

# Sécurité des réseaux Wi-Fi

---

GAUVAIN ROUSSEL-TARBOURIECH, [gauvain@govanify.com](mailto:gauvain@govanify.com)

# Plan/déroulé du cours

---

- Utilisé absolument partout.

# Pourquoi étudier le Wi-Fi

- Utilisé absolument partout.
- J'ai besoin d'en dire plus?

## FBI agents tracked Harvard bomb threats despite Tor

By [Russell Brandom](#) | Dec 18, 2013, 12:55pm EST

Image [Dan4th Nicholas \(Flickr\)](#) | Source [On The Media](#) and [Official Affidavit](#)

[f](#) [t](#) [SHARE](#)



via [farm1.staticflickr.com](#)

This week, Harvard was rocked by an unsigned bomb threat, originating from a burner email address and timed to disrupt final exams. It was [a seemingly anonymous threat](#), but just two days later, authorities managed to trace it back to sophomore Eldo Kim, who's now awaiting trial in federal court. Kim used two separate anonymity tools to cover his tracks — the routing service Tor, which covered his web traffic, and the temporary mail service Guerrilla Mail, which offered a one-time email — but neither one was enough to throw authorities off the

# Objectifs

- Comprendre les frames Wi-Fi a bas niveau.

# Objectifs

- Comprendre les frames Wi-Fi a bas niveau.
- Problèmes de sécurité liés aux réseaux Wi-Fi ouverts.

- Comprendre les frames Wi-Fi a bas niveau.
- Problèmes de sécurité liés aux réseaux Wi-Fi ouverts.
- Attaquer un réseau en interne.



# Objectifs

- Comprendre les frames Wi-Fi a bas niveau.
- Problèmes de sécurité liés aux réseaux Wi-Fi ouverts.
- Attaquer un réseau en interne.
- Historique des failles WEP etc.

- Comprendre les frames Wi-Fi a bas niveau.
- Problèmes de sécurité liés aux réseaux Wi-Fi ouverts.
- Attaquer un réseau en interne.
- Historique des failles WEP etc.
- Setup d'un serveur d'authentification Wi-Fi type eduroam.

- A voir

## Matériel nécessaire

- Nécessaire: Une machine sur Linux. Non WSL ne compte pas. Vraiment. VMs ok si votre antenne Wi-Fi n'est pas utilisé par votre host, ce qui est délicat.

## Matériel nécessaire

- Nécessaire: Une machine sur Linux. Non WSL ne compte pas. Vraiment. VMs ok si votre antenne Wi-Fi n'est pas utilisé par votre host, ce qui est délicat.
- Préférable: Un routeur que vous pourrez modifier. Pas grave si vous vous déconnectez du Teams :). Si vous êtes chez vos parents votre téléphone en point d'accès pourra suffir pour certaines parties.

## Matériel nécessaire

- Nécessaire: Une machine sur Linux. Non WSL ne compte pas. Vraiment. VMs ok si votre antenne Wi-Fi n'est pas utilisé par votre host, ce qui est délicat.
- Préférable: Un routeur que vous pourrez modifier. Pas grave si vous vous déconnectez du Teams :). Si vous êtes chez vos parents votre téléphone en point d'accès pourra suffir pour certaines parties.
- Préférable: Deux ordinateurs pouvant se connecter a votre Wi-Fi.

## Matériel nécessaire

- Nécessaire: Une machine sur Linux. Non WSL ne compte pas. Vraiment. VMs ok si votre antenne Wi-Fi n'est pas utilisé par votre host, ce qui est délicat.
- Préférable: Un routeur que vous pourrez modifier. Pas grave si vous vous déconnectez du Teams :). Si vous êtes chez vos parents votre téléphone en point d'accès pourra suffir pour certaines parties.
- Préférable: Deux ordinateurs pouvant se connecter a votre Wi-Fi.

## Matériel nécessaire

- Nécessaire: Une machine sur Linux. Non WSL ne compte pas. Vraiment. VMs ok si votre antenne Wi-Fi n'est pas utilisé par votre host, ce qui est délicat.
- Préférable: Un routeur que vous pourrez modifier. Pas grave si vous vous déconnectez du Teams :). Si vous êtes chez vos parents votre téléphone en point d'accès pourra suffir pour certaines parties.
- Préférable: Deux ordinateurs pouvant se connecter a votre Wi-Fi.

Et oui, les cours en distanciel sur le Wi-Fi c'est pas la joie.



## Où trouver les ressources ?

- Le discord du cours, que je vais de ce pas vous donner.

