1/2)

Un injecteur

- Mécanisme que l'attaquant emploie afin d'insérer le rootkit dans le système.
- Ne sert qu'une fois lors de l'installation du rootkit.

Un module de protection

Objectif : rendre le rootkit "tenace" sur le système tout le temps nécessaire à l'attaquant.

Stratégies envisageables :

- *Dissimulation* : cacher la présence du rootkit sur le système (parasitage de processus, etc.) et l'activité de l'attaquant.
- *Résistance* : faire en sorte que le rootkit ne puisse être enlevé même s'il est découvert (chiffrement de données critiques pour le bon comportement du système).
- *Persistance* : survie au redémarrage du système (i.e. dissimination dans des mémoires non-volatiles comme dans `/boot/vmlinuz` sur le disque).

Définitions des éléments fonctionnels d'un rootkit (2/2)

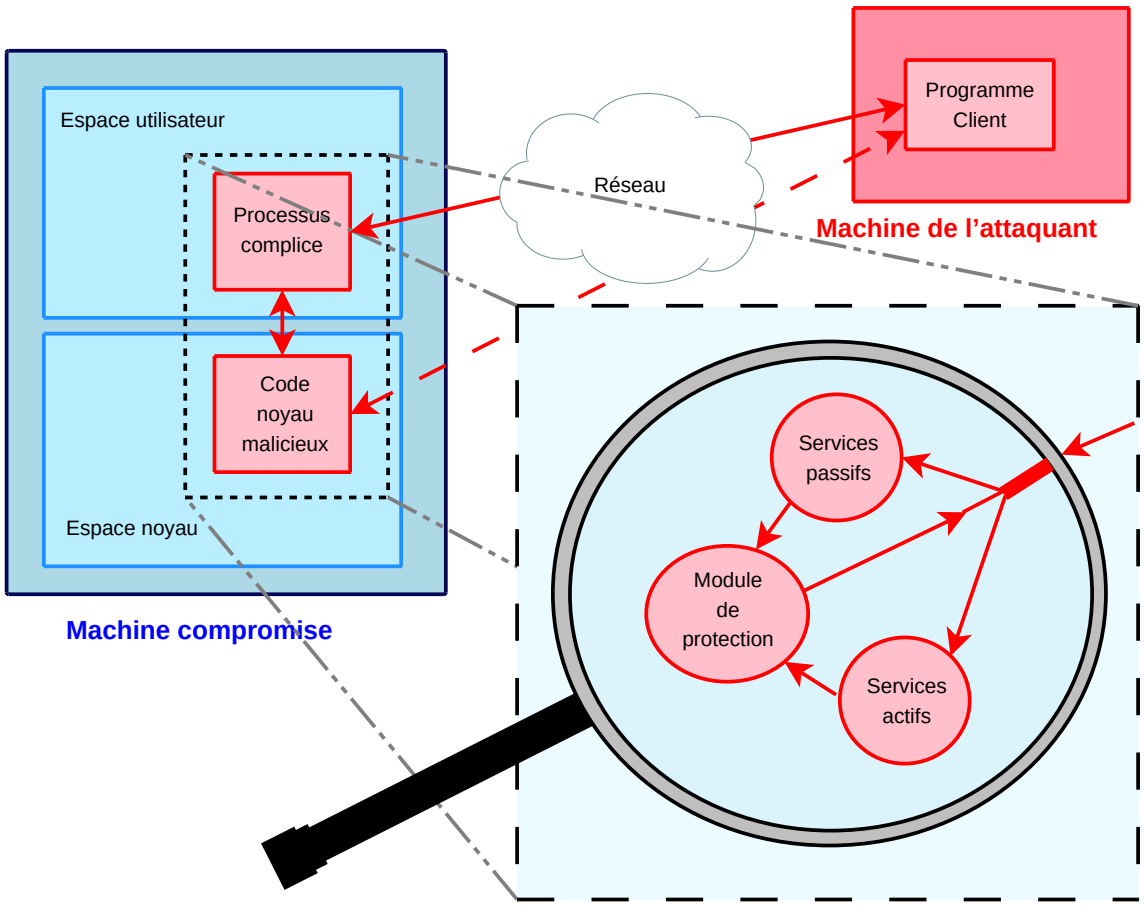
Une backdoor

- Rôles :
  - Medium de communication entre l'attaquant et le système compromis.
  - Accéder aux services fournis par le rootkit.
- Vecteurs d'interaction :
  - Entre l'attaquant et le système compromis.
  - Entre le système compromis et les services du rootkit.

