Soutenance projet annuel - Audit des implantations SSL/TLS

Claire Smets – William Boisseleau – Pascal Edouard – Mathieu Latimier – Julien Legras

Master 2 Sécurité des Systèmes Informatiques

28/02/2014

Sujet et problématique

Titre du bloc

Contenu

Sommaire

Récupération des adresses 1

ZMAP

- open source ;
- outil de scan réseau ;
- adresses IPv4 ;
- paquets SYN sur le port 443.

Récupération des certificats 1

Application Récupération de Certificats

- script perl ;
- certificats SSL ;
- stocker l'ensemble des empreintes dans un dossier :
  - certificats ;
  - clefs de session.

Récupération des certificats 2

Algorithme

algo de récupération des certificats

Gestion des doublons 1

Gestion des doublons

- script perl ;
- si une empreinte de trouve déjà dans le dossier : on la stocke dans un autre dossier, celui des doublons ;
- liens symboliques.

Gestion des doublons 2

Algorithme gestion des doublons

algo de gestion des doublons

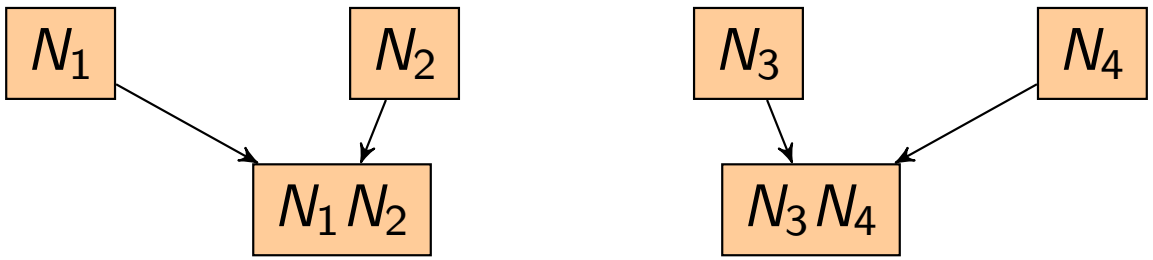