## Où trouver les ressources ?

- Le discord du cours, que je vais de ce pas vous donner.
- Le lien du cours pour toutes les slides/ressources qu'on a vu en cours: <https://code.govanify.com/govanify/esgi-wifi>.

## Le Wi-Fi

---

- Déjà <https://lawifi.fr>

# Le Wi-Fi c'est quoi

- Déjà <https://lawifi.fr>
- Une marque

# Le Wi-Fi c'est quoi

- Déjà <https://lawifi.fr>
- Une marque
- C'est tout

# Le Wi-Fi c'est quoi

- Déjà <https://lawifi.fr>
- Une marque
- C'est tout
- Non, sérieusement, c'est tout

## 802.11 c'est quoi

- Un standard définissant de la communication par des ondes sur un champ électromagnétique

Imaginez un bouchon de liège flottant sur de l'eau. Plus vous le faites tourner plus il va créer de vagues. Ces vagues peuvent quand a elle faire boucher un autre bouchon de liège.



## 802.11 c'est quoi

- Un standard définissant de la communication par des ondes sur un champ électromagnétique

Imaginez un bouchon de liège flottant sur de l'eau. Plus vous le faites tourner plus il va créer de vagues. Ces vagues peuvent quand a elle faire boucher un autre bouchon de liège.

---

<sup>2</sup>Pour plus de détails se référer a "Feynman Lectures on Physics"

## 802.11 c'est quoi

- Un standard définissant de la communication par des ondes sur un champ électromagnétique

Imaginez un bouchon de liège flottant sur de l'eau. Plus vous le faites tourner plus il va créer de vagues. Ces vagues peuvent quand a elle faire boucher un autre bouchon de liège.

Vous venez de créer une antenne émettrice et réceptrice :)<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Pour plus de détails se réferrer a "Feynman Lectures on Physics"

## 802.11x c'est quoi

- Une famille de standard définissant comment le protocole et le niveau physique

- Une famille de standard définissant comment le protocole et le niveau physique
- Les plus connus: a, b, g, n, ac

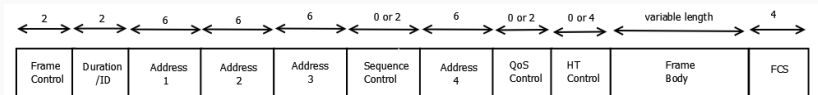
## 802.11x c'est quoi

- Une famille de standard définissant comment le protocole et le niveau physique
- Les plus connus: a, b, g, n, ac
- Transmission des données par modulations, maintenant du MIMO-OFDM<sup>3</sup>

---

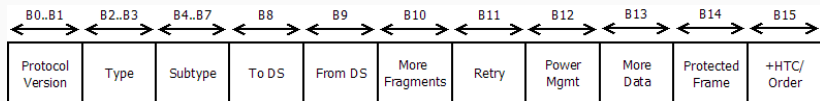
<sup>3</sup>Multiple Input Multiple Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing

# Frame 802.11



**Figure 1:** Frame 802.11

# Frame Control 802.11



**Figure 2:** Frame Control 802.11

- On va revoir tout ça plus en détail juste après

# Cryptographie du Wi-Fi

---



- Un algorithme de cryptographie pour protéger les trames<sup>4</sup> réseaux.

---

<sup>4</sup>trames = frames mais en français

- Un algorithme de cryptographie pour protéger les trames<sup>4</sup> réseaux.
- Pourquoi?

---

<sup>4</sup>trames = frames mais en français

- Un algorithme de cryptographie pour protéger les trames<sup>4</sup> réseaux.
- Pourquoi?
- Qui dis sans fil dis interception de donnée transparente possible.

---

<sup>4</sup>trames = frames mais en français

- Un algorithme de cryptographie pour protéger les trames<sup>4</sup> réseaux.
- Pourquoi?
- Qui dis sans fil dis interception de donnée transparente possible.
- Sans encryption, le routeur ne peut pas différencier une machine d'une autre et envoie la trame partout pour espérer que la machine la reçoive.

---

<sup>4</sup>trames = frames mais en français

- Un TRES mauvais algorithme d'encryption.

- Un TRES mauvais algorithme d'encryption.
- Utilise RC4, connu comme étant pété au delà du possible.

- Un TRES mauvais algorithme d'encryption.
- Utilise RC4, connu comme étant pété au delà du possible.
- Clé de 64bits: 40bits fixes (la clé de votre routeur en ASCII) et 24 pour l'IV.

