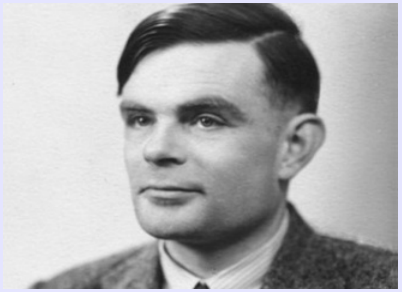
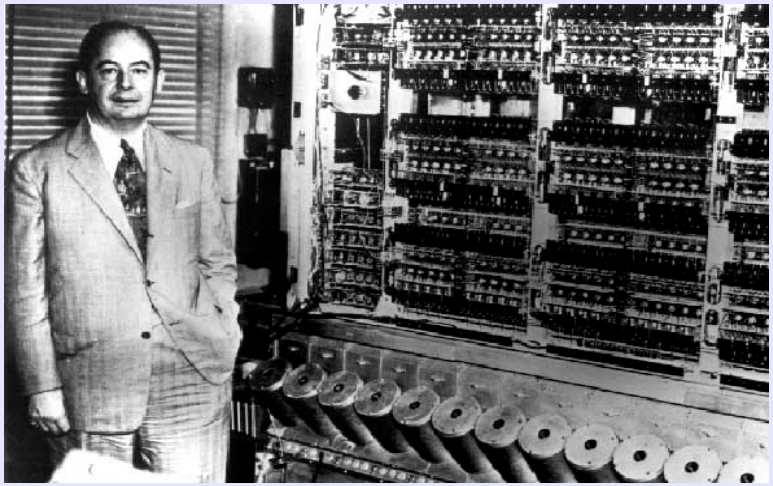




Information, Calcul et Communication

Module 3 : Systèmes

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

Ph. Janson

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Motivation – L'univers numérique doit être sécurisé tout comme le monde physique

Les affaires se traitent de plus en plus en ligne …

… donc de plus en plus d'argent et de pouvoir passent par Internet

… donc criminalité et manoeuvres politiques se déroulent de plus en plus en ligne …

car elles suivent toujours argent et pouvoir

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*

Principes de base

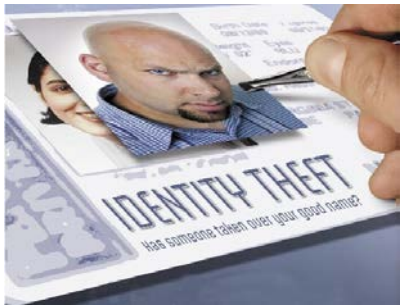
- La sécurité totale n'existe pas plus dans le monde informatique que dans le monde physique
  - Dans les deux cas elle est une course aux armements entre attaque et défense
- La sécurité résultante est un compromis entre le risque d'une attaque et le coût de la défense
- Comme dans toute situation de défense les attaques visent les maillons faibles
  … qui se trouvent généralement face aux écrans
  (utilisateurs ou opérateurs des systèmes informatiques)
- L'éducation des utilisateurs et des opérateurs est donc essentielle
  ⇒ C'est le but de cette leçon sur le sujet

Menaces – Sources

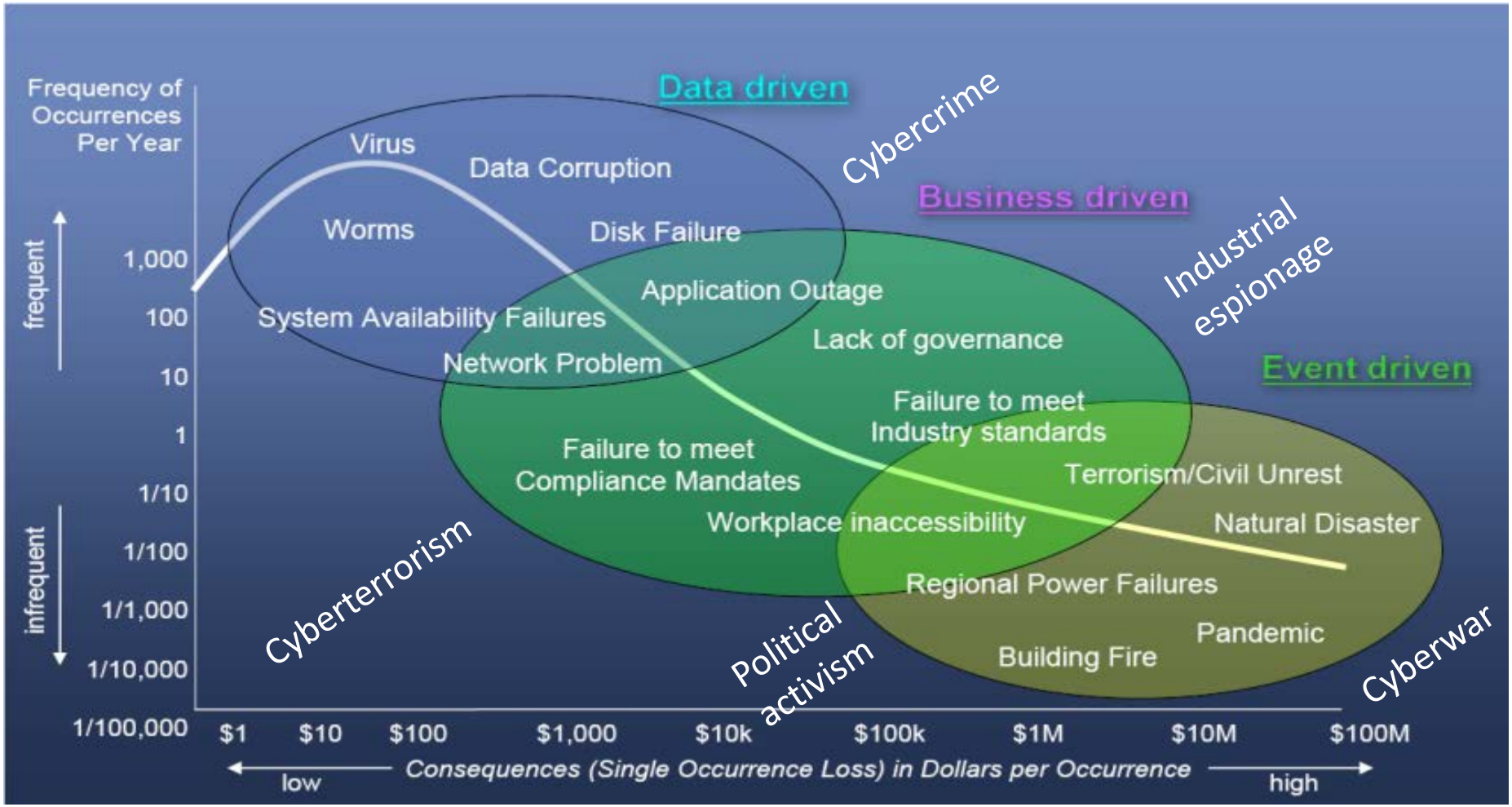
- Environnementales (probabilité marginale)
  - Catastrophes naturelles
- Humaines
  - Internes
    - Les erreurs (environ 50% des cas)
    - Les abus de privilèges (environ 20% des cas)
  - Externes (environ 30% des cas)
    - La manipulation sociale
      - Par mail ou web (spam, spim, spit, phishing, 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