Factorisation

PGCD deux à deux

N_1 N_2 N_3 N_4

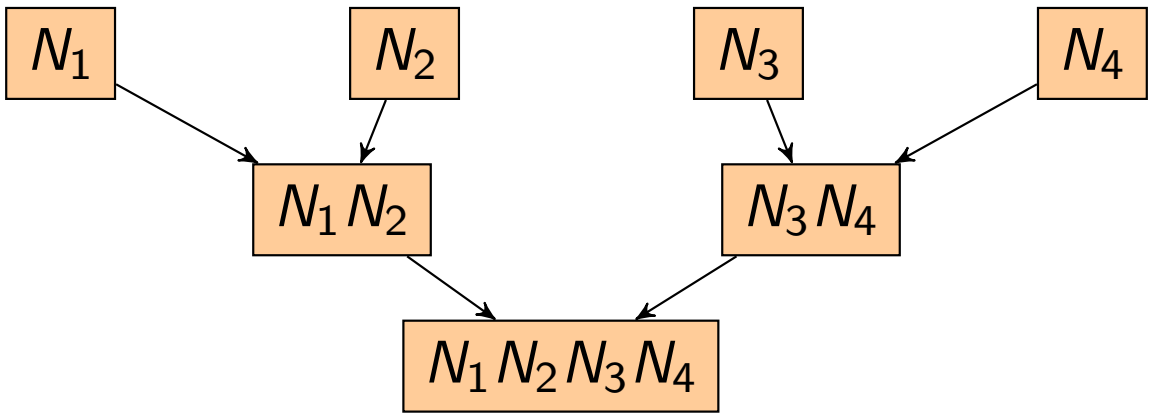
Factorisation

PGCD deux à deux



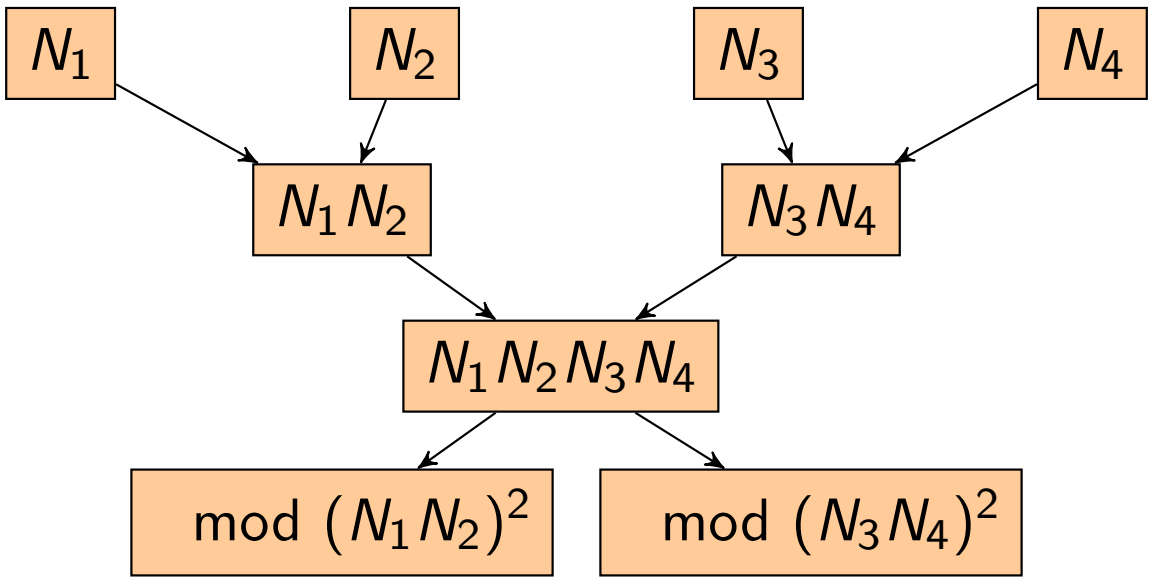
Factorisation

PGCD deux à deux



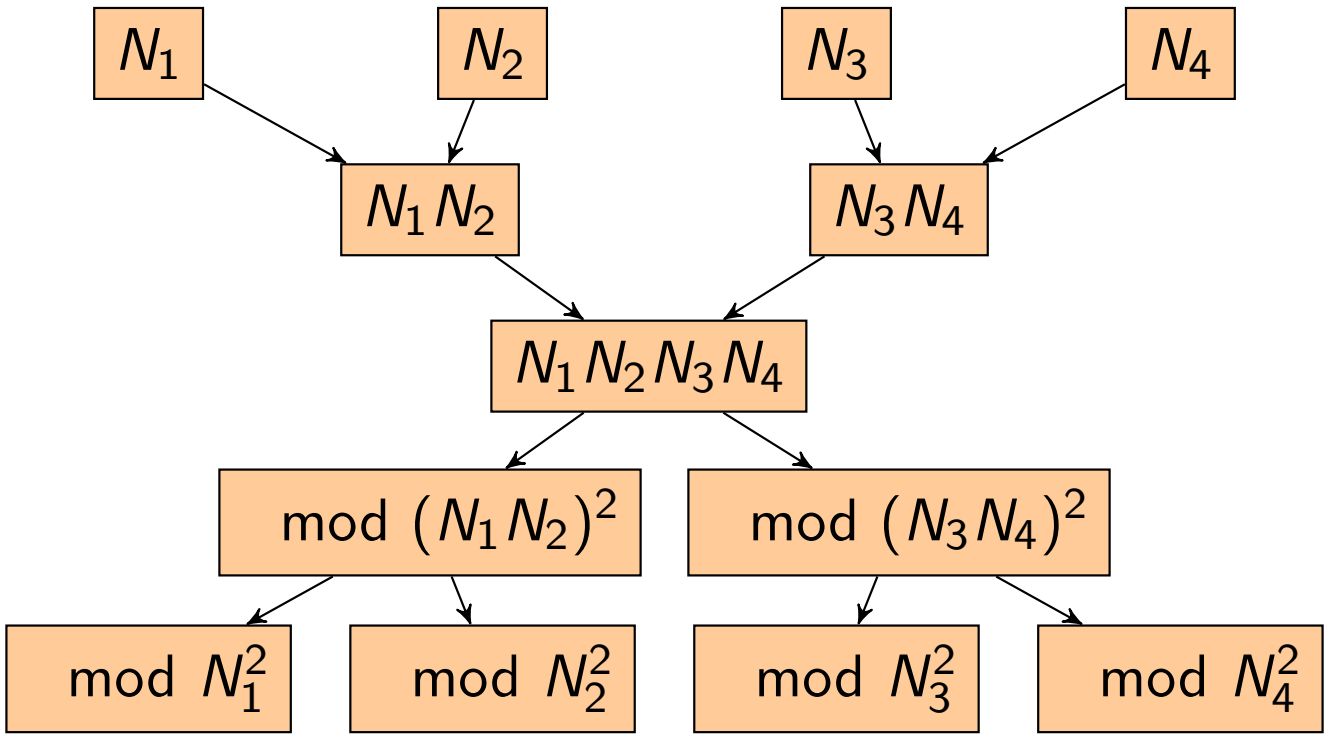
Factorisation

PGCD deux à deux



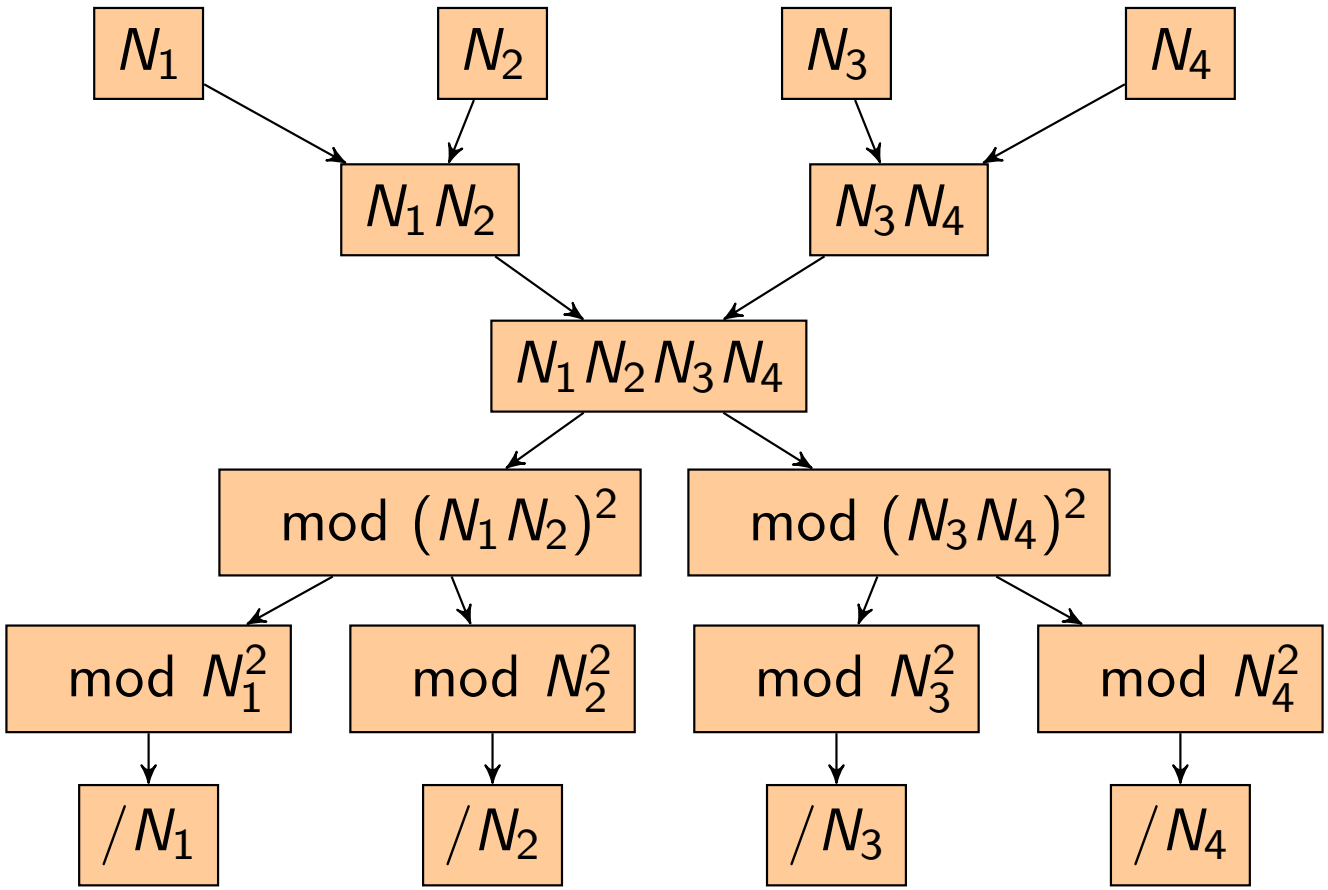
Factorisation

PGCD deux à deux



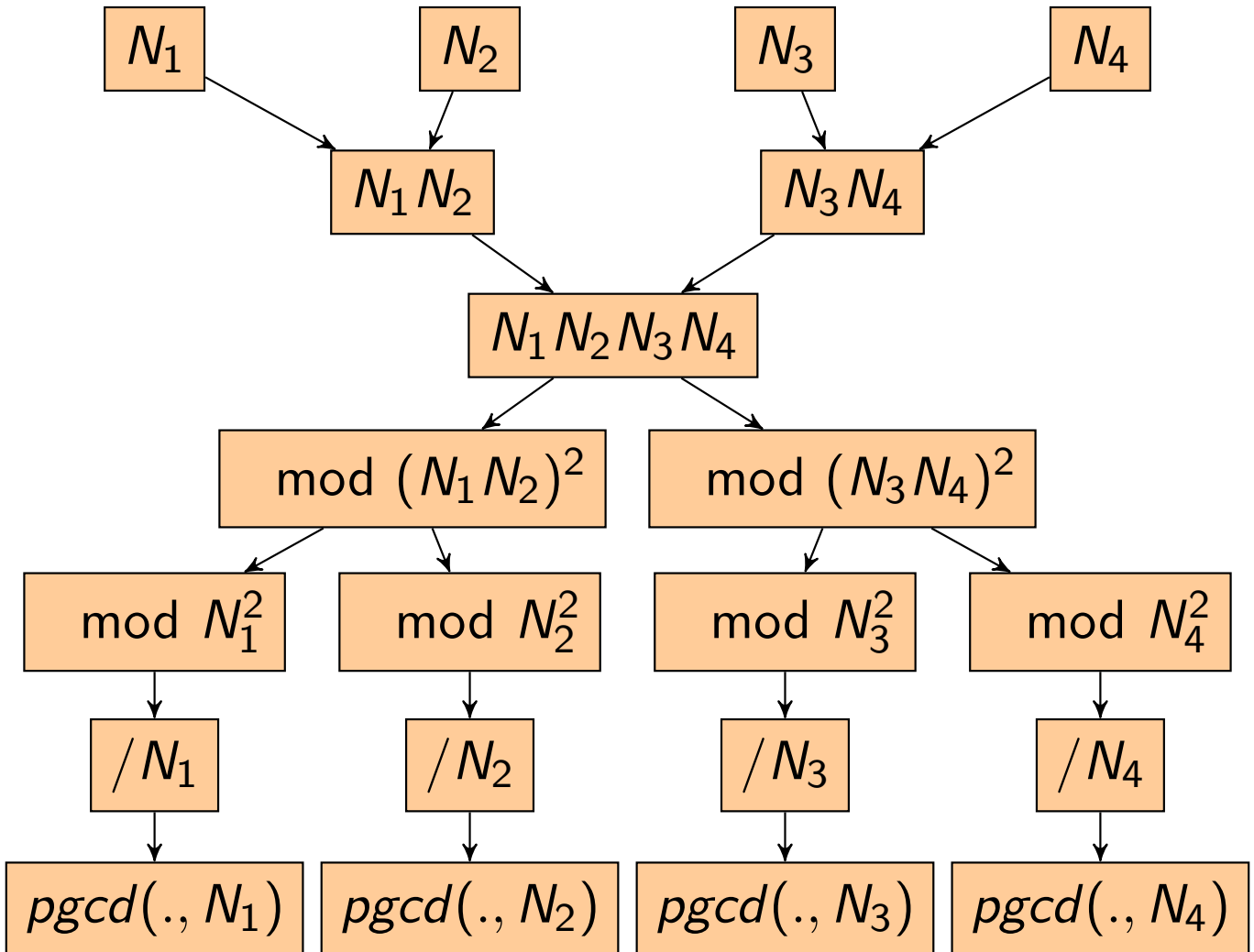
Factorisation

PGCD deux à deux



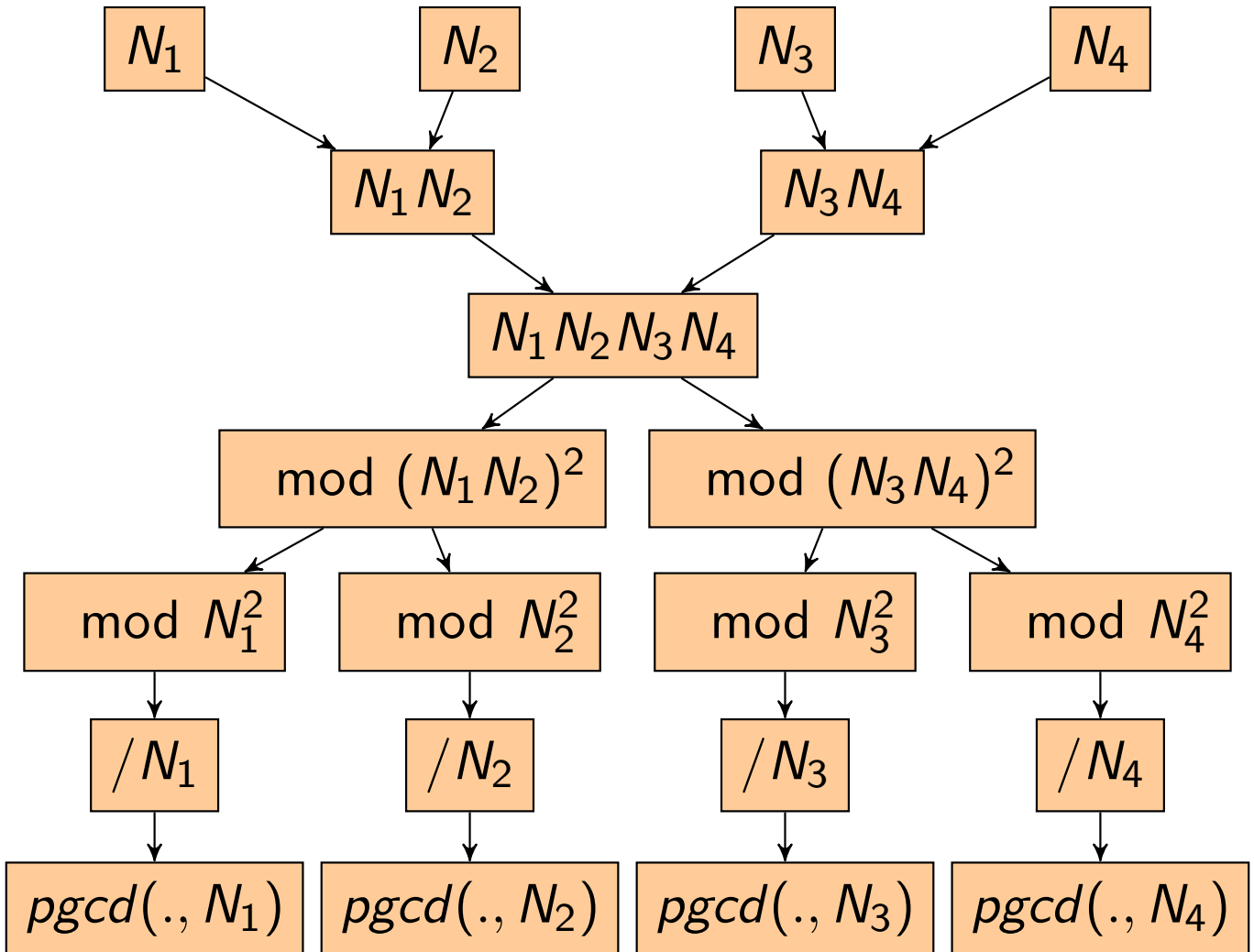
Factorisation

