CRYPTOGRAPHIE

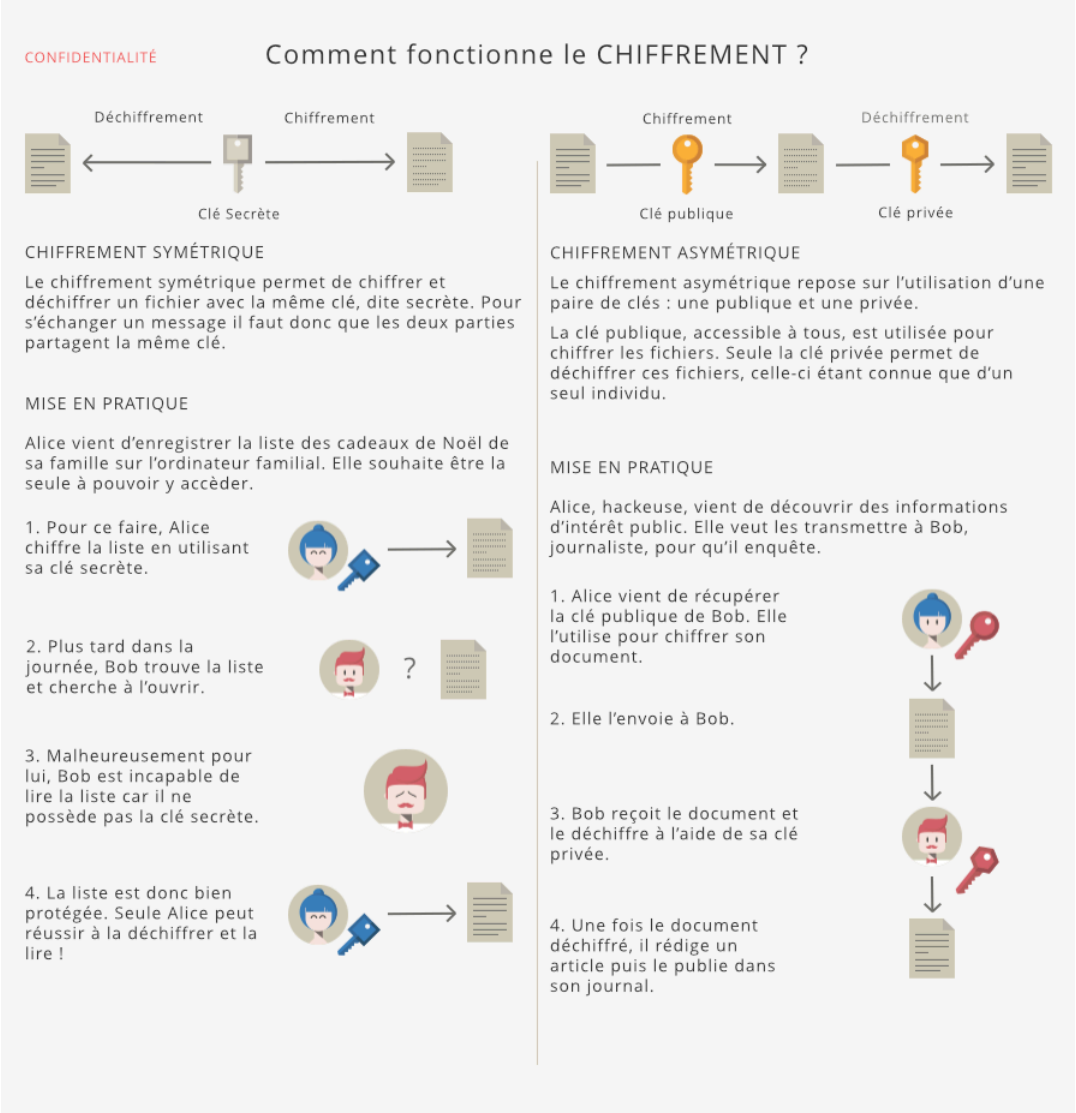
1. Objectifs de la sécurité informatique

- **Confidentialité (2)** : Empêcher l'accès aux données par des tiers non autorisés.
- **Authentification (2)** : Vérifier l'identité de l'utilisateur ou de la source des données.
- **Intégrité (2)** : Garantir que les données n'ont pas été altérées.
- **Disponibilité** : Assurer l'accès aux données et services en temps voulu.
- **Non-répudiation (2)** : Empêcher une partie de nier une action précédemment effectuée (envoi de message, signature numérique).

