Apports de TLS 1.3 à la sécurité des communications sur internet

Olivier Levillain

ANSSI

Journée CyberEdu à Colmar

Une brève histoire de SSL/TLS

Plus de deux décennies de vulnérabilités SSL/TLS

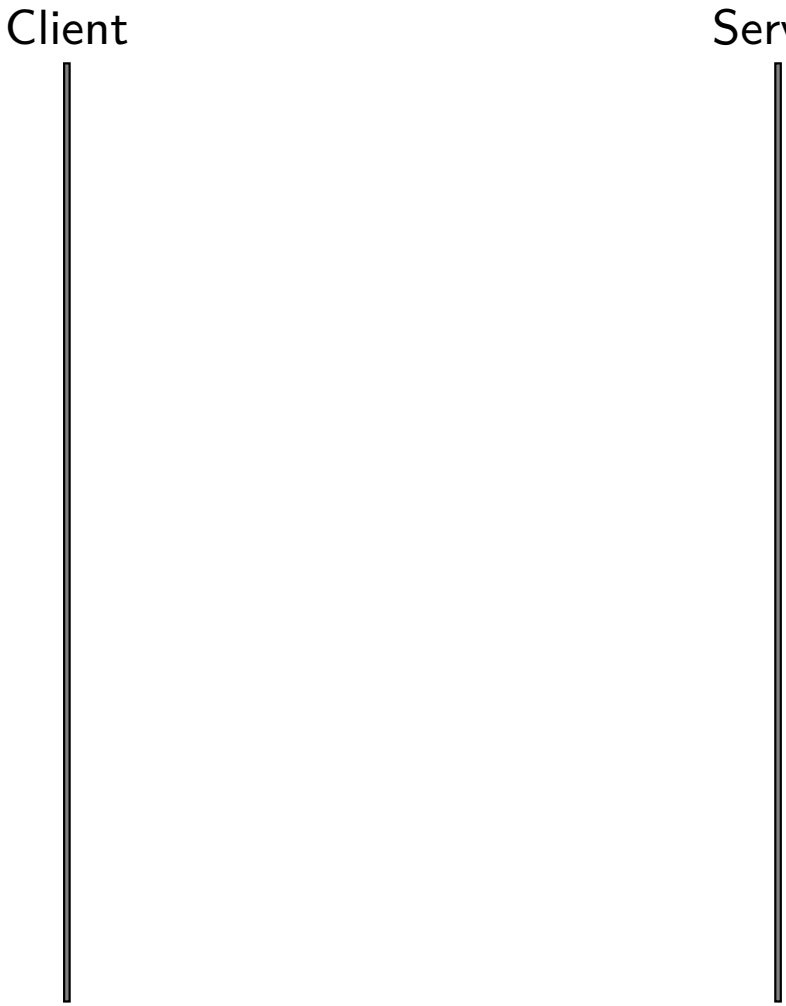
Limites de TLS 1.3 et perspectives

Conclusion

SSL/TLS : un pilier de la sécurité d'Internet

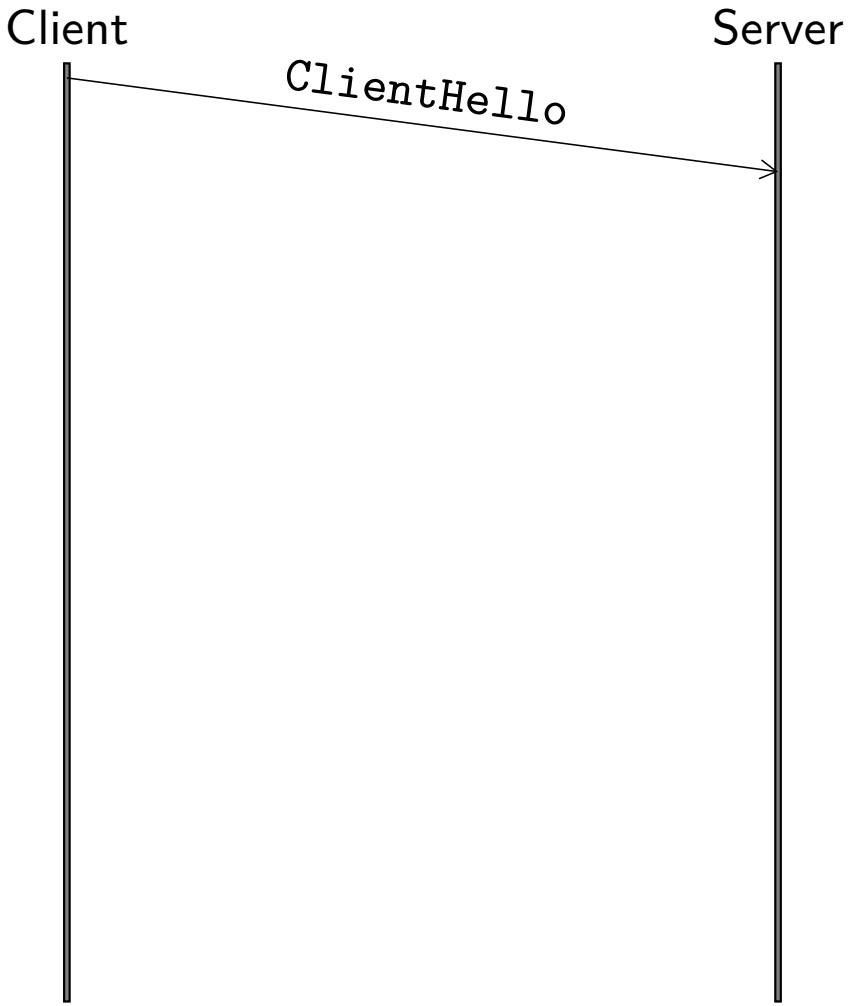
- Le schéma `https://` inventé par Netscape en 1995
  - début du commerce en ligne
- Omniprésence de SSL/TLS aujourd'hui
  - HTTPS, bien au-delà du commerce en ligne
  - Une méthode générique pour sécuriser d'autres protocoles (SMTP, IMAP, LDAP...)
  - VPN SSL
  - EAP TLS
- Objectifs de sécurité
  - Authentification du serveur (et du client)
  - Protection en confidentialité et en intégrité des données
  - Anti-rejeu

Fonctionnement du protocole



Hypothèses

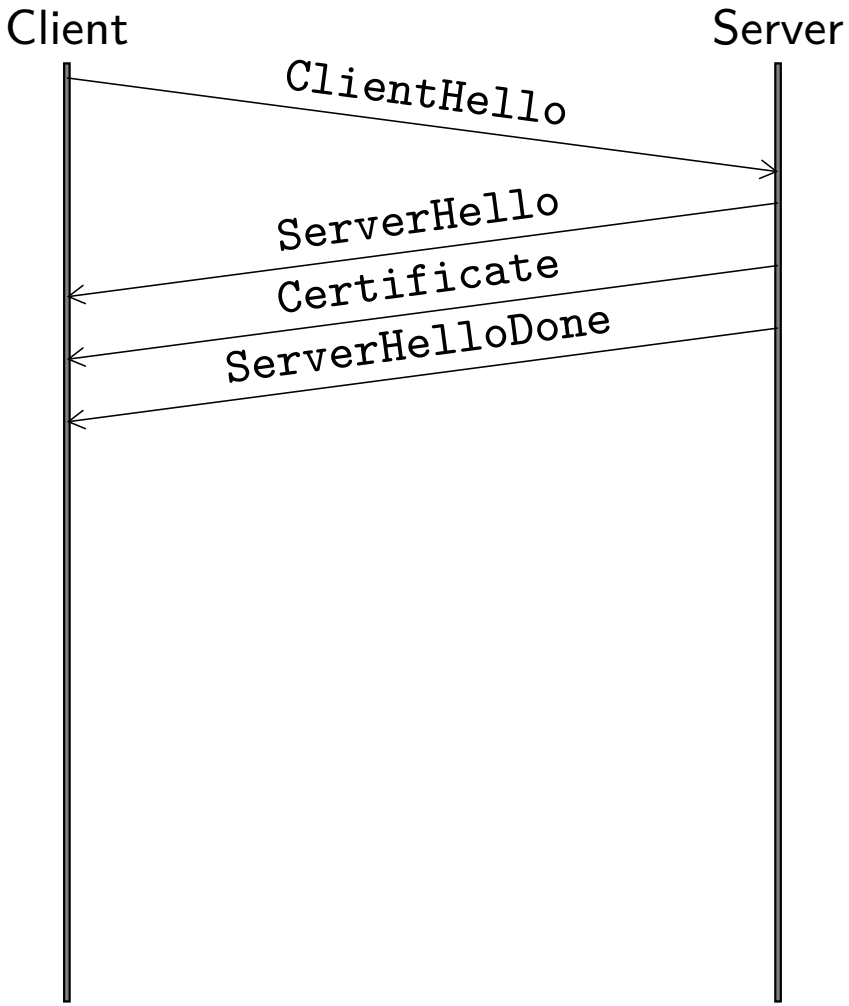
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1

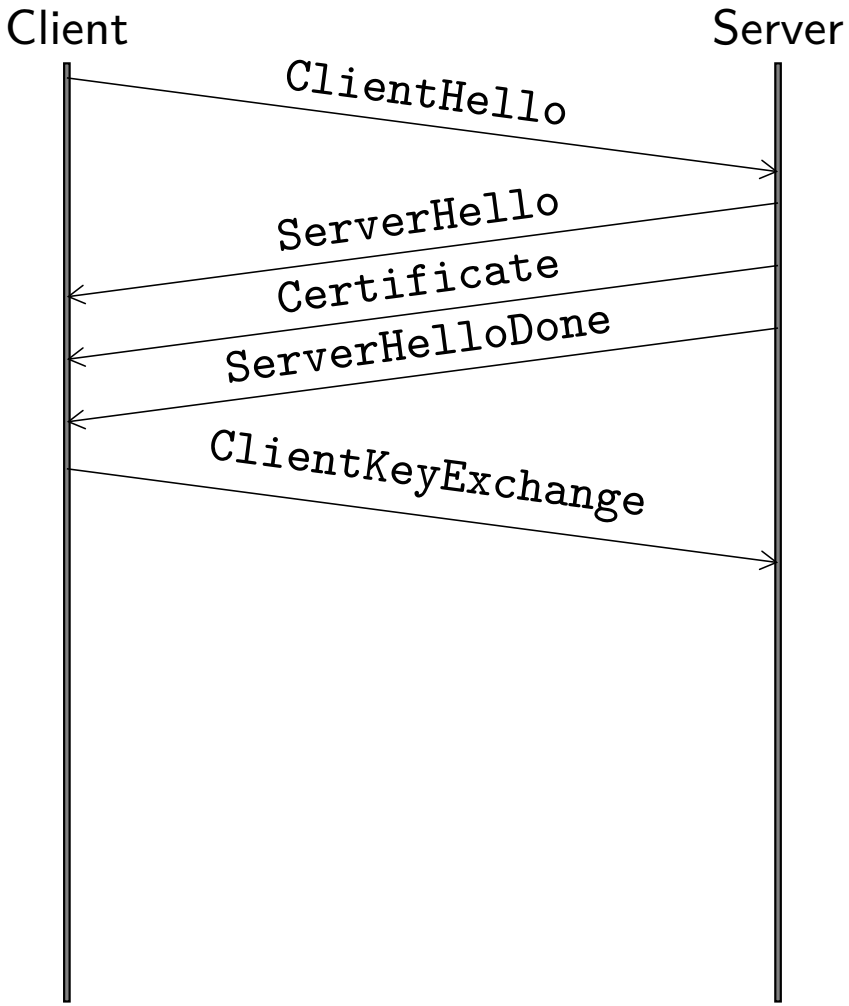
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA

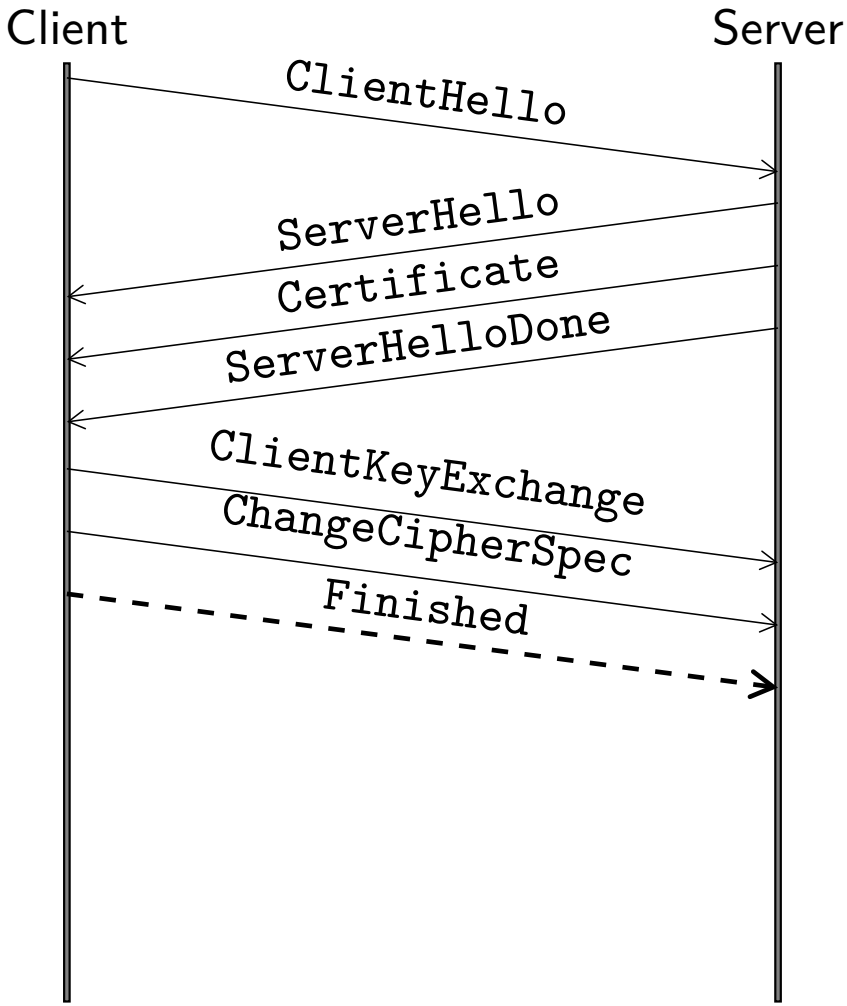
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA

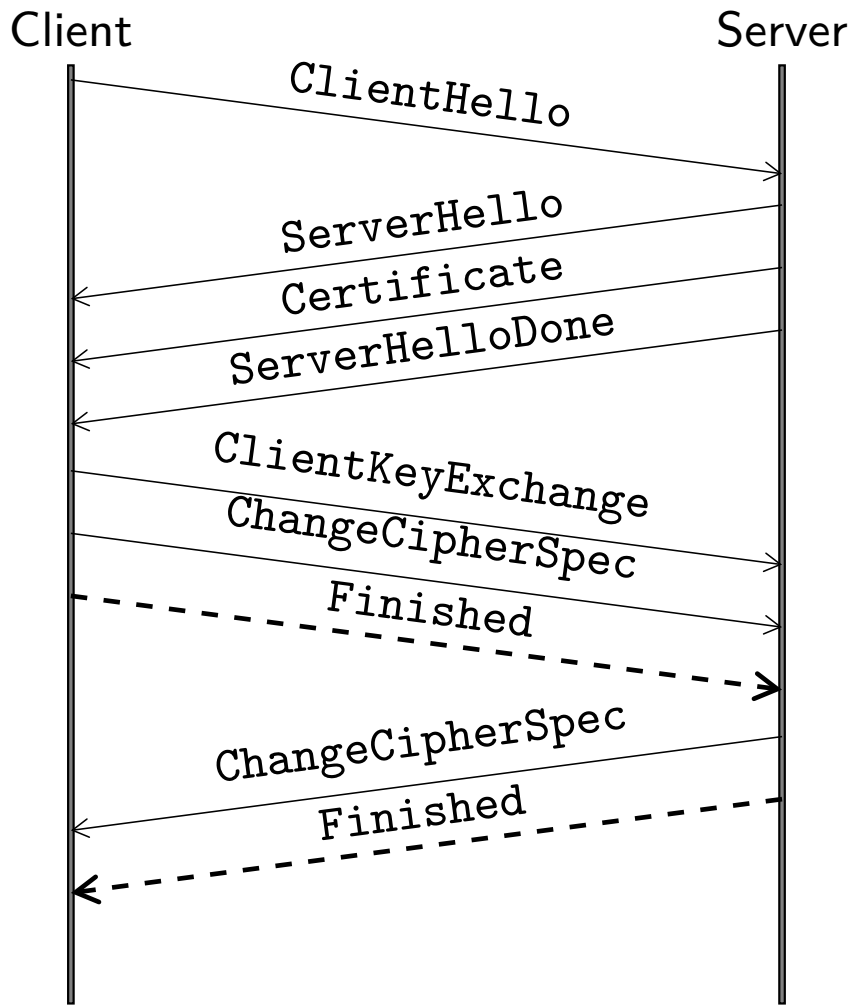
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA

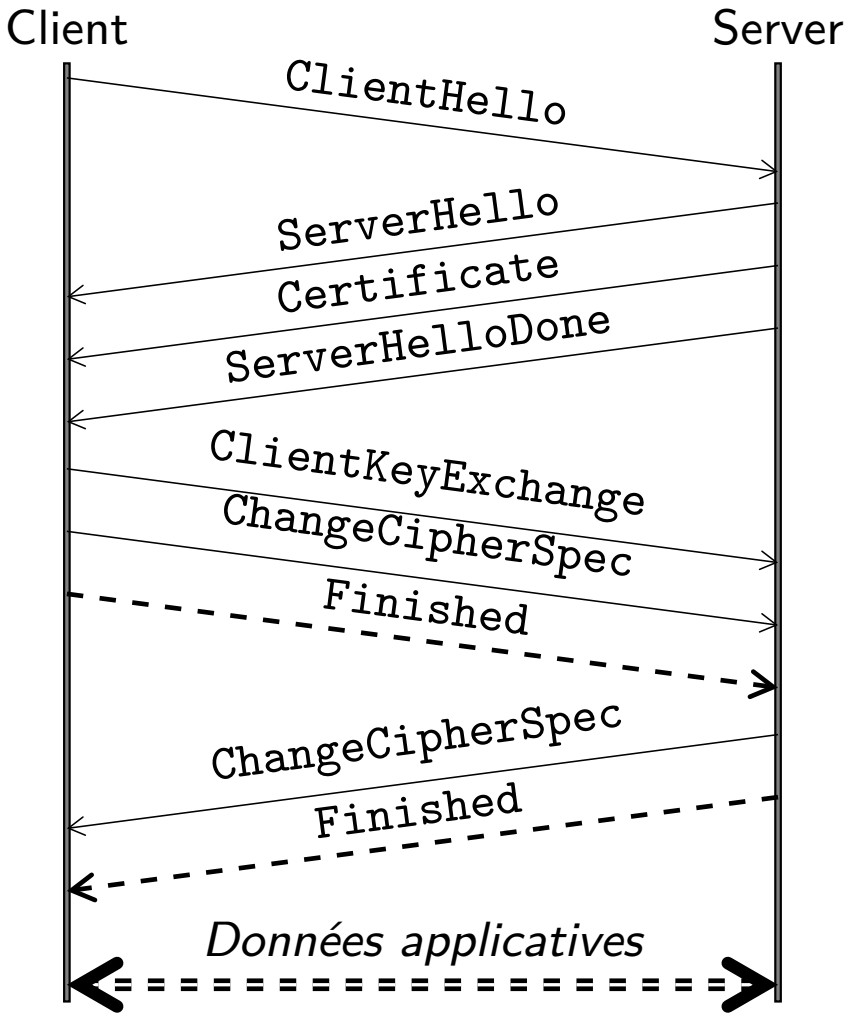
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA

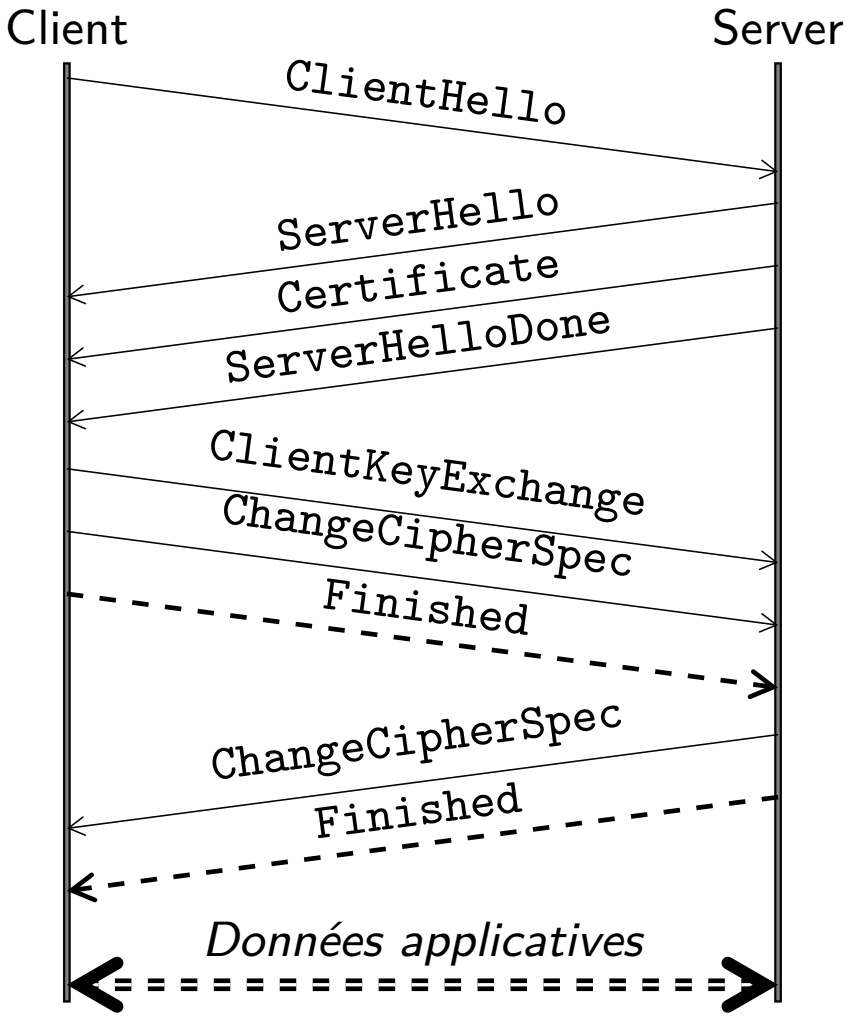
Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA
- Ni erreur ni incompatibilité

Fonctionnement du protocole



Hypothèses

- Version : SSLv3 - TLS 1.1
- Algorithme d'échange de clé : par chiffrement RSA
- Ni erreur ni incompatibilité

Il existe des variantes

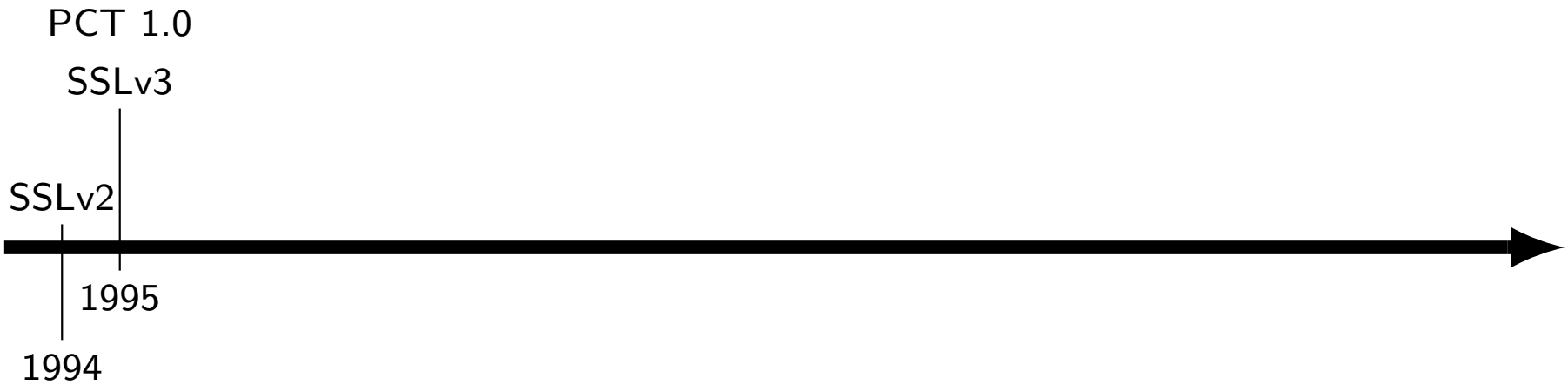
- échange de clé DHE
- reprise de session
- échange de clé symétrique
- ...

Versions du protocole

Versions du protocole

Création par Netscape de SSL et HTTPS

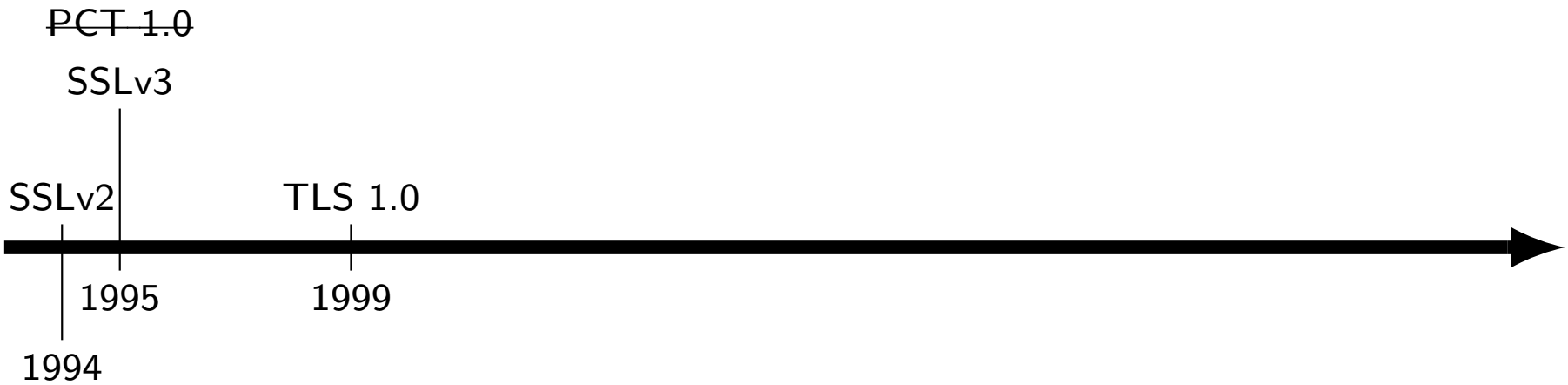
Versions du protocole



Face aux nombreuses failles et limitations de SSLv2

- Netscape SSLv3
- Microsoft PCT 1.0 (Private Communication Technology)

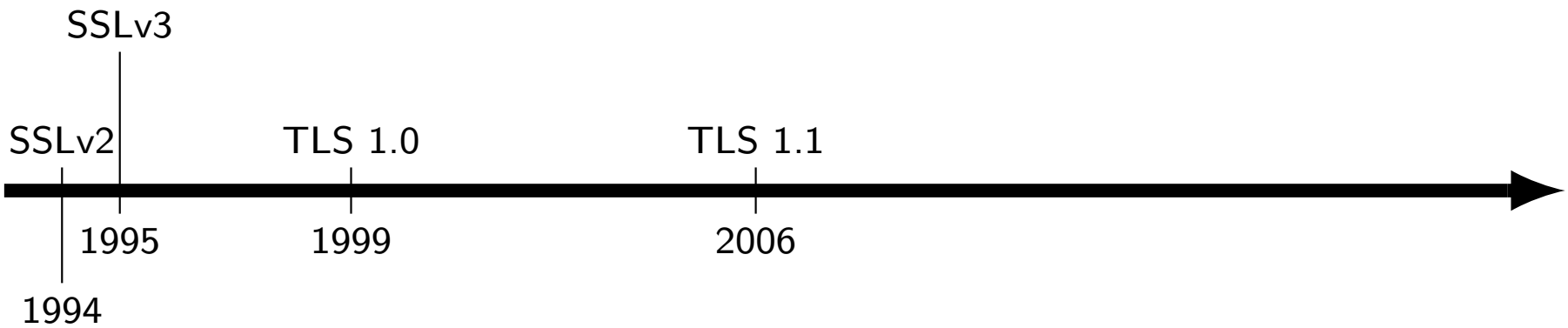
Versions du protocole



Standardisation de SSLv3 par l'IETF

- Démarche entamée en 1996
- TLS 1.0 = SSLv3.1

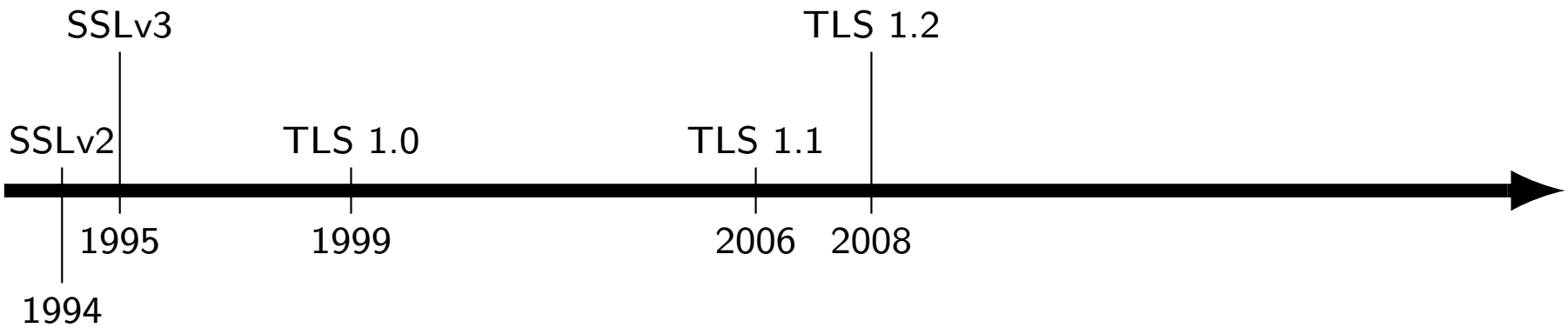
Versions du protocole



Correction d'un défaut cryptographique

- Attaque possible sur le mode CBC avec IV implicite
- Il s'agit de BEAST, attaque publiée en 2011

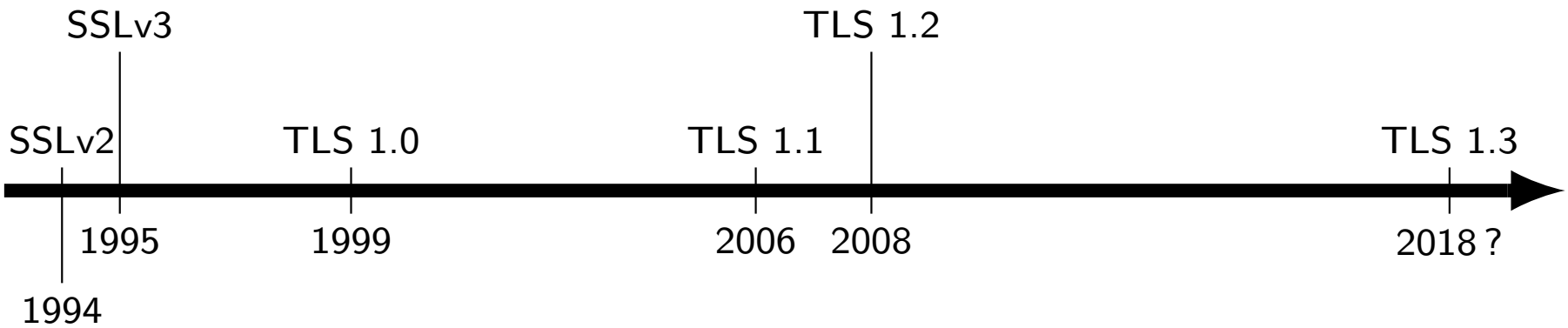
Versions du protocole



Modernisation des constructions cryptographiques

- Apparition des modes combinés (AEAD) avec GCM
- Apparition de SHA-2
- Mais les constructions obsolètes sont toujours disponibles

Versions du protocole



TLS 1.3 : une révolution devenue nécessaire ?

Usages de SSL/TLS

Deux modes d'utilisation

- implicite : le service sécurisé est en écoute sur un autre port que le service en clair
  - HTTPS (443 vs 80), IMAPS (993 vs 143)...
  - \+ fonctionnement simple (le dialogue applicatif vient après TLS)
  - − besoin d'allouer un port (quid des *firewalls* ?)
  - − à une époque, incompatibilité avec le *virtual hosting*

Usages de SSL/TLS

Deux modes d'utilisation

- implicite : le service sécurisé est en écoute sur un autre port que le service en clair
  - HTTPS (443 vs 80), IMAPS (993 vs 143)...
  - \+ fonctionnement simple (le dialogue applicatif vient après TLS)
  - − besoin d'allouer un port (quid des *firewalls* ?)
  - − à une époque, incompatibilité avec le *virtual hosting*

- explicite : le passage à SSL/TLS se fait pendant le dialogue applicatif
  - STARTTLS pour SMTP, IMAP et POP
  - méthode HTTP UPDATE
  - \+ réutilisation du port
  - − complexité de la machine à état
  - − mode dégradé en clair plus facile à forcer

Interlude : quelques chiffres sur SSL/TLS

- Plus de 50 RFC
- 5 versions du protocole pour le moment
- Plus de 300 suites cryptographiques
- Plus de 20 extensions
- Quelques fonctionnalités *intéressantes*
  - compression
  - renégociation
  - reprise de session (2 méthodes)
- Une douzaine d'implémentations bien connues
- Et combien de piles maison ?

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA`

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA`

B `ECDH-ECDSA-AES128-SHA`

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA`

B `ECDH-ECDSA-AES128-SHA`

C une alerte

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA`

B `ECDH-ECDSA-AES128-SHA`

C une alerte

D la réponse D (`RC4_MD5`)

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA`

B `ECDH-ECDSA-AES128-SHA`

C une alerte

D la réponse D (`RC4_MD5`)

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

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `AES128-SHA` et `ECDH-ECDSA-AES128-SHA` ?

A `AES128-SHA` (`0x002f`)

B `ECDH-ECDSA-AES128-SHA`

C une alerte

D la réponse D (`RC4_MD5`)

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

- une suite cryptographique est représentée par un entier sur 16 bits
- pendant longtemps, toutes les suites étaient de la forme `00 XX`

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `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 représentée par un entier sur 16 bits
- pendant longtemps, toutes les suites étaient de la forme `00 XX`

Interlude : les piles SSL/TLS maison (1/3)

Quelle réponse peut attendre un client proposant les suites cryptographiques suivantes : `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 représentée par un entier sur 16 bits
- pendant longtemps, toutes les suites étaient de la forme `00 XX`
- pourquoi perdre du temps à regarder l'octet de poids fort ?

Interlude : les piles SSL/TLS maison (2/3)

- En 2010, Google propose des extensions, *False Start* et *Snap Start*
- Après plusieurs mois, Internet se montre intolérant à *Snap Start*
- L'expérimentation est abandonnée en 2012

Interlude : les piles SSL/TLS maison (2/3)

- En 2010, Google propose des extensions, *False Start* et *Snap Start*
- Après plusieurs mois, Internet se montre intolérant à *Snap Start*
- L'expérimentation est abandonnée en 2012

- Un an plus tard, le même problème resurgit dans un autre contexte
- Sur la liste de diffusion IETF (`tls@ietf.org`), on apprend finalement la raison : le `ClientHello` est trop gros...

Interlude : les piles SSL/TLS maison (3/3)

Examinons le début d'un `ClientHello` de 258 octets

16	03	01	01	02

TLS

Type	Version	Longueur
HS	*TLS 1.0*	*258*

SSLv2

Longueur	*Pad.*	Type
5635	...	*CH*

Interlude : les piles SSL/TLS maison (3/3)

Examinons le début d'un `ClientHello` de 258 octets

16	03	01	01	02

TLS

Type	Version	Longueur
HS	*TLS 1.0*	*258*

SSLv2

Longueur	*Pad.*	Type
5635	...	*CH*

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

Interlude : les piles SSL/TLS maison (3/3)

Examinons le début d'un `ClientHello` de 258 octets

16	03	01	01	02

TLS

Type	Version	Longueur
HS	*TLS 1.0*	*258*

SSLv2

Longueur	*Pad.*	Type
5635	...	*CH*

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

Tout est bien qui finit bien

- Google a finalement proposé une extension pour ajouter du bourrage au `ClientHello`...

Classification des vulnérabilités

De nombreuses failles et attaques sur SSL/TLS depuis 1995

Une proposition de classification

- failles du *Handshake Protocol*
- attaques contre le *Record Protocol*
- problèmes liés aux certificats
- erreurs d'implémentations

Limites de l'exercice

- certaines failles relèvent de plusieurs catégories
- certains étiquetages sont discutables

Classification des vulnérabilités

De nombreuses failles et attaques sur SSL/TLS depuis 1995

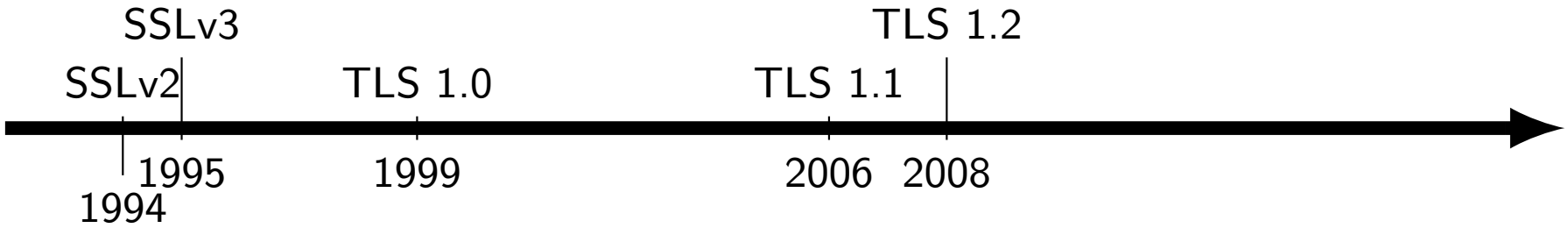
Une proposition de classification

- failles du *Handshake Protocol*
- attaques contre le *Record Protocol*
- problèmes liés aux certificats
- erreurs d'implémentations

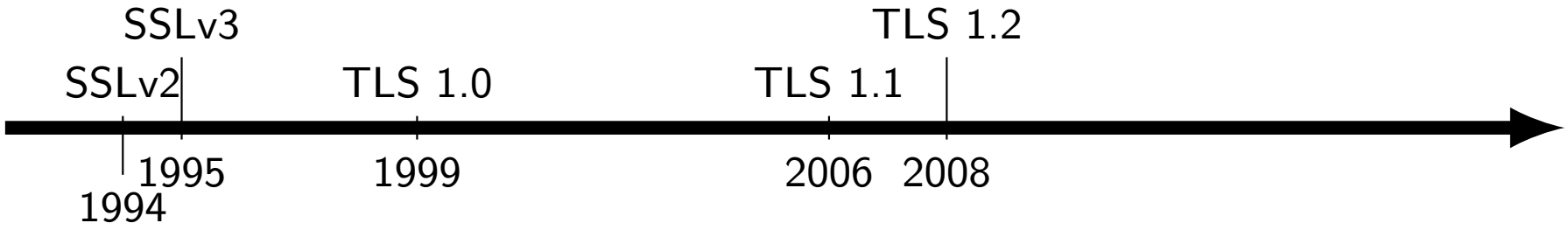
Limites de l'exercice

- certaines failles relèvent de plusieurs catégories
- certains étiquetages sont discutables

Failles du *Handshake Protocol*



Failles du *Handshake Protocol*



Paramètres crypto faibles

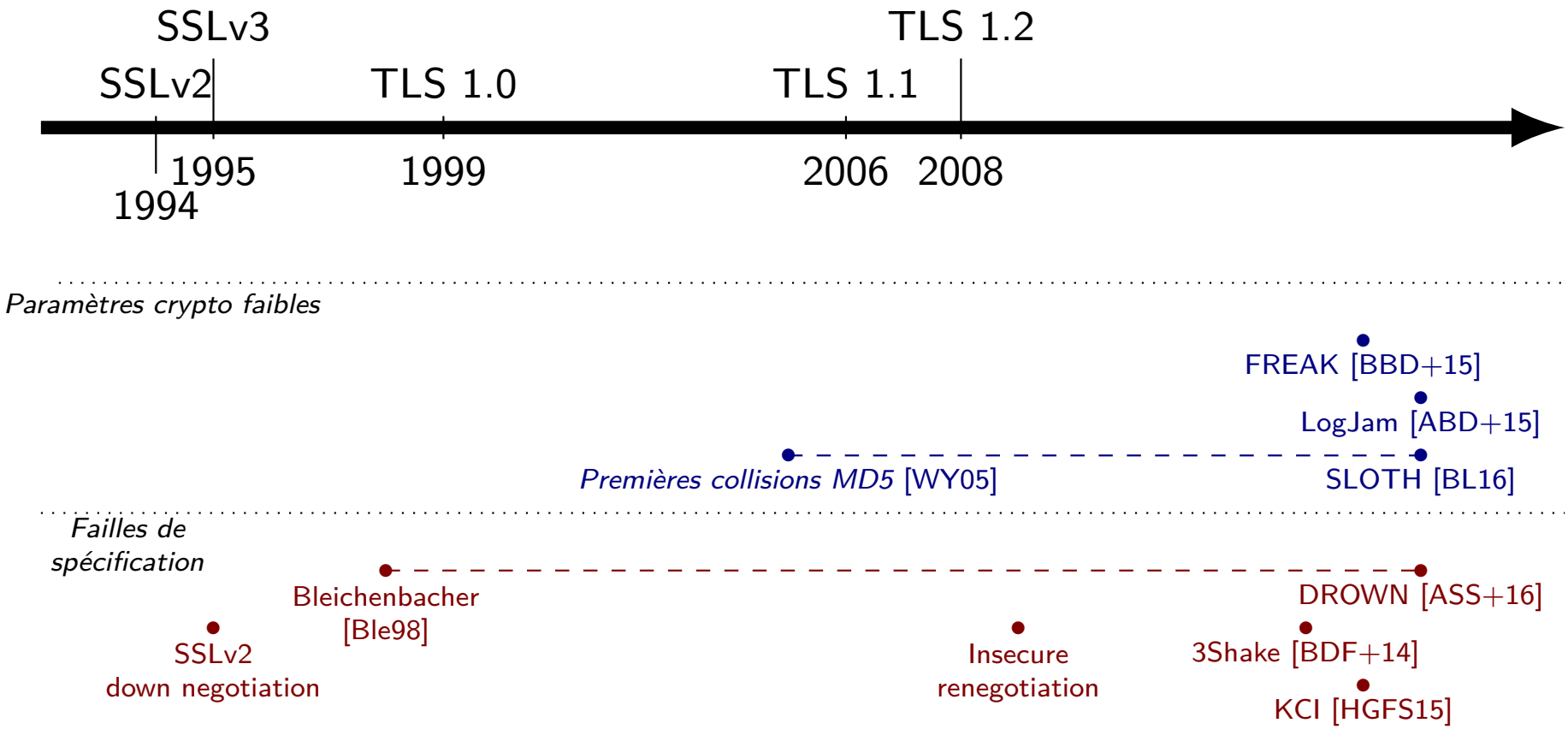
FREAK [BBD+15]

LogJam [ABD+15]

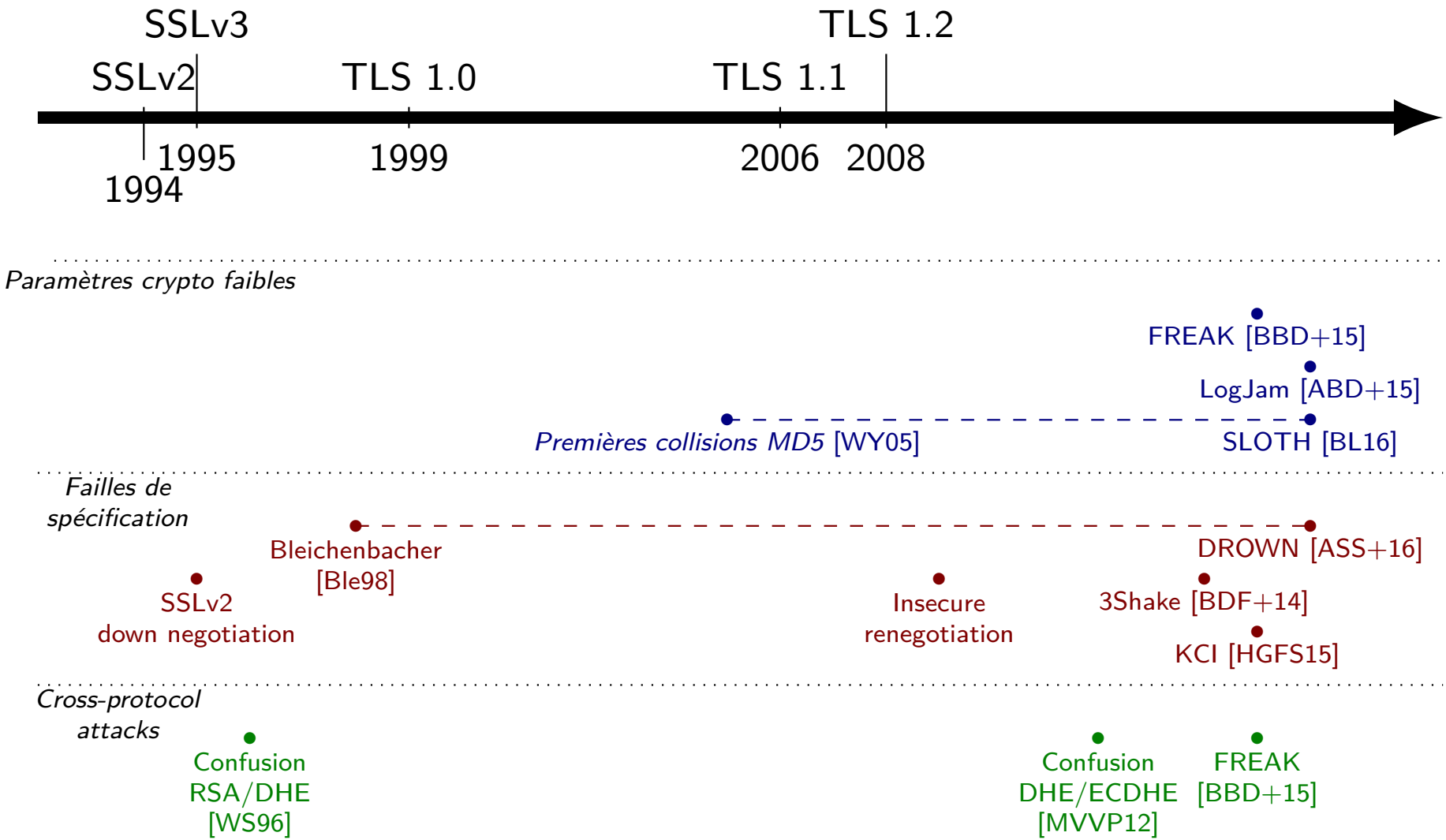
Premières collisions MD5 [WY05]

SLOTH [BL16]

Failles du *Handshake Protocol*



Failles du *Handshake Protocol*



Paramètres cryptographiques faibles

Jusqu'à peu, des piles TLS récentes acceptaient de négocier

- MD5 (SLOTH)
- RSA-EXPORT (FREAK)
- des groupes Diffie-Hellman de 512 bits (LogJam)

Paramètres cryptographiques faibles

Jusqu'à peu, des piles TLS récentes acceptaient de négocier

- MD5 (SLOTH)
- RSA-EXPORT (FREAK)
- des groupes Diffie-Hellman de 512 bits (LogJam)

Avec TLS 1.3, tout cela disparaît

- seules des fonctions de hachage récentes subsistent*
- les échanges de clé RSA et RSA-EXPORT disparaissent au profit d'échanges Diffie-Hellman**...
- ... sur des groupes nommés de taille raisonnable

Paramètres cryptographiques faibles

Jusqu'à peu, des piles TLS récentes acceptaient de négocier

- MD5 (SLOTH)
- RSA-EXPORT (FREAK)
- des groupes Diffie-Hellman de 512 bits (LogJam)

Avec TLS 1.3, tout cela disparaît

- seules des fonctions de hachage récentes subsistent*
- les échanges de clé RSA et RSA-EXPORT disparaissent au profit d'échanges Diffie-Hellman**...
- ... sur des groupes nommés de taille raisonnable

Limites

* TLS 1.3 accepte encore SHA-1 dans les certificats

** Les clés RSA de signature peuvent toujours être minuscules

Erreurs de conception (1/2)

Quelques exemples d'échecs

- Négociation à la baisse dans SSLv2 : seules les valeurs aléatoires échangés étaient authentifiées
- Vulnérabilité sur la renégociation / *Triple Handshake* : les différentes sessions/*époques* n'étaient pas liées de manière suffisante

Erreurs de conception (1/2)

Quelques exemples d'échecs

- Négociation à la baisse dans SSLv2 : seules les valeurs aléatoires échangés étaient authentifiées
- Vulnérabilité sur la renégociation / *Triple Handshake* : les différentes sessions/*époques* n'étaient pas liées de manière suffisante

Jusqu'à TLS 1.2, le *master secret* est dérivé à partir

- du résultat de l'algorithme d'échange de clé
- des valeurs aléatoires échangées en clair

L'intégrité n'est garantie qu'a posteriori, avec les messages `Finished`

Erreurs de conception (1/2)

Quelques exemples d'échecs

- Négociation à la baisse dans SSLv2 : seules les valeurs aléatoires échangés étaient authentifiées
- Vulnérabilité sur la renégociation / *Triple Handshake* : les différentes sessions/*époques* n'étaient pas liées de manière suffisante

Jusqu'à TLS 1.2, le *master secret* est dérivé à partir

- du résultat de l'algorithme d'échange de clé
- des valeurs aléatoires échangées en clair

L'intégrité n'est garantie qu'a posteriori, avec les messages `Finished`

Ce n'est *pas* suffisant (3SHAKE, FREAK, etc.).

Erreurs de conception (2/2)

Avec TLS 1.3, tout le transcript est signé

- erreur crypto classique : il faut tout signer de manière explicite
- de nombreuses attaques deviennent caduques*

Erreurs de conception (2/2)

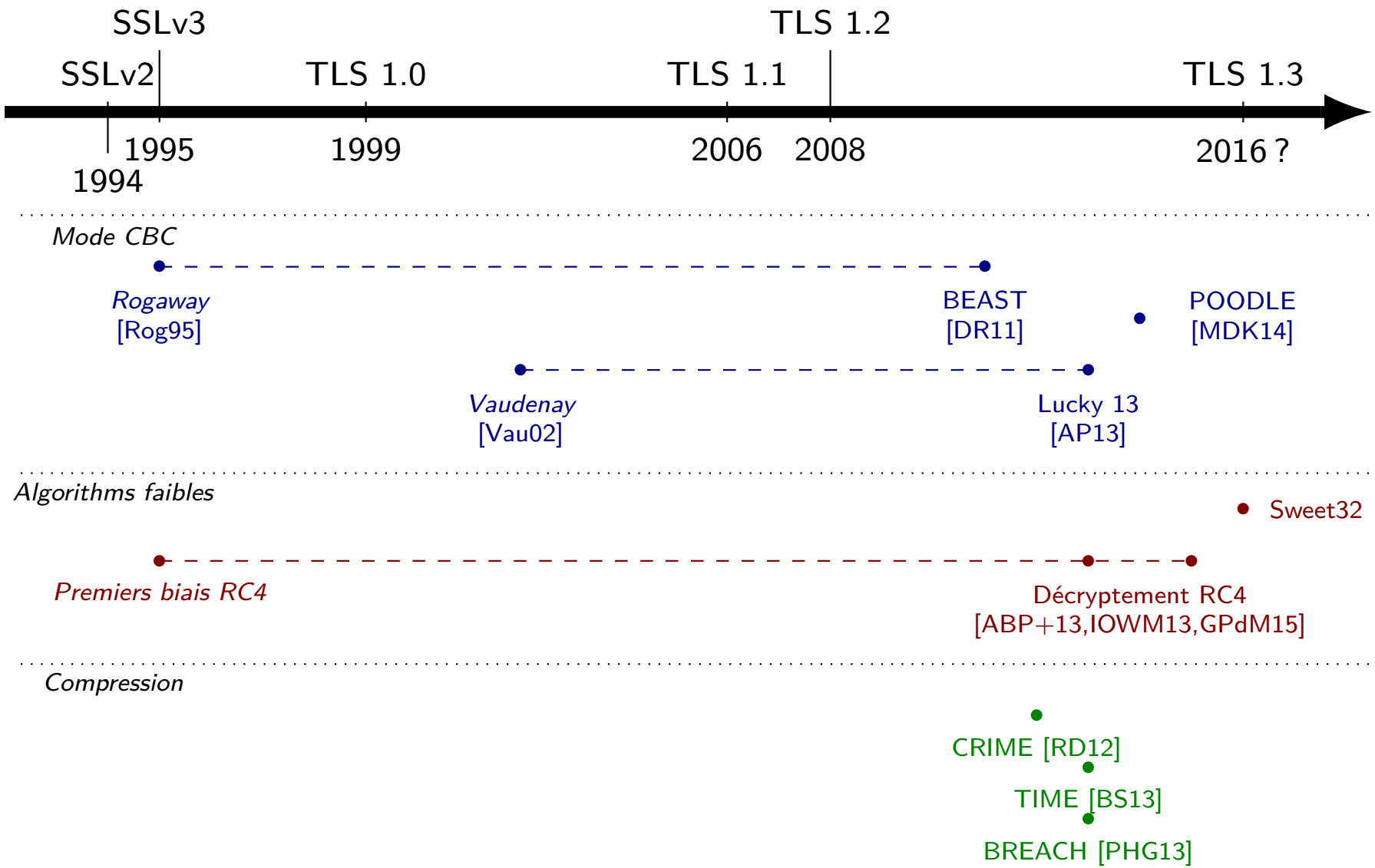
Avec TLS 1.3, tout le transcript est signé

- erreur crypto classique : il faut tout signer de manière explicite
- de nombreuses attaques deviennent caduques*

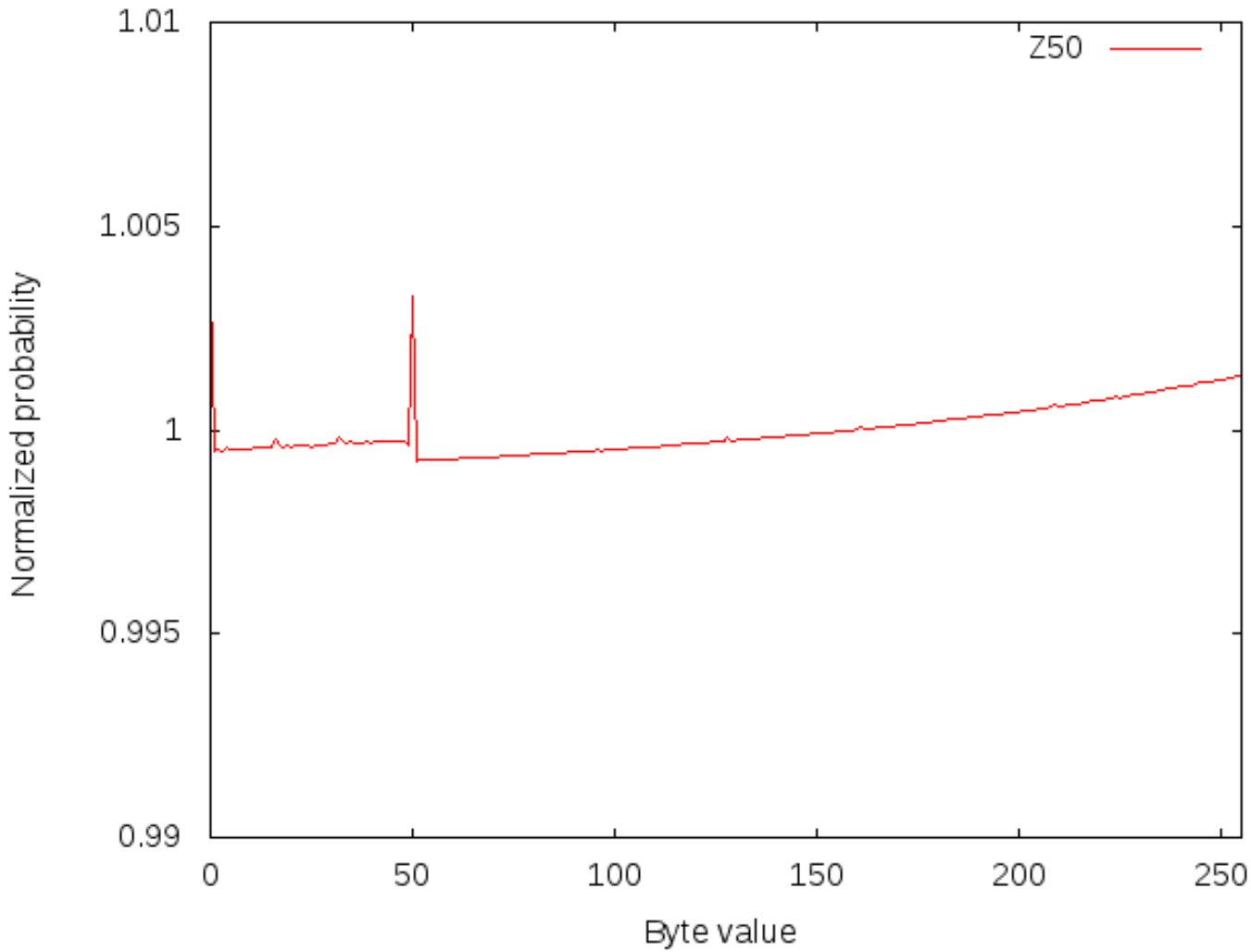
Limites

* Il faut encore prendre en compte les attaques forçant une version antérieure de TLS

Attaques contre *Record Protocol*



Zoom sur RC4


Z50
1.01
1.005
1
0.995
0.99
Normalized probability
0
50
100
150
200
250
Byte value

Réflexions autour du mode CBC

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

Bodo Möller

Réflexions autour du mode CBC

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

Bodo Möller

- Le mode CBC dans TLS favorise les oracles de padding
- L'utilisation d'un IV implicite peut mener à des attaques
- Avec SSLv3, les octets de padding sont mal spécifiés, ce qui amplifie les oracles

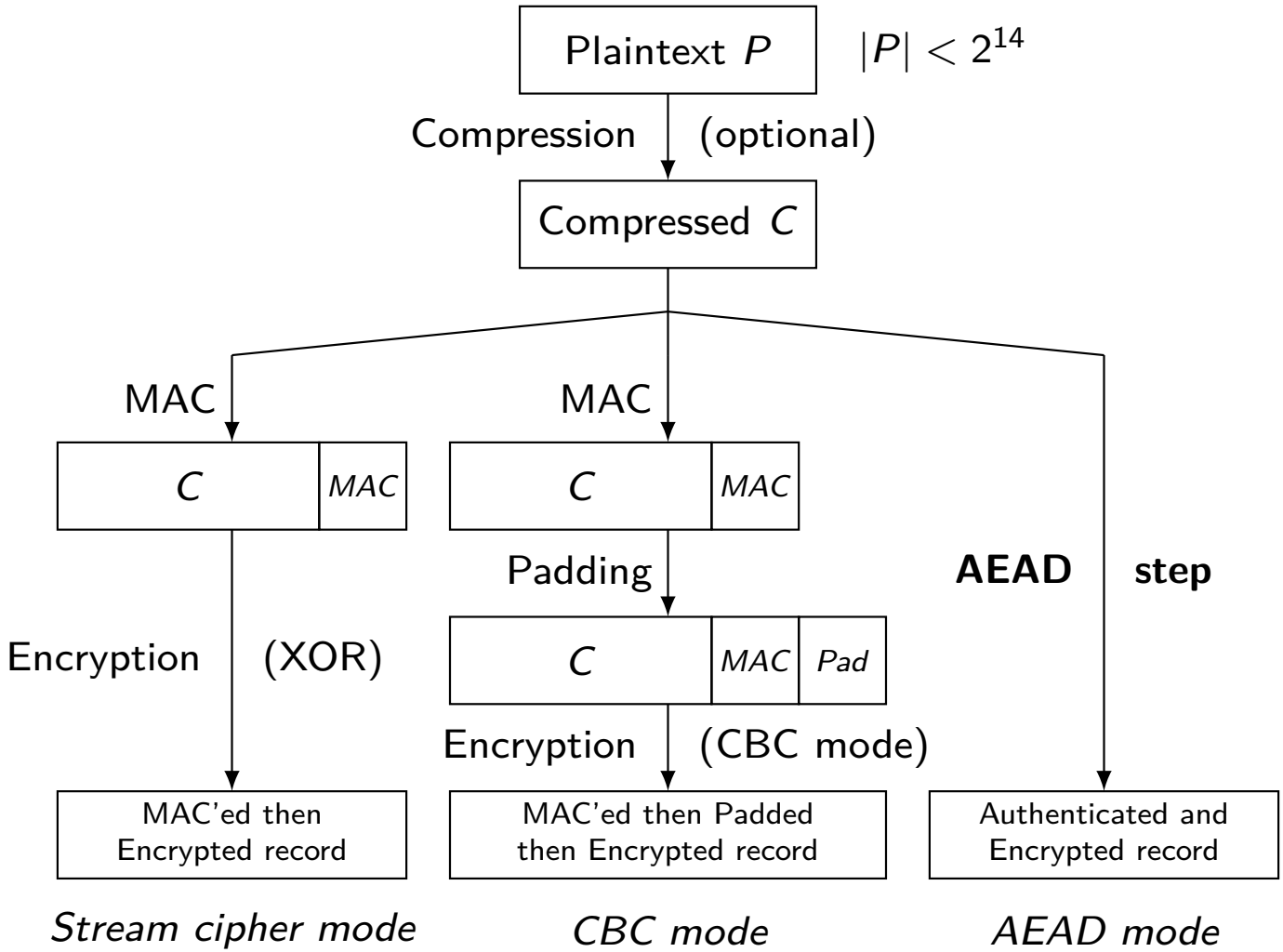
Réflexions autour du mode CBC

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

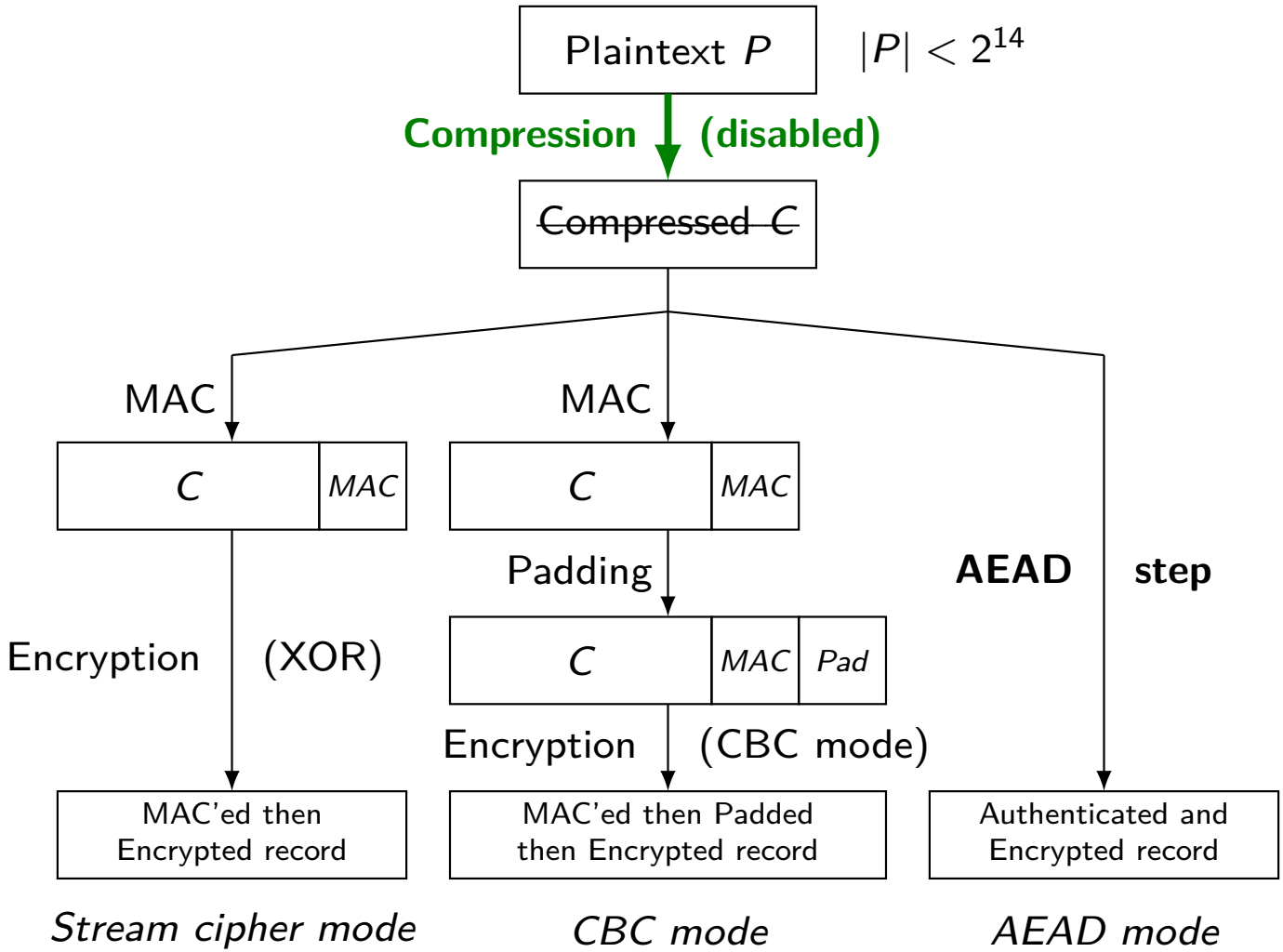
Bodo Möller (2004-05-20)

- Le mode CBC dans TLS favorise les oracles de padding
- L'utilisation d'un IV implicite peut mener à des attaques
- Avec SSLv3, les octets de padding sont mal spécifiés, ce qui amplifie les oracles
- ... il décrivait Lucky 13, BEAST et POODLE

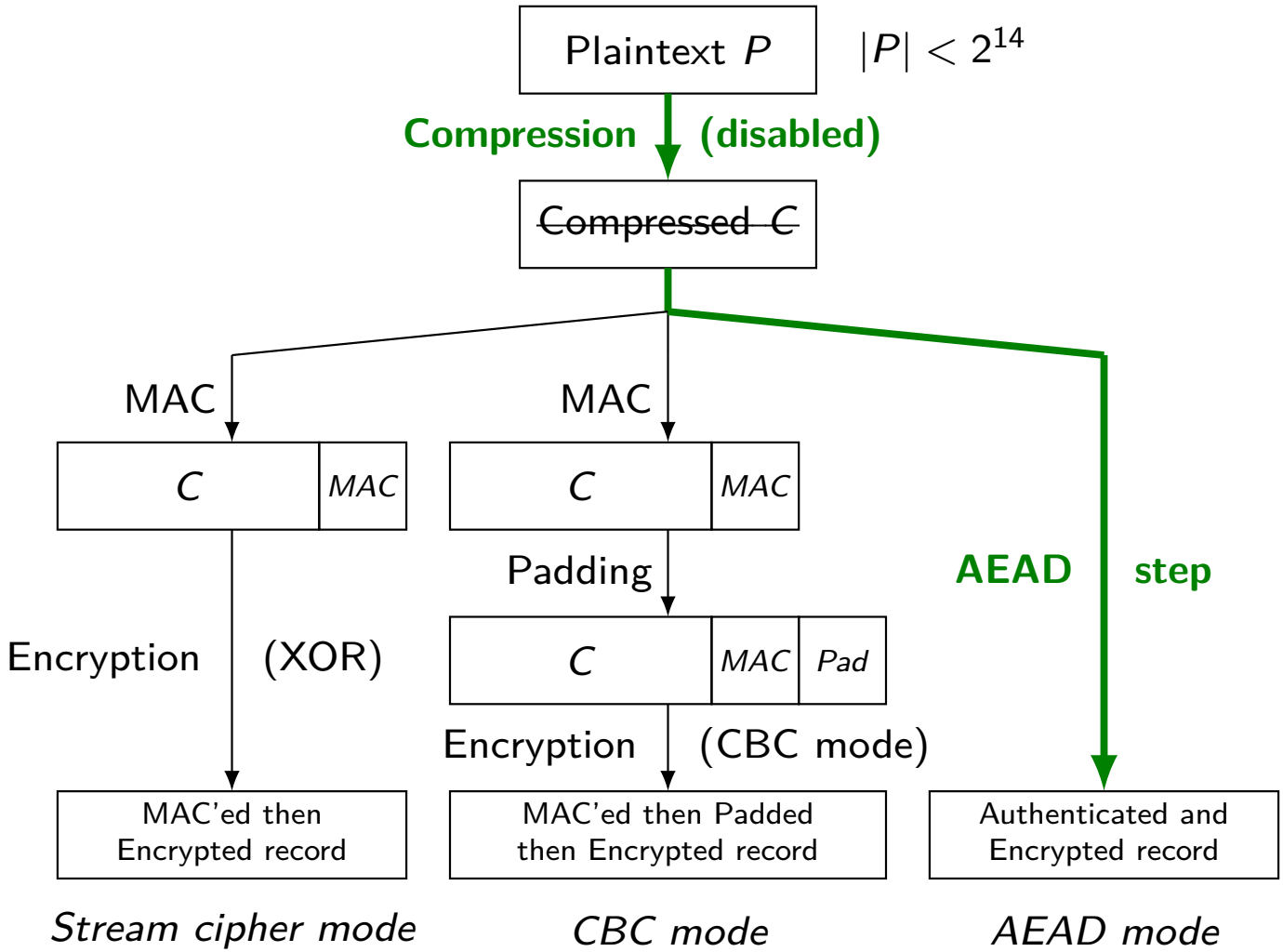
Record Protocol : la solution



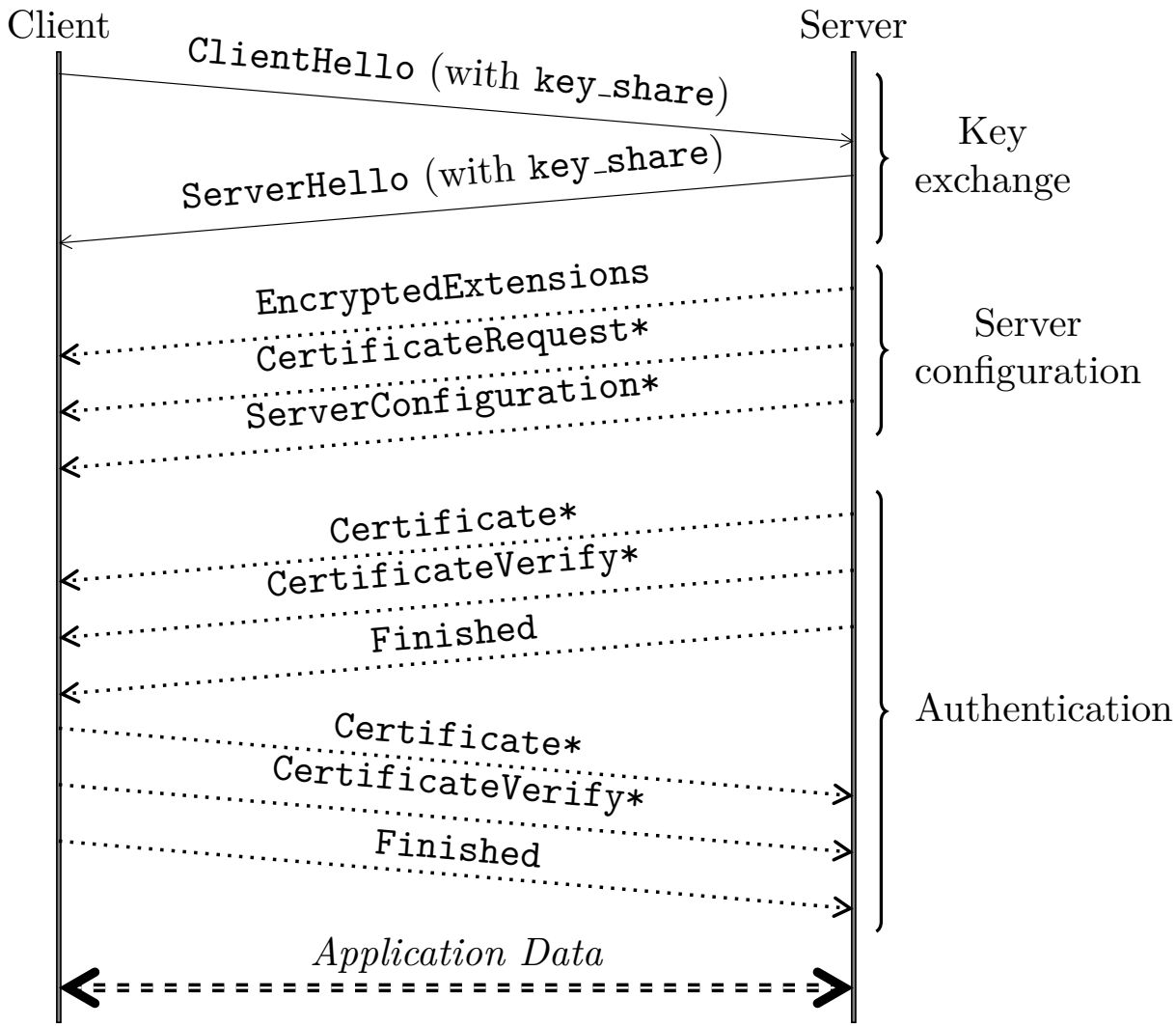
Record Protocol : la solution



Record Protocol : la solution



TLS 1.3 : flot de messages



TLS 1.3 : la solution à tous les problèmes ?

Hypothèses pour garantir les objectifs de sécurité

- utiliser des algorithmes et des clés décentes dans les certificats
- refuser des paramètres faibles
- question plus générale de la confiance dans l'IGC

TLS 1.3 : la solution à tous les problèmes ?

Hypothèses pour garantir les objectifs de sécurité

- utiliser des algorithmes et des clés décentes dans les certificats
- refuser des paramètres faibles
- question plus générale de la confiance dans l'IGC

Hypothèses si on doit vivre avec des versions antérieures

- TLS 1.2 minimum
- échange de clé ECDHE (à cause des mécanismes d'anti-*downgrade* et de LogJam)
- mode AEAD

TLS 1.3 : la solution à tous les problèmes ?

Hypothèses pour garantir les objectifs de sécurité

- utiliser des algorithmes et des clés décentes dans les certificats
- refuser des paramètres faibles
- question plus générale de la confiance dans l'IGC

Hypothèses si on doit vivre avec des versions antérieures

- TLS 1.2 minimum
- échange de clé ECDHE (à cause des mécanismes d'anti-*downgrade* et de LogJam)
- mode AEAD

Quid de l'implémentation ?

Failles d'implémentation sur TLS

2014 : une année dure pour les piles TLS

- février : `goto fail` (Apple)
- février : `goto fail` (GnuTLS)
- avril : *Heartbleed* (OpenSSL)
- juin : *Early CCS* (OpenSSL)
- septembre : Universal signature forgery (Berserk ?) (Mozilla NSS)
- novembre : exécution de code arbitraire (MS SChannel)

Failles d'implémentation sur TLS

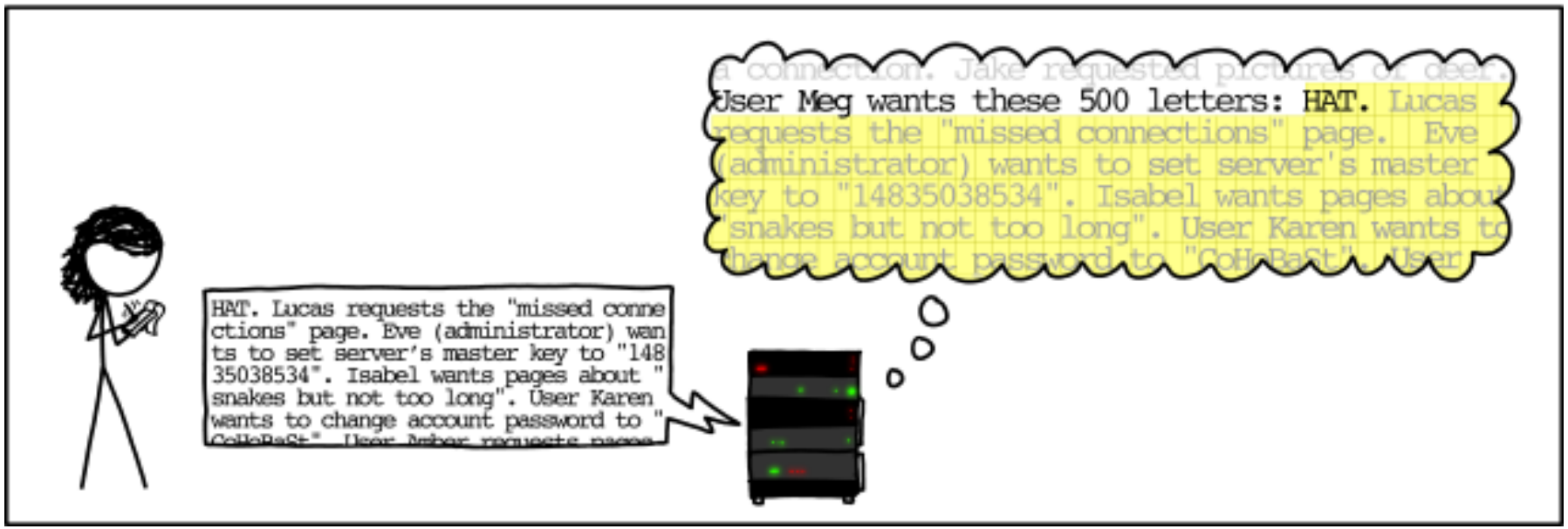
2014 : une année dure pour les piles TLS

- février : `goto fail` (Apple)
- février : `goto fail` (GnuTLS)
- avril : *Heartbleed* (OpenSSL)
- juin : *Early CCS* (OpenSSL)
- septembre : Universal signature forgery (Berserk ?) (Mozilla NSS)
- novembre : exécution de code arbitraire (MS SChannel)

Catégories de failles

- les erreurs classiques
- les problèmes de *parsers*
- le coût de la crypto obsolète
- la complexité des machines à état

Erreurs classiques (1/3) : Heartbleed



Source : `http://xkcd.com/1354`

```
+        /* Read type and payload length first */
+        if (1 + 2 + 16 > s->s3->rrec.length)
+                return 0; /* silently discard */
```

Erreurs classiques (2/3) : WinShock

- L'authentification client utilisant des certificats avec des courbes elliptiques repose sur deux messages
- Le message `Certificate`, qui contient la chaîne de certification
  - il contient la courbe utilisée
  - en particulier, il indique la taille L du corps sous-jacent
- `CertificateVerify`, qui contient une signature couvrant les messages précédents
  - la signature contient les coordonnées d'un point, d'une taille l
  - supposons que SChannel copie l octets dans une zone allouée pour L octets, sans se poser de question...

Erreurs classiques (2/3) : WinShock

- L'authentification client utilisant des certificats avec des courbes elliptiques repose sur deux messages
- Le message `Certificate`, qui contient la chaîne de certification
  - il contient la courbe utilisée
  - en particulier, il indique la taille L du corps sous-jacent
- `CertificateVerify`, qui contient une signature couvrant les messages précédents
  - la signature contient les coordonnées d'un point, d'une taille l
  - supposons que SChannel copie l octets dans une zone allouée pour L octets, sans se poser de question...

Sauf que l'authentification client par certificat est rarement utilisée

Erreurs classiques (2/3) : WinShock

- L'authentification client utilisant des certificats avec des courbes elliptiques repose sur deux messages
- Le message `Certificate`, qui contient la chaîne de certification
  - il contient la courbe utilisée
  - en particulier, il indique la taille L du corps sous-jacent
- `CertificateVerify`, qui contient une signature couvrant les messages précédents
  - la signature contient les coordonnées d'un point, d'une taille l
  - supposons que SChannel copie l octets dans une zone allouée pour L octets, sans se poser de question...

Sauf que l'authentification client par certificat est rarement utilisée

Teaser : tous les serveurs vulnérables étaient pourtant exploitables

Erreurs classiques (3/3) : True, False, FILE_NOT_FOUND

Analysons la faille CVE-2014-0092 de GnuTLS (mars 2014) :

> *But this bug is arguably much worse than* Apple*'s, as it has allowed crafted certificates to evade validation check for all versions of* GnuTLS *ever released since that project got started in late 2000.[...]*
> *The* `check_if_ca` *function is supposed to return true (any non-zero value in C) or false (zero) depending on whether the issuer of the certificate is a certificate authority (CA). A true return should mean that the certificate passed muster and can be used further, but the bug meant that error returns were misinterpreted as certificate validations.*

Erreurs classiques (3/3) : True, False, FILE_NOT_FOUND

Analysons la faille CVE-2014-0092 de GnuTLS (mars 2014) :

> *But this bug is arguably much worse than* Apple*'s, as it has allowed crafted certificates to evade validation check for all versions of* GnuTLS *ever released since that project got started in late 2000.[...]*
> *The* `check_if_ca` *function is supposed to return true (any non-zero value in C) or false (zero) depending on whether the issuer of the certificate is a certificate authority (CA). A true return should mean that the certificate passed muster and can be used further, but the bug meant that error returns were misinterpreted as certificate validations.*

Au passage, une faille similaire avait été trouvée dans OpenSSL... en 2008 (CVE-2008-5077).

Erreurs classiques (3/3) : True, False, FILE_NOT_FOUND

Analysons la faille CVE-2014-0092 de GnuTLS (mars 2014) :

> *But this bug is arguably much worse than* Apple*'s, as it has allowed crafted certificates to evade validation check for all versions of* GnuTLS *ever released since that project got started in late 2000.[...]*
> *The* `check_if_ca` *function is supposed to return true (any non-zero value in C) or false (zero) depending on whether the issuer of the certificate is a certificate authority (CA). A true return should mean that the certificate passed muster and can be used further, but the bug meant that error returns were misinterpreted as certificate validations.*

Au passage, une faille similaire avait été trouvée dans OpenSSL... en 2008 (CVE-2008-5077).

Il est peut-être temps de considérer que les développeurs ne sont pas seuls responsables... et d'améliorer nos langages/outils/spécifications

Le coût de la crypto obsolète (1/3) : Bleichenbacher

RSA PKCS#1 v1.5

- le chiffrement RSA repose sur un schéma de bourrage
- comment traiter un *padding* invalide lors du déchiffrement ?

Le coût de la crypto obsolète (1/3) : Bleichenbacher

RSA PKCS#1 v1.5

- le chiffrement RSA repose sur un schéma de bourrage
- comment traiter un *padding* invalide lors du déchiffrement ?

L'attaque de Bleichenbacher (1998)

- le principe : envoyer un texte chiffré altéré
- si l'attaquant peut distinguer un *padding* valide d'un *padding* invalide, il obtient de l'information sur le clair
- application à TLS : l'attaque *Million Message Attack*

Le coût de la crypto obsolète (2/3) : Bleichenbacher

L'attaque resurgit en 2014

- en Java, une erreur de *padding* provoque une exception
- ainsi, pour éviter une *timing attack*, il faut redévelopper l'algorithme
- un développeur TLS doit choisir entre la modularité et la sécurité

Le coût de la crypto obsolète (2/3) : Bleichenbacher

L'attaque resurgit en 2014

- en Java, une erreur de *padding* provoque une exception
- ainsi, pour éviter une *timing attack*, il faut redévelopper l'algorithme
- un développeur TLS doit choisir entre la modularité et la sécurité

Et en 2016...

- DROWN *(Decrypting RSA with Obsolete and Weakened eNcryption)*
- attaque sur SSLv2 pour retrouver des *pre-master secret* TLS
- des *bugs* dans OpenSSL rendent l'attaque très efficace

Le coût de la crypto obsolète (2/3) : Bleichenbacher

L'attaque resurgit en 2014

- en Java, une erreur de *padding* provoque une exception
- ainsi, pour éviter une *timing attack*, il faut redévelopper l'algorithme
- un développeur TLS doit choisir entre la modularité et la sécurité

Et en 2016...

- DROWN *(Decrypting RSA with Obsolete and Weakened eNcryption)*
- attaque sur SSLv2 pour retrouver des *pre-master secret* TLS
- des *bugs* dans OpenSSL rendent l'attaque très efficace
- heureusement que SSLv2 est considéré comme obsolète depuis plus de 10 ans...

Le coût de la crypto obsolète (3/3) : MAC-then-Encrypt

Les oracles de *padding* existent aussi en symétrique

- *MAC-then-CBC* est naturellement vulnérable
- 2002 : Vaudenay présente le principe de l'attaque
- 2011 : *XML Encryption is broken*
- 2013 : Lucky 13 (l'attaque est applicable à TLS)

Le coût de la crypto obsolète (3/3) : MAC-then-Encrypt

Les oracles de *padding* existent aussi en symétrique

- *MAC-then-CBC* est naturellement vulnérable
- 2002 : Vaudenay présente le principe de l'attaque
- 2011 : *XML Encryption is broken*
- 2013 : Lucky 13 (l'attaque est applicable à TLS)

Le correctif ?

- du sparadrap (une note d'implémentation dans le standard)
- un *patch* sordide pour garantir un déchiffrement en temps constant
- utiliser `Encrypt-then-MAC` (RFC 7366) ou du chiffrement authentifié (AEAD)

Là encore, il faut choisir entre modularité et sécurité (et interopérabilité)

TLS dans tous ses états (1/2) : SMACK et FREAK

En 2015, des attaques concernant presque toutes les piles TLS

- En Java, l'envoi d'un message `Finished` précoce permettait à un attaquant de sauter toute la négociation (dont l'authentification)

TLS dans tous ses états (1/2) : SMACK et FREAK

En 2015, des attaques concernant presque toutes les piles TLS

- En Java, l'envoi d'un message `Finished` précoce permettait à un attaquant de sauter toute la négociation (dont l'authentification)
- Dans certaines attaques, il y avait confusion entre les points utilisés par ECDHE et ECDSA lorsque certains messages sont supprimés

TLS dans tous ses états (1/2) : SMACK et FREAK

En 2015, des attaques concernant presque toutes les piles TLS

- En Java, l'envoi d'un message `Finished` précoce permettait à un attaquant de sauter toute la négociation (dont l'authentification)
- Dans certaines attaques, il y avait confusion entre les points utilisés par ECDHE et ECDSA lorsque certains messages sont supprimés
- OpenSSL acceptait l'échange de clé RSA-EXPORT lorsque le chiffrement RSA a été négocié (FREAK)

TLS dans tous ses états (1/2) : SMACK et FREAK

En 2015, des attaques concernant presque toutes les piles TLS

- En Java, l'envoi d'un message `Finished` précoce permettait à un attaquant de sauter toute la négociation (dont l'authentification)
- Dans certaines attaques, il y avait confusion entre les points utilisés par ECDHE et ECDSA lorsque certains messages sont supprimés
- OpenSSL acceptait l'échange de clé RSA-EXPORT lorsque le chiffrement RSA a été négocié (FREAK)

En général, la machine à états réagit aux messages reçus, au lieu de maintenir une liste restreinte des messages licites

TLS dans tous ses états (2/2)

Autres exemples

- *Early CCS*, trouvé à l'aide de méthodes formelles
- Dans la vulnérabilité SChannel précédente, les messages `Certificate` et `CertificateVerify` étaient toujours interprétés, même s'ils n'étaient pas sollicités

Presque toutes les piles TLS étaient vulnérables à des attaques similaires :

- Les specs sont peut-être trop complexes ?
- Nous avons sans doute besoin de plus de tests

Sécurité des implémentations TLS 1.3 ? (1/2)

Erreurs de programmation classiques

- la nouvelle spécification n'apporte rien
- il faut améliorer les méthodes de développement

Sécurité des implémentations TLS 1.3 ? (1/2)

Erreurs de programmation classiques

- la nouvelle spécification n'apporte rien
- il faut améliorer les méthodes de développement

Parsers

- petite amélioration avec TLS 1.3 (moins d'options)...
- ... mais les messages pourraient ne pas dépendre du contexte
- ... mais les certificats X.509 sont toujours une source là

Sécurité des implémentations TLS 1.3 ? (2/2)

Cryptographie obsolète

- en dehors des certificats, TLS 1.3 a fait un gros nettoyage
- (avec au moins 10 ans de retard)

Sécurité des implémentations TLS 1.3 ? (2/2)

Cryptographie obsolète

- en dehors des certificats, TLS 1.3 a fait un gros nettoyage
- (avec au moins 10 ans de retard)

Machines à état

- TLS 1.3 *vanilla* beaucoup plus simple
- ... mais quid de 0 RTT ?
- ... mais quid de l'authentification tardive du client par certificat ?
- ... mais quid des messages de compatibilité pour les *middle boxes* ?

TLS 1.3 : un nouvel espoir

Parmi les failles présentées, nombreuses sont celles issues de la conception

- la crypto obsolète, retirée dans TLS 1.3 : PKCS#1 v1.5, RC4, CBC...
- certains problèmes de l'automate : la négociation a été repensée

Cependant, TLS 1.3 ne résout pas

- les défauts dans les méthodes de développement
- les soucis de compatibilité : les versions précédentes de TLS sont encore là pour un certain temps
- la complexité du standard
  - X.509
  - 0-RTT
  - l'authentification tardive du client
  - des astuces sordides pour contrer les *middle boxes*

Langages et méthodologie

Nos langages de programmation devraient nous aider

- le typage fort permet d'éviter des erreurs simples
- la gestion de la mémoire peut être sûre

Langages et méthodologie

Nos langages de programmation devraient nous aider

- le typage fort permet d'éviter des erreurs simples
- la gestion de la mémoire peut être sûre

De bons outils sont nécessaires

- il faut activer les *warnings*
- et les corriger (`-Werror`)

Langages et méthodologie

Nos langages de programmation devraient nous aider

- le typage fort permet d'éviter des erreurs simples
- la gestion de la mémoire peut être sûre

De bons outils sont nécessaires

- il faut activer les *warnings*
- et les corriger (`-Werror`)

Nous avons besoin de tests

- tests de non-régression
- tests négatifs

Langages et méthodologie

Nos langages de programmation devraient nous aider

- le typage fort permet d'éviter des erreurs simples
- la gestion de la mémoire peut être sûre

De bons outils sont nécessaires

- il faut activer les *warnings*
- et les corriger (`-Werror`)

Nous avons besoin de tests

- tests de non-régression
- tests négatifs

Effort de modélisation et de tests en utilisant des méthodes formelles (TRON en 2016, TLS-DIV en 2017)

Déploiement et perspectives

Utilisation de TLS

- standardisation de TLS 1.3 (2018 ?)
- interdiction progressive (mais rapide) de TLS 1.0 et 1.1
- restriction des fonctionnalités complexes
- mesures pour évaluer la maturité de l'écosystème

Déploiement et perspectives

Utilisation de TLS

- standardisation de TLS 1.3 (2018 ?)
- interdiction progressive (mais rapide) de TLS 1.0 et 1.1
- restriction des fonctionnalités complexes
- mesures pour évaluer la maturité de l'écosystème

Travail sur « tout le reste »

- la confiance dans les certificats
- l'interaction entre TLS et les couches applicatives
- les manières de contourner TLS
- les couches applicatives...

Questions ?

Merci pour votre attention

olivier.levillain@cyberedu.fr

https://www.cyberedu.fr
https://paperstreet.picty.org/yeye