Des services

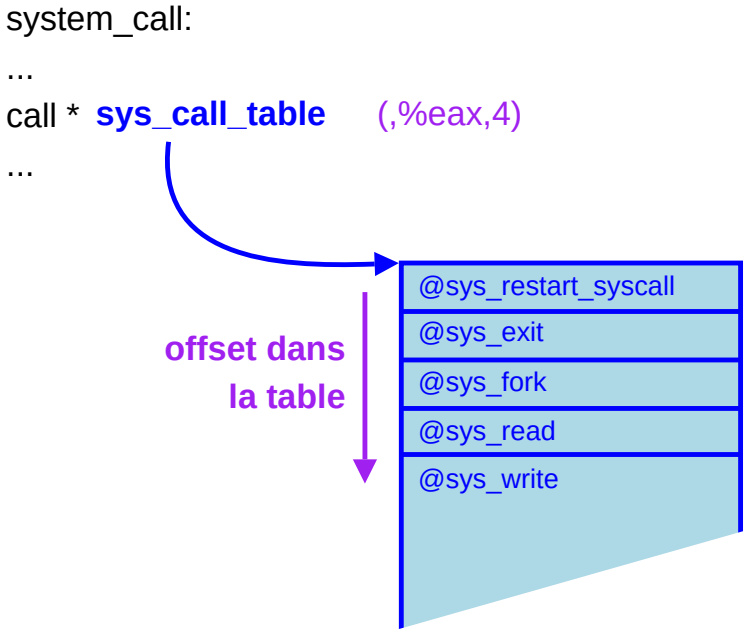
- Services passifs (espionnage) : keylogger, écoute réseau, etc.
- Services actifs (modifient perceptiblement le comportement du système) : lancement d'un DoS, suppression de fichiers, déroutage des ressources de calcul du système, etc.

Représentation graphique de l'architecture fonctionnelle d'un rootkit



Plan

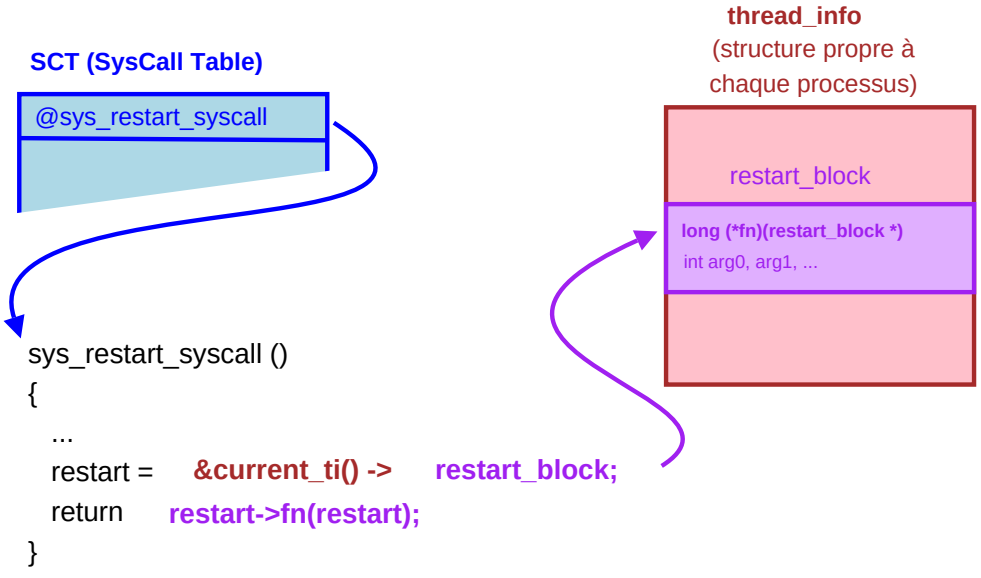
Fonctionnement des appels système sous Linux



Fonctionnement

- Depuis le mode utilisateur :
  - Préparation de la requête.
  - `eax` contient le numéro de l'appel système.
  - Autres registres : contiennent les paramètres.
- On bascule en mode noyau :
  - Levée de l'interruption `0x80`.
  - Autre technique : l'instruction `sysenter`.

