

SSL/TLS, 3 ans plus tard

Olivier Levillain

ANSSI

4 juin 2015

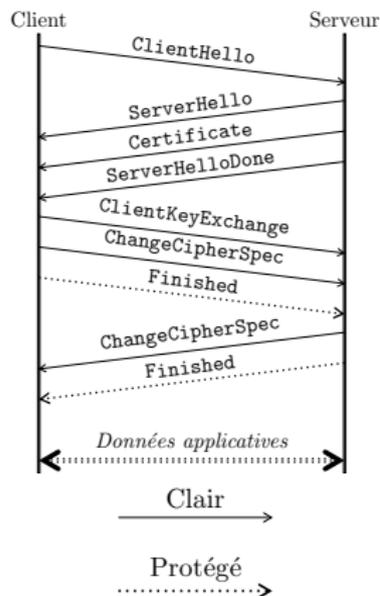
SSL/TLS : une brique essentielle d'Internet

- ▶ `https://` inventé par Netscape en 1995
 - ▶ début du commerce en ligne
- ▶ Utilisation massive aujourd'hui
 - ▶ HTTPS, bien au-delà du commerce en ligne
 - ▶ Sécurisation d'autres protocoles (SMTP, IMAP, LDAP, etc.)
 - ▶ VPN SSL
 - ▶ EAP TLS

SSL/TLS : une brique essentielle d'Internet

- ▶ `https://` inventé par Netscape en 1995
 - ▶ début du commerce en ligne
- ▶ Utilisation massive aujourd'hui
 - ▶ HTTPS, bien au-delà du commerce en ligne
 - ▶ Sécurisation d'autres protocoles (SMTP, IMAP, LDAP, etc.)
 - ▶ VPN SSL
 - ▶ EAP TLS
- ▶ SSL (*Secure Sockets Layer*) ou TLS (*Transport Layer Security*) ?

Rappels sur SSL/TLS (planche développement durable)



Objectif de la phase de négociation

- ▶ choisir les algorithmes (Au, Kx, Enc, Mac)
- ▶ authentifier le serveur
- ▶ établir un secret partagé, le *master secret*

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

A **AES128-SHA**

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

A **AES128-SHA**

B **ECDH-ECDSA-AES128-SHA**

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

- A **AES128-SHA**
- B **ECDH-ECDSA-AES128-SHA**
- C une alerte

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

- A **AES128-SHA**
- B **ECDH-ECDSA-AES128-SHA**
- C une alerte
- D la réponse D (**RC4_MD5**)

TLS : la réalité du terrain

Que répond un serveur si vous lui proposez les suites crypto **AES128-SHA** et **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** ?

- A **AES128-SHA** (0x002f)
- B **ECDH-ECDSA-AES128-SHA** (0xc005)
- C une alerte
- D la réponse D (**RC4_MD5**) (0x0005)

Le pire, c'est qu'on peut l'expliquer :

- ▶ une suite cryptographique est un entier sur 16 bits
- ▶ pendant longtemps, les seules valeurs utilisées étaient 00 XX
- ▶ du coup, pourquoi considérer l'octet de poids fort ?

Pourquoi *{False, Snap} Start* a échoué ?

Un feuilleton qui a duré plusieurs années

- ▶ En 2010, Google propose des extensions, *False Start* et *Snap Start*
- ▶ Constat : une intolérance trop importante dans la nature
- ▶ Abandon en 2012 de ces propositions

Pourquoi *{False, Snap} Start* a échoué ?

Un feuilleton qui a duré plusieurs années

- ▶ En 2010, Google propose des extensions, *False Start* et *Snap Start*
- ▶ Constat : une intolérance trop importante dans la nature
- ▶ Abandon en 2012 de ces propositions

- ▶ Un an plus tard, le problème resurgit dans un autre contexte
- ▶ On apprend sur la liste `tls@ietf.org` qu'en fait, le problème vient d'un `ClientHello` trop gros...

