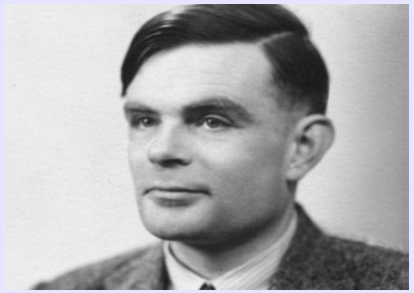
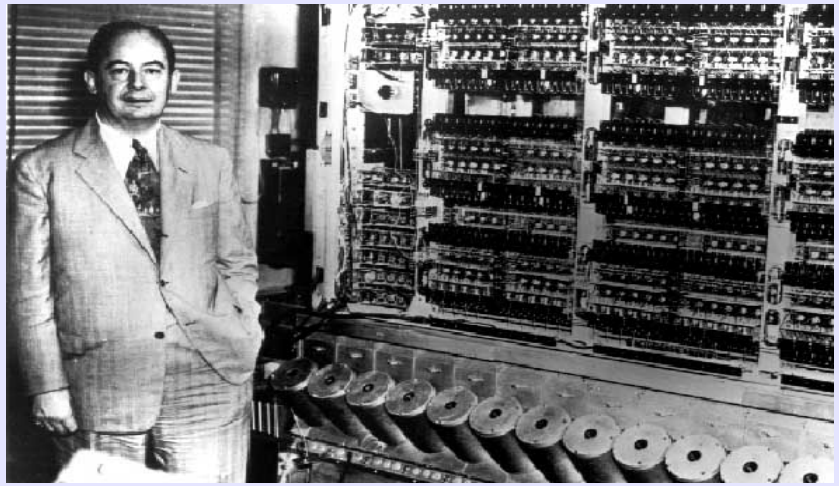




Information, Calcul et Communication

Module 3 : Systèmes

Leçon III.4 – Sécurité de l'Information, de la Communication, et du Calcul

Ph. Janson

I – Sécurité de l'Information

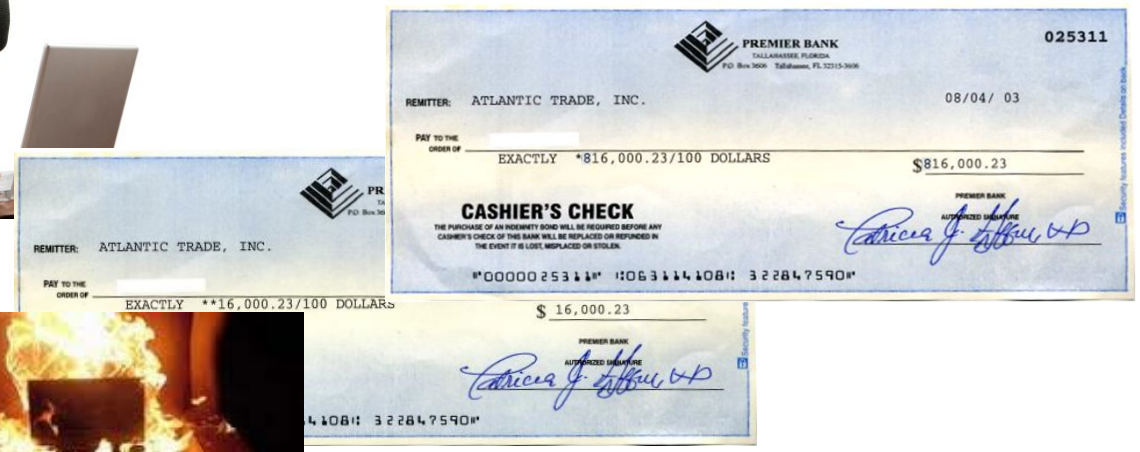
- **I – Sécurité de l'Information**
  - **Principes de base**
  - **Menaces**
  - **Défenses**
  - **Protection de la sphère privée**
  - **Sécurisation de l'information**
- *C – Sécurité des **C**ommunications*
- *C – Sécurité du **C**alcul*

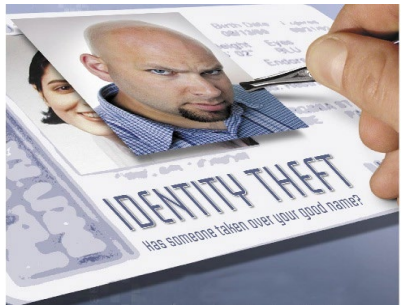
Menaces – Sources

- Environnementales (probabilité marginale)
  - Catastrophes naturelles
- Humaines
  - Internes
    - Les erreurs (environ 50% des cas)
    - Les abus de privilèges (environ 20% des cas)
  - Externes (environ 30% des cas)
    - La manipulation sociale
      - Par mail ou web (spam, spim, spit, phishing, whaling, vishing, pharming)
      - Par réseaux sociaux
    - Les attaques physiques
- Techniques
  - Les attaques informatiques par des pirates
    - Par exploitation de vulnérabilités logicielles
  - Les maliciels = logiciels malveillants
    - Les chaînes de production contaminées

Menaces

- Le vol
- La manipulation
- La destruction
- Le démenti
- L'usurpation d'identitié
- Le contournement de défenses





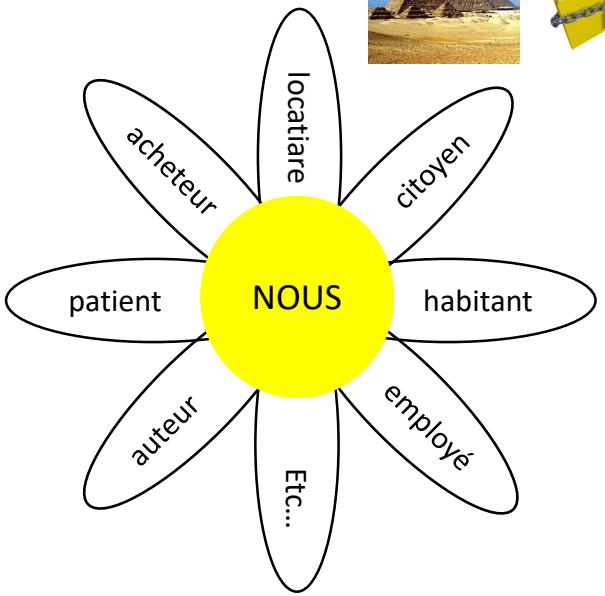
Défenses

L'ultime objectif: Contrôler qui a quel droit

Les menaces étaient	Les combattre exige
Le vol d'informations	Confidentialité
La manipulation	Intégrité
La destruction	Disponibilité
Le démenti	Responsabilité
L'usurpation d'identité	Authentification
Le contournement de défenses	Autorisation

Sensibilisation à la sécurité de la sphère privée

▶ Confidentialité de notre identité
  ⇒ Isoler ses différentes facettes contre l'usurpation
  ⇒ ***PAS*** dissimuler des facettes répréhensibles
  ⇒ Frontière entre responsabilité et sphère privée



▶ Intégrité de notre réputation
  ⇒ Durement gagnée, facilement ruinée

\+ Obligations pour les récipiendaires de nos informations privées

▶ **Règlement général sur la protection des données / GDPR (UE / mai 2018)**

▶ La plupart des gens ne se soucient de leur sphère privée … que quand ils l'ont perdue

Sensibilisation à la sécurité de la sphère privée

→ Brochure de l'exposition Data Detox (EPFL 30.08-25.10.2018)

► De plus en plus de données électroniques (privées) sont
- Récoltées
- Stockées pour toujours on ne sait où dans un "cloud"
- Échangées
- Analysées par corrélation entre sites
- Publiées

► Par des tiers dont le fond de commerce est l'invasion et la commercialisation de notre sphère privée
- politiques confuses et mensongères concernant nos données privées
  - "opt-out" plutôt que "opt-in"

► Méfiez-vous des services "gratuits" –> c'est "nous" la marchandise
- Nous ignorons les conséquences de la vie dans un monde qui n'oublie plus jamais rien

A suivre : evolution de la législations de l'UE ;

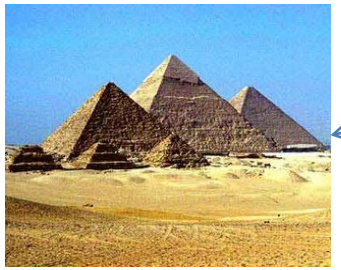
conceptualisation de la marchandisation des données privées par Prof. S. Zuboff de Harvard

Sécurisation de l'information

- Disponibilité

- Cryptage
  - Confidentialité

  - Integrité



Outils pour obtenir des garanties sur la véracité des contenus et sur leur origine

  - Responsabilité ("signature digitale")

Sécurisation de l'information – 1) Disponibilité / robustesse

- ► Menace = perte / inaccessibilité / destruction de l'information
- ► Défense = sauvegarde
- ► Mécanisme = copie(s)
- ► Implémentation
  - Nombre de copies 1 2 3 … N
  - Localisation des copies: adjacentes distantes
  - Fréquence des copies /mois /semaine /jour /heure temps réel
  - Coût des copies minimal substantiel