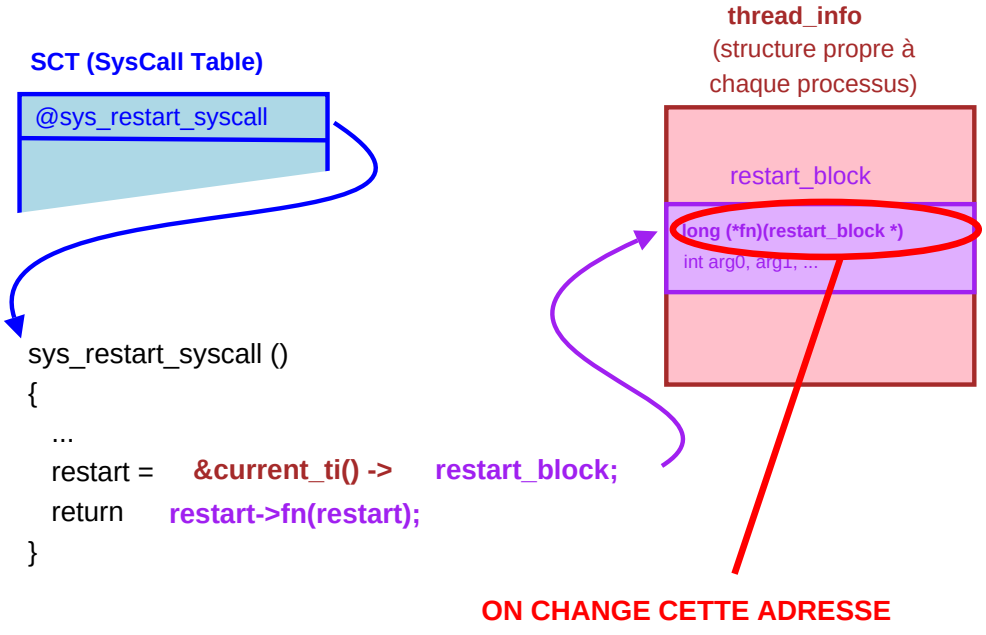
Fonctionnement et détournement de l'appel système 0



L'appel système 0

- Point d'entrée vers l'espace noyau.
- Rôle : employé par le noyau pour reprendre certains appels système interrompus (propre au processus interrompu).
- Fonctionnement : prend en arguments l'adresse de l'appel système à relancer et ses paramètres, ajustés si besoin.

Fonctionnement et détournement de l'appel système 0



L'appel système 0

- Point d'entrée vers l'espace noyau.
- Rôle : employé par le noyau pour reprendre certains appels système interrompus (propre au processus interrompu).
- Fonctionnement : prend en arguments l'adresse de l'appel système à relancer et ses paramètres, ajustés si besoin.

Design de notre rootkit, fondé sur le détournement de l'appel système 0

La backdoor en espace noyau : minimisation des modifications

- Modification de la sémantique de l'appel système 0 pour appeler n'importe quelle fonction située en espace noyau.
- Permet l'injection de code arbitraire si une fonctionnalité n'est pas directement fournie par le noyau.

La backdoor en espace utilisateur : le point d'entrée dans le noyau

- Le processus complice : un mécanisme de relais via l'appel système 0.

Le programme client : siège de la logique de l'attaquant

- Construction des opérations de l'attaquant à partir des fonctions noyau et du code injecté.