(2) : Services attendus du chiffrement asymétrique

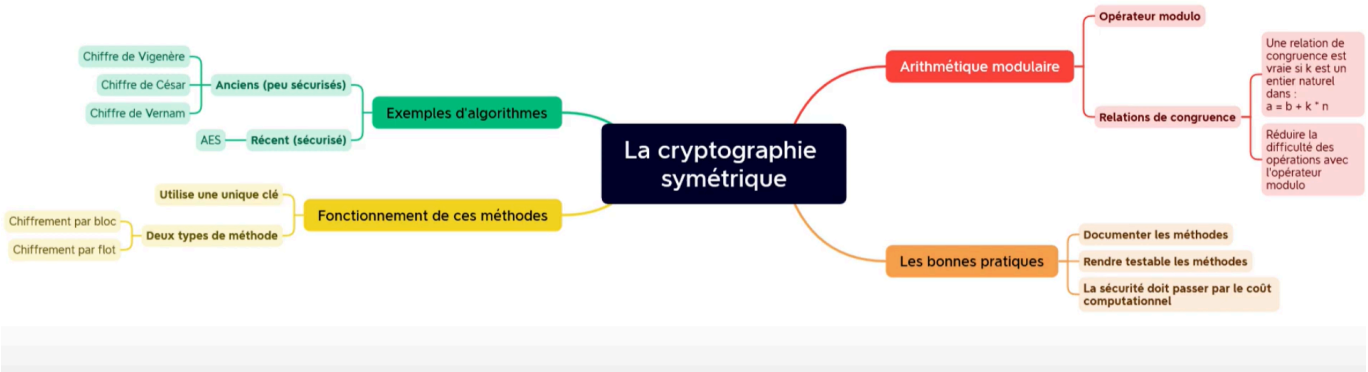
---

2. Chiffrement symétrique vs asymétrique



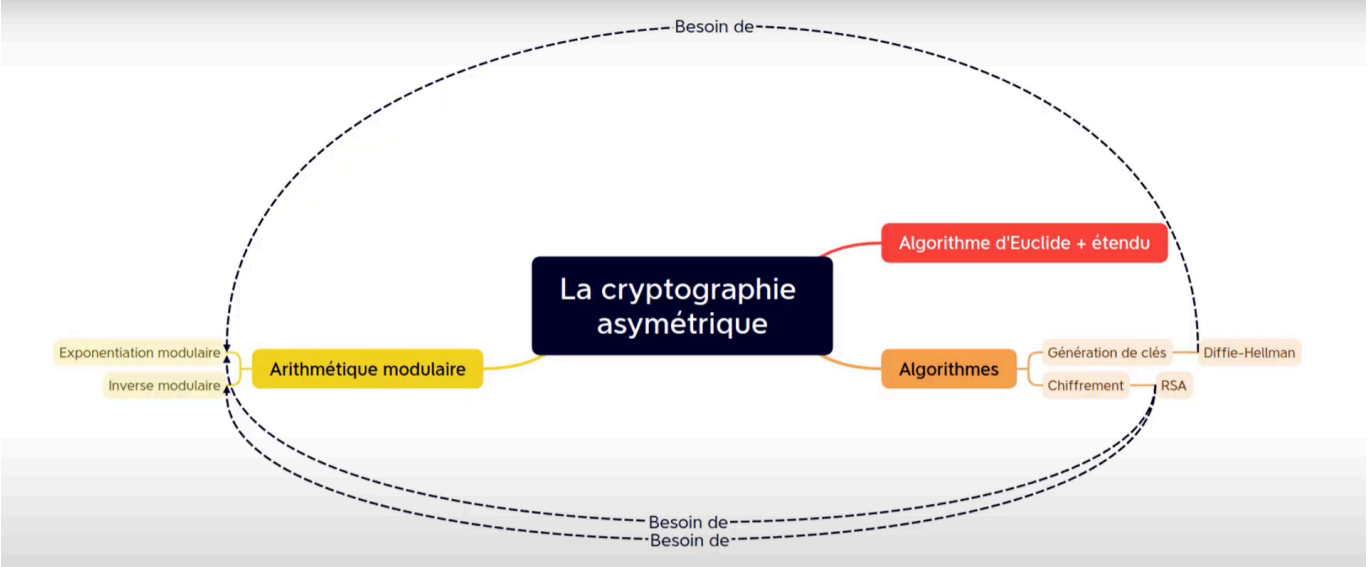
Chiffrement symétrique

- **Principe** : Une seule clé pour chiffrer et déchiffrer.
- **Exemples** : AES (Chiffrement par blocs de 128 bits), DES.
- **Avantage** : Rapide pour chiffrer des grandes quantités de données.
- **Inconvénient** : La clé doit rester secrète et être partagée de manière sécurisée.



Chiffrement asymétrique

- **Principe** : Utilise une paire de clés : une clé publique pour chiffrer et une clé privée pour déchiffrer.
- **Exemples** : RSA (Basé sur la factorisation de grands nombres premiers), ECC.
- **Avantages** : Pas besoin de partager une clé secrète, la clé publique peut être diffusée.
- **Inconvénients** : Plus lent que le chiffrement symétrique.