Menaces – Réalité et ampleur



Source: IBM Security Technology Outlook 2008

Menaces – Réalité et relativité

- Coût annuel de la cybercriminalité $ 1 T (10^{12}) (attribué à McAfee)
- Nombre de vulnérabilités logicielles > 80 K (IBM)
- Nombre de maliciels identifiés 50-100 M (Webroot)
- Nombre de sites web infectés > 500 K (Dasient 2010)
- Nombre de pages web infectées > 5M (Dasient 2010)
- Taux de spam ~ 50%
- Comptes Facebook corrompus ~ 15M / 1B (= 1.5‰)
- Nombre de téléphones portables perdus par semaine à Londres 25K
- Nombre d'ordinateurs portables oubliés par semaine dans les aéroports US 12K

- Aussi impressionnants que soient ces chiffres absolus,
  ils indiquent un équilibre relatif entre risque d'attaque et prix de la défense

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 (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

- 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

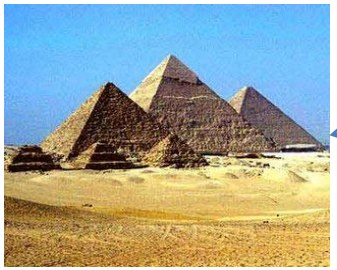
→ Brochure de l'exposition Data Detox (EPFL 30.08-25.10.2018)

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

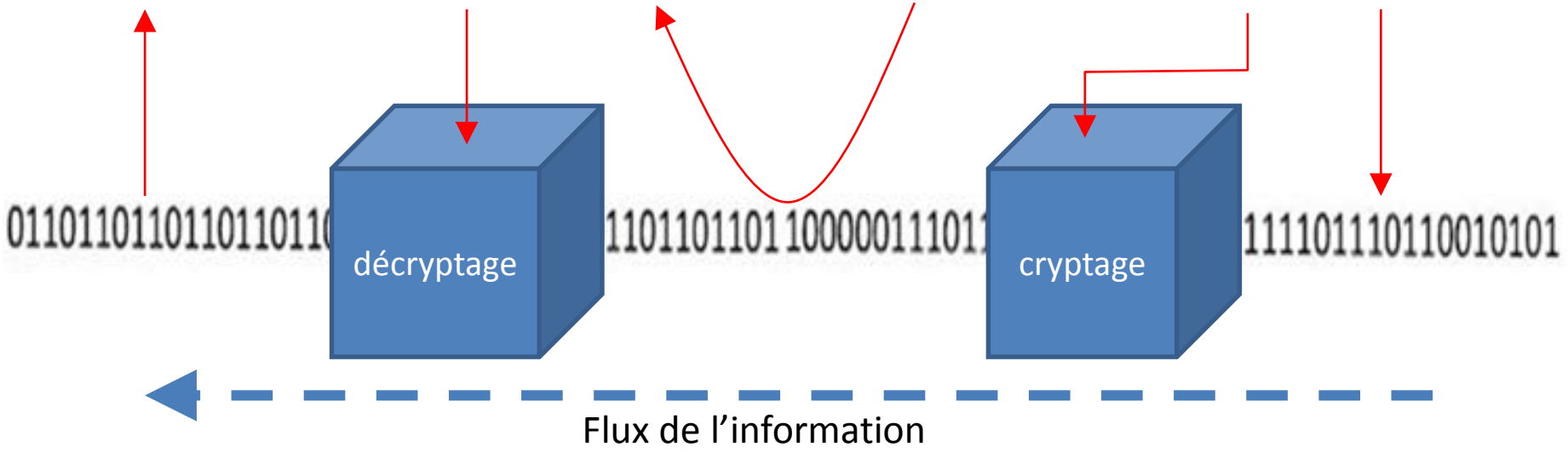
▶ Pour des raisons de protection de la sphère privée on peut préférer un serveur local (switch) plutôt que les géants de l'Internet sujets à une législation étrangère (Google, Microsoft, Apple, etc) telle que le cloud act depuis 2018.

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)