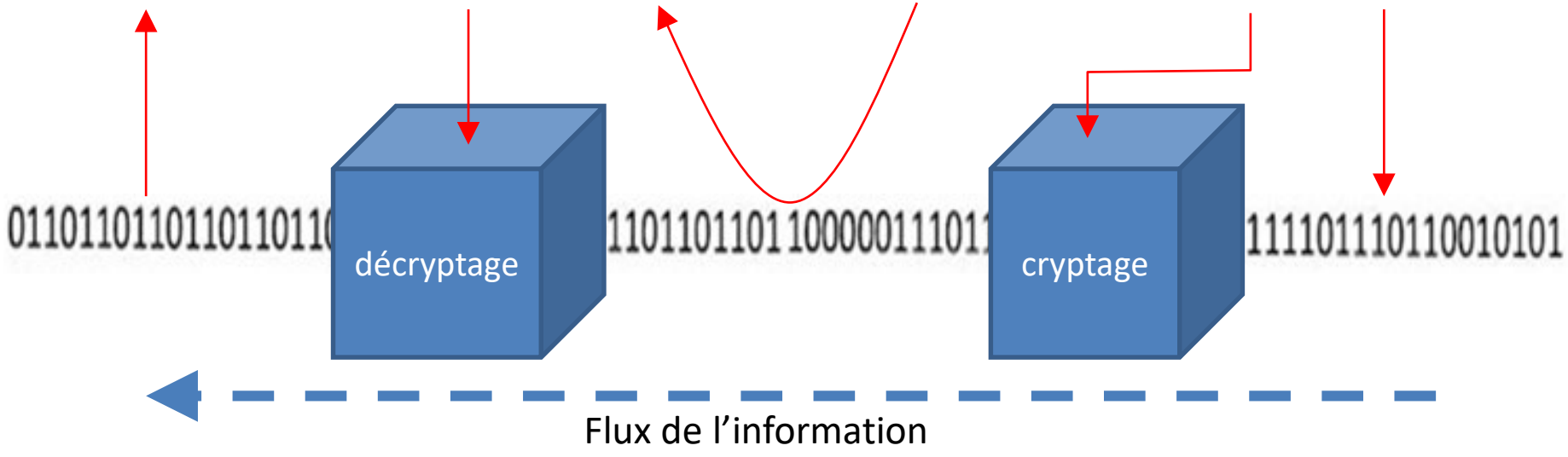
► Pour des raisons de protection de la sphère privée on peut préférer un serveur local (switch) plutôt que les géants de l'Internet sujets à une législation étrangère (Google, Microsoft, Apple, etc) telle que le cloud act depuis 2018.

NB: la préservation pérenne de média extrêment volumineux est incertaine – trop gros pour tester

Sécurisation de l'information – 2) Confidentialité

- Menace = vol d'information
- Mécanisme de défense = confidentialité (indiquée par l'icône dans les navigateurs)
- Implémentation = cryptographie
- Principe

  information = décryptage (clé, cryptogramme) / cryptogramme = cryptage (clé, information)

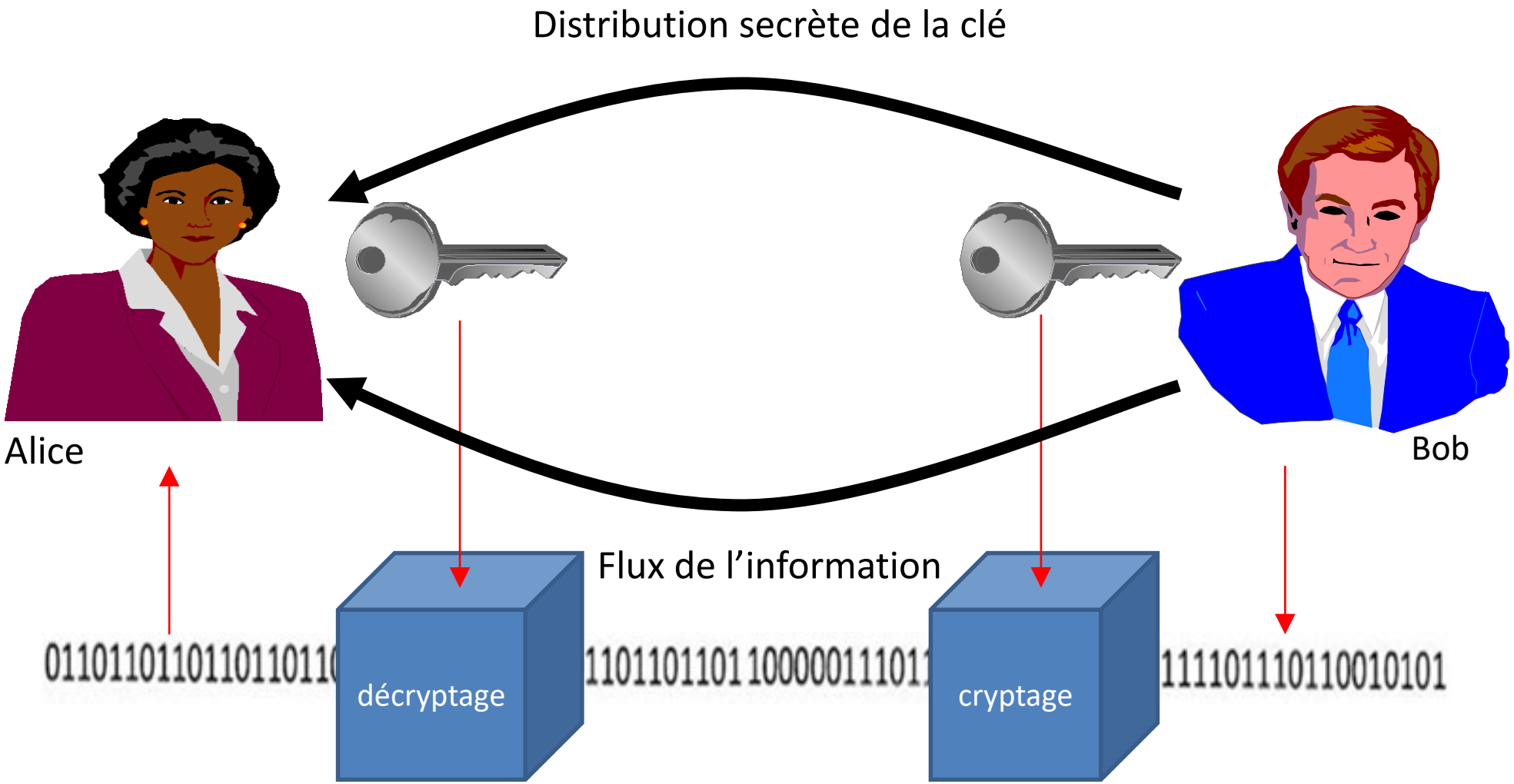


- Il existe deux familles d'algorithmes cryptographiques: symétriques et asymétriques

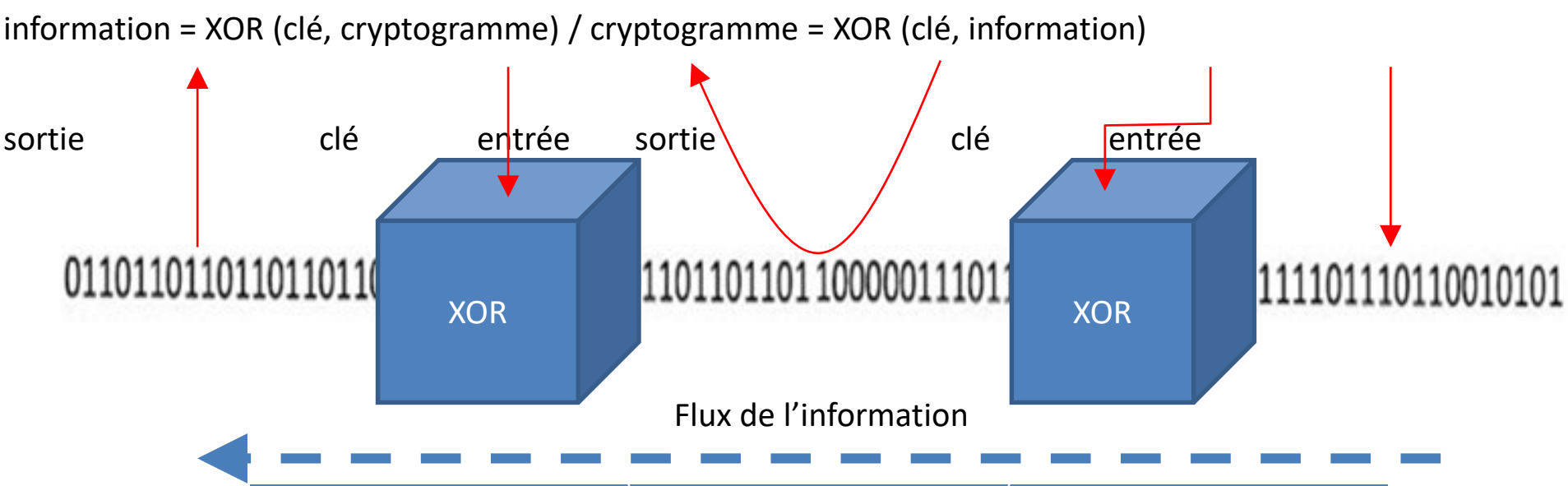
Cryptographie symétrique à clés secrètes partagées

