Chiffrer ses e-mails avec GPG

Présentation

Dans le cadre du *Festival des libertés numériques*
30 janvier 2019

Leo Vivier
leo.vivier@gmail.com

Clé PGP

88A6 70C3 BAB2 FA14 F50D 7676 1D44 336A 099C 0A16

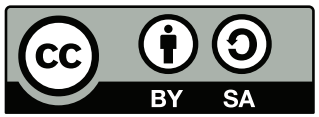


Table des matières

1. Introduction
2. Chiffrement symétrique
3. Chiffrement asymmétrique
4. GPG : Explication

1. Introduction
   - Objectif de la séance
   - Bornes de la présentation
   - Notes sur les outils utilisés pendant cette présentation
   - Pourquoi chiffrer ses e-mails ?
2. Chiffrement symétrique
3. Chiffrement asymmétrique
4. GPG : Explication

Objectif de la séance

1. Ne pas se contenter de former à l'utilisation d'outils
   - Ce sera le but de l'atelier d'après (15h30)
2. Approcher des concepts théoriques pertinents pour l'utilisateur lambda

Postulat de départ

La compréhension superficielle de **concepts théoriques** liés à des **pratiques** mène à une utilisation plus *réfléchie* de leurs **outils**.

- Particulièrement vrai lorsque ces outils cachent une grande partie de leur fonctionnement interne

Bornes de la présentation

On ne rentrera pas dans les détails des points suivants :

- le **chiffrement** en lui-même, notamment les différents algorithmes pouvant être utilisés
  - On ne cherche pas à développer la *maîtrise* du chiffrement, simplement son utilisation *réfléchie*
- les **vulnérabilités** de nos messageries ou des protocoles qu'elles utilisent
  - métadonnées dans les en-têtes d'e-mail
  - adresses IP loggées lors des communications via SMTP
  - etc.

Notes sur les outils utilisés pendant cette présentation

- On a pas besoin d'être un·e **expert·e** en informatique pour pouvoir chiffrer ses e-mails
- Une partie de la présentation se fera dans un **terminal de commande**
  - Il s'agit simplement d'une différente **grammaire** pour communiquer avec les programmes
  - Au lieu de pointer avec la souris, on *parle* avec le programme
  - Les démonstrations seront **commentées** ; aucune connaissance n'est requise

Pourquoi chiffrer ses e-mails ?

- **Chiffrer** ses e-mails permet de s'assurer qu'aucune autre personne que le destinataire·rice ne puisse lire leurs contenus
  - On **sécurise** la communication
- En parallèle du chiffrement, **signer** ses e-mails permet de nous **identifier** comme étant l'auteur·e réel·le du message
  - On **authentifie** la communication

Chiffrement symétrique

1. Introduction
2. Chiffrement symétrique
   - Vocabulaire
   - Les bases
   - Deux exemples
   - Cas pratique
   - Les limites du chiffrement symétrique
3. Chiffrement asymmétrique
4. GPG : Explication

Vocabulaire

Quelques termes :

- chiffrer
- déchiffrer
- texte *en clair* $\xrightarrow{\textit{chiffrage}}$ texte *chiffré*

Français	**Équivalent anglais**	**Anglicisme**
chiffrer	*to encrypt* / *to cipher*	* crypter
déchiffrer	*to decrypt* / *to decipher*	* décripter
texte clair	*plaintext*	
texte chiffré	*ciphertext*	

Les bases du chiffrement symétrique

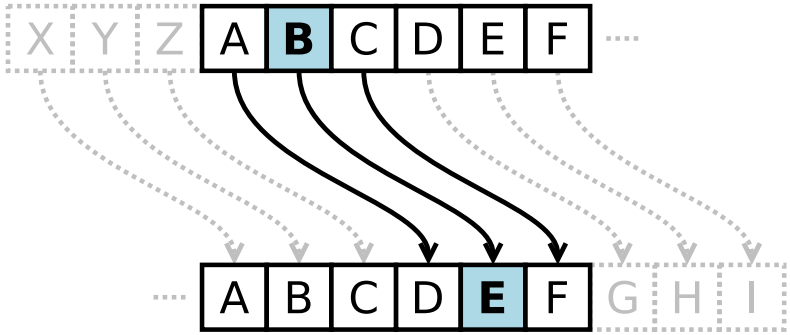
- Une clé pour le chiffrage
- La **même** clé pour le déchiffrage