Plan

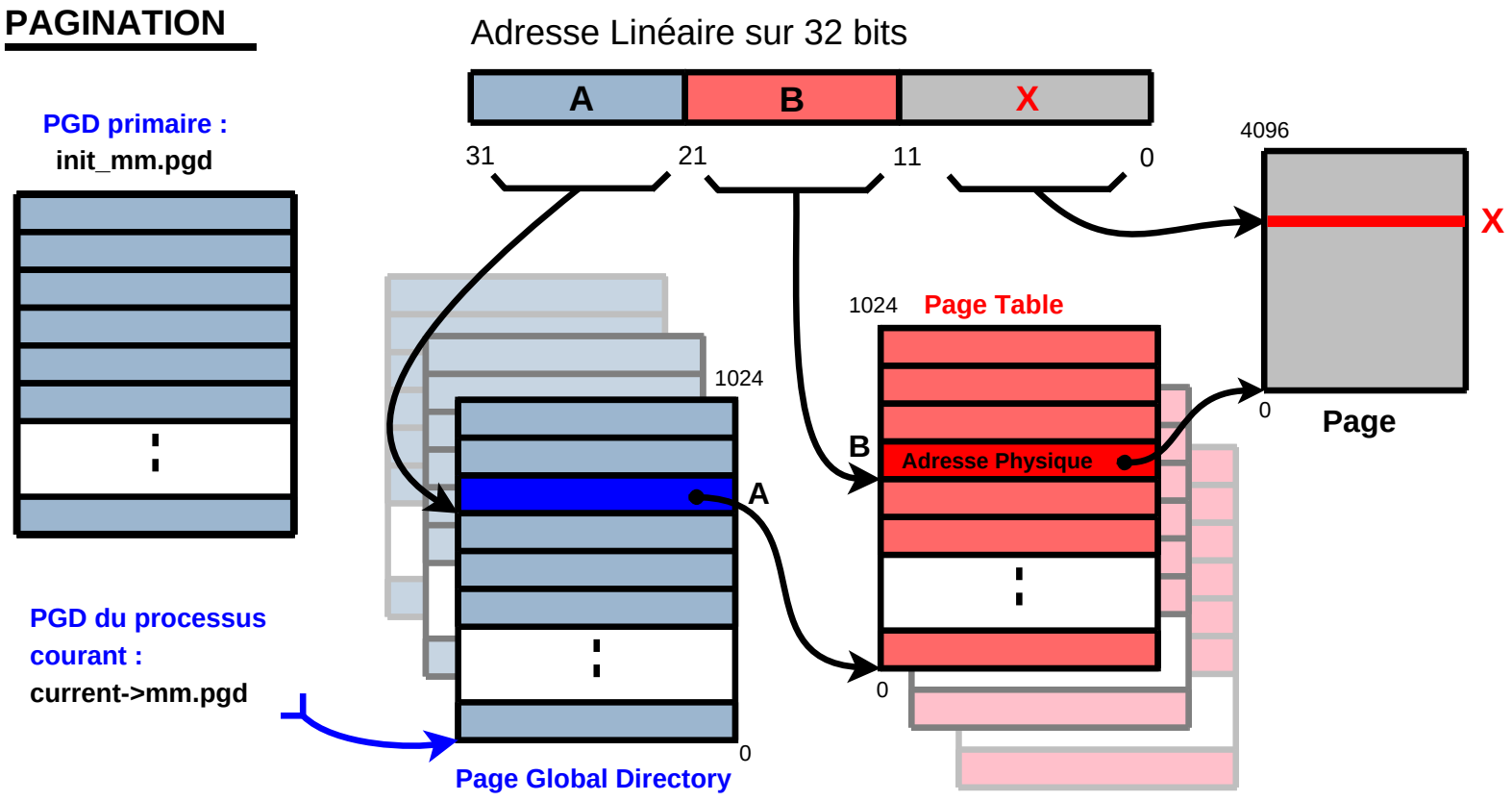
L'injecteur du rootkit

Description

- Installation d'un *bootstrap* :
  1. Recherche de l'adresse de la fonction noyau `get_page` par *pattern matching* sur `/dev/kmem`.
  2. Injection au fond de la pile noyau d'un bootstrap B qui appelle cette fonction.
  3. Appel de B via l'appel système 0 depuis l'espace utilisateur et obtention d'une page mémoire P.
- Installation de la *backdoor* BK en espace noyau dans P :
  1. BK est l'interface entre les fonctions du noyau et l'appel système 0 servant à les exécuter.
     - Nouvelle *sémantique* de l'appel système 0 : les registres eax, ebx, etc. contiennent l'adresse de la fonction noyau à exécuter et ses paramètres.
  2. Écriture dans le `thread_info` du processus complice de l'adresse de BK dans le champ employé par l'appel système 0.

Dissimulation de la backdoor noyau du rootkit (1/2)