Ce paquet est une chimère

Analysons les premiers octets d'un ClientHello de 258 octets

16	03	01	01	02
----	----	----	----	----

Ce paquet est une chimère

Analysons les premiers octets d'un ClientHello de 258 octets

16	03	01	01	02
----	----	----	----	----

Type	Version	Longueur
<i>HS</i>	<i>TLS 1.0</i>	<i>258</i>

TLS

Ce paquet est une chimère

Analysons les premiers octets d'un ClientHello de 258 octets

16	03	01	01	02
----	----	----	----	----

Type	Version	Longueur
<i>HS</i>	<i>TLS 1.0</i>	<i>258</i>

TLS

Longueur	<i>Pad.</i>	Type
<i>5635</i>	<i>...</i>	<i>CH</i>

SSLv2

Un ClientHello TLS dont la longueur comprise entre 256 et 511 peut être confondu avec un ClientHello SSLv2!

Ce paquet est une chimère

Analysons les premiers octets d'un ClientHello de 258 octets

16	03	01	01	02
----	----	----	----	----

Type	Version	Longueur
<i>HS</i>	<i>TLS 1.0</i>	<i>258</i>

TLS

Longueur	<i>Pad.</i>	Type
<i>5635</i>	<i>...</i>	<i>CH</i>

SSLv2

Un ClientHello TLS dont la longueur comprise entre 256 et 511 peut être confondu avec un ClientHello SSLv2!

Google a proposé une extension pour ajouter du bourrage...

Quoi de neuf depuis 2012 ?

TLS 1.3 et perspectives

Quelques vulnérabilités SSL/TLS depuis 2012

Quelques vulnérabilités SSL/TLS depuis 2012

- ▶ 2011 : BEAST (IV implicite dans le mode CBC)
- ▶ 2012 : CRIME (utilisation de la compression comme canal auxiliaire)
- ▶ 2013 : TIME et BREACH (améliorations/adaptations de CRIME)
- ▶ 2013 : *Lucky 13* (exploitation d'un oracle de *padding* CBC)
- ▶ 2013 : RC4 (exploitation de biais statistiques)

- ▶ 2014 : *Triple Handshake* (attaque sur la renégociation et la reprise de session)

- ▶ 2014 : POODLE (exploitation d'un oracle de *padding* CBC avec SSLv3)

Quelques vulnérabilités SSL/TLS depuis 2012

- ▶ 2011 : BEAST (IV implicite dans le mode CBC)
- ▶ 2012 : CRIME (utilisation de la compression comme canal auxiliaire)
- ▶ 2013 : TIME et BREACH (améliorations/adaptations de CRIME)
- ▶ 2013 : *Lucky 13* (exploitation d'un oracle de *padding* CBC)
- ▶ 2013 : RC4 (exploitation de biais statistiques)
- ▶ 2014 : *goto fail* Apple (...)
- ▶ 2014 : *goto fail* GnuTLS (True, False, FILE_NOT_FOUND)
- ▶ 2014 : *Heartbleed* (débordement de tampon en lecture)
- ▶ 2014 : *Triple Handshake* (attaque sur la renégociation et la reprise de session)

- ▶ 2014 : *Universal signature forgery* dans NSS (pendant *ShellShock*)
- ▶ 2014 : Exécution de code arbitraire dans *SChannel* (côté serveur)
- ▶ 2014 : POODLE (exploitation d'un oracle de *padding* CBC avec SSLv3)