PGCD deux à deux



Factorisation

PGCD deux à deux



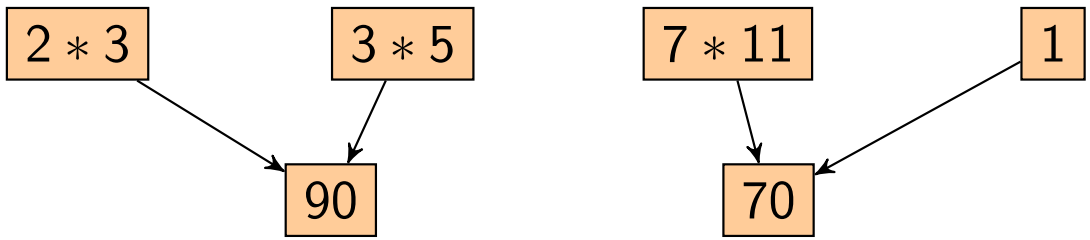
Factorisation

Exemple

$2 * 3$ $3 * 5$ $7 * 11$ 1

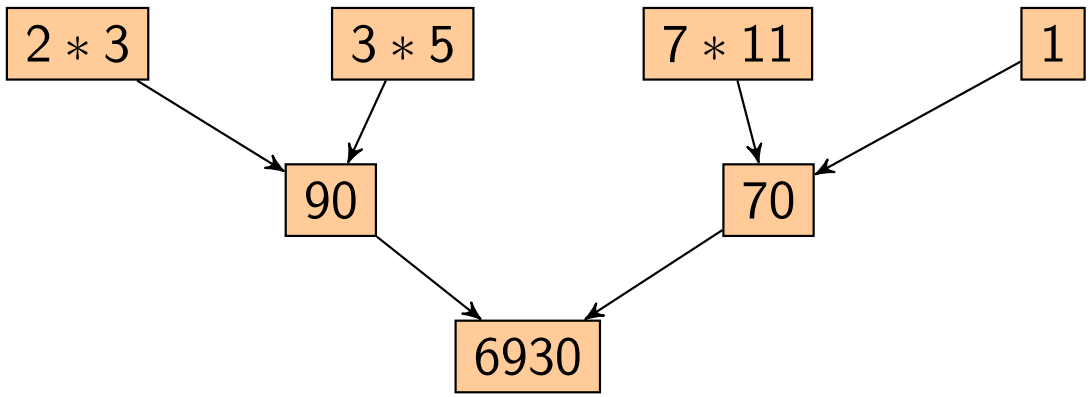
Factorisation

Exemple



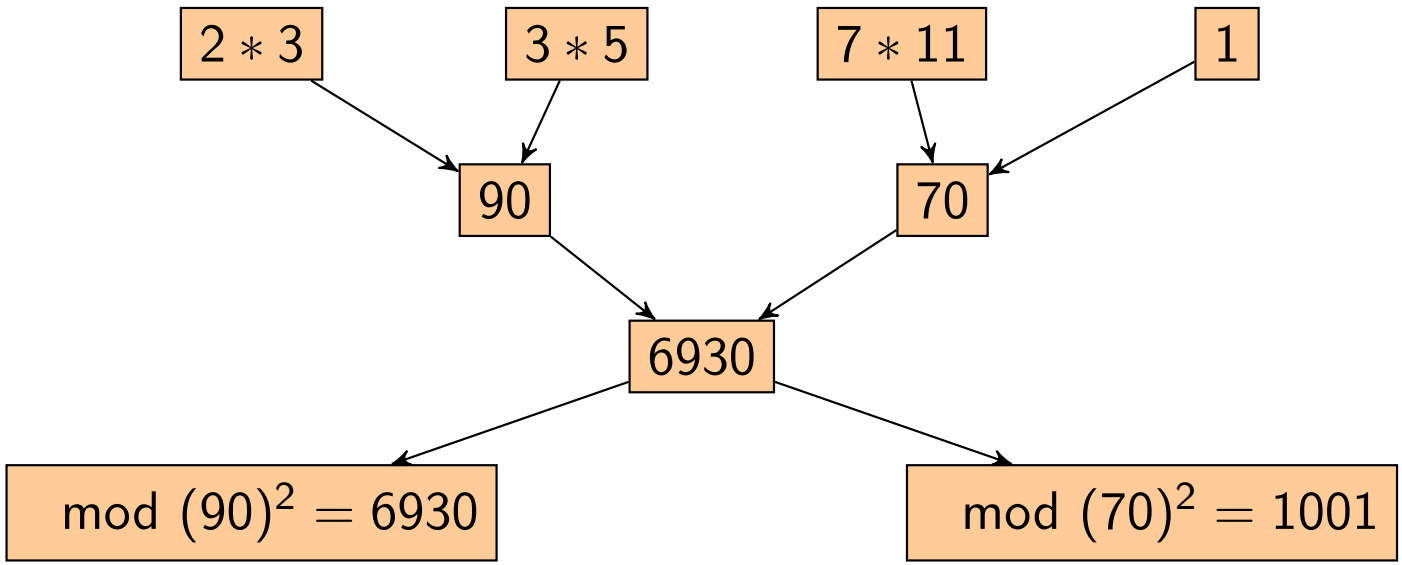
Factorisation

Exemple



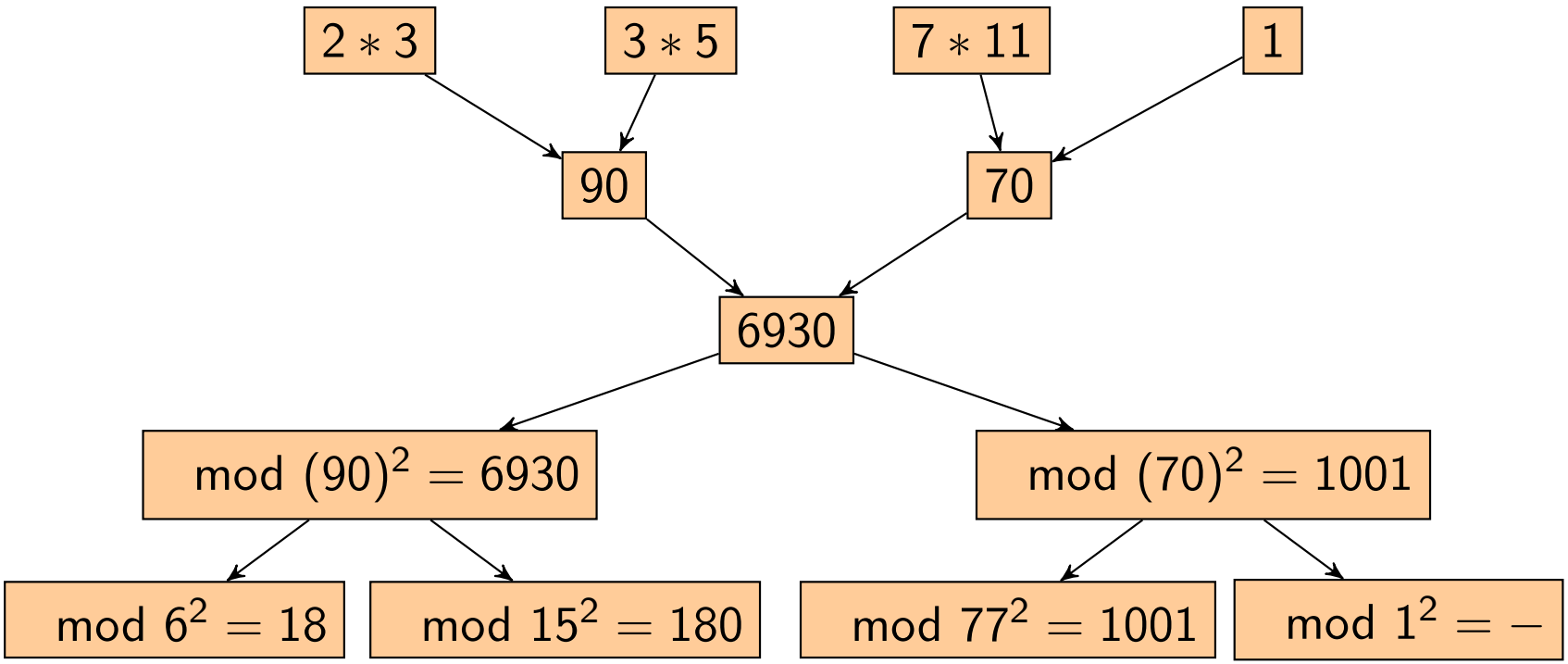
Factorisation

Exemple



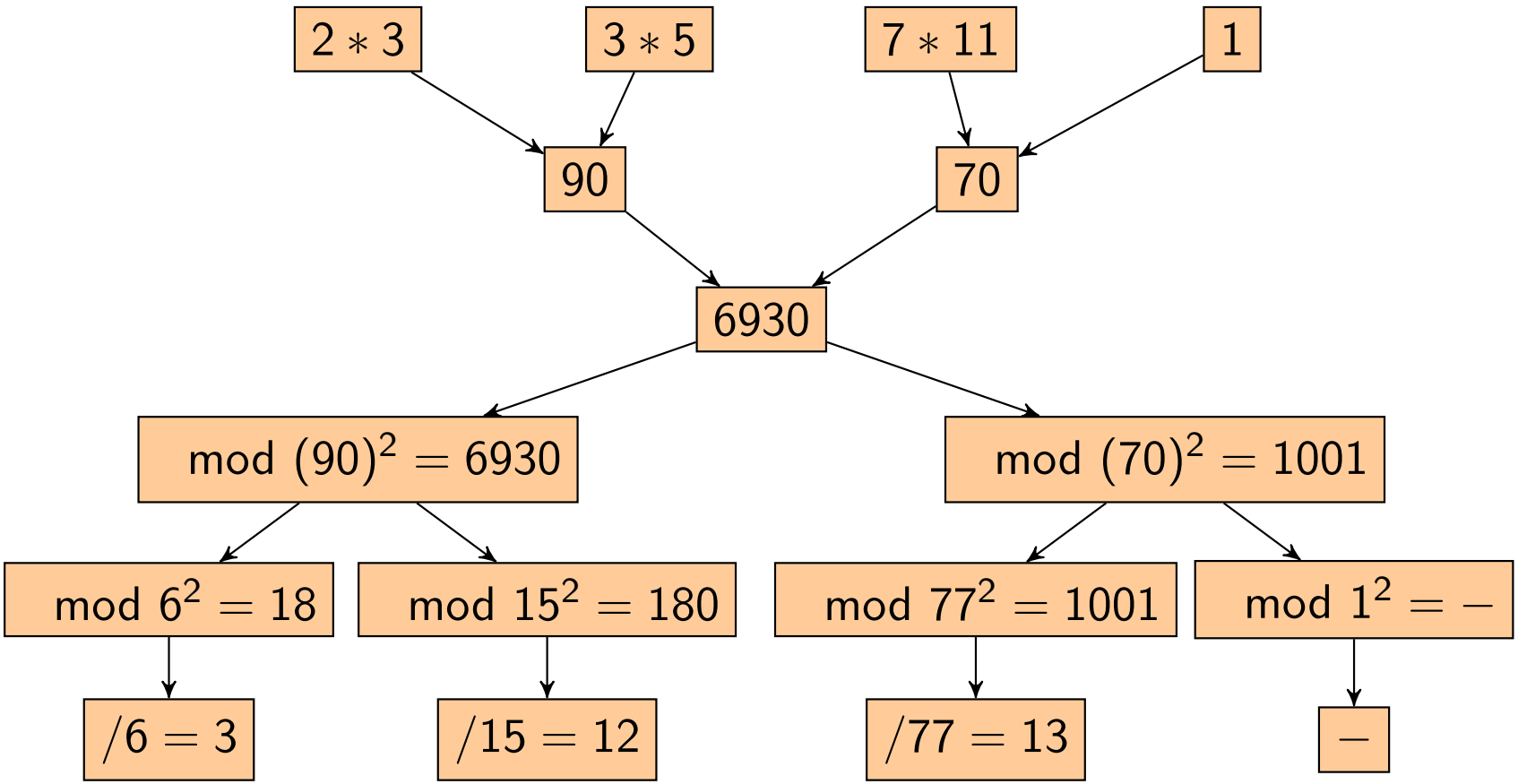
Factorisation

Exemple



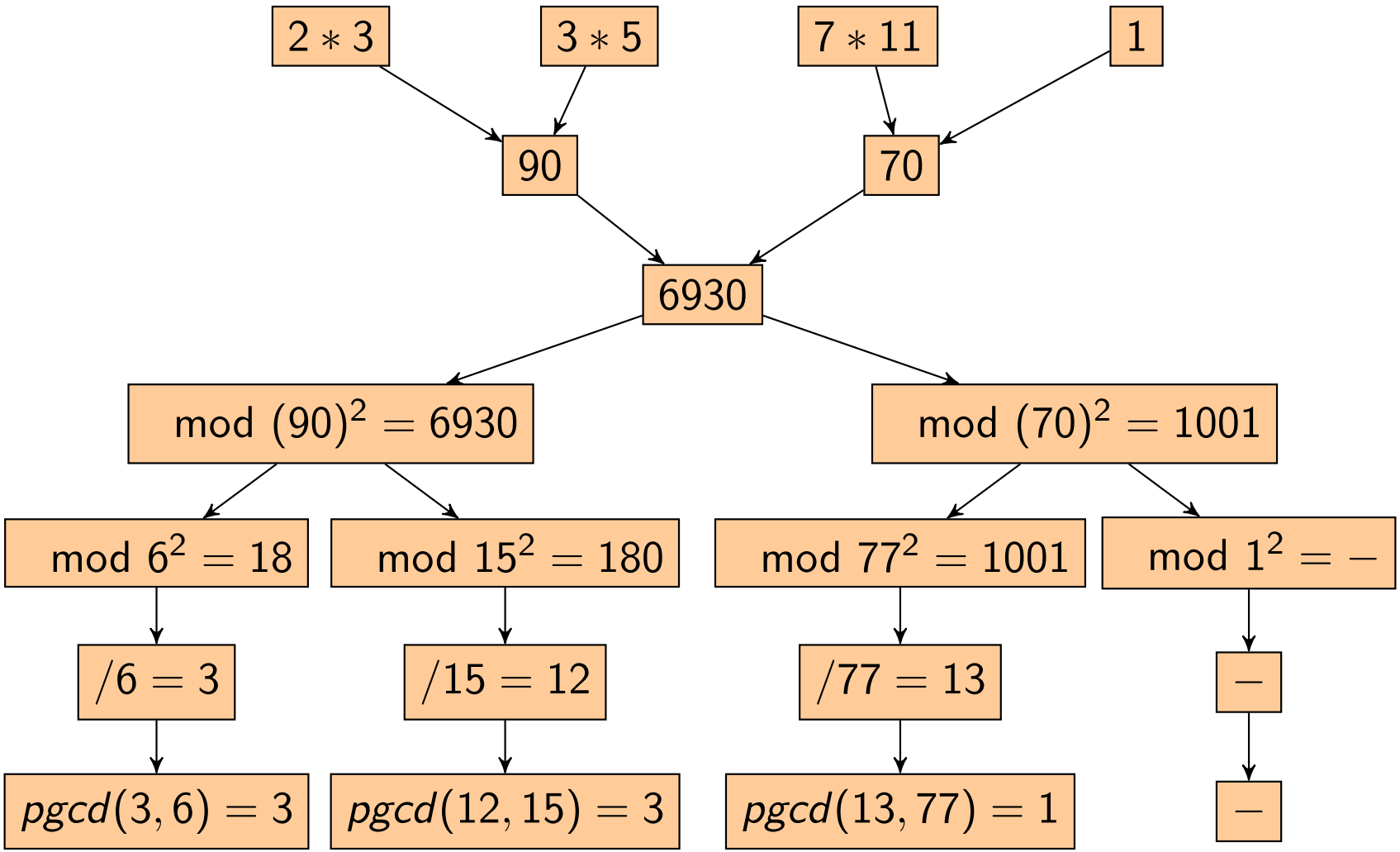
Factorisation

Exemple