- La clé de décryptage est la même que la clé de cryptage
- Cette clé doit donc rester secrète pour protéger la confidentialité
- Elle doit être partagée entre les personnes encryptant et décryptant l'information
- Exemples: XOR, DES, 3DES, AES

Confidentialité par cryptographie symétrique



Exemple – XOR



Bit d'entrée	Bit de clé	Bit de sortie
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Exemple – XOR

Soit **b** un bit de donnée (b vaut 0 ou 1)

Le bit de la clef ne peut prendre que 2 valeurs : **0** ou **1**

Le bit de la clef vaut **0**

CRYPTAGE:
b xor **0** donne **b**

DECRYPTAGE:
b xor **0** donne **b**

On obtient bien le bit d'origine **b**

Le bit de la clef vaut **1**

CRYPTAGE:
b xor **1** donne **not b**

DECRYPTAGE:
(not b) xor **1** donne **not (not b)** = **b**

On obtient bien le bit d'origine **b**

Exemple – XOR

- **N** bits d'information XOR **N** bits de clé

Info	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
Clé	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
Crypto	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0

Crypto	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
Clé	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
Info	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0

- Problème: longueur de clé = longueur de l'information

Exemple – XOR

► **N** bits d'information XOR **8** bits de clé

Info	1	0	1	1	0	0	0	1	=	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
Clé	0	1	1	1	0	1	1	0		0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
Crypto	1	1	0	0	0	1	1	1	=	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1

Crypto	1	1	0	0	0	1	1	1	=	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Clé	0	1	1	1	0	1	1	0		0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
Info	1	0	1	1	0	0	0	1	=	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0

Problème: même octet d'information => même octet de cryptogramme

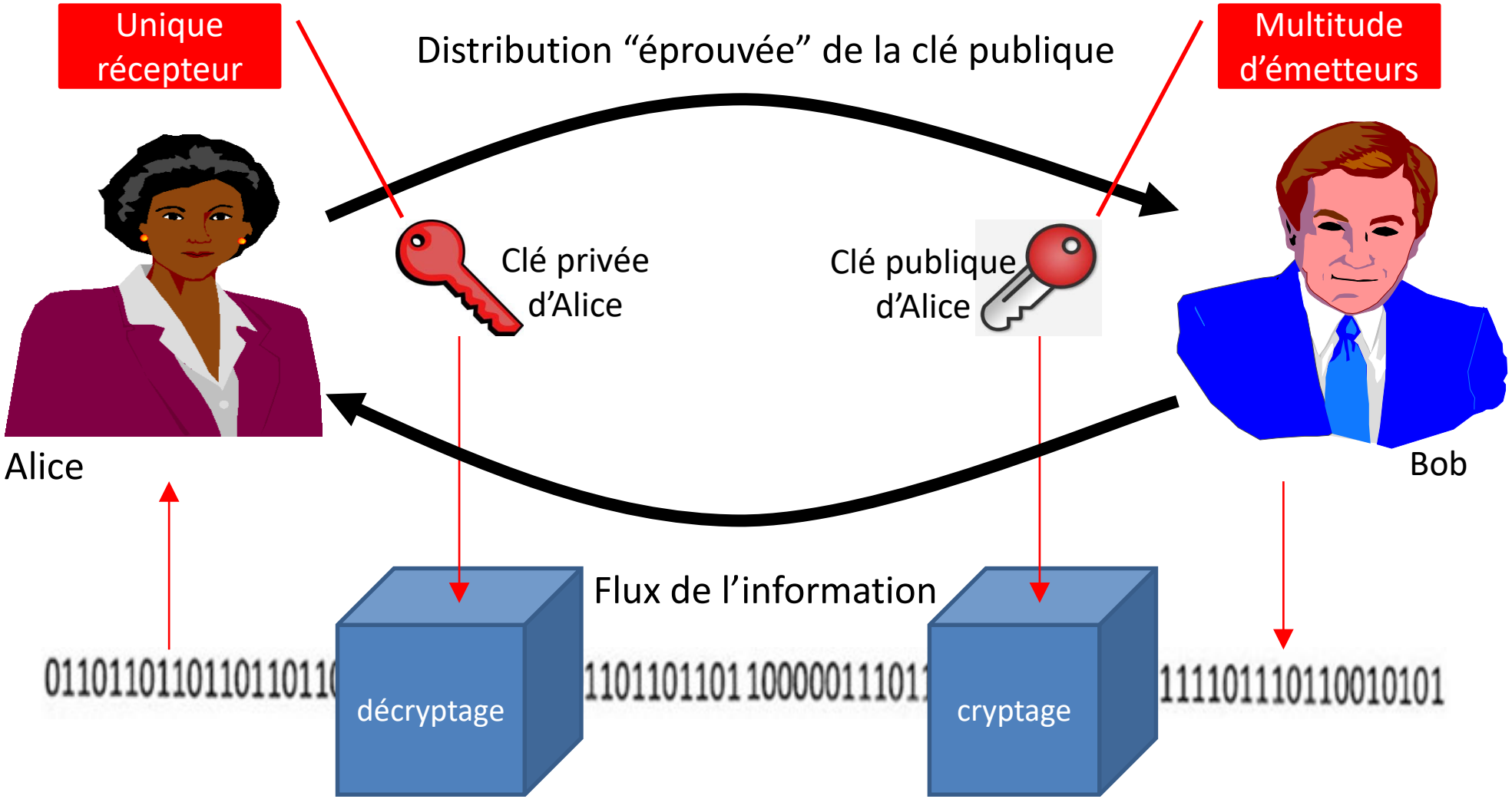
=> cryptanalyse!

En pratique: clés aussi longues que possible => 128 … 4096 bits

Cryptographie asymétrique à clés publiques

- La clé de décryptage et la clé de cryptage sont différentes
- La clé de décryptage est privée (secrète)
- La clé de cryptage est publique (pas du tout secrète)
- Exemples: RSA (Rivest – Shamir – Adleman)

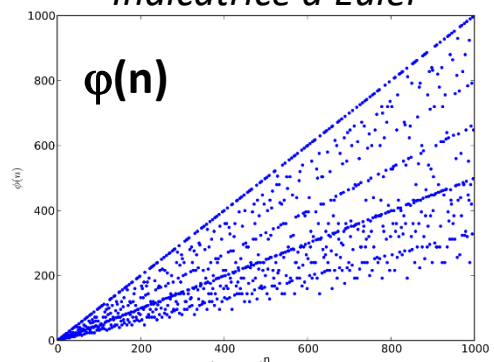
Confidentialité par cryptographie asymétrique



RSA: Comment construire / utiliser la paire clef-publique / clef-privée

On veut envoyer un message crypté à Alice

Indicatrice d'Euler



fr.wikipedia.org/wiki/Indicatrice_d%27Euler

1. Prendre deux grands nombres premiers **p** et **q**
2. **n = p.q**
3. **φ(n)= (p-1)(q-1)**
4. choisir **e** tel que **pgcd(φ(n),e) = 1**

Clef publique = (n,e)

5. Calcul de **d** tel que **(d.e) modulo (φ(n)) = 1**

Clef privée = **d**

Emetteur: Bob / message **m** tel que **m < n**

6. Message crypté **M = m^e modulo (n)**

Destinataire: Alice reçoit M

7. Message décrypté **m = M^d modulo (n)**

RSA: pourquoi ça marche ?

p et **q** étant deux grands nombres premiers il est très difficile de les retrouver à partir de **n**

$$\mathbf{m^{\varphi(n)} \text{ modulo } n = 1} \qquad \textit{// Théorème d'Euler-Fermat}$$

Sachant que que **(d.e) modulo (φ(n)) = 1** on peut écrire **(d.e) = k. φ(n) + 1**

Décryptage: calculer $X = \mathbf{M^d \text{ modulo } (n)}$ or $\mathbf{M = m^e \text{ modulo } (n)}$

donc $X = \mathbf{(m^e)^d \text{ modulo } (n)}$

$X = \mathbf{m^{d.e} \text{ modulo } (n)}$

$X = \mathbf{m^{k.\,\varphi(n)\,+\,1} \text{ modulo } (n)}$

$X = \mathbf{m^{k.\,\varphi(n)}\, m \text{ modulo } (n)}$

$X = \mathbf{(m^{\varphi(n)})^k.m \text{ modulo } (n)}$

$X = \mathbf{((m^{\varphi(n)})^k \text{ modulo } n)\,.(m \text{ modulo } (n))}$

On applique k fois le théorème d'Euler-Fermat

$\underbrace{\mathbf{((m^{\varphi(n)})^k \text{ modulo } n)}}_{\mathbf{1.1.1....1}}\ \underbrace{\mathbf{.(m \text{ modulo } (n))}}_{\mathbf{m}}$

RSA: un exemple concret

Destinataire: Alice

p = 3
q = 11

n = 33

$\varphi(n) = 2.10 = 20$

e=7 sans diviseur commun avec 20

D'où **d=3** car 3.7 = 21 et **21 modulo 20 =1**

Message de Bob : m = 9 < 33

Message crypté **$M = 9^7 = 4782969$ modulo 33 = 15** → **Alice** reçoit **15**

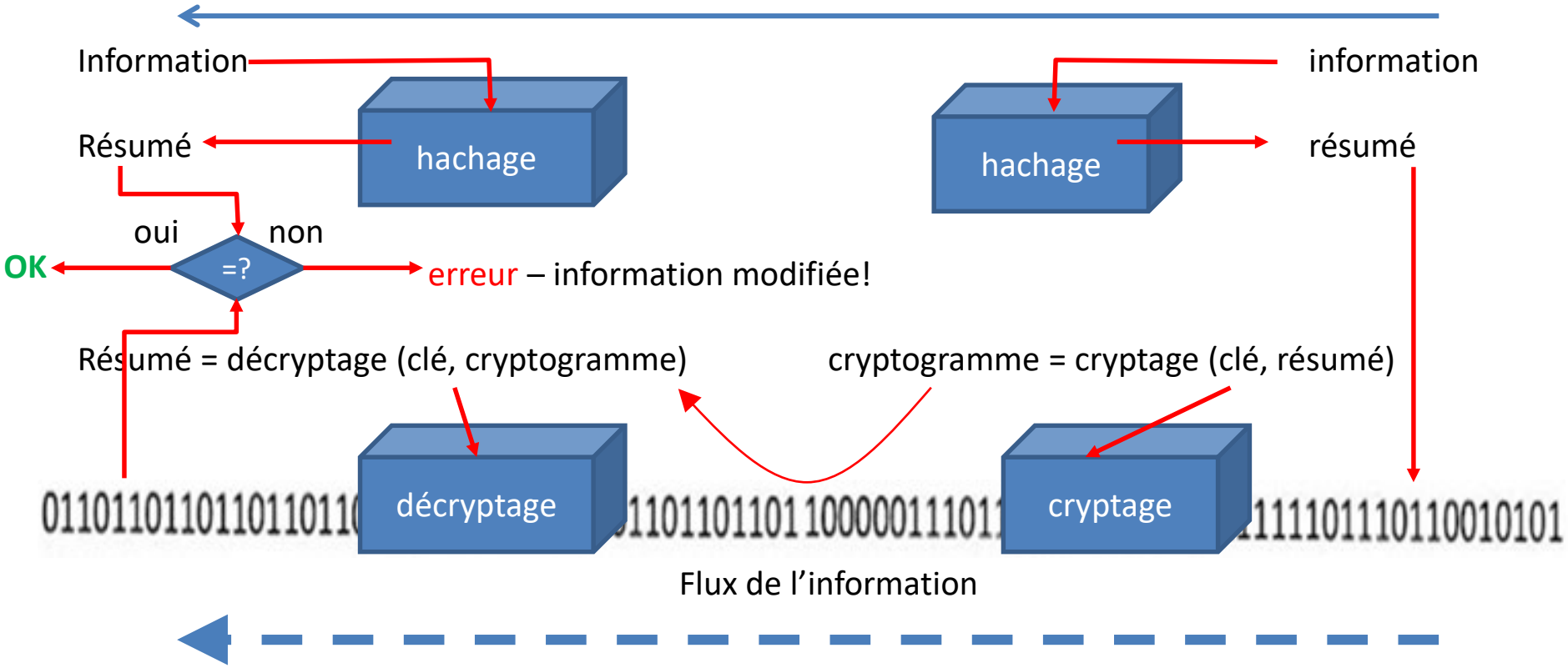
↓

Message décrypté: **$15^3 = 3375$ modulo 33 = 9**

Sécurisation de l'information – 3) Intégrité

To hash [Merriam-Webster]
1a : to chop (food, such as meat and potatoes) into small pieces
b : confuse, muddle

- Menace = modification d'information
- Mécanisme de défense = intégrité
- Implémentation = cryptographie
- Principe = l'information n'est pas confidentielle et ne doit donc pas (nécessairement) être cryptée



https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonction_de_hachage

Exemple de fonction de hachage : MD5 [Rivest 1991]

Historiquement important mais n'est plus utilisé

Produit un résumé/empreinte de **128 bit** pour n'importe quelle longeur de message

Le calcul du résumé est *irréversible*

Le changement d'un seul caractère du message change radicalement l'empreinte:

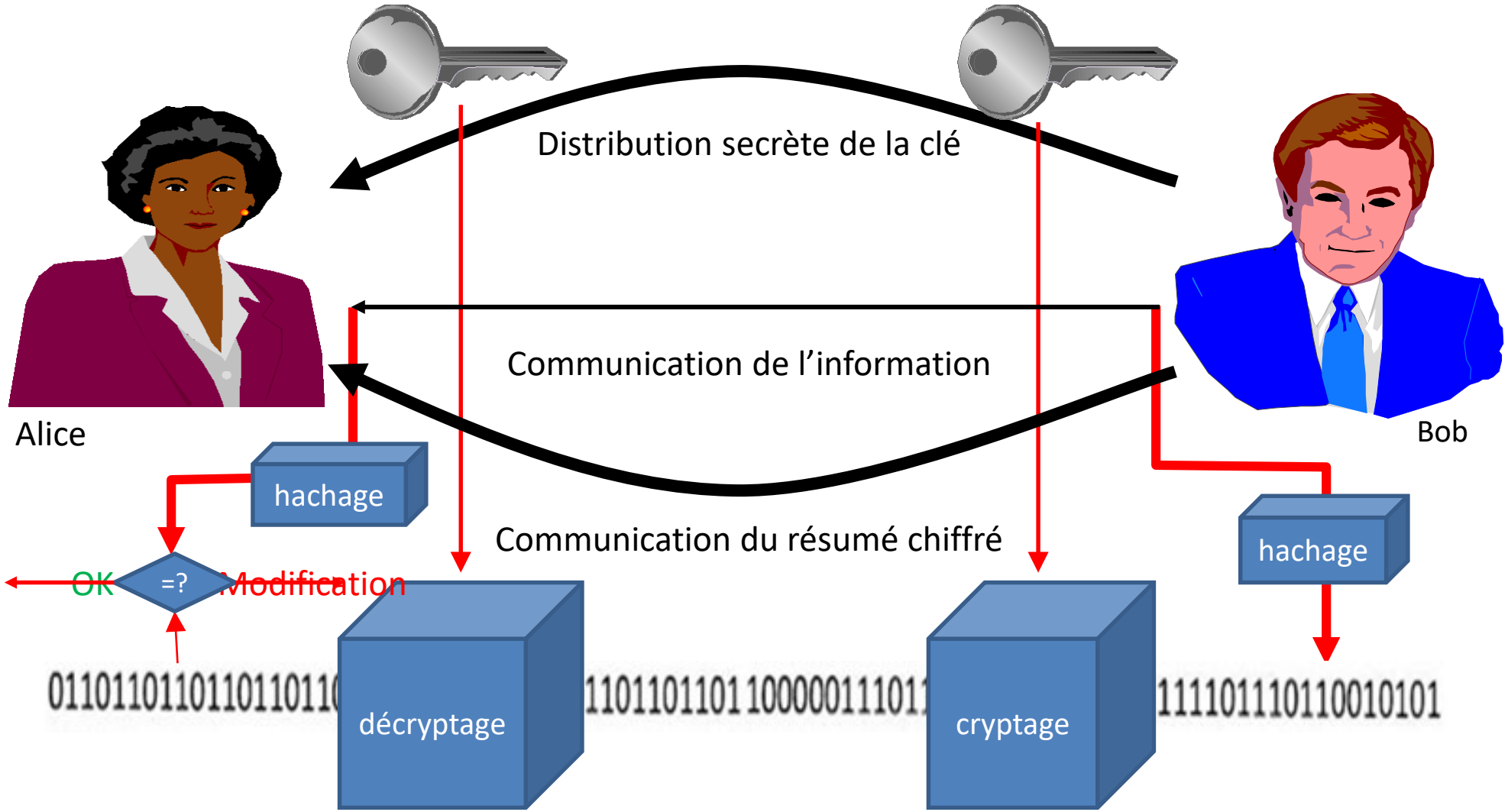
En théorie la probabilité que deux messages différents mènent au même résumé est infime.

Ce cas est appelé une *collision* ; proba = $1/2^N$ ou N est le nombre de bits du résumé.

```
pour i de 0 à 63 faire
    si 0 ≤ i ≤ 15 alors
          f := (b et c) ou ((non b) et d)
          g := i
    sinon si 16 ≤ i ≤ 31 alors
          f := (d et b) ou ((non d) et c)
          g := (5×i + 1) mod 16
    sinon si 32 ≤ i ≤ 47 alors
          f := b xor c xor d
          g := (3×i + 5) mod 16
    sinon si 48 ≤ i ≤ 63 alors
        f := c xor (b ou (non d))
        g := (7×i) mod 16
    fin si
    var entier temp := d
    d := c
    c := b
    b := leftrotate((a + f + k[i] + w[g]), r[i]) + b
    a := temp
fin pour
```

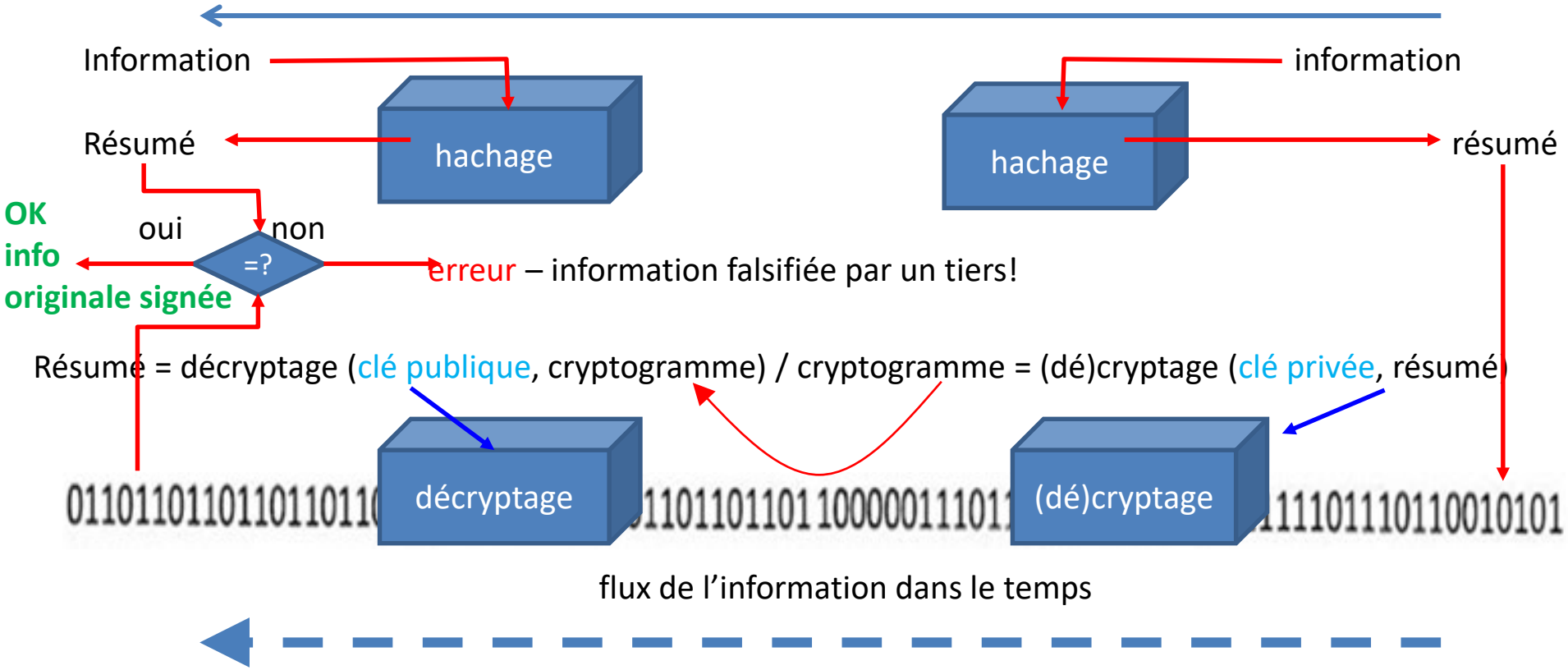
https://fr.wikipedia.org/wiki/MD5

Intégrité par cryptographie symétrique

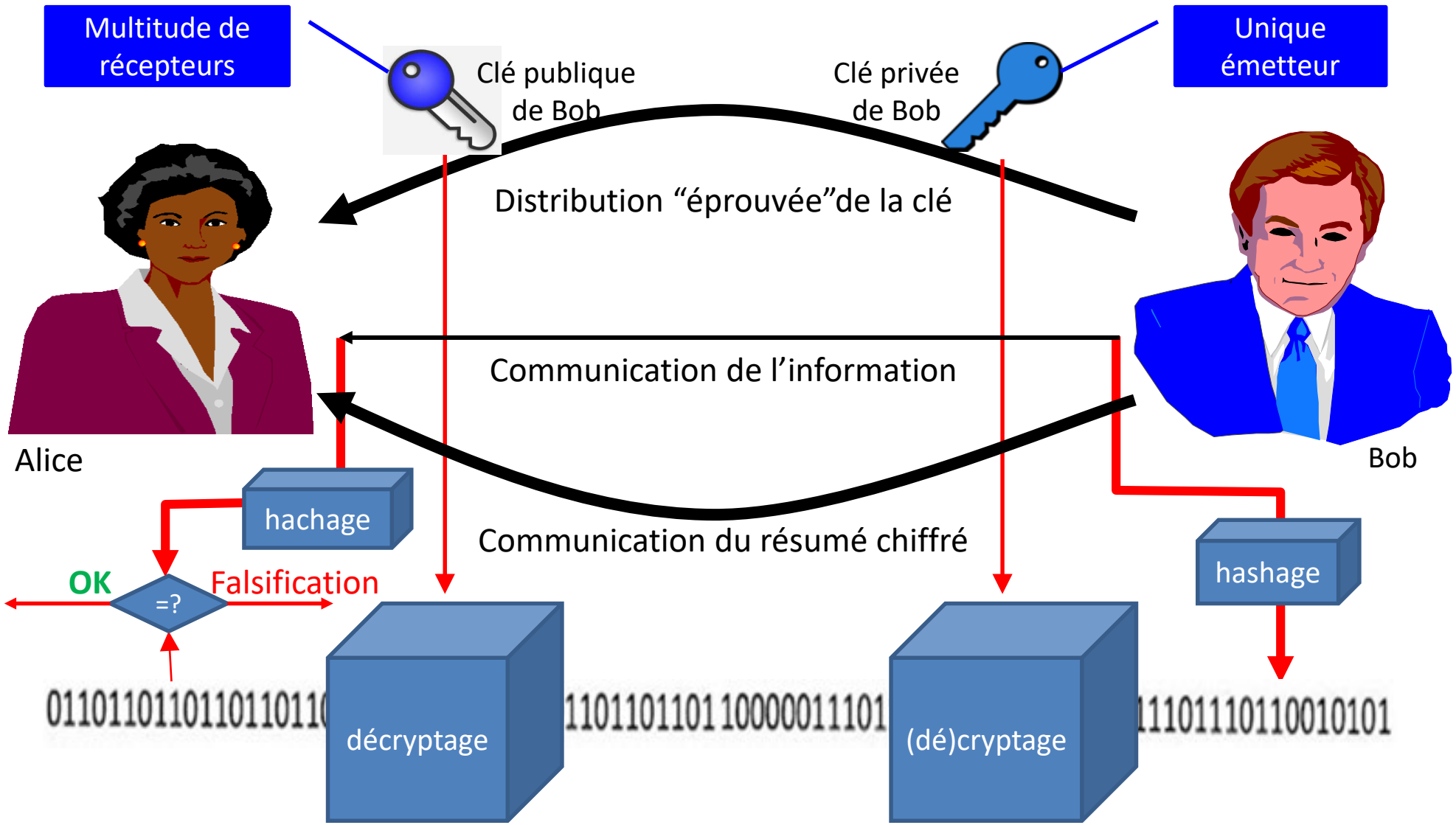


Sécurisation de l'information – 4) Responsabilité

- ▶ Menace = démenti
- ▶ Mécanisme de défense = responsabilité
- ▶ Implémentation = signature numérique par cryptographie asymétrique
- ▶ Principe = l'information n'est pas confidentielle et ne doit donc pas (nécessairement) être cryptée

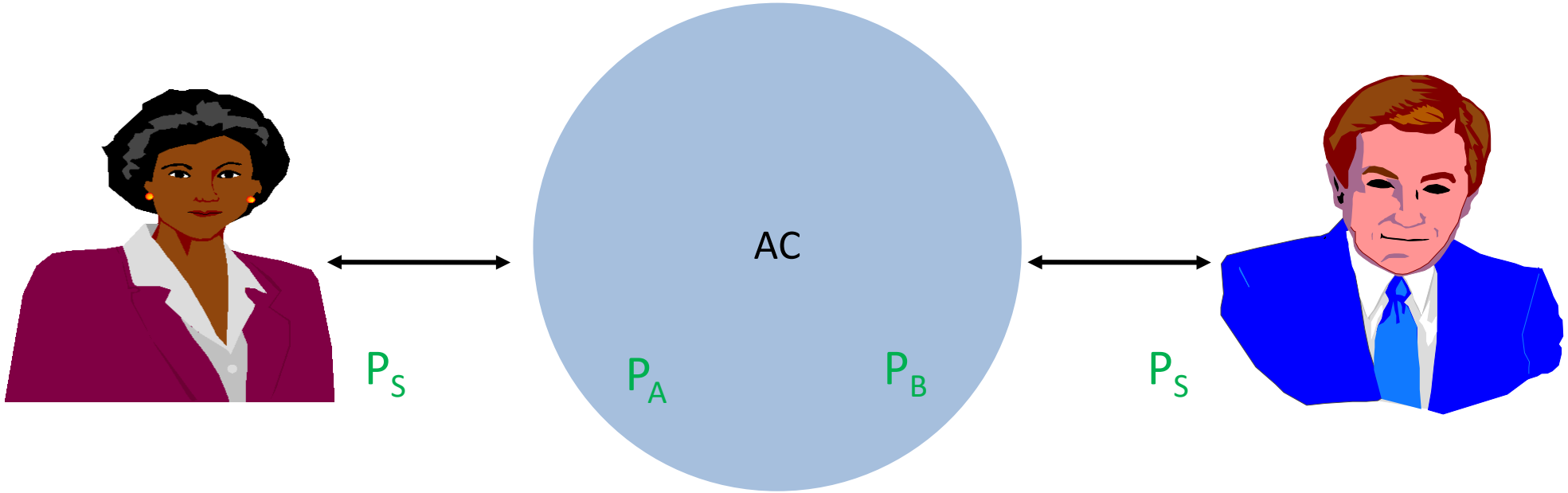


Signature digitale par cryptographie asymétrique



Autorités de Certification des clés (AC)

- Communiquer avec un tiers implique de connaître sa clé
- Obtenir cette clé face-à-face est une rare possibilité quand Alice et Bob sont séparés par un réseau
- Echanger ces clés via le réseau n'est pas sécurisé – elles pourraient être falsifiées par un intrus …
- … à moins d'être enveloppées dans un certificat = message signé par une autorité de confiance
- C'est ce que sont les ACs – des tiers de confiance se portent garants de clés publiques authentiques
- Plusieurs ACs peuvent mutuellement certifier leurs clés publiques
  pour assurer l'authenticité des clés publiques de tiers certifiés par différents ACs



C – Sécurité des Communications

- *I – Sécurité de l'Information*
- **C – Sécurité des Communications**
  - **Authentification des utilisateurs**
  - **Identification des utilisateurs**
- *C – Sécurité du Calcul*

Authentification à distance

- Identification = Désignation & authentification = reconnaissance

“userid”

- Trois possibilités: sur base de
  - Quelque chose que l’utilisateur connaît: NIPs et mots de passe
  - Quelque chose que l’utilisateur est: biométrie
  - Quelque chose que l’utilisateur détient: jetons

Authentification sur base de quelque chose que l'utilisateur connaît: Userid et mot de passe ou NIP

- Les userids devraient être aussi difficiles à deviner que les mots de passe pour protéger les identités

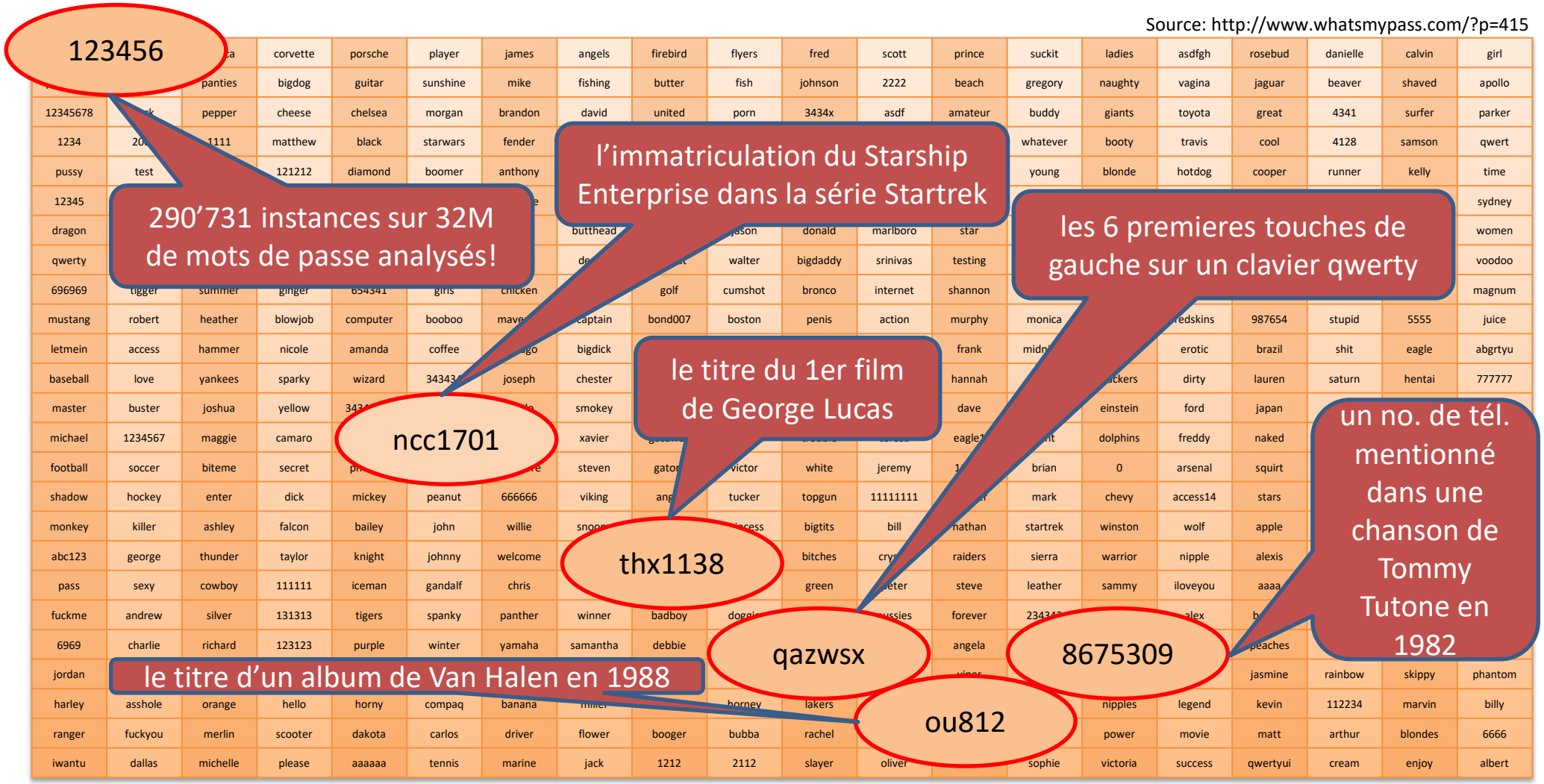
- Les mots de passe doivent être rentrés dans le terminal qui les capture
  - ⇒ Supprimer leur affichage à l'écran
  - ⇒ Se méfier des maliciels espions (key-loggers – risque majeur)
  - ⇒ Se méfier des caméras
  - ⇒ cacher leur saisie au clavier

- Les mots de passe doivent être transmis à et stockés dans l'ordinateur qui les vérifie => cryptés
  - ⇒"salés" + hachés avant transmission
  - ⇒"salés" + hachés dans une liste de mots de passe à accès restreint

- Les mots de passe ne doivent JAMAIS être écrits nulle part
  - => Facile à mémoriser mais difficile à deviner = alphabet minuscule et MAJUSCULE + chiffres + car spéciaux

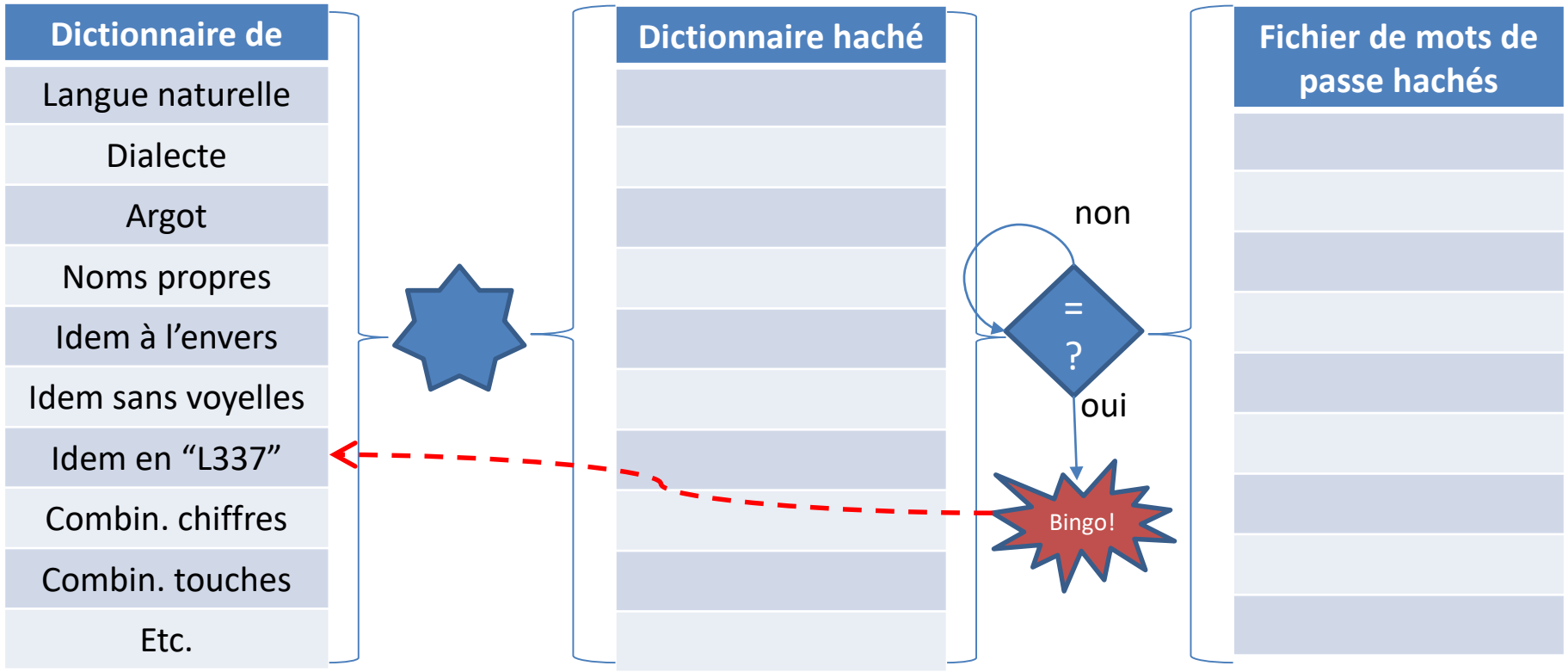
Les 500 mots de passe les plus stupides en 2008

Source: http://www.whatsmypass.com/?p=415



123456		corvette	porsche	player	james	angels	firebird	flyers	fred	scott	prince	suckit	ladies	asdfgh	rosebud	danielle	calvin	girl
	panties	bigdog	guitar	sunshine	mike	fishing	butter	fish	johnson	2222	beach	gregory	naughty	vagina	jaguar	beaver	shaved	apollo
12345678		pepper	cheese	chelsea	morgan	brandon	david	united	porn	3434x	asdf	amateur	buddy	giants	toyota	great	4341	surfer	parker
1234		1111	matthew	black	starwars	fender						whatever	booty	travis	cool	4128	samson	qwert
pussy	test		121212	diamond	boomer	anthony						young	blonde	hotdog	cooper	runner	kelly	time
12345																		sydney
dragon						butthead				donald	marlboro	star						women
qwerty								walter	bigdaddy	srinivas	testing							voodoo
696969	tigger	summer	ginger	654341	girls	chicken		golf	cumshot	bronco	internet	shannon						magnum
mustang	robert	heather	blowjob	computer	booboo		captain	bond007	boston	penis	action	murphy	monica		redskins	987654	stupid	5555	juice
letmein	access	hammer	nicole	amanda	coffee		bigdick					frank			erotic	brazil	shit	eagle	abgrtyu
baseball	love	yankees	sparky	wizard		joseph	chester					hannah			dirty	lauren	saturn	hentai	777777
master	buster	joshua	yellow				smokey					dave		einstein	ford	japan			
michael	1234567	maggie	camaro				xavier						dolphins	freddy	naked				
football	soccer	biteme	secret			steven		victor	white	jeremy		brian	0	arsenal	squirt				
shadow	hockey	enter	dick	mickey	peanut	666666	viking		tucker	topgun	11111111		mark	chevy	access14	stars			
monkey	killer	ashley	falcon	bailey	john	willie				bigtits	bill	nathan	startrek	winston	wolf	apple			
abc123	george	thunder	taylor	knight	johnny	welcome				bitches		raiders	sierra	warrior	nipple	alexis			
pass	sexy	cowboy	111111	iceman	gandalf	chris				green		steve	leather	sammy	iloveyou	aaaa			
fuckme	andrew	silver	131313	tigers	spanky	panther	winner	badboy				forever							
6969	charlie	richard	123123	purple	winter	yamaha	samantha	debbie				angela				peaches			
jordan																jasmine	rainbow	skippy	phantom
harley	asshole	orange	hello	horny	compaq	banana				lakers				nipples	legend	kevin	112234	marvin	billy
ranger	fuckyou	merlin	scooter	dakota	carlos	driver	flower	booger	bubba	rachel				power	movie	matt	arthur	blondes	6666
iwantu	dallas	michelle	please	aaaaaa	tennis	marine	jack	1212	2112	slayer	oliver		sophie	victoria	success	qwertyui	cream	enjoy	albert

Attaques de mots de passe au dictionnaire

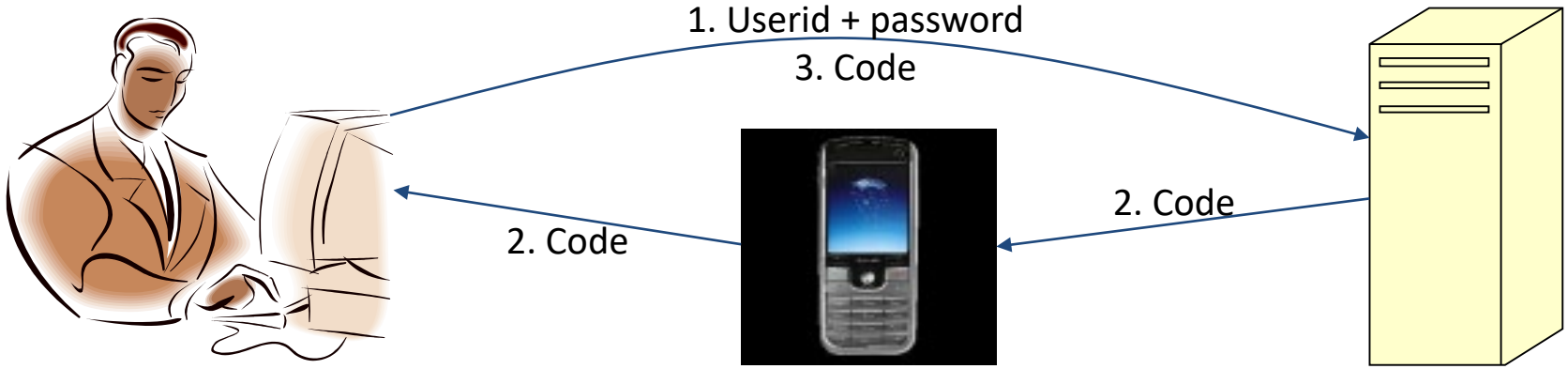


- Le "salage" est nécessaire mais pas suffisant contre ces attaques au dictionnaire
  10% des mots de passe salés + hachés ont été cassés en 4 heures, 53 minutes, et 6 secondes!
  parmi la liste de 860'160 mots de passe exposée par l'attaque de Strategic Forecasting en 2011
  (http://www.thetechherald.com/articles/Report-Analysis-of-the-Stratfor-Password-List)

Authentification à deux canaux et deux facteurs

▶ Quand les mots de passe ne sont plus assez sûrs pour une application critique …

▶ … on a recours à une authentification à double canal



▶ … ou on a recours à une authentification à double facteur
- Biométrie ou jeton d'identification en plus du mot de passe

Authentification bi-directionnelle

► Toutes les techniques vues jusqu'ici n'offrent qu'une authentification UNIDIRECTIONNELLE

► Ceci représente une carence et un risque MAJEUR ("phishing / pharming")

► Sans cryptographie, le premier partenaire qui s'identifie à l'autre doit lui révéler son mot de passe

► La solution est une identification cryptographique bi-directionnelle

- C'est exactement ainsi que fonctionnent les protocoles HTTPS / SSL / TLS (icône )

Authentification bi-directionnelle (Secure Socket Layer 2.0)

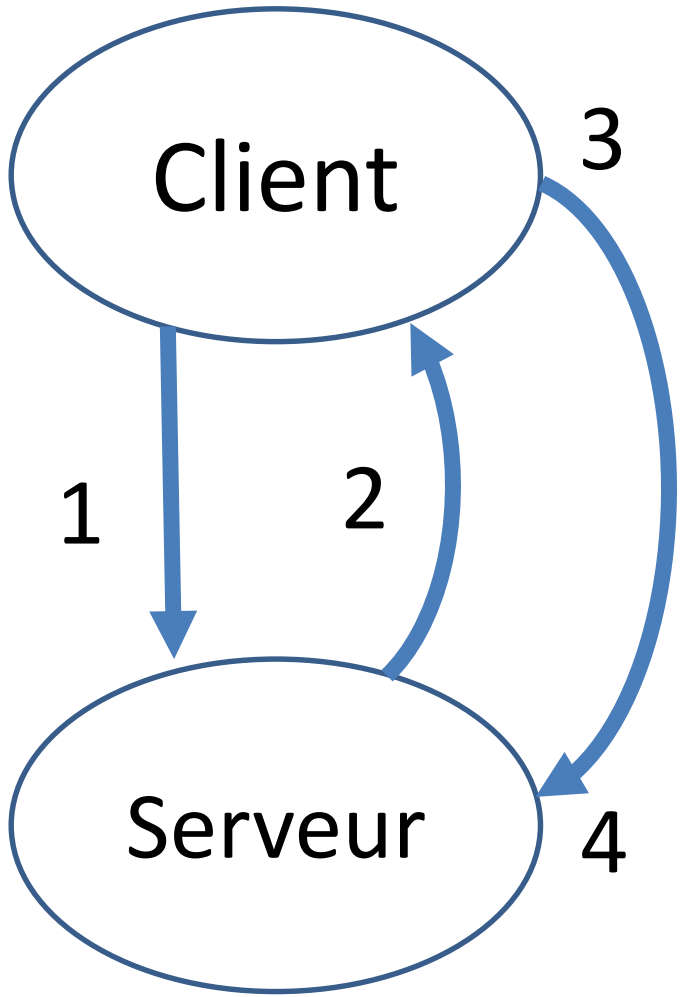
1) Demande d'authentification + liste des cryptosystèmes supportés

2) Certificat du serveur avec sa **clef publique** signee par une autorité de certification

3) Vérification du certificat
- creation d'une **clef secrete** chiffrée avec la **clef publique** du serveur

4) La **clef secrète** est déchiffrée avec la **clef privée** du serveur

La suite des communications s'effectue avec la **clef secrete** (cryptage symmétrique)



T – Sécurité du Traitement informatique et de ses équipements

- *I – Sécurité de l'**I**nformation*
- *C – Sécurité des **C**ommunications*
- **C – Sécurité du Calcul**
  - **Autorisation**
  - **Quelques bons conseils pratiques**

Autorisation – Politique de contrôle d'accès – Vue matricielle

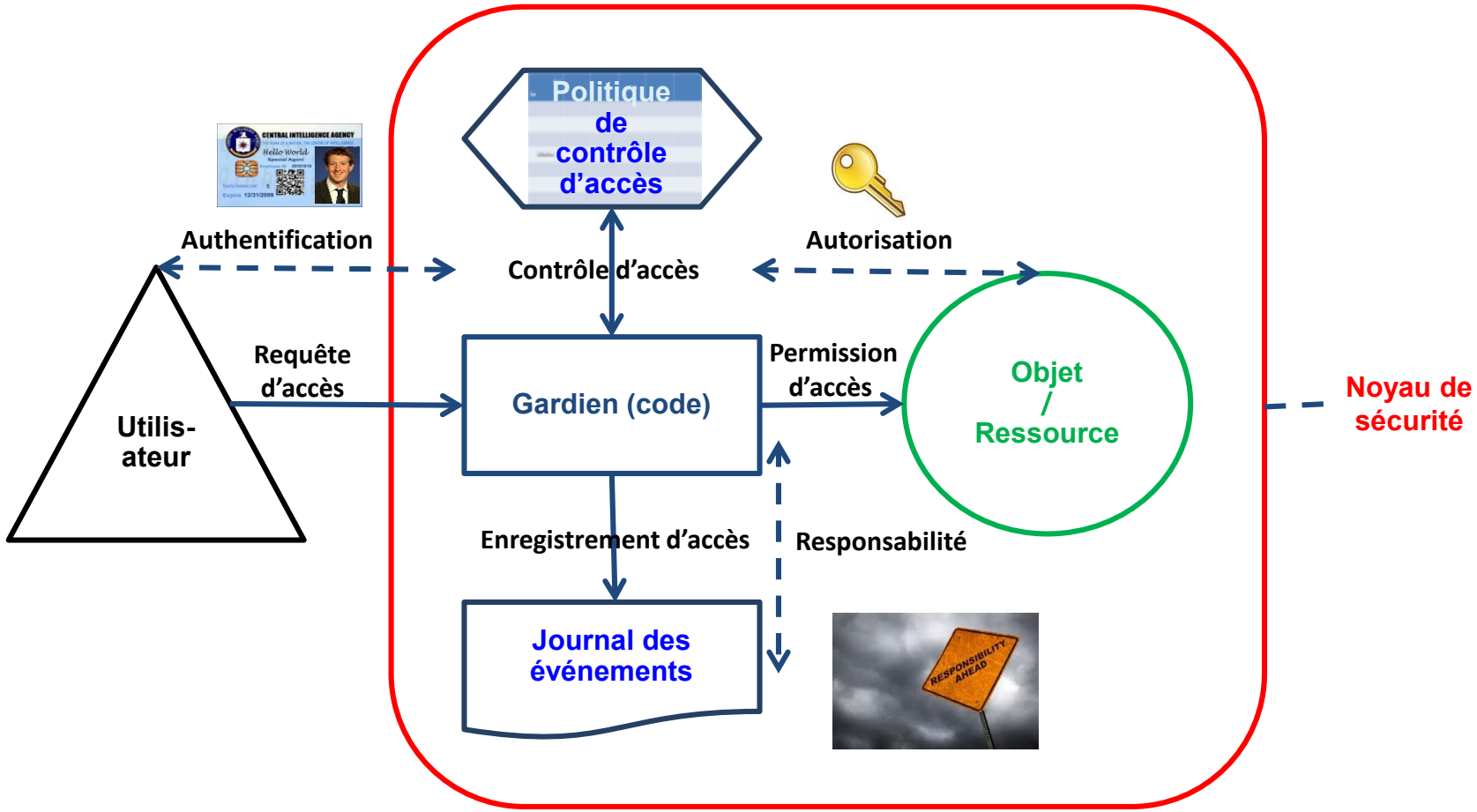
Qui \ Quoi	O Logiciel	B …	J Fichier	E …	Ts Matériel
A …					
C Logiciel					
T …					
E Utilisateur			R/W/X…		
U …					
R Matériel					
S …					

Permissions de l'acteur de lire / écrire / exécuter l'objet

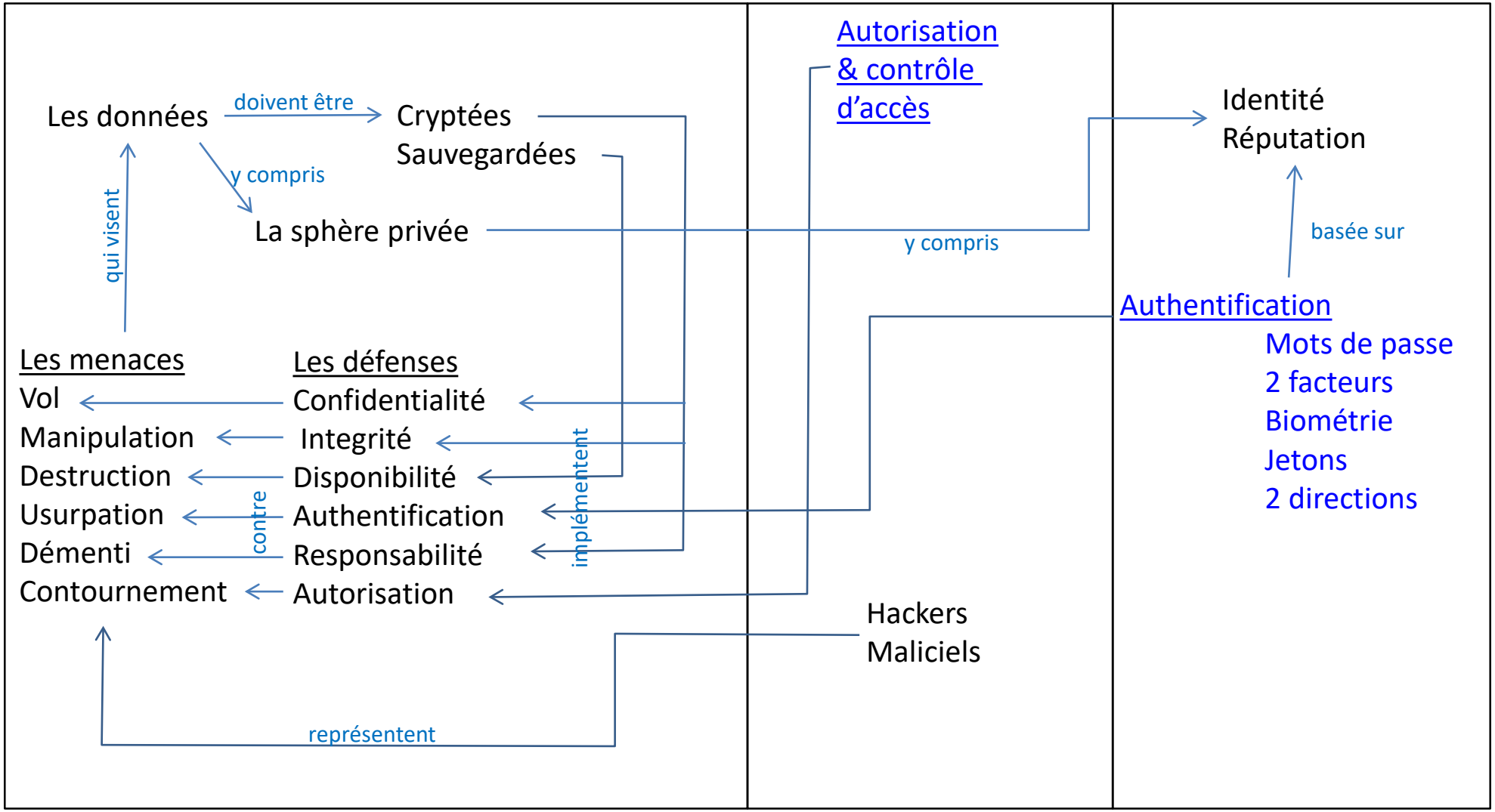
Liste de contrôle d'accès associée à l'objet

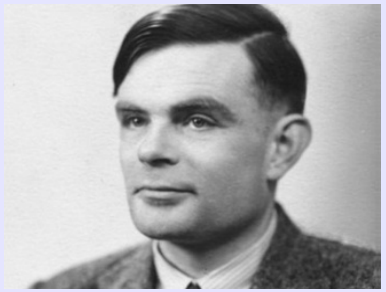
Autorisation – Modèle de système sécurisé

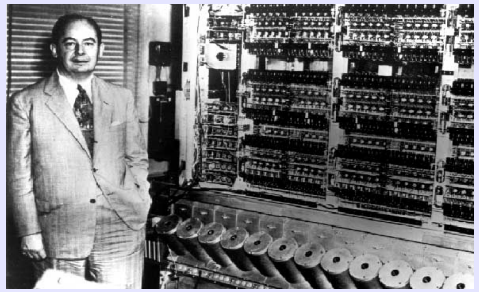
- Modifier logiciel ou données du noyau de sécurité exige les privilèges de "super-utilisateur"
- Ces privilèges de super-utilisateur ne sont accordés qu'au noyau de sécurité



Synthèse des enjeux







Information, Calcul et Communication

Fin