Une seule clé, d'où la notion de **symétrie**

Analogie visuelle : un coffre

- On le verrouille avec une clé
- On le déverrouille avec la **même** clé

Exemples de chiffrements symétriques



Caesar cipher with a shift of 3 par Matt_Crypto / Domaine Public

Figure – Chiffrement par décalage, ou chiffre de César

Enigma par Alessandro Nassiri / CC BY-SA-4.0

Figure – Les *Enigma machines*

Enigma par Alessandro Nassiri / CC BY-SA-4.0

Exemple pratique

Communication par chiffrement symétrique

Sophie et Marc veulent s'échanger des **lettres secrètes**

- Pour s'assurer qu'aucune autre personne ne lise leurs messages, Sophie et Marc s'accorde sur le fait d'utiliser le **chiffre de César** pour chiffrer leur communication
- Lorsque l'un·e des participant·e·s veut **envoyer** une lettre secrète à l'autre, la personne doit effectuer le **chiffrement** du **texte clair**

  Mes secrets les plus sombres $\xrightarrow[-3]{\textit{chiffre de César}}$ `Jbp pbzobqp ibp mirp pljyobp`
- Lorsque l'un·e des participant·e·s veut **lire** une lettre secrète de l'autre, la personne doit effectuer le **déchiffrement** du **texte chiffré**

  `Jbp pbzobqp ibp mirp pljyobp` $\xrightarrow[+3]{\textit{chiffre de César}}$ *Mes secrets les plus sombres*

Un grand problème

Dans notre exemple, le problème à résoudre est **très facile**

- Les *fréquences d'apparition* des lettres sont conservées
- On peut facilement utiliser la *force brute* et essayer toutes les *permutations* possibles (26) jusqu'à obtenir un texte qui fasse sens

Notion de sécurité

- La **sécurité** d'une communication dépend de la **difficulté** du **problème** qu'elle utilise pour chiffrer ses messages
- Plus un problème est **facile** à résoudre, plus il sera **facile** pour un·e ennemi·e de **cracker** notre communication

Il nous faut donc trouver des problèmes plus **difficiles** à résoudre

Chiffrement asymmétrique

1. Introduction
2. Chiffrement symétrique
3. Chiffrement asymmétrique
   - Les bases
   - Analogie
   - Retour au réel
4. GPG : Explication

Les bases du chiffrement asymétrique

- Une clé pour le chiffrage
- Une **autre** clé pour le déchiffrage

Deux clés différentes, d'où la notion d'**asymétrie**

Analogie visuelle : un coffre *magique*

- On le verrouille avec une clé
- On le déverrouille avec une **autre** clé

Sophie et Marc

- Sophie a la clé pour fermer le coffre magique
- Marc a la clé pour ouvrir le coffre magique

Quel est l'intérêt ?

- Si les clés sont en possession de **deux personnes différentes**, le coffre magique crée un **canal de communication sécurisé** entre celles-ci

Question

- Marc trouve le coffre magique verrouillé
- Après l'avoir déverrouillé et ouvert, il y trouve un **paquet cadeau**

Peut-on conclure que c'est Sophie qui l'y a mis ? **NON** !

- On peut juste dire que la clé de Sophie a été utilisée
- On n'a aucun moyen de vérifier s'il s'agit vraiment d'elle
  - Rien ne permet d'**authentifier** la communication

Sophie et Marc (cont.)

Solution

- En sortant de la boutique du magicien, Sophie et Marc s'accordent sur un **mot de passe**
- À chaque fois que Sophie veut déposer quelque chose dans le coffre magique, elle devra aussi inclure ce **mot de passe** écrit sur une feuille

C'est la base du **MFA** (*Multi-Factor Authentification*)

- Combinaison entre quelque chose que l'on **sait** (le **mot de passe**) et quelque chose que l'on **a** (la **clé**)

Deux conclusions

1. Le coffre magique permet une **communication sécurisée** entre les détenteur·rice·s des clés
2. Le mot de passe permet d'**authentifier** l'expéditeur·rice

Deux problèmes

1. Sophie ne peut pas rouvrir le coffre une fois qu'il est fermé

Solution ?

- Pas un problème mais un avantage
- Après la fermeture du coffre magique, la **surface d'attaque** est limitée à la clé de Marc
- Si un·e ennemi·e intercepte la clé de Sophie après la fermeture du coffre, il ne pourra pas modifier le contenu du coffre magique avant que Marc ne l'ouvre

2. Sophie peut communiquer avec Marc, mais pas l'**inverse**
   - La communication est *unilatérale*

Solution ?