Quelques vulnérabilités SSL/TLS depuis 2012

- ▶ 2011 : BEAST (IV implicite dans le mode CBC)
- ▶ 2012 : CRIME (utilisation de la compression comme canal auxiliaire)
- ▶ 2013 : TIME et BREACH (améliorations/adaptations de CRIME)
- ▶ 2013 : *Lucky 13* (exploitation d'un oracle de *padding* CBC)
- ▶ 2013 : RC4 (exploitation de biais statistiques)
- ▶ 2014 : goto fail Apple (...)
- ▶ 2014 : goto fail GnuTLS (True, False, FILE_NOT_FOUND)
- ▶ 2014 : *Heartbleed* (débordement de tampon en lecture)
- ▶ 2014 : *Triple Handshake* (attaque sur la renégociation et la reprise de session)
- ▶ 2014 : *EarlyCCS* (erreur dans l'automate d'état d'OpenSSL)
- ▶ 2014 : *Universal signature forgery* dans NSS (pendant *ShellShock*)
- ▶ 2014 : Exécution de code arbitraire dans *SChannel* (côté serveur)
- ▶ 2014 : POODLE (exploitation d'un oracle de *padding* CBC avec SSLv3)
- ▶ 2015 : SMACK/FREAK (automates d'état déficients + configurations antiques)
- ▶ 2015 : *LogJam* (configurations antiques + mauvaise négociation des groupes DH)

Quelques vulnérabilités SSL/TLS depuis 2012

- ▶ 2014 : *Triple Handshake* (attaque sur la renégociation et la reprise de session)
- ▶ 2014 : *EarlyCCS* (erreur dans l'automate d'état d'OpenSSL)

- ▶ 2015 : *SMACK/FREAK* (automates d'état déficients + configurations antiques)
- ▶ 2015 : *LogJam* (configurations antiques + mauvaise négociation des groupes DH)

De la dérivation du *master secret* (1/2)

Le *master secret* (et donc les clés de session) est dérivé à partir

- ▶ du résultat de l'échange de clé
- ▶ des aléas échangés en clair

L'intégrité de l'échange n'est garantie qu'avec les messages `Finished` !

De la dérivation du *master secret* (1/2)

Le *master secret* (et donc les clés de session) est dérivé à partir

- ▶ du résultat de l'échange de clé
- ▶ des aléas échangés en clair

L'intégrité de l'échange n'est garantie qu'avec les messages *Finished* !

Plusieurs attaques reposent sur cette dérivation à la couverture trop limitée

- ▶ présentation théorique des *cross-protocol attacks* (1999)
- ▶ propositions (presque) pratiques de ces attaques (2012)
- ▶ *Triple Handshake* (2014)
- ▶ SMACK/FREAK (2015)

De la dérivation du *master secret* (2/2)

Proposition de correction

- ▶ *session-hash* : la dérivation doit hacher tous les messages échangés
- ▶ document en cours de finalisation à l'IETF pour TLS 1.{0,1,2}
- ▶ intégration dans TLS 1.3

De la dérivation du *master secret* (2/2)

Proposition de correction

- ▶ *session-hash* : la dérivation doit hacher tous les messages échangés
- ▶ document en cours de finalisation à l'IETF pour TLS 1.{0,1,2}
- ▶ intégration dans TLS 1.3

Cela ne suffit pas, comme *LogJam* l'a montré

- ▶ le choix du groupe Diffie-Hellman est fait par la serveur à partir d'informations non intègres
- ▶ le groupe choisi est *signé* par le serveur avec les aléas
- ▶ un attaquant pouvant calculer le logarithme discret peut utiliser ce message et contrôler le reste de l'échange

De la dérivation du *master secret* (2/2)

Proposition de correction

- ▶ *session-hash* : la dérivation doit hacher tous les messages échangés
- ▶ document en cours de finalisation à l'IETF pour TLS 1.{0,1,2}
- ▶ intégration dans TLS 1.3

Cela ne suffit pas, comme *LogJam* l'a montré

- ▶ le choix du groupe Diffie-Hellman est fait par la serveur à partir d'informations non intègres
- ▶ le groupe choisi est *signé* par le serveur avec les aléas
- ▶ un attaquant pouvant calculer le logarithme discret peut utiliser ce message et contrôler le reste de l'échange

La solution : signer les messages précédents, et pas uniquement les aléas

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller

- ▶ Attention aux oracles de *padding* dans le mode CBC de TLS

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller

- ▶ Attention aux oracles de *padding* dans le mode CBC de TLS
- ▶ Le mode CBC avec IV implicite peut poser problème

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller

- ▶ Attention aux oracles de *padding* dans le mode CBC de TLS
- ▶ Le mode CBC avec IV implicite peut poser problème
- ▶ Avec SSLv3, le *padding* n'est pas complètement spécifié, ce qui peut accentuer les oracles

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller (2004-05-20)

- ▶ Attention aux oracles de *padding* dans le mode CBC de TLS
- ▶ Le mode CBC avec IV implicite peut poser problème
- ▶ Avec SSLv3, le *padding* n'est pas complètement spécifié, ce qui peut accentuer les oracles
- ▶ ... c'est-à-dire *Lucky 13*, BEAST et POODLE

Réflexion sur les attaques sur le mode CBC

`https://www.openssl.org/~bodo/tls-cbc.txt`

Bodo Möller (2004-05-20)

- ▶ Attention aux oracles de *padding* dans le mode CBC de TLS
- ▶ Le mode CBC avec IV implicite peut poser problème
- ▶ Avec SSLv3, le *padding* n'est pas complètement spécifié, ce qui peut accentuer les oracles
- ▶ ... c'est-à-dire *Lucky 13*, BEAST et POODLE

Rassurez-vous, on est arrivé au bout du fichier...

True, False, FILE_NOT_FOUND

`http://thedailywtf.com/articles/What_Is_Truth_0x3f_`

Soit f une fonction C prenant une chaîne de certification et renvoyant

- ▶ 1 si la chaîne est reconnue comme valide
- ▶ 0 si la chaîne ne remonte pas à une autorité de confiance
- ▶ -1 en cas d'erreur de *parsing* (non documenté)

True, False, FILE_NOT_FOUND

http://thedailywtf.com/articles/What_Is_Truth_0x3f_

Soit f une fonction C prenant une chaîne de certification et renvoyant

- ▶ 1 si la chaîne est reconnue comme valide
- ▶ 0 si la chaîne ne remonte pas à une autorité de confiance
- ▶ -1 en cas d'erreur de *parsing* (non documenté)

Appel de f dans le code

- ▶ `if (f(certificates)) { ... }`

De quoi s'agit-il ?

True, False, FILE_NOT_FOUND

`http://thedailywtf.com/articles/What_Is_Truth_0x3f_`

Soit f une fonction C prenant une chaîne de certification et renvoyant

- ▶ 1 si la chaîne est reconnue comme valide
- ▶ 0 si la chaîne ne remonte pas à une autorité de confiance
- ▶ -1 en cas d'erreur de *parsing* (non documenté)

Appel de f dans le code

- ▶ `if (f(certificates)) { ... }`

De quoi s'agit-il ?

- ▶ CVE-2014-0092 : `goto fail` GnuTLS

True, False, FILE_NOT_FOUND

`http://thedailywtf.com/articles/What_Is_Truth_0x3f_`

Soit f une fonction C prenant une chaîne de certification et renvoyant

- ▶ 1 si la chaîne est reconnue comme valide
- ▶ 0 si la chaîne ne remonte pas à une autorité de confiance
- ▶ -1 en cas d'erreur de *parsing* (non documenté)

Appel de f dans le code

- ▶ `if (f(certificates)) { ... }`

De quoi s'agit-il ?

- ▶ CVE-2014-0092 : `goto fail` GnuTLS
- ▶ CVE-**2008**-5077 : *bug* identique dans OpenSSL

TLS dans tous ses états

Début 2014, plusieurs vulnérabilités des machines à état TLS

- ▶ EarlyCCS
- ▶ Exécution de code arbitraire dans *SChannel*
- ▶ SMACK/FREAK

TLS dans tous ses états

Début 2014, plusieurs vulnérabilités des machines à état TLS

- ▶ EarlyCCS
- ▶ Exécution de code arbitraire dans *SChannel*
- ▶ SMACK/FREAK

Qui est fautif lorsque toutes les piles TLS sont vulnérables et acceptent des messages hors contexte ?

- ▶ les développeurs de nombreuses piles indépendantes ?
- ▶ la spécification, peut-être un peu trop complexe ?

Quoi de neuf depuis 2012 ?

TLS 1.3 et perspectives

Enseignements tirés

Il faut améliorer la qualité des implémentations

- ▶ tests *négatifs* à développer
 - ▶ une photo de chat ne devrait pas être une chaîne valide
 - ▶ *Frankencerts* (IEEE SSP 2014)
- ▶ tests de l'automate d'état
 - ▶ FlexTLS, qui a déjà fait ses preuves
 - ▶ quelques autres projets démarrés récemment
- ▶ `<troll>` on peut aussi réécrire TLS en OCaml `</troll>`

Enseignements tirés

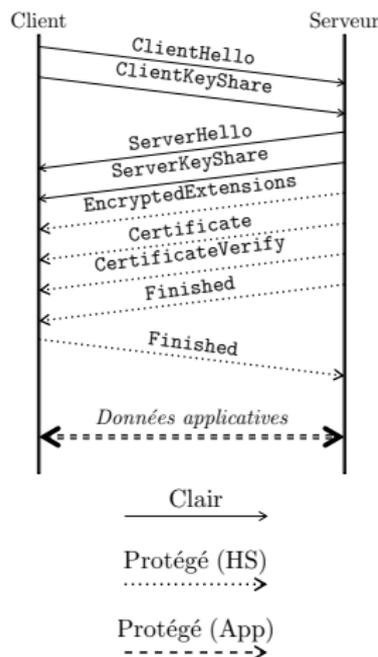
Il faut améliorer la qualité des implémentations

- ▶ tests *négatifs* à développer
 - ▶ une photo de chat ne devrait pas être une chaîne valide
 - ▶ *Frankencerts* (IEEE SSP 2014)
- ▶ tests de l'automate d'état
 - ▶ FlexTLS, qui a déjà fait ses preuves
 - ▶ quelques autres projets démarrés récemment
- ▶ `<tro11>` on peut aussi réécrire TLS en OCaml `</tro11>`

TLS est complexe

- ▶ ASN.1 et l'encodage DER fourmillent de pièges
- ▶ les algorithmes et modes cryptographiques antiques forcent à choisir entre sécurité et généricité
- ▶ la machine à état explose à cause du nombre de possibilités

TLS 1.3 : un échange de clés repensé



Avantages de ce nouveau flot de messages

- ▶ l'échange de clé RSA disparaît (*forward secrecy* pour tous)
- ▶ les groupes DHE et ECDHE sont prédéfinis
- ▶ un mode 1-RTT efficace
- ▶ réutilisation du message CertificateVerify pour le serveur
- ▶ plus de renégociation à l'ancienne

TLS 1.3 : Du nouveau dans la dérivation des clés

Une dérivation entièrement repensée

- ▶ utilisation du *session-hash*
- ▶ introduction de secrets intermédiaires
 - ▶ pour protéger une partie de la négociation
 - ▶ pour découpler le secret de reprise de session du secret courant

TLS 1.3 : Du nouveau dans la dérivation des clés

Une dérivation entièrement repensée

- ▶ utilisation du *session-hash*
- ▶ introduction de secrets intermédiaires
 - ▶ pour protéger une partie de la négociation
 - ▶ pour découpler le secret de reprise de session du secret courant
- ▶ tout cela risque de changer avec le mode 0-RTT

Conclusion

- ▶ Beaucoup d'attaques depuis 2011 sur TLS
- ▶ TLS 1.3 devrait apporter quelques bonnes réponses
 - ▶ *Forward Secrecy*
 - ▶ chiffrement authentifié propre des *records*
 - ▶ nettoyage de la phase de négociation
- ▶ Quelques inquiétudes demeurent
 - ▶ gestion de la transition et de TLS 1.0 à 1.2
 - ▶ discussions en cours sur 0-RTT
 - ▶ TLS 1.3 pourrait être plus complexe que ce qui a été présenté
 - ▶ TLS manque de tests de non-régression !

Questions ?

Merci de votre attention.