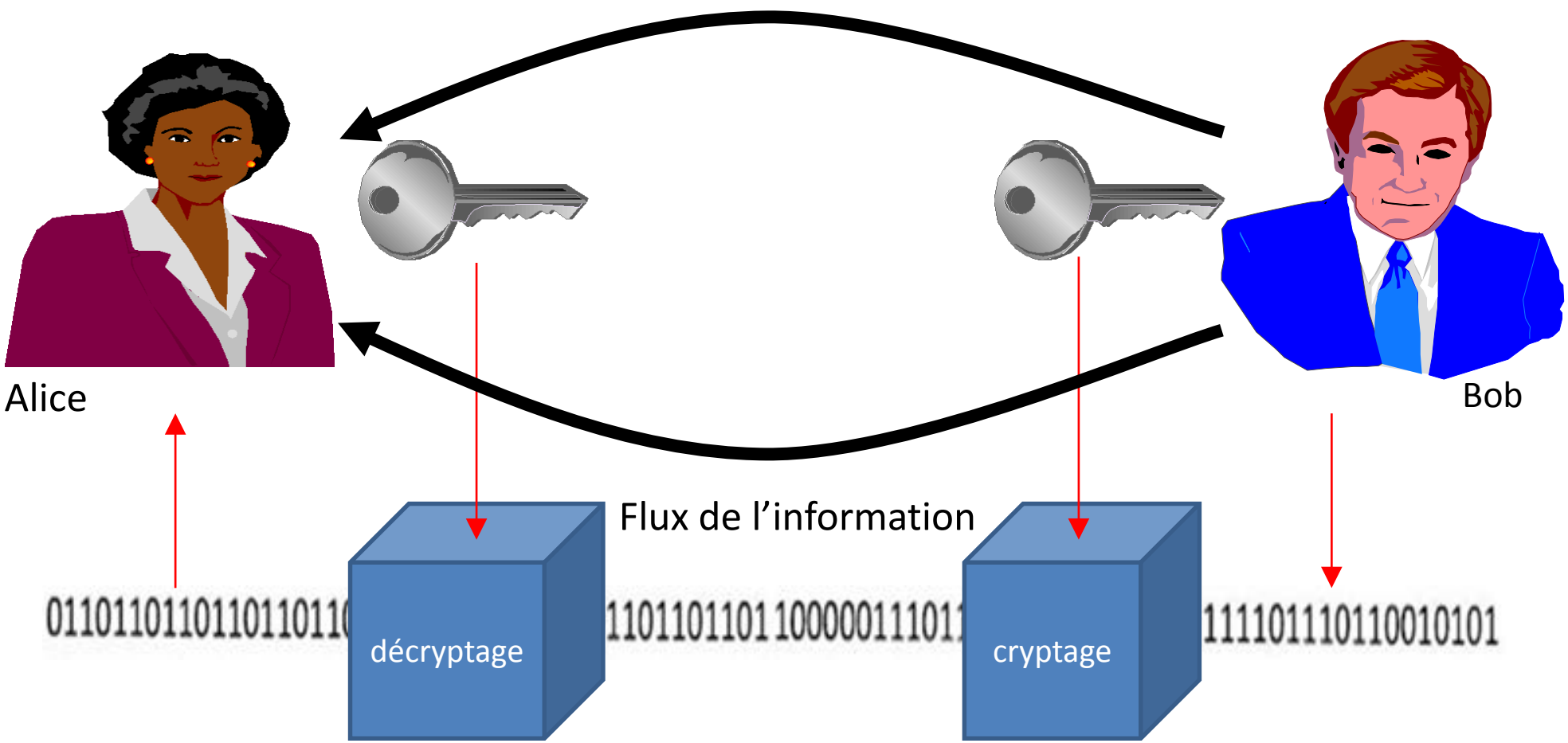


- Il existe deux familles d'algorithmes cryptographiques: symétriques et asymétriques

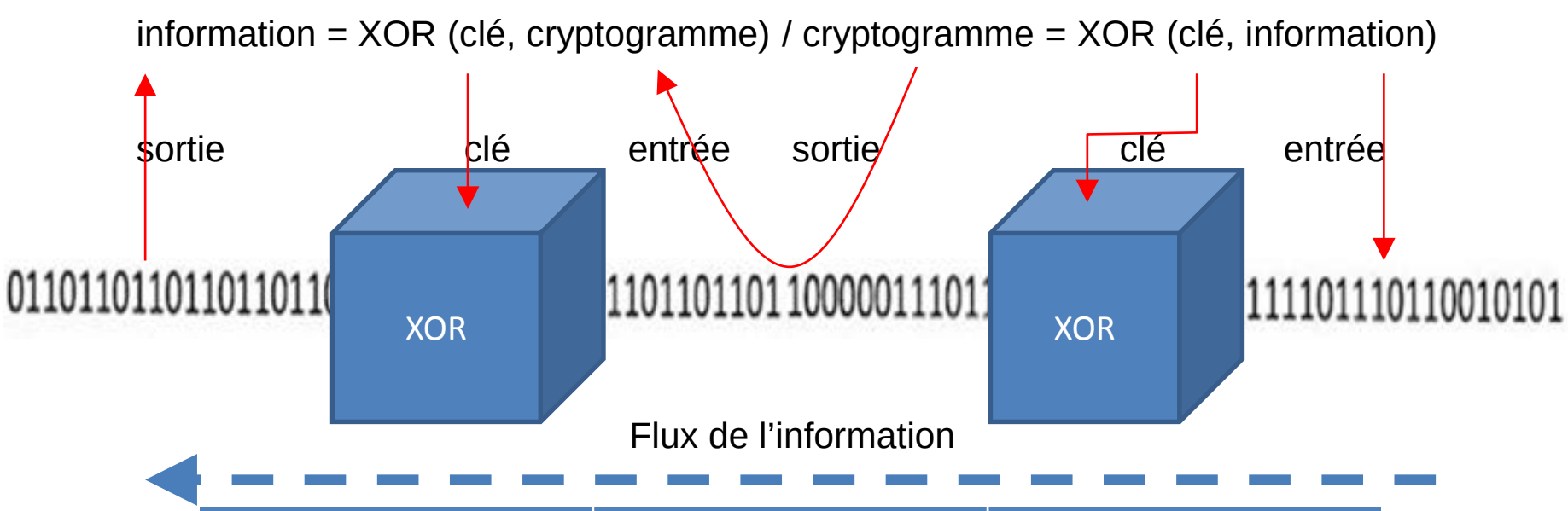
Cryptographie symétrique à clés secrètes partagées

- 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

Confidentialité par cryptographie asymétrique

Unique récepteur

Distribution “éprouvée” de la clé publique

Multitude d’émetteurs

Clé privée d’Alice

Clé publique d’Alice

Alice

Bob

Flux de l’information

01101101101101101101

décryptage

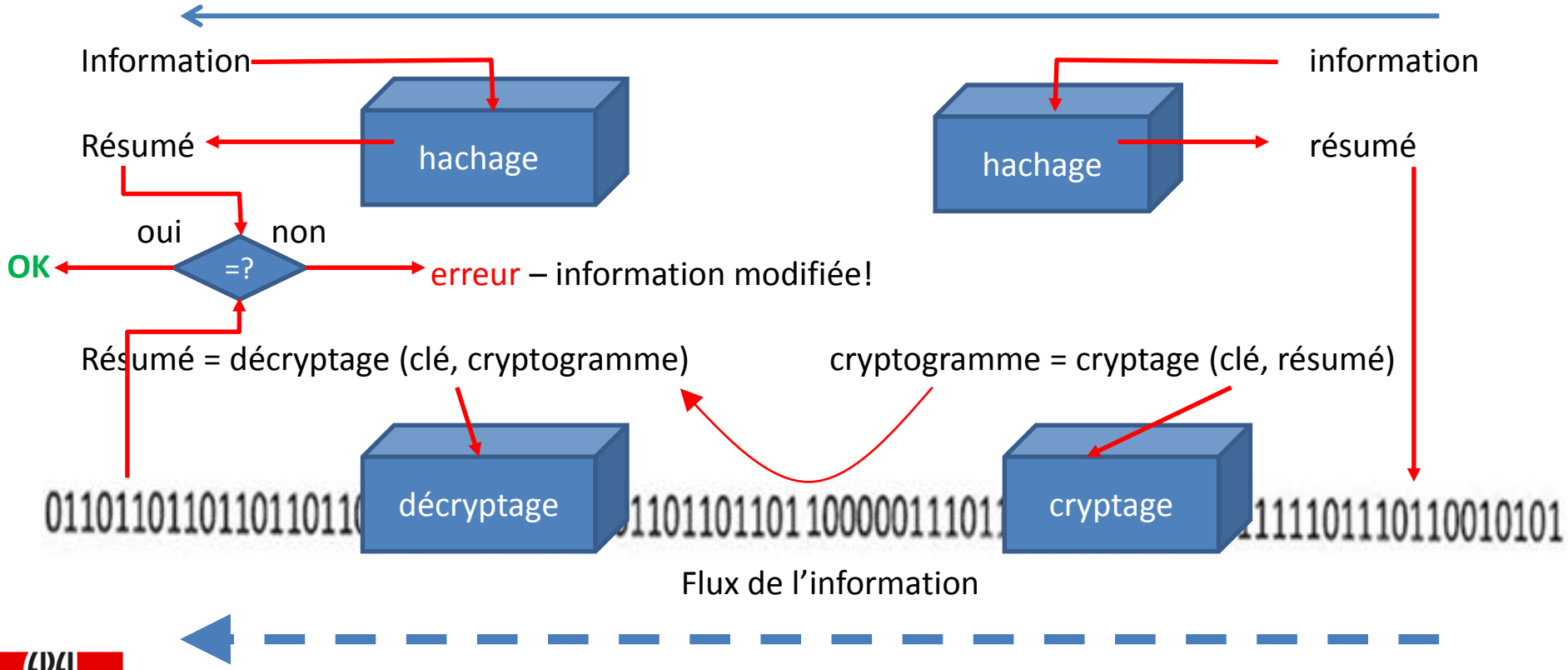
1101101101 10000011101

cryptage

11110111011001010 1

Sécurisation de l'information – 3) Intégrité

- 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



Intégrité par cryptographie symétrique

Distribution secrète de la clé

Alice

Communication de l'information

Bob

Communication du résumé chiffré

hachage

OK

Modification

=?

hachage

01101101101101101101

décryptage

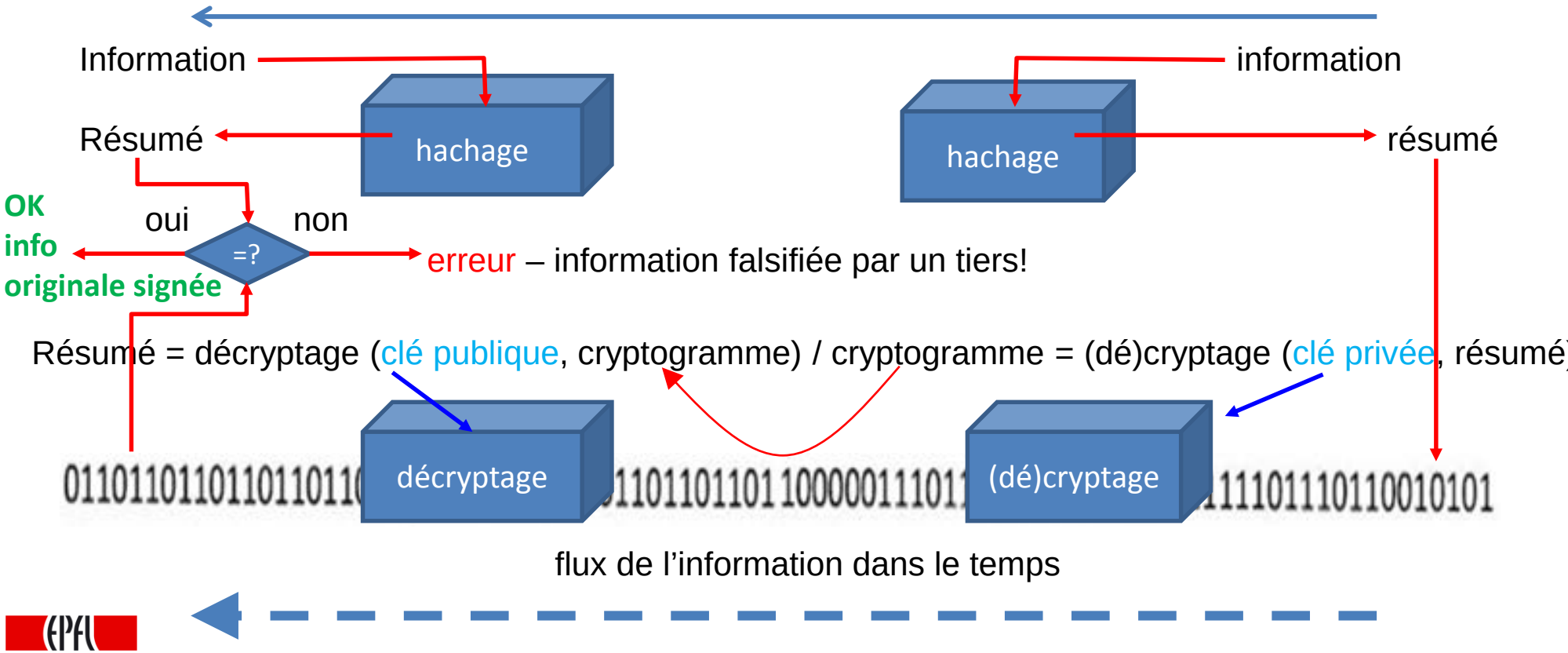
11011011011000001110111

cryptage

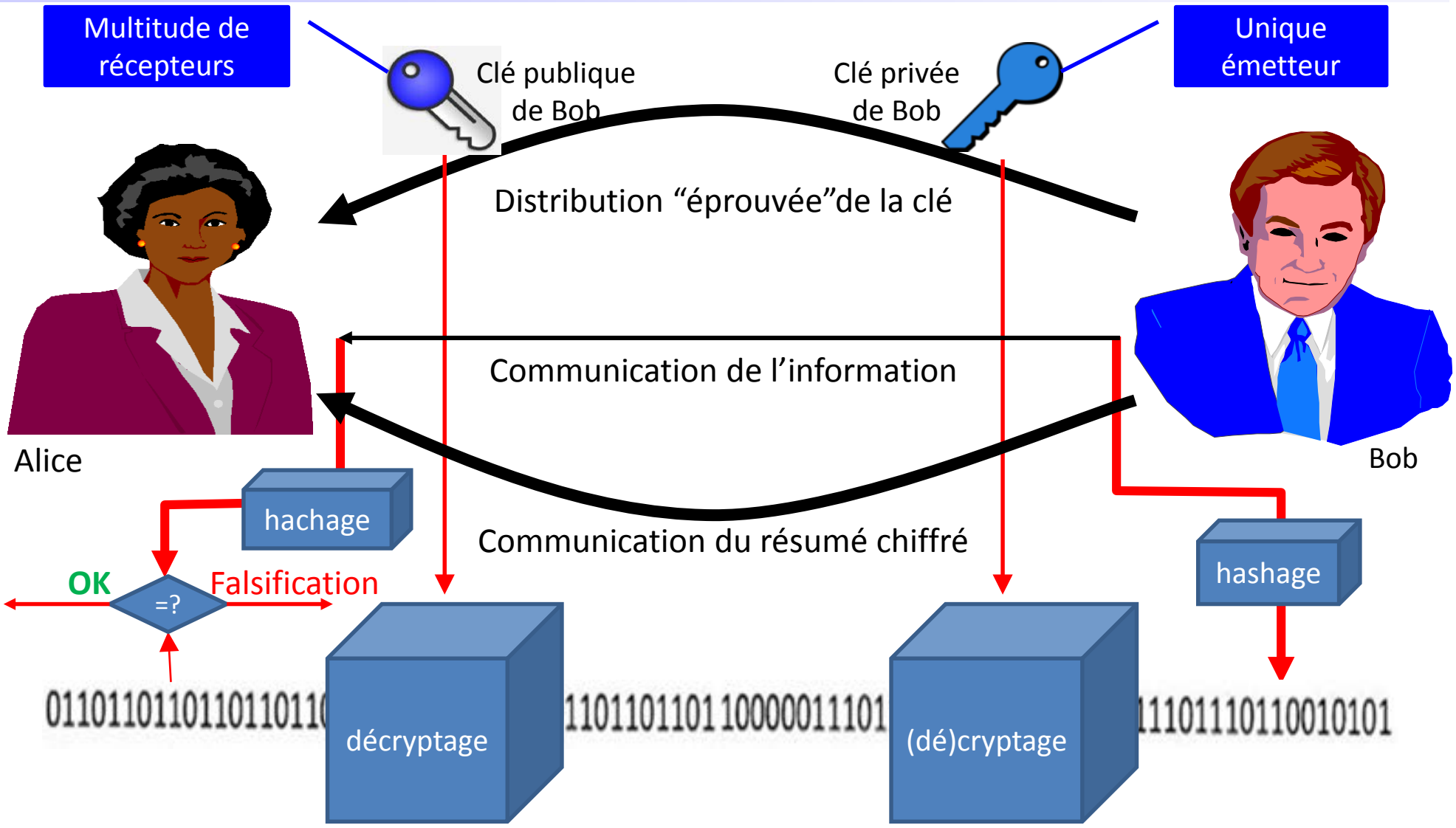
11110111011001010 1

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

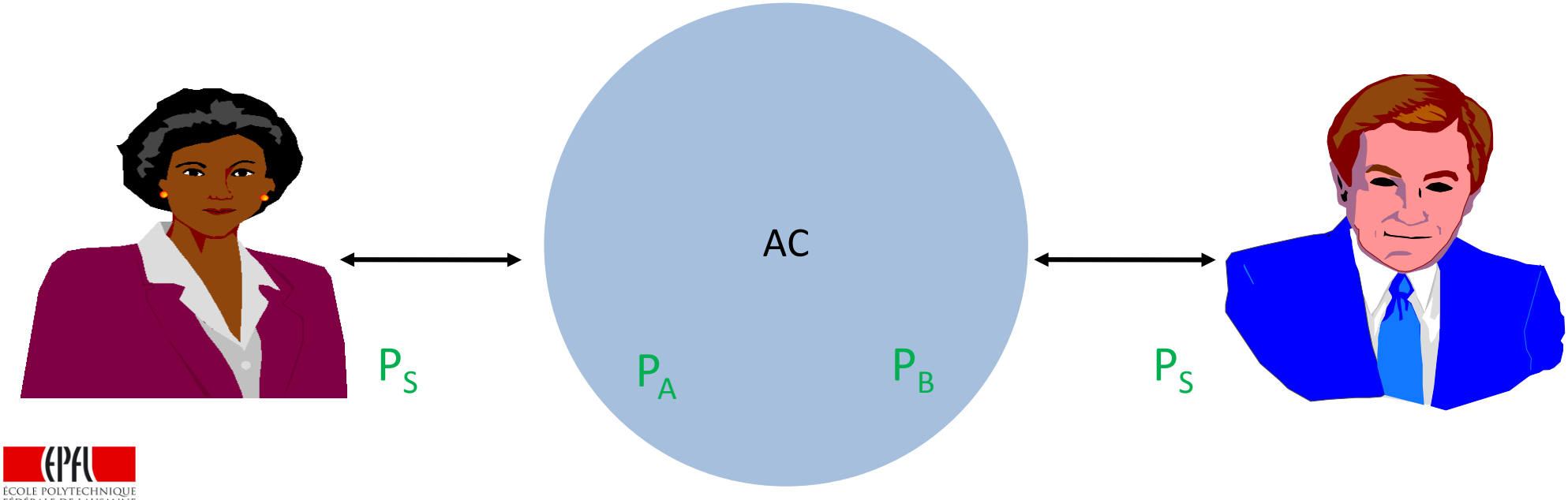


Signature digitale par cryptographie asymétrique



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

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							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	peter	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			horney	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

290'731 instances sur 32M de mots de passe analysés!

l'immatriculation du Starship Enterprise dans la série Startrek

les 6 premieres touches de gauche sur un clavier qwerty

le titre du 1er film de George Lucas

ncc1701

thx1138

un no. de tél. mentionné dans une chanson de Tommy Tutone en 1982

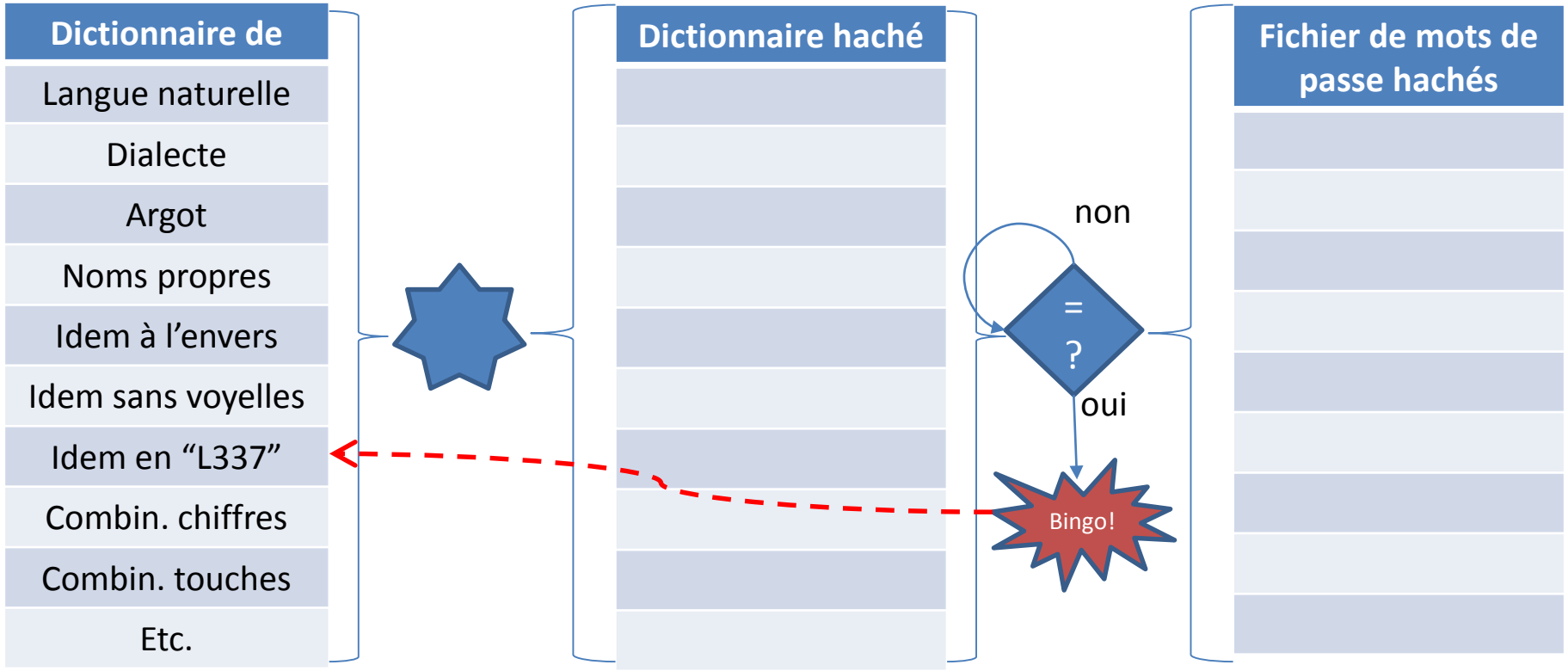
qazwsx

8675309

le titre d'un album de Van Halen en 1988

ou812

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)

Comment choisir un mot de passe

► Les mots de passe doivent avoir une longueur suffisante pour résister aux devinettes

Risque R = durée de vie D x fréquence des attaques F / taille de l'alphabet $T^{(\text{taille du mot de passe } M)}$

M > log (	D	x	F	/	R	) / log T
8 > log (	100 J	x	100 / J	/	10^{-9}	) / log 62

entropie maximale

⇒ Changer de mot de passe régulièrement (chaque année ou même chaque trimestre)

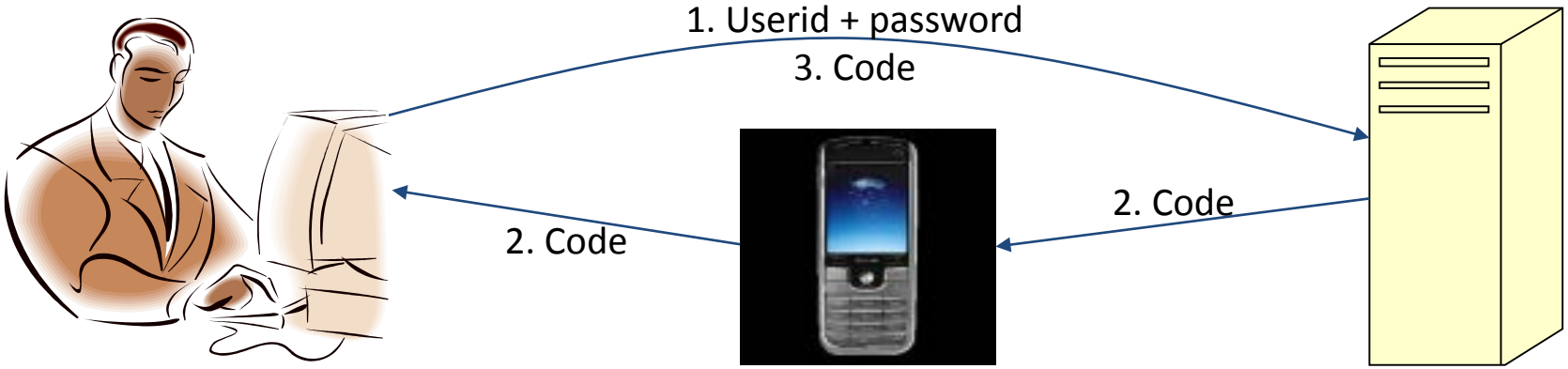
⇒ Utiliser des alphabets assez vastes – 26 majuscules + 26 minuscules + 10 chiffres + ? Signes