Sophie et Marc doivent acheter un **autre** coffre magique pour assurer la communication dans le **sens inverse**

Relier l'analogie au réel

Du coffre magique à la boîte mail

Quelques propriétés d'une boîte aux lettres :

1. C'est un espace physique qui est clairement **identifié** comme nous appartenant
   - Il possède des **marqueurs** de notre **identité** (adresse, nom, etc.)
2. C'est un espace **clos** dont nous sommes les **seul·e·s** à pouvoir consulter le contenu
   - Nous sommes les **seul·e·s** à avoir la **clé** de notre boîte aux lettres
3. N'importe quelle personne ayant notre adresse peut y déposer des messages

Deux remarques

- Une boîte mail fonctionne selon les **mêmes** paramètres qu'une **boîte aux lettres**
  - Au lieu d'un espace **physique**, on parle d'un espace **virtuel**
- Pas besoin de *magie* dans le monde virtuel, juste d'**algorithmes**

GPG : Explication

1. Introduction
2. Chiffrement symétrique
3. Chiffrement asymmétrique
4. GPG : Explication
   - Clé privée & clé publique
   - Explication de l'algorithme

Sophie et Marc

Sophie et Marc ont chacun une *paire* de **clés virtuelles**

Chaque paire comporte :

- une clé **privée**
- une clé **publique**

Clé privée & clé publique

Quelques propriétés d'une *bonne* clé **physique** :

1. Elle est **reliée** à un objet (porte, coffre, etc.)
2. Sa *forme* ne nous permet pas de **deviner** l'objet qu'elle **protège**
3. Sa *forme* est difficile à **deviner** ou à **copier** pour les *humains*
   - Un certain nombre de dents
   - Une certaine hauteur pour chaque dent
   - etc.
4. Si elle **perdue** ou **volée**, l'**accès** à l'objet qu'elle protège et sa **sécurité** sont remis·e·s en question

Clé privée & clé publique (cont.)

Quelques propriétés d'une *bonne* clé **virtuelle** :

1. Elle est **reliée** à un objet (e-mail, site, etc.)
2. Son *contenu* ne nous permet pas de **deviner** le compte qu'elle **protège**
3. Son *contenu* est difficile à **deviner** ou à **copier** pour les *humains*
   - Un grand nombre de *caractères alphanumériques et spéciaux* générés **aléatoirement** (au moins 2048)
4. Si elle **perdue** ou **volée**, l'**accès** au contenu qu'elle protège et sa **sécurité** sont remis·e·s en question

Exemple de clé virtuelle

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

mQINBFA1+ugBEADuozPjHs6+ME9Wm3c94IqqUhwEEFJ3xz1sYJus4V8GMW9TEy1L
iQGwx5p1+6yOi+D/tvW3q9jmerdI+EWvQeUvrwkx6r4razTZTe1+48u0jhko85SM
xDzEF9wf2gGEt0abZamUu86kfMcmPFMVoGLoLI/7feAscP4iGMK9ZlX+C/1wzq2O
gujhXdMv7QoYvII7wjRPm4NZHM2MUxLxwxhjifb8JZPE0WGyUJ5+FsPEreh0MgC0
R53Eo6wIzTU4cBB/dyabI/2/jn2YaOsvoC9B1M8N9mG/bxSqTETiQrgcA1bk0zHj
qiy4fXImi+Gkacbzwrdad9QkRVCHSXu/pN6iqZiUvXvfmAObjRYsoY3JPfjGCTyF
58ZELfHnGx6MQtF6Dj0wX7qMBY0jh0O0n0znmwVp1MLm5Augs6hAvX8VF99KQVtc
mEUnb+Gxc7Y2MBFjWvTpiVwcXAZt8z13gE6UPls+X5JKdDqXLqCLR2cq82+EBtS0
8U7jOOacGGCU3+2/fL8T4KGvlXnUN5OnqCb2lm07GdEsHi2k8O16/XPocaLSxzQF
ZVRcLsmvD1hct367+mxrrvANmnl7YyljGzjzsOfMv5duxnpVpbLFRYzOg4BC2wMb
HlKtLFc+blXkVmvICax+OTE8bP+YoO1qW2gkB6wUrjAyebuuxwJXF59XmwARAQAB
tDZUYWlscyBzeXN0ZW0gYWRtaW5pc3RyYXRvcnMgPHRhaWxzLXN5c2FkbWluc0Bi
b3VtLm9yZz6JAj4EEwECACgFAlA1+ugCGwMFCQPCZwAGCwkIBwMCBhUIAgkKCwQW
AgMBAh4BAheAAAoJEHD08DEWUl9DjNEP/RnRhbW3OAsMEXptsZmUGo9jUAoeWiug
Yr5uZ8aiQGTynTh08wzHKROimPvZ7Ctaszolq20/VAcdocZDcRD5bmDXgsHFPeK0
sKcBGAe+paOtiF0up1rLxcB1MPz7bUCvTn5AMin3lhFzLTdq5ei6AkOitaGOKn5v
/EO66gsGVJ+edxrMbi+vIOa+cf3bIolgaPErGUQJKahZUKstwsoxiXAucZ1QePdq
Yj1zt6XhLe+xvHPN04XWucI1hXm/8RHzcxTbhktl+kXpIALBjewWraHTtgP0mmXG
MDVO0bE3qpiNxw2451mRu3ypJGotjqlwo8fPMAgcus/3wEn1VUrsYgTR2gUzXVc1
...
```

Clé virtuelle vs. mot de passe

Quelles sont les différences entre une *clé virtuelle* et un *mot de passe* ?

- Une clé virtuelle est beaucoup plus **robuste** que les mots de passe traditionnels
  - >= 2048 caractères pour les clés virtuelles contre < 30 pour les mots de passe traditionnels
- Une clé virtuelle n'a pas pour but d'être **manipulée** par son utilisateur
  - Trop longue pour être **mémorisée**
  - Trop longue pour être **entrée** à chaque utilisation
- Les deux ne sont pas exclusif·ve·s
  - Une clé virtuelle est souvent elle-même protégée par un mot de passe
  - Combine le côté **pratique** d'un mot de passe avec la **robustesse** d'une clé virtuelle

Lien avec l'analogie du coffre magique

On désigne le coffre que Marc peut ouvrir comme étant « le coffre de Marc »

- La **clé privée** de Marc est celle qu'il utilise pour ouvrir son coffre
- La **clé publique** de Marc est celle qu'il donne à Sophie pour pouvoir fermer son coffre

Pourquoi parle-t-on de « clé publique » ?

Pourquoi « publique » ?

- On parle de clé « publique » parce qu'elle est destinée à être **partagée** avec les personnes avec qui on souhaite communiquer (le « public »)
- Le fait que la clé soit qualifiée de « public » ne veut pas dire que les **communications** se faisant avec elles le sont
  - Même si la clé publique est partagée avec des ennemi·e·s, cela ne leur apporte **aucune information utile** pour *cracker* le chiffrement
- Notre clé publique n'est qu'un autre **marqueur** de notre **identité**
  - Il existe des annuaires de clés publiques
  - Notre clé publique est identifiée dans les annuaires par notre **nom** et notre **adresse e-mail**
  - On peut trouver notre clé publique dans ces annuaires en cherchant l'un·e des deux

Un problème avec les noms

Les **noms** sont rarement **uniques**, à l'opposé des **adresses e-mail**

Remarque sur l'anonymat

Si l'*anonymat* ou le *pseudonymat* est désirable, on peut jouer sur certains paramètres :

- Utiliser un pseudonyme **et** une **autre** adresse
- Ne pas être référencé dans les annuaires
  - Le référencement n'est pas automatique
  - Ajoute du travail pour un gain marginal

Lien entre clé privée et clé publique

La *magie* du coffre

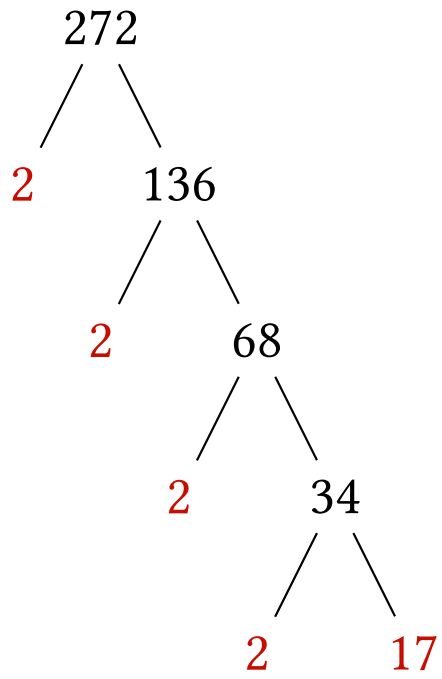