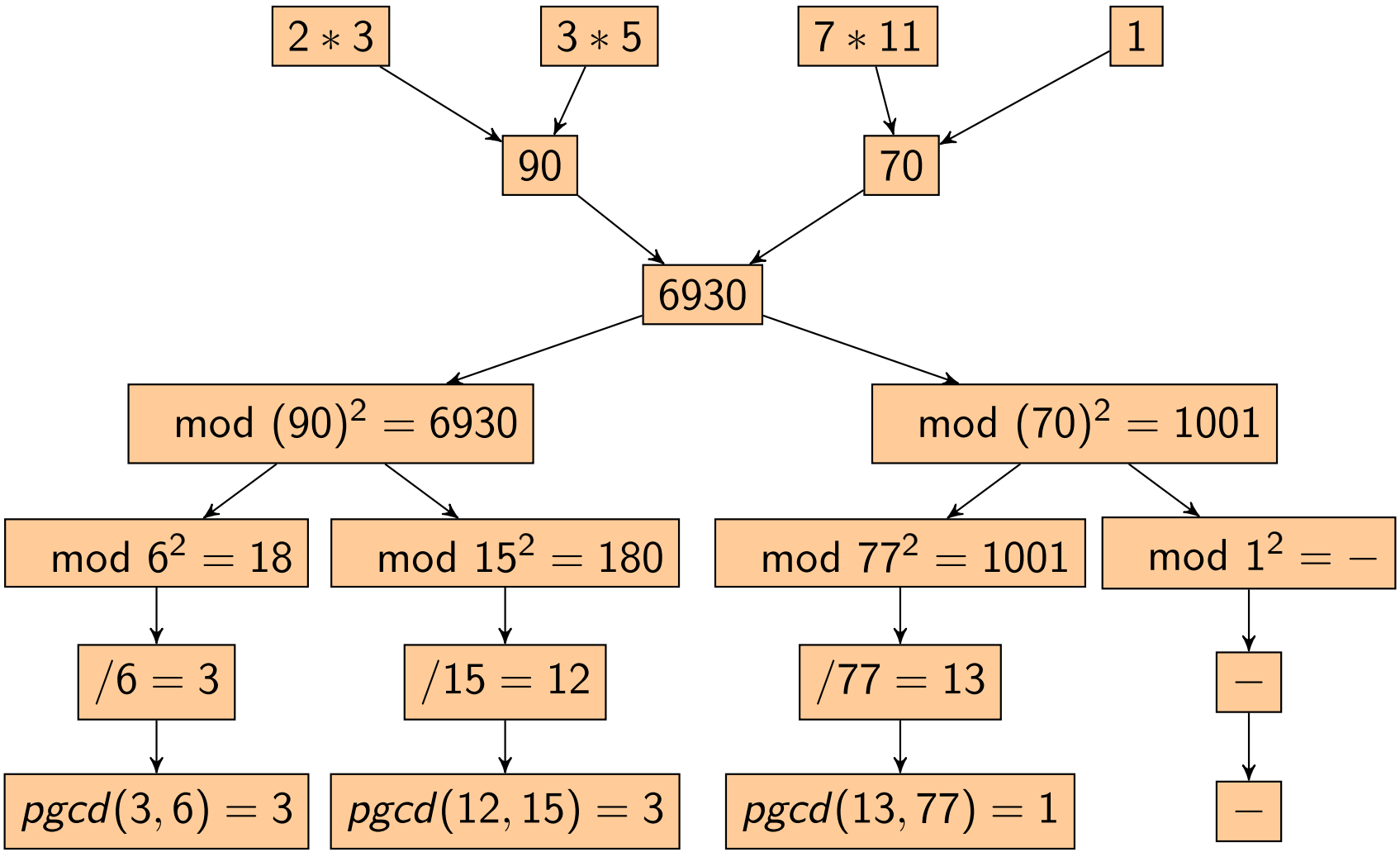
Factorisation

Exemple



Factorisation

Exemple



Factorisation

Algorithmes associés : Arbre des produits, Arbre des restes

Entrées: tableau des moduli : T
Sorties: Hauteur arbre, produits des moduli

$v \leftarrow T$;
$level \leftarrow 0$;
tant que $|v| > 1$ **faire**
  $tmp \leftarrow \emptyset$;
  pour chaque $i \in \{0, .., |v|/2\}$ **faire**
    $tmp[i] \leftarrow v[i \times 2] \times v[i \times 2 + 1]$;
  fin
  $storeProductLevel(v, level)$;
  $v \leftarrow tmp$;