- Un TRES mauvais algorithme d'encryption.
- Utilise RC4, connu comme étant pété au delà du possible.
- Clé de 64bits: 40bits fixes (la clé de votre routeur en ASCII) et 24 pour l'IV.
- La clé ne doit JAMAIS se répéter dû à l'implémentation du RC4 en stream cipher.



- Un TRES mauvais algorithme d'encryption.
- Utilise RC4, connu comme étant pétié au delà du possible.
- Clé de 64bits: 40bits fixes (la clé de votre routeur en ASCII) et 24 pour l'IV.
- La clé ne dois JAMAIS se répéter dû à l'implémentation du RC4 en stream cipher.
- Il nous suffit de bruteforcer 24bits pour avoir une Related Key Attack, soit  $\sim 5000$  connections.

- POURQUOI 64 BITS???

- POURQUOI 64 BITS???
- Loi cryptographie USA blabla terrorisme.

- POURQUOI 64 BITS???
- Loi cryptographie USA blabla terrorisme.
- Eventuellement passé a du 128bits en grande partie.

- POURQUOI 64 BITS???
- Loi cryptographie USA blabla terrorisme.
- Eventuellement passé a du 128bits en grande partie.
- Le RC4 est cependant toujours pété.

L'attaque Fluhrer, Mantin et Shamir (FMS) nous permet de deviner le prochain byte de la clé si on connaît le premier byte du keystream et cleartext. Sachant que le premier byte du paquet est quasiment toujours 0xAA alors  $0xAA \oplus K$  pour  $K$  le premier byte encrypté vous donne le premier byte du keystream. À partir de là, avec un IV spécifique on peut deviner les valeurs de la Sbox<sup>5</sup> en effectuant nous même l'encryption avec le cleartext deviné, cassant la confusion<sup>6</sup> de l'algorithme, nous donnant par causalité le byte suivant de la clé.

---

<sup>5</sup>Substitution Box

<sup>6</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Confusion\\_and\\_diffusion](https://en.wikipedia.org/wiki/Confusion_and_diffusion)

- Bon ok WEP est mort et enterré.

- Bon ok WEP est mort et enterré.
- Faisons un autre algo!



- Bon ok WEP est mort et enterré.
- Faisons un autre algo!
- On va lui filer un joli nom aussi tiens, Temporal Key Integrity Protocol.

- Bon ok WEP est mort et enterré.
- Faisons un autre algo!
- On va lui filer un joli nom aussi tiens, Temporal Key Integrity Protocol.
- ...en utilisant du RC4 comme backend.

- Bon ok WEP est mort et enterré.
- Faisons un autre algo!
- On va lui filer un joli nom aussi tiens, Temporal Key Integrity Protocol.
- ...en utilisant du RC4 comme backend.

- Bon ok WEP est mort et enterré.
- Faisons un autre algo!
- On va lui filer un joli nom aussi tiens, Temporal Key Integrity Protocol.
- ...en utilisant du RC4 comme backend.

Sécurité: Wi-Fi Alliance / 20

Sensible a l'attaque chop-chop: on peut deviner la plupart des bytes grace a un Message Authentication Code utilisant un CRC32, clairement pas cryptographique. Si on peut deviner le plaintext on peut deviner le keystream, ce qui nous permet de s'envoyer des paquets de la même taille que ceux crackés. Sauf que le RC4 est vraiment pas un bon algo de cryptographie, donc l'attaque de Klein nous permet de retrouver la clé depuis le keystream.

- Enfin une crypto solide!

- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC

- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC
- Loin d'être parfait, toujours pas de Forward Secrecy :/<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>WPA3 règle ça mais on l'aura pas avant encore 10 ans



- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC
- Loin d'être parfait, toujours pas de Forward Secrecy :/<sup>7</sup>
- RNG toujours pas sécurisé.

---

<sup>7</sup>WPA3 règle ça mais on l'aura pas avant encore 10 ans

- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC
- Loin d'être parfait, toujours pas de Forward Secrecy :/<sup>7</sup>
- RNG toujours pas sécurisé.
- WPS qui est crackable en quelques heures.

---

<sup>7</sup>WPA3 règle ça mais on l'aura pas avant encore 10 ans

- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC
- Loin d'être parfait, toujours pas de Forward Secrecy :/<sup>7</sup>
- RNG toujours pas sécurisé.
- WPS qui est crackable en quelques heures.
- KRACK peut nous permettre de déduire le nonce<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup>WPA3 règle ça mais on l'aura pas avant encore 10 ans

<sup>8</sup>N'hésitez pas si vous avez des questions!

- Enfin une crypto solide!
- CCMP: AES CTR + CBC-MAC
- Loin d'être parfait, toujours pas de Forward Secrecy :/<sup>7</sup>
- RNG toujours pas sécurisé.
- WPS qui est crackable en quelques heures.
- KRACK peut nous permettre de déduire le nonce<sup>8</sup>
- #!%&!!!

---

<sup>7</sup>WPA3 règle ça mais on l'aura pas avant encore 10 ans

<sup>8</sup>N'hésitez pas si vous avez des questions!

- Avoir une seule clé pour un réseau Wi-Fi d'entreprise c'est compliqué.

- Avoir une seule clé pour un réseau Wi-Fi d'entreprise c'est compliqué.
- Si la clé leak, on doit redonner la clé a tout le monde.

- Avoir une seule clé pour un réseau Wi-Fi d'entreprise c'est compliqué.
- Si la clé leak, on doit redonner la clé a tout le monde.
- Extensible Authentication Protocol a la rescousse pour palier a ce problème!

- Avoir une seule clé pour un réseau Wi-Fi d'entreprise c'est compliqué.
- Si la clé leak, on doit redonner la clé a tout le monde.
- Extensible Authentication Protocol a la rescousse pour palier a ce problème!
- Un serveur d'authentification va donner au routeur une clé d'encryption unique a votre appareil si l'authentification est vérifiée.



- EAP-TLS: Authentification WiFi par certificat TLS client et serveurs.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup>Galère à cause du déploiement PKI conséquent.

- EAP-TLS: Authentification WiFi par certificat TLS client et serveurs. <sup>9</sup>
- EAP-TTLS: Amélioration d'EAP-TLS pour ne requérir que des certificats côté serveurs. <sup>10</sup>

---

<sup>9</sup>Galère à cause du déploiement PKI conséquent.

<sup>10</sup>Ça utilise un tunnel sur le côté chiffré pour communiquer et du WEP dynamiquement, par utilisateur et session.

- EAP-TLS: Authentification WiFi par certificat TLS client et serveurs. <sup>9</sup>
- EAP-TTLS: Amélioration d'EAP-TLS pour ne requérir que des certificats côté serveurs. <sup>10</sup>
- PEAP: Une amélioration des vieux protocoles qui fonctionne avec des techniques similaires à EAP-TTLS.

---

<sup>9</sup>Galère à cause du déploiement PKI conséquent.

<sup>10</sup>Ça utilise un tunnel sur le côté chiffré pour communiquer et du WEP dynamiquement, par utilisateur et session.

## WPA2 EAP Enterprise - Suite

- EAP-TLS: Authentification WiFi par certificat TLS client et serveurs. <sup>9</sup>
- EAP-TTLS: Amélioration d'EAP-TLS pour ne requérir que des certificats côté serveurs. <sup>10</sup>
- PEAP: Une amélioration des vieux protocoles qui fonctionne avec des techniques similaires à EAP-TTLS.
- EAP-SIM: Cela utilise le module SIM pour calculer des clefs WEP dynamique de session. <sup>11</sup>

---

<sup>9</sup>Galère à cause du déploiement PKI conséquent.

<sup>10</sup>Ça utilise un tunnel sur le côté chiffré pour communiquer et du WEP dynamiquement, par utilisateur et session.

<sup>11</sup>Utilisé par FreeWifi-secure!

- EAP-TLS: Authentification WiFi par certificat TLS client et serveurs. <sup>9</sup>
- EAP-TTLS: Amélioration d'EAP-TLS pour ne requérir que des certificats côté serveurs. <sup>10</sup>
- PEAP: Une amélioration des vieux protocoles qui fonctionne avec des techniques similaires à EAP-TTLS.
- EAP-SIM: Cela utilise le module SIM pour calculer des clefs WEP dynamique de session. <sup>11</sup>
- EAP-AKA: Comme EAP-SIM, mais version USIM/UMTS, une variante.

---

<sup>9</sup>Galère à cause du déploiement PKI conséquent.

<sup>10</sup>Ça utilise un tunnel sur le côté chiffré pour communiquer et du WEP dynamiquement, par utilisateur et session.

<sup>11</sup>Utilisé par FreeWifi-secure!

Bon c'était un peu lourd a digérer tout ça non? N'hésitez pas si vous avez des questions!

Bon c'était un peu lourd a digérer tout ça non? N'hésitez pas si vous avez des questions!

Il est temps de passer a de la pratique! On va sniffer des réseaux Wi-Fi :)