Les deux clés sont générées en même temps par un même **algorithme**

Comment est-ce que ça marche ?

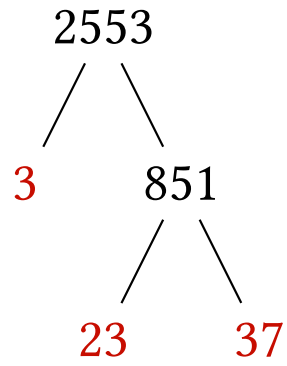
Principe de la cryptographie asymétrique

La **cryptographie asymétrique** est basée sur la création de **problèmes mathématiques** difficiles à résoudre dans un *sens* mais facile dans un autre

Exemple : Décomposition en nombres premiers

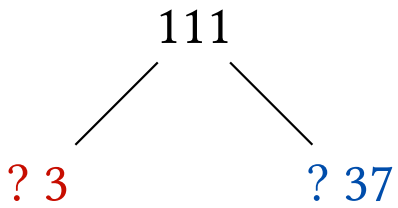


Résultat : $\{2, 2, 2, 2, 17\}$

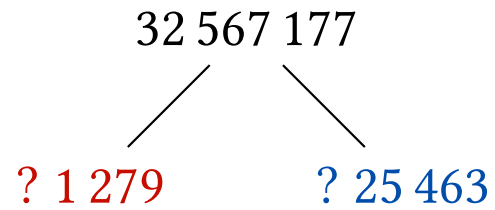


Résultat : $\{3, 23, 37\}$

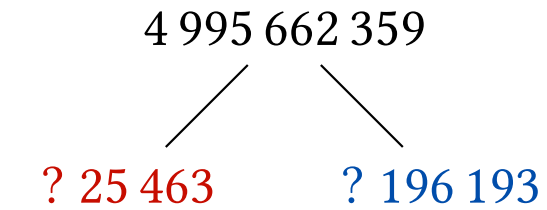
Une difficulté croissante



Résultat : {3, 37}



Résultat : {1 279, 25 463}



Résultat : {25 463, 196 193}

Observations

1. Multiplier deux nombres pour en obtenir un troisième est **facile**
2. Trouver ces deux nombres en n'ayant que le troisième est **difficile**
   - C'est le problème que doivent résoudre nos *ennemi·e·s*
3. Trouver l'un des deux nombres lorsqu'on a l'autre et le troisième est **facile** (on **divise**)
   - C'est le problème que doit résoudre le *destinataire·rice*

Retour à l'algorithme

L'algorithme assure que chaque problème généré par la clé public est difficile à résoudre pour tout le monde sauf pour le destinataire

- La clé privée dispose de **plus d'informations** pour chaque problème
  - Par exemple, lors d'une décomposition en facteurs premiers, déjà avoir l'un des facteurs

Démonstration

Notes

- La démonstration s'est faite dans un *terminal de commande* et avait pour but de **relier** les différents concepts abordés lors de la présentation
- Elle a aussi exploré le lien entre *texte simple* (*plaintext* [a] en anglais) et *e-mail* en précisant notamment qu'un e-mail n'est que du texte accompagné d'un *en-tête* pour contenir des informations sur l'expéditeur·rice et le·a destinateur·rice

---

a. *Plaintext* désigne à la fois un texte *non-chiffré* et un texte *sans formattage*. Par exemple, les fichiers avec une extension `.txt` sont souvent des fichiers en *plaintext*

Pour aller plus loin

Aspects généraux de sécurité :

- Mathieu Goessens, *Quelques notions de sécurité*, 2018, URL : http://mathieu.goessens.fr/formation/formation.pdf (visité le 30/01/2019)
- La Fondation « Frontière Électronique », *Surveillance Self-Defence*, s. d., URL : https://ssd.eff.org/fr (visité le 30/01/2019)

Guides avancés :

- Reporters Sans Frontières, *Guide Pratique de Sécurité des Journalistes*, 2017, URL : https://rsf.org/sites/default/files/guide_fr_2017_1.pdf (visité le 30/01/2019)
- Les boumeur·euse·s, *Guide d'autodéfense numérique*, 10 sept. 2017, URL : https://guide.boum.org/ (visité le 30/01/2019)

Ressources en anglais :

- GnuPG, *GnuPG Frequently Asked Questions*, s. d., URL : https://www.gnupg.org/faq/gnupg-faq.html (visité le 30/01/2019)
- GnuPG, *The Gnu Privacy Guard Manual*, déc. 2018, URL : https://www.gnupg.org/documentation/manuals/gnupg/ (visité le 30/01/2019)

Références

Matt_Crypto, *Caesar cipher with a shift of 3*, 2014, URL : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caesar_cipher_left_shift_of_3.svg (visité le 30/01/2019), cit. p. 11.

Nassiri, Alessandro, *Enigma*, 2012, URL : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enigma_(crittografia)_-_Museo_scienza_e_tecnologia_Milano.jpg (visité le 30/01/2019), cit. pp. 11, 12.

Informations supplémentaires

Colophon

Ce document a été créé avec LaTeX et BibLaTeX,
généré par XeTeX et édité sous GNU Emacs avec AUCTeX.
Le texte est composé en *Libertinus Sans* et en *Libertinus Serif*.
Le code source est composé en Iosevka.