  $level \leftarrow level + 1$;
fin
retourner $level$

Entrées: Hauteur de l'arbre : level
Sorties: PGCDs des moduli
tant que $level > 0$ **faire**
  $P \leftarrow getRemainderLevel(level)$;
  $v \leftarrow getProductLevel(level - 1)$;
  pour chaque $i \in \{0, .., |v|\}$ **faire**
    $v[i] \leftarrow P[i/2] \pmod{v[i]^2}$;
  fin
  $storeRemainderLevel(v, level)$;
  $v \leftarrow tmp$;
  $level \leftarrow level - 1$;
fin
$w \leftarrow \emptyset$;
pour chaque $i \in \{0, .., |v|\}$ **faire**
  $w[i] \leftarrow P[i/2] \pmod{v[i]^2}$;
  $w[i] \leftarrow w[i]/v[i]$;
  $w[i] \leftarrow pgcd(w[i], v[i])$;
fin
retourner w

Factorisation – Démonstration

Résultats

Introduction

Contexte

- récent scandal sur la NSA ;
- beaucoup d'outils utilisés.

Mais à qui peut-on faire confiance ?

Audit d'OpenSSL

Cinq grands axes :

- l'entropie ;
- la génération des clefs ;
- le chiffrement et les protocoles ;
- les signatures et les authentifications ;
- les protocoles SSL et TLS.

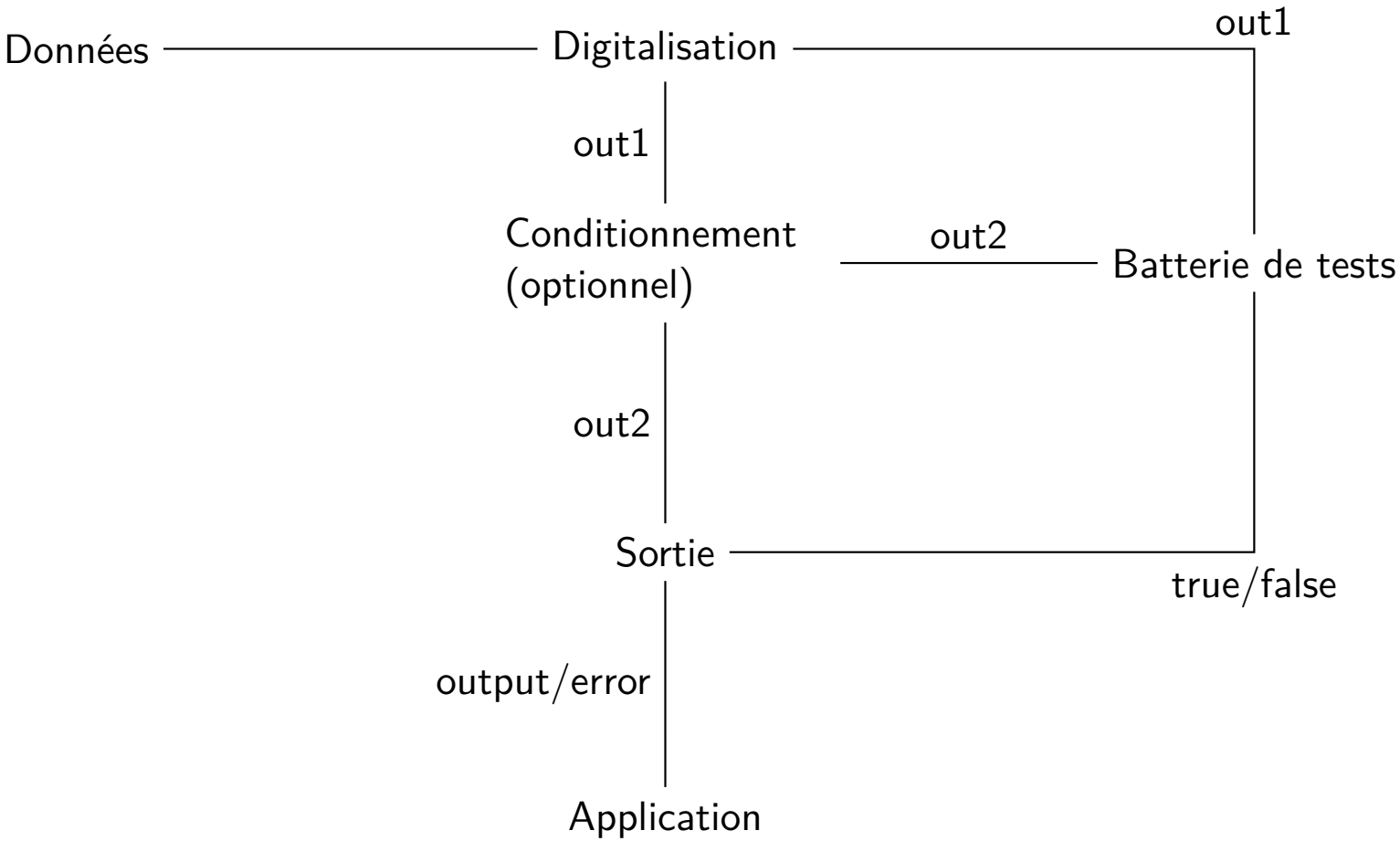
Entropie

Définitions

Générateur

- problème aléatoire ;
- mesure de l'entropie
  $H(X) = -\sum_x P(X = x) * \log_2(P(X = x))$;
- entropie et moduli.

Entropie


Données
Digitalisation
out1
out1
Conditionnement
(optionnel)
out2
Batterie de tests
out2
Sortie
true/false
output/error
Application

Entropie

Tests

- Tests trop anciens, `FIPS1` (1994), non mis à jour
  - test monobit
  - test poker
  - test runs
  - test long runs
- Autres tests proposés dans le rapport

Entropie – Démonstration

Faille Debian 4.0 sous OpenSSL 0.9.8

Après avoir récupéré l'ensemble des certificats sur l'Internet, on peut identifier rapidement ceux qui ont étés générés durant la faille Debian/OpenSSL entre 2006 et 2008.

- **Durée de l'attaque** : quelques heures
- **Conséquences** : forger de faux certificats, de fausses signatures et déchiffrer des messages privées.
- **Qui ?** : grandes entreprises (e.g. IBM, CISCO), routeurs, universités, etc.
- **Fin de validité de certificats** : Entre 2020 et 2030.

Génération des clefs

Principes de Kerchkoff

- Le *secret* réside dans la clef ;
- Les algorithmes de génération de clés ne doivent donner aucune information sur la clé.

Deux grands types de générateur de clés

- Générateurs de bits aléatoires (RGB) pour les clés privées de certains algorithmes (i.e. AES, DSA) ou pour le salage (i.e. *seed* de RSA)
- Générateurs de clefs asymétriques, qui utilisent des fonctions à sens uniques, largement diffusées et ne devant délivrer aucune information sur le secret.

Génération des clefs

Audit : Diffie-Hellman Ephémère en mode FIPS

- **Description** : Un attaquant écoutant une communication chiffré en SSL/TLS entre un client et un serveur peut déchiffrer tout les messages en forçant la génération d'un secret Diffie-Hellman prédictible.
- **Comment ?** : En modifiant le trafic réseau par exemple.
- **Pourquoi ?** : L'activation du mode FIPS ne rejette pas les paramètres P/Q faibles pour les algorithmes EDH/DHE.
- **Où ?** : Dans `crypto/dh/dh_key.c` une partie de code génère un faux positif dans certains cas (sur une condition de test).
- **Solution :** Logiciel *Nessus Vulnerability Scanner* pour tester la configuration des serveurs.

Chiffrement et protocoles

Signature et authentification

Définition

- Juridiquement, une signