2023-2024

Sécurité informatique

TP 1 : Chiffrements par blocs - Modes opératoires et bourrage.

Objectifs du TP

-utiliser `openssl` pour chiffrer/déchiffrer,
-étudier le remplissage (padding) du dernier bloc,
-`les_cryptogrammes.rar` archive contenant les cryptogrammes à décrypter.
- utiliser `xor.py` programme python pour faire l'addition binaire

Outils utilisés

-`openSSL`, boîte à outils cryptographiques,
-`Python`
-`HexEdit`, éditeur hexadécimal

1 Présentation de `openSSL`

1.1 Protocole SSL

Le protocole SSL (Secure Socket Layer) a été développé par la société Netscape Communications Corporation pour permettre aux applications client/serveur de communiquer de façon sécurisée. TLS (Transport Layer Security) est une évolution de SSL réalisée par l'IETF.

La version 3 de SSL est utilisée par les navigateurs tels que Mozilla et Microsoft Internet Explorer.

SSL est un protocole qui s'intercale entre TCP/IP et les applications qui s'appuient sur TCP. Une session SSL se déroule en deux temps :

1. une phase de poignée de mains (handshake) durant laquelle le client et le serveur s'identifient, conviennent du système de chiffrement et d'une clé qu'ils utiliseront par la suite ;
2. une phase de communication proprement dite durant laquelle les données échangées sont compressées, chiffrées et signées.

L'identification durant la poignée de mains est assurée à l'aide de certi cats X509.

1.2 openSSL

openSSL est une boîte à outils cryptographiques implémentant les protocoles SSL et TLS qui offre :

1. Une bibliothèque de programmation en C permettant de réaliser des applications client/serveur sécurisées s'appuyant sur SSL/TLS.
2. Une commande en ligne (`openssl`) permettant
   -la création de clés RSA, DSA (signature) ;
   -la création de certificats X509 ;
   -le calcul d'empreintes (MD5, SHA, RIPEMD160, ...) ;
   -le chiffrement et déchiffrement (DES, IDEA, RC2, RC4, Blowfish,) ;
   -la réalisation de tests de clients et serveurs SSL/TLS ;
   -la signature et le chiffrement de courriers (S/MIME).

Pour connaître toutes les fonctionnalités de `openSSL` : `openssl help`.

La syntaxe générale de la commande `openssl` est

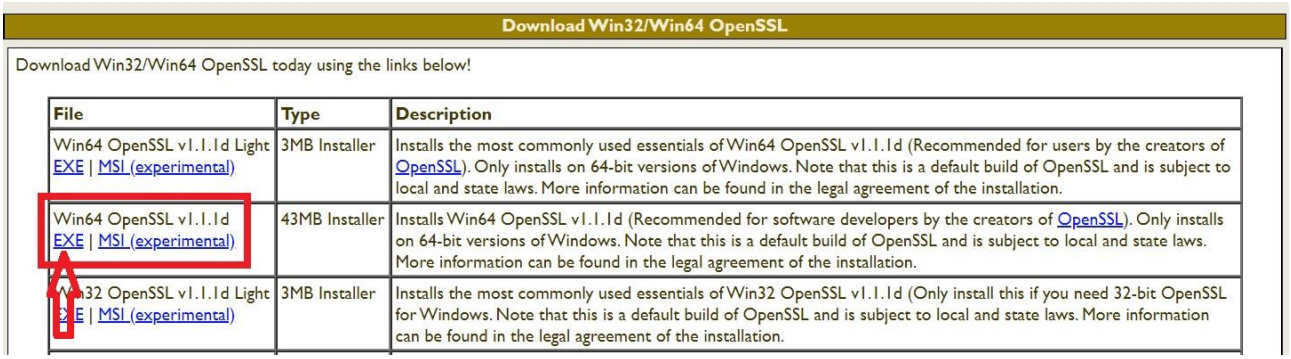
```
> openssl <commande> <options>
```

(le **>** étant le prompt du shell)

Dans le texte qui suit, les commandes invoquant `openssl` supposent que cette commande est dans votre variable shell PATH.

1.3 Installation de OpenSSL sous Windows

1. Téléchargez le dernier programme d'installation Windows OpenSSL à partir de la page de téléchargement officielle. Le lien officiel de la page de téléchargement est indiqué ci-dessous:
https://slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html

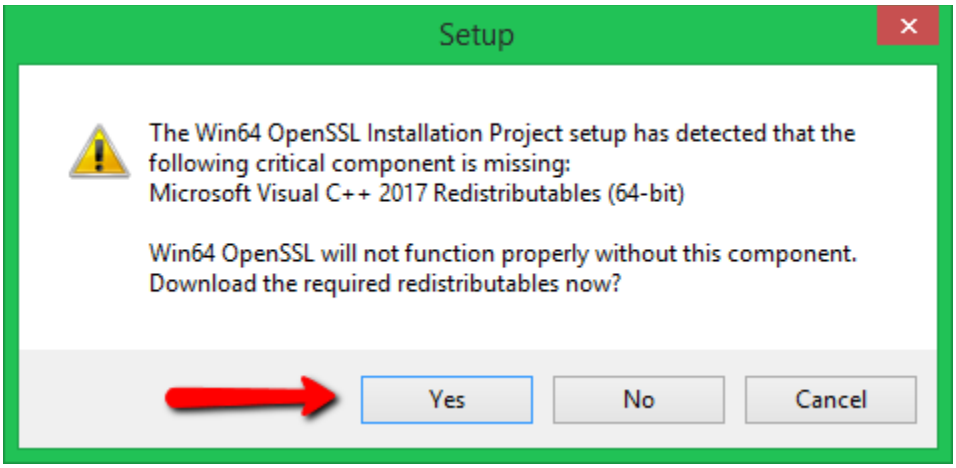


Download Win32/Win64 OpenSSL

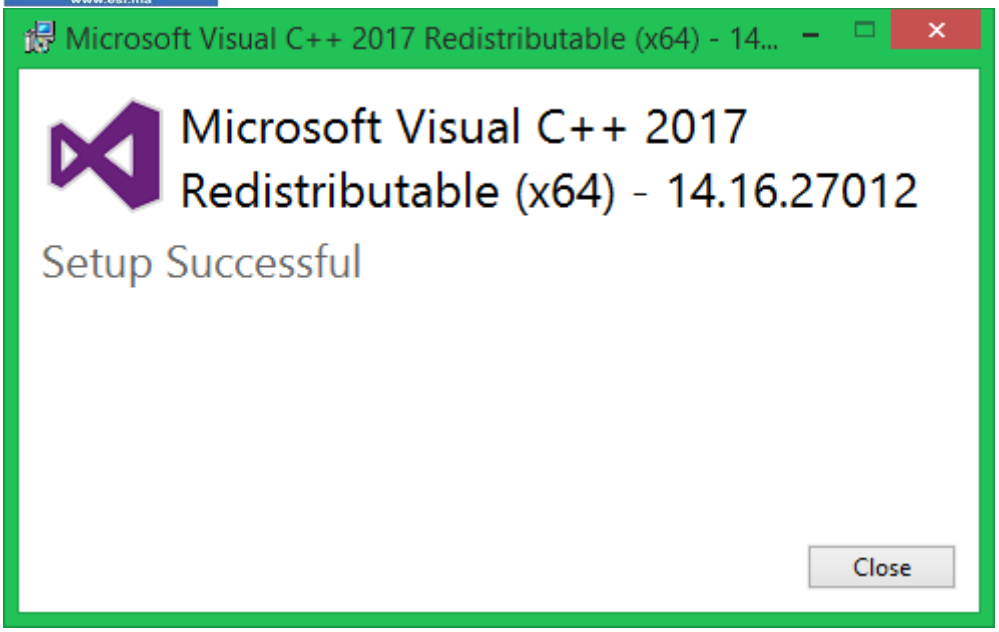
Download Win32/Win64 OpenSSL today using the links below!

File	Type	Description
Win64 OpenSSL v1.1.1d Light EXE | MSI (experimental)	3MB Installer	Installs the most commonly used essentials of Win64 OpenSSL v1.1.1d (Recommended for users by the creators of OpenSSL). Only installs on 64-bit versions of Windows. Note that this is a default build of OpenSSL and is subject to local and state laws. More information can be found in the legal agreement of the installation.
Win64 OpenSSL v1.1.1d EXE | MSI (experimental)	43MB Installer	Installs Win64 OpenSSL v1.1.1d (Recommended for software developers by the creators of OpenSSL). Only installs on 64-bit versions of Windows. Note that this is a default build of OpenSSL and is subject to local and state laws. More information can be found in the legal agreement of the installation.
Win32 OpenSSL v1.1.1d Light EXE | MSI (experimental)	3MB Installer	Installs the most commonly used essentials of Win32 OpenSSL v1.1.1d (Only install this if you need 32-bit OpenSSL for Windows. Note that this is a default build of OpenSSL and is subject to local and state laws. More information can be found in the legal agreement of the installation.

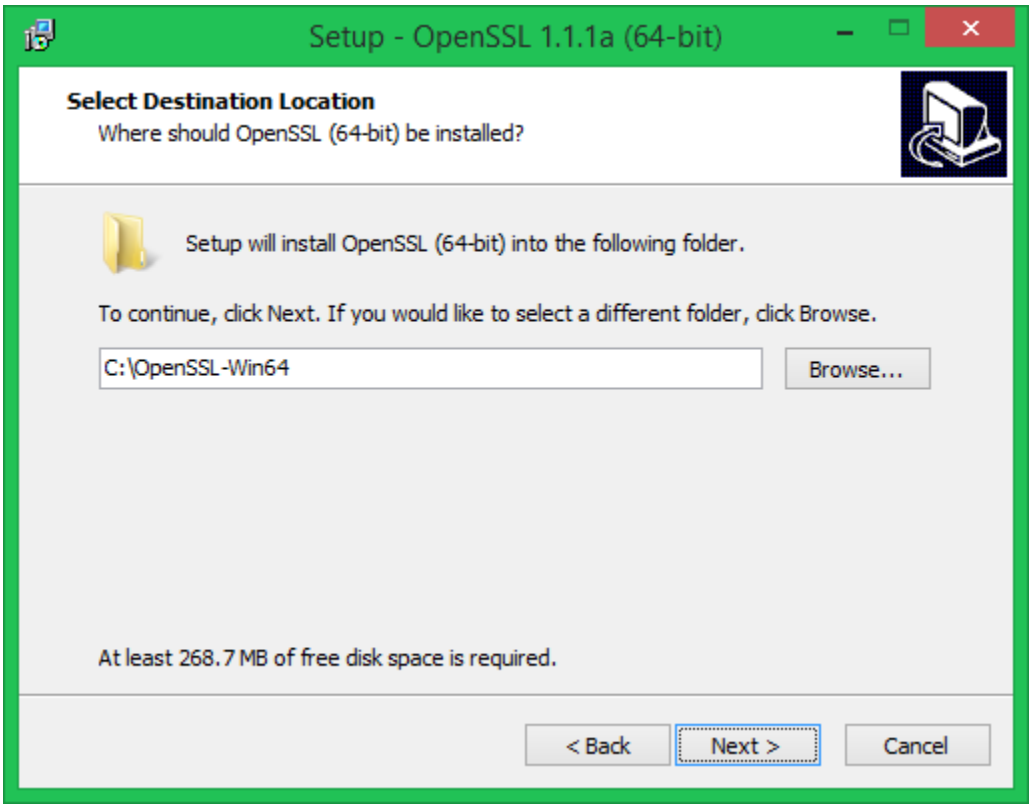
2. Maintenant, lancez le programme d'installation OpenSSL sur votre système. OpenSSL nécessitait que Microsoft Visual C ++ soit installé sur votre système. Si Microsoft Visual C ++ n'est pas installé sur votre système, le programme d'installation vous affichera un message, comme suit:



Cliquez sur **Oui** pour télécharger et installer le package Microsoft Visual C ++ requis sur votre système.

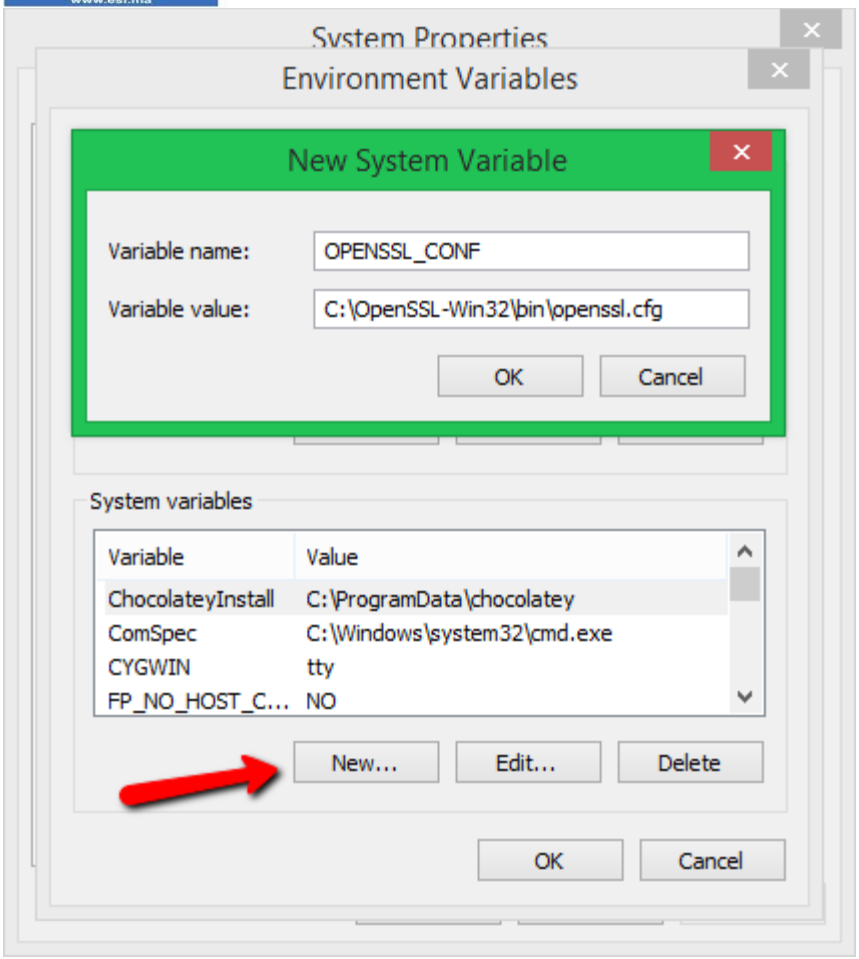


Ensuite, exécutez à nouveau le programme d'installation OpenSSL et suivez l'assistant.

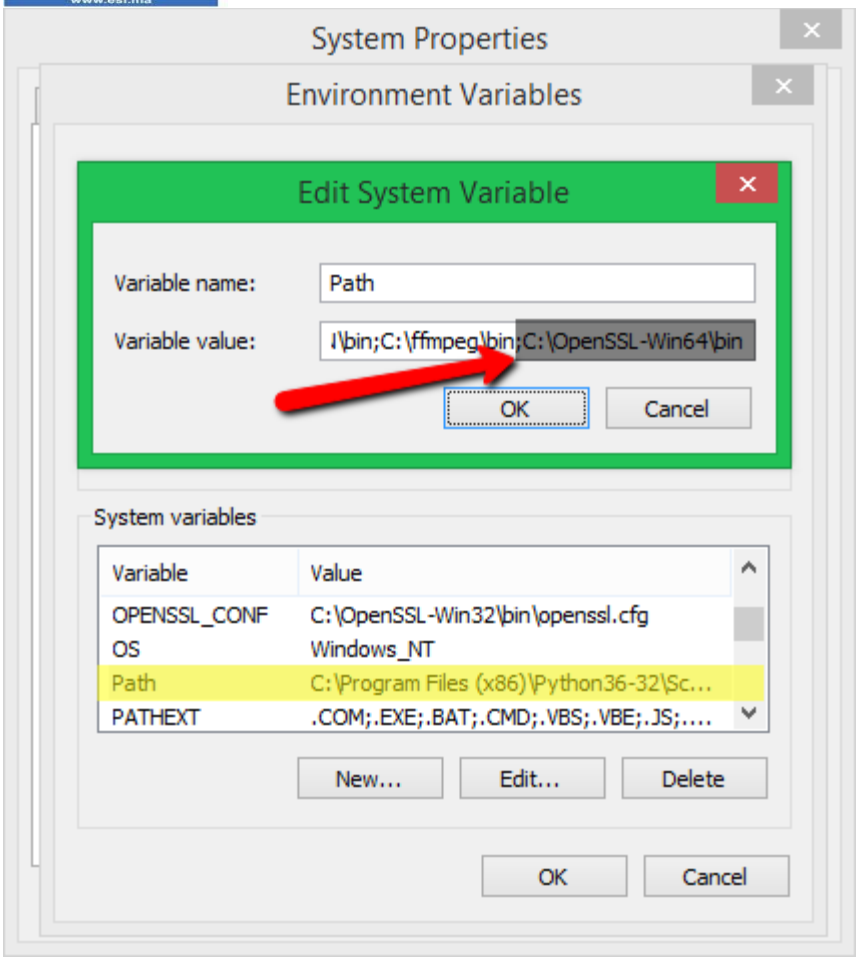


3. Maintenant, configurez les variables d'environnement pour qu'elles fonctionnent correctement avec OpenSSL sur votre système. Vous devez définir les variables d'environnement OPENSSL_CONF et Path.

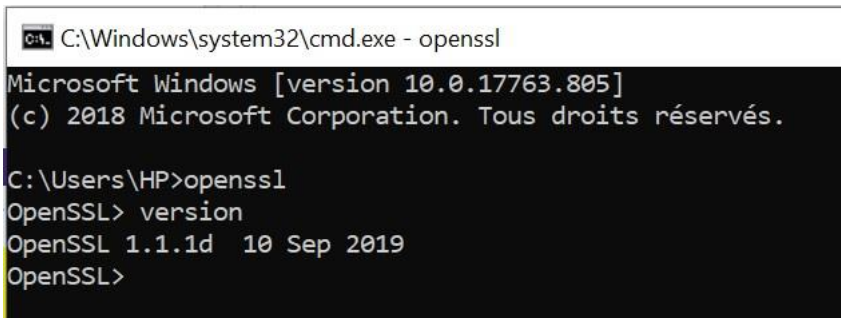
Définir la variable OPENSSL_CONF:



Définir la variable Path:



4. Ouvrez une invite de commande et tapez openssl pour obtenir l'invite OpenSSL. Ensuite, exécutez la commande version sur OpenSSL afin d'afficher la version OpenSSL installée.



2 Chiffrement symétrique avec **openSSL**

C'est la commande `enc` qui permet de chiffrer/déchiffrer avec `openssl` :

```
> openssl enc <options>
```

Parmi les options, on doit indiquer le système de chiffrement à choisir dans la liste :

Option	Signification	Option	Signification
aes-128-cbc	AES 128 bis in CBC mode	bf-cbc	Blowfish in CBC mode
aes-128-ecb	AES 128 bis in ECB mode	Bf	Alias for bf-cbc
aes-192-cbc	AES 192 bis in CBC mode	bf-cfb	Blowfish in CFB mode
aes-192-ecb	AES 192 bis in ECB mode	bf-ecb	Blowfish in ECB mode
aes-256-cbc	AES 256 bis in CBC mode	bf-ofb	Blowfish in OFB mode
aes-256-ecb	AES 256 bis in ECB mode	des-cbc	DES in CBC mode
cast-cbc	CAST in CBC mode	des	Alias for des-cbc
Cast	Alias for cast-cbc	des-cfb	DES in CBC mode
cast5-cbc	CAST5 in CBC mode	des-ofb	DES in OFB mode
cast5-cfb	CAST5 in CFB mode	des-ecb	DES in ECB mode
cast5-ecb	CAST5 in ECB mode	des-ede-cbc	Two key triple DES EDE in CBC mode
cast5-ofb	CAST5 in OFB mode	des-ede	Alias for des-ede
idea-cbc	IDEA algorithm in CBC mode	des-ede-cfb	Two key triple DES EDE in CFB mode
Idea	same as idea-cbc	des-ede-ofb	Two key triple DES EDE in OFB mode
idea-cfb	IDEA in CFB mode	des-ede3-cbc	Three key triple DES EDE in CBC mode
idea-ecb	IDEA in ECB mode	des-ede3	Alias for des-ede3-cbc
idea-ofb	IDEA in OFB mode	des3	Alias for des-ede3-cbc
rc2-cbc	128 bit RC2 in CBC mode	des-ede3-cfb	Three key triple DES EDE CFB mode
rc2	Alias for rc2-cbc	des-ede3-ofb	Three key triple DES EDE in OFB mode
rc2-cfb	128 bit RC2 in CBC mode	desx	DESX algorithm
rc2-ecb	128 bit RC2 in CBC mode	rc5-cbc	RC5 cipher in CBC mode
rc2-ofb	128 bit RC2 in CBC mode	rc5	Alias for rc5-cbc
rc2-64-cbc	64 bit RC2 in CBC mode	rc5-cfb	RC5 cipher in CBC mode
rc2-40-cbc	40 bit RC2 in CBC mode	rc5-ecb	RC5 cipher in CBC mode
rc4	128 bit RC4	rc5-ofb	RC5 cipher in CBC mode
rc4-64	64 bit RC4	**base64**	**Base 64**
rc4-40	40 bit RC4		

Remarque : `base64` n'est pas un système de chiffrement, mais un codage des fichiers binaires avec 64 caractères ASCII. Ce codage est utilisé en particulier pour la transmission de fichiers binaires par courrier électronique.

2.1 Chiffrement avec mot de passe

Pour chiffrer le fichier **`myFile`** avec le système Blowfish en mode CBC, avec une clé générée par mot de passe, le chiffré étant stocké dans le fichier **`myFile.chiffre`**, on utilise la commande :

```
> openssl enc -bf-cbc -in myFile -out myFile.chiffre
```

Pour déchiffrer le même message, on utilise la commande :

```
> openssl enc -bf-cbc -d -in myFile.chiffre -out myFile.dechiffre
```

Vérification linux

```
> diff    myFile    myFile.dechiffre
```

Vérification windows

```
> fc    myFile    myFile.dechiffre
```

Exercice 1.

Question 1. Chiffrez le fichier de votre choix avec le système de votre choix dans le mode de votre choix, puis déchiffrez-le.

Question 2. Comparez les tailles des fichiers clairs et chiffrés. Donnez une explication sur la différence de ces tailles.

Question 3. Tentez de déchiffrer un cryptogramme en utilisant un mauvais mot de passe. Comment réagit `openSSL` ?

Exercice 2. Le fichier `cryptogram10` a été chiffré avec le système AES en mode CBC, la clé de 128 bits ayant été obtenue par mot de passe.

Question 1. Le mot de passe codé en base 64 est `Y3J5cHRv` . À l'aide de la commande `openssl` appropriée, décodez le mot de passe.

Question 2. Déchiffrez ensuite le `cryptogram10`.

2.2 Chiffrement avec clé explicite

Pour chiffrer le fichier **`myFile`** avec une clé explicite, il faut utiliser les options `-K` et `-iv`

- `-K` (`K` majuscule) suivi de la clé exprimée en hexadécimal ;
- `-iv` (`iv` en minuscules) suivi du vecteur d'initialisation exprimé en hexadécimal '.

L'exemple qui suit montre la commande pour chiffrer **`myFile`** avec Blowfish en mode CBC avec un vecteur d'initialisation de 64 bits exprimé par 16 chiffres hexa, et une clé de 128 bits exprimée par 32 chiffres hexa.

```
> openssl enc -bf-cbc -in myFile -out myFile.chiffre \
              -iv 0123456789ABCDEF \
              -K 0123456789ABCDEF0123456789ABCDEF
```

Exercice 3.

Question 1. Chiffrez le fichier `clair11` avec le système Blowfish en mode OFB, en utilisant le vecteur d'initialisation (option `-iv`) et la clé (option `-K`) de votre choix.

Question 2. Chiffrez le fichier clair correspondant au `cryptogram10` avec le même système, la même clé et le même vecteur d'initialisation que dans la question qui précède.

Question 3. Utilisez le programme écrit en python xor.py pour faire un "xor" des deux fichiers clairs. Utilisez le même programme pour faire un "xor" des deux chiffrés. Faîtes un `diff (fc sous windows)` entre les deux fichiers obtenus. Que constatez-vous ?. Le résultat aurait-il été le même si on avait utilisé un système de chiffrement autre que Blowfish ? Explication.

```
Usage : py xor.py <fichier1> <fichier2> <fichier3>
<fichier1> et <fichier2>: fichiers à xorer
<fichier1> doit être de taille <= à <fichier2>
<fichier3> : fichier résultat
```

3 Le bourrage (padding)

Lorsque la taille de la donnée n'est pas un multiple de la taille d'un bloc, il est nécessaire de compléter le dernier bloc avec quelques bits complémentaires : c'est le bourrage (ou padding).

Une façon de remplir, définie dans le RFC2040, consiste à compléter le dernier bloc par autant d'octets que nécessaire, chaque octet ayant pour valeur le nombre d'octets ajoutés.

Par exemple, s'il manque trois octets au message $m = o_1o_2o_3o_4o_5$ pour obtenir un bloc de huit octets, on ajoute trois octets égaux à 3

o_1	o_2	o_3	o_4	o_5	03	03	03

Table 1 Complétion d'un bloc avec trois octets

S'il se trouve que la taille de la donnée à chiffrer est un multiple de la taille d'un bloc, on ajoute un bloc entier dont chaque octet a pour valeur la taille en octet d'un bloc.

Par exemple, pour des blocs de huit octets, on ajoute le bloc

08	08	08	08	08	08	08	08

Table 2 Complétion par un bloc entier de huit octets

Exercice 4. En chiffrant des fichiers de taille différentes, avec le système Blowfish (blocs de 64 bits) avec une clé et un vecteur d'initialisation fournis dans la ligne de commande, observez la taille des chiffrés obtenus.

Lorsqu'on déchiffre un cryptogramme avec `openssl`, les octets ajoutés lors du bourrage sont supprimés. Avec l'option `-nopad` utilisée dans la ligne de commande de déchiffrement, ces octets ne sont pas supprimés.

Exercice 5. En chiffrant des fichiers de taille différentes, avec le système Blowfish (blocs de 64 bits) avec une clé et un vecteur d'initialisation fournis dans la ligne de commande, et en les déchiffrant avec l'option `-nopad`, observez les octets de bourrage. (Attention, les octets de bourrage ne correspondent pas à des caractères imprimables. Il vous faudra utiliser `hexedit` ou `xxd` pour visualiser le contenu du fichier déchiffré en hexadécimal.) C'est cette façon de bourrer le dernier bloc qui permet de contrôler que le déchiffrement s'est bien déroulé. En effet, si après déchiffrement le dernier bloc clair ne se termine pas par n octets identiques valant n, alors on peut en déduire au moins l'une des causes suivantes :

1. la clé utilisée lors du déchiffrement est incorrecte,
2. le dernier bloc chiffré est erroné,
3. en mode CBC, l'avant dernier bloc est erroné.

Exercice 6. Chiffrez avec le système Blowfish en mode CBC et en précisant clé et vecteur d'initialisation dans la ligne de commande, un fichier de façon à obtenir un cryptogramme de deux blocs.

Puis, vérifiez chacune des causes d'erreur mentionnées ci-dessus.

Vérifiez aussi qu'avec l'option `-nopad`, `openssl` n'effectue pas le contrôle de bourrage.