⇒ Limiter la fréquence des attaques pour déjouer des attaques programmées

⇒ Ne jamais réutiliser le même mot de passe sur plusieurs systèmes ("password sloth")

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)

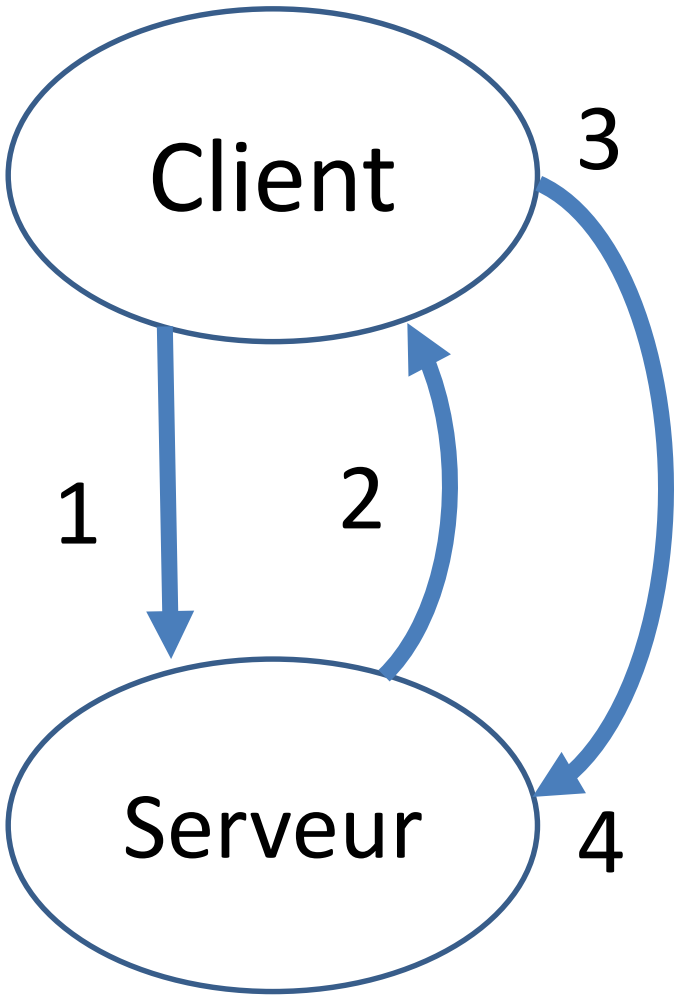
1) Demande d'authentification + liste des cryptosystèmes supportés

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)



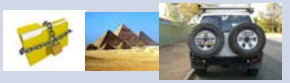
T – Sécurité du Traitement informatique et de ses équipements

- *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 …					

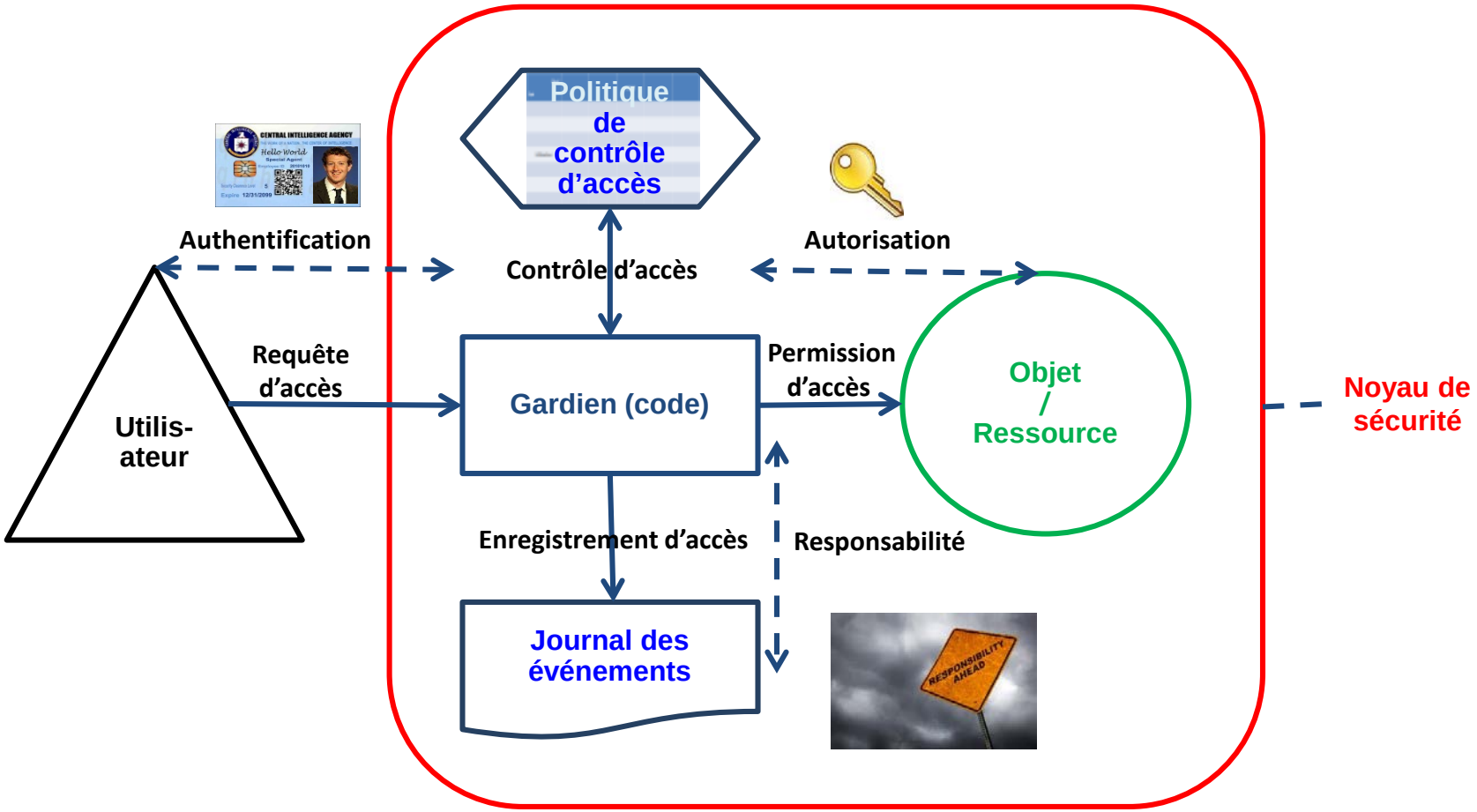
Permissions de l'acteur de lire / écrire / exécuter l'objet



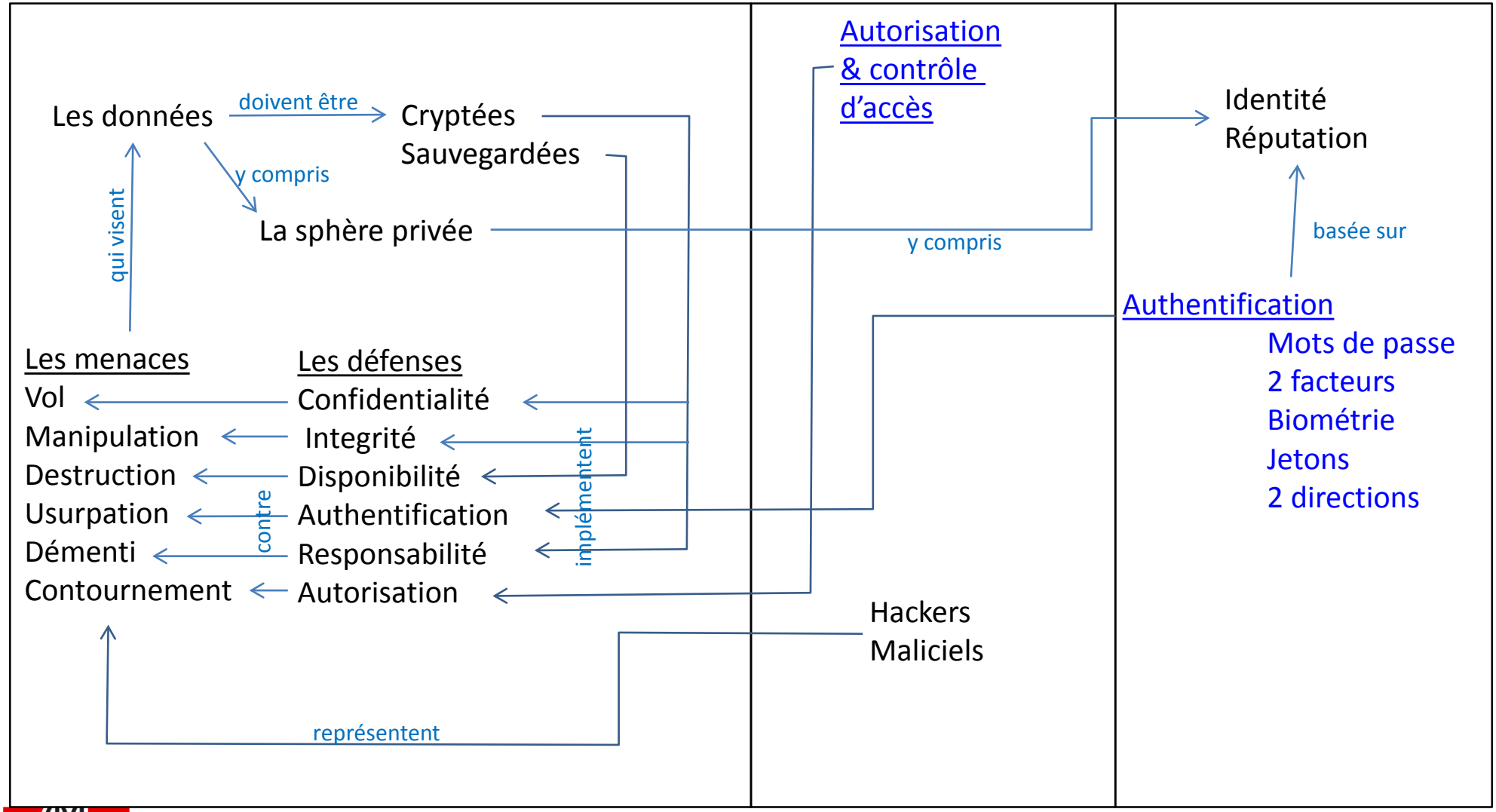
Liste de contrôle d'accès associée à l'objet

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



Quelques bons conseils pratiques

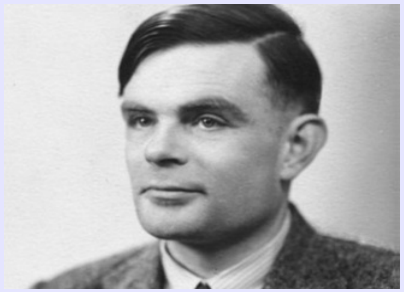
- Se méfier des postes de travail et services publics – surtout gratuits
- Se méfier de pirates en des lieux publics – surtout réputés “à risque”
- Se méfier des logiciels-espions – micros et webcams télécommandées

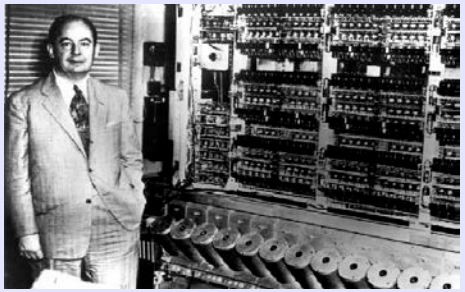
- Toujours sécuriser son Wi-Fi
- Toujours activer anti-virus et pare-feu
- Toujours “patcher” ses logiciels

“Clean desk”: Ne jamais laisser trainer équipements ou supports-mémoires portables (Einstein n’a pas toujours eu raison!)

- Bien choisir et ne jamais révéler ses mots de passe
- Ne jamais travailler en mode “administrateur”
- Se détacher après toute session de travail ou délai inactif

- Faire des copies de sauvegarde régulières
- Encrypter tous ses supports-mémoires
- Détruire tout support mémoire ou papier en fin de vie





Information, Calcul et Communication

Fin