Rappels

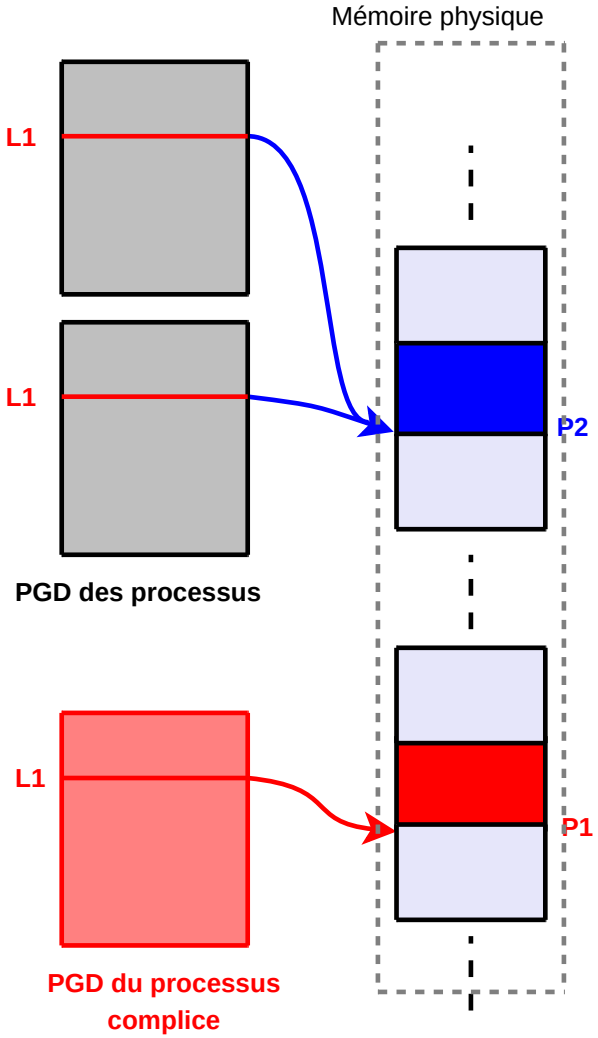


L'allocateur mémoire non-contiguë VMALLOC

- VMALLOC ne modifie que la PGD primaire.
- Mise à jour de la PGD d'un processus lors de l'accès à la zone allouée.

Dissimulation de la backdoor noyau du rootkit (2/2)

Méthode profitant du mécanisme paresseux de VMALLOC



Description de la méthode

- Mise en place du mécanisme :
  1. Allocation de 2 pages mémoire :
     - Une qui contient le code malicieux à l'adresse linéaire L_1 et physique P_1.
     - Une qui est vide (L_2 et P_2).
  2. Recherche de l'entrée relative à L_1 dans le PGD primaire.
  3. Remplacement de P_1 par P_2 dans ce PGD.
  4. Ajout au processus complice, dans son PGD, de l'association $L_1 \leftrightarrow P_1$.
- Conséquences :
  - Au premier accès par un processus à L_1 :
    1. Levée d'une faute de page.
    2. PGD du processus synchronisée avec le PGD primaire : ajout de l'association $L_1 \leftrightarrow P_2$.

Plan

Dissimulation de processus (1/2)

Méthodes

Camoufler son descripteur

- Un processus est caractérisé par une structure `task_struct`.
- Ce descripteur est lié de multiples façons avec ces pairs et certains sous-systèmes du noyau (mécanismes des signaux, ptrace, etc.).
- Pour le camoufler : on l'enlève de toutes les listes le référençant afin que le noyau "nie" son existence.
- Deux approches pour le délier :
  - *A priori* : duplication de `do_fork` et suppression des opérations de liaison.
  - *A posteriori* : suppression de ses liens après sa création.
- Attention : Il doit rester dans les listes de l'ordonnanceur (au moins temporairement) pour s'exécuter.

Dissimulation de processus (2/2)

Observations

Problème

- Le descripteur de processus est toujours présent en mémoire.
- On peut facilement le trouver en parcourant la mémoire physique.

Solution

- Le parasitage mobile : le vol de cycles d'exécution.

Exemples d'utilisation

- Exécution de codes malicieux sans création de `task_struct`.
- Conception d'une backdoor originale (cf. l'article pour plus de détails).

Le parasitage mobile
Objectifs

Objectifs

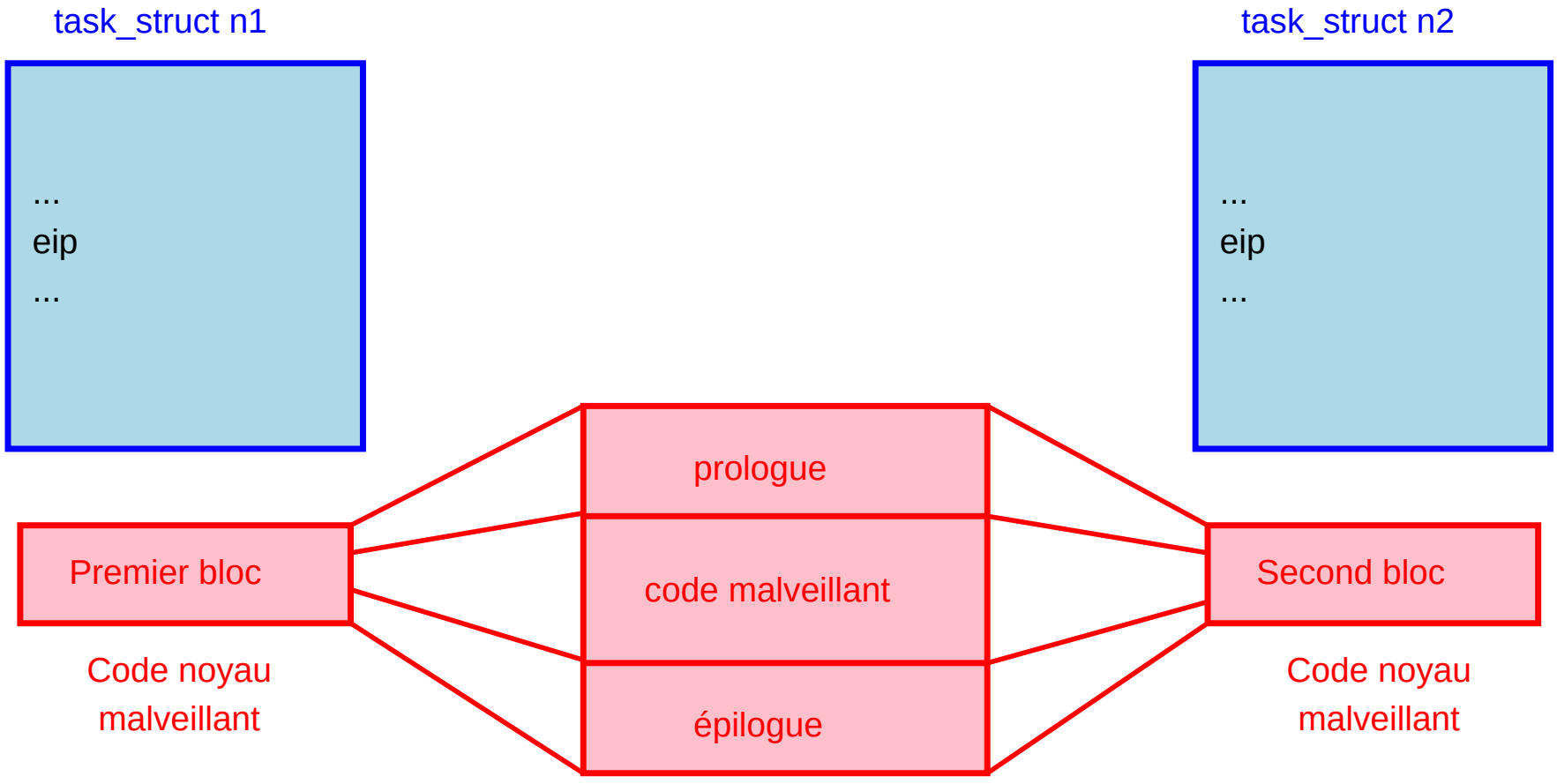
- Exécuter du code par l'intermédiaire de threads noyau.
- Ne pas altérer le travail de ces threads.

Rappel

À chaque changement de contexte, l'ordonnanceur sauvegarde dans le descripteur du processus interrompu la valeur de son compteur d'instructions.

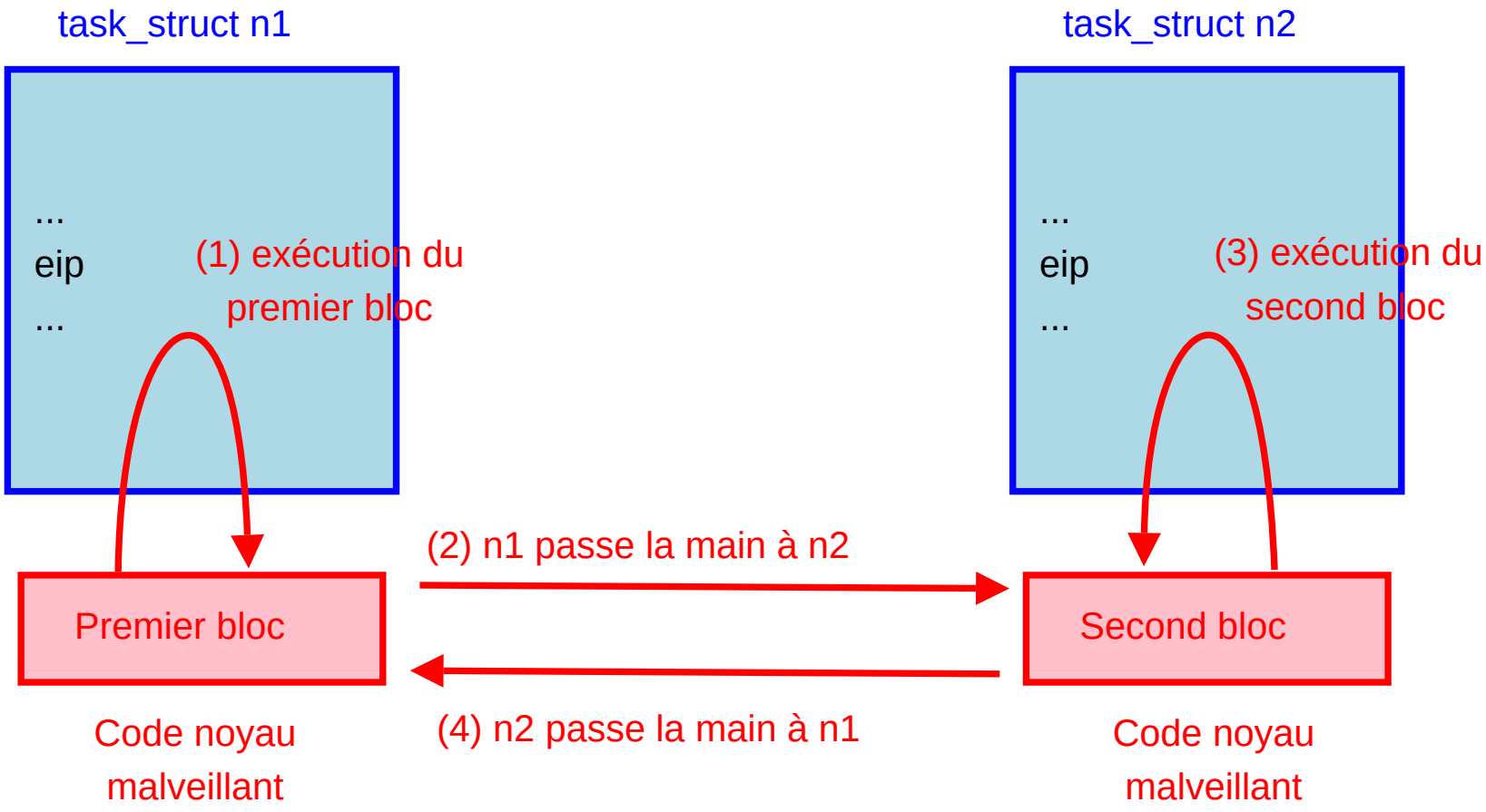
Parasitage mobile dans le cas de deux threads noyau (1/2)

Disposition



Parasitage mobile dans le cas de deux threads noyau (2/2)

Algorithme



Limites et Contributions

Limites

- Au niveau du vecteur d'interaction avec le noyau :
  - Comportement *a priori* étrange du processus complice : exécution de nombreux appels système 0.
  - Forte dépendance du programme client avec l'API interne du noyau.
- Au niveau des techniques de dissimulation :
  - Camouflage via VMALLOC ne résiste pas à une lecture complète de la mémoire physique.
  - Parasitage mobile :
    - Difficulté d'implémentation de la charge malicieuse.
    - Survie dépendante des processus infestés

Limites et Contributions

Contributions

- Au niveau du vecteur d'interaction avec le noyau :
  - Visibilité *locale* des modifications effectuées sur le système.
  - Tirer parti au maximum des fonctionnalités du noyau pour effectuer nos opérations.
  - Construction des opérations de l'attaquant, repoussée à l'extérieur du système compromis.
- Au niveau des techniques de dissimulation :
  - Mise à profit des caractéristiques d'implémentation des mécanismes du noyau (ex : VMALLOC).
  - Algorithme de parasitage mobile ne perturbe que temporairement le comportement des threads infestés.

Et maintenant ...

... place aux questions (et au café ;)