3. Algorithmes et techniques de chiffrement

Chiffrement Symétrique

- **Chiffre de César** : $C = (M + k)\ mod\ 26$
- **Carré de Polybe** :

	1	2	3	4	5
1	A	B	C	D	E
2	F	G	H	I/J	K
3	L	M	N	O	P
4	Q	R	S	T	U
5	V	W	X	Y	Z

- **Chiffre de Vigenère** : $Ci = (Mi + Ki)$ mod 26 , où Mi est le texte clair, Ki est la clé répétée, et Ci est le texte chiffré.

	Lettre en clair																									
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**	**L**	**M**	**N**	**O**	**P**	**Q**	**R**	**S**	**T**	**U**	**V**	**W**	**X**	**Y**	**Z**
Lettre de la clé	Lettres chiffrées (au croisement de la colonne *Lettre en clair* et de la ligne *Lettre de la clé*)																									
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

- **Chiffre de Vernam (One Time Pad/Codage à masque jetable)** : $C = M \oplus K$ où M est le message, K est la clé, et C est le résultat.
- **AES (Advanced Encryption Standard)** : Utilise un algorithme de chiffrement par blocs avec des clés de 128, 192, ou 256 bits. Ses principales étapes sont :
  1. **SubBytes** : Chaque octet du bloc est remplacé par un autre selon une table de substitution fixe (S-Box).
  2. **ShiftRows** : Les lignes du bloc sont décalées vers la gauche.
  3. **MixColumns** : Chaque colonne du bloc est mélangée via une opération linéaire (multiplication dans un corps fini).
  4. **AddRoundKey** : Un XOR est appliqué entre le bloc et la clé de tour.
- **Chiffrement par flot / par flux** :
  - Chiffrement qui traite les données sous forme de flux continu, plutôt qu'en blocs.
  - **RC4** est un exemple de chiffrement par flot, où les bits du message sont combinés avec une séquence de bits pseudo-aléatoires.

Chiffrement Asymétrique

- **RSA** :
  - Clé publique : (e, n), clé privée : (d, n)
  - Clé privée : $d = e^{-1} \, mod \, \phi(n)$, avec $\phi(n) = (p-1)(q-1)$
  - Chiffrement : $C = M^e \, mod \, n$
    - Déchiffrement : $M = C^d \, mod \, n$
- **Exponentiation modulaire** :
  - Utilisée dans des algorithmes asymétriques comme RSA ou Diffie-Hellman.
  - Le calcul : $C = M^e \, mod \, n$, permet de chiffrer des messages en grande partie grâce à des opérations modulaires.
  - **Méthode de l'exponentiation rapide** : Calcule efficacement des puissances modulaires en réduisant à chaque étape.
- **Algorithme d'Euclide Étendu** :
  - Permet de calculer $d = pgcd(a, b)$ ainsi que x et y tels que $ax + by = d$.
  - Utile pour trouver l'inverse modulaire $d \equiv e^{-1} \, mod \;\; \phi(n) d$.
- **Théorème de Bézout** :
  - Le théorème affirme que pour deux entiers a et b, il existe des entiers x et y tels que $ax + by = d$, où d est le plus grand commun diviseur (PGCD) de a et b.
  - Ceci est utile dans la cryptographie pour trouver des inverses modulaires.
- **Calcul de l'inverse modulaire** :
  - Pour un entier a et un modulo n, l'inverse modulaire de a est un entier x tel que $a \cdot x \equiv 1 \, mod \, n$.
  - **Algorithme d'Euclide Étendu** : Permet de résoudre l'équation $ax + by = 1$ pour calculer l'inverse de a mod n.
- **Échange de clé Diffie-Hellman** :
  - Clés partagées : $A = g^a \, mod \, p, B = g^b \, mod \, p$
  - Clé commune : $K = B^a \, mod \, p = A^b \, mod \, p$

Alice			Bob		
Secret	**Calcul**	**Public**	**Public**	**Calcul**	**Secret**
		p, g	**p, g**		
a					**b**
	$A = g^a [p]$	*A*	*(reçoit)*		
		(reçoit)	*B*	$B = g^b [p]$	
	$B^a [p] = (g^b [p])^a [p] = g^{ab} [p]$			$A^b [p] = (g^a [p])^b [p] = g^{ab} [p]$	

---

4. Fonctions de hachage

- **SHA-256**: Algorithme de hachage produisant une sortie de 256 bits.
- **Propriétés importantes**:
  - **Résistance aux collisions**: $H(x) = H(y)$ implique $x = y$
  - **Résistance à la préimage**: Il est difficile de trouver x tel que $H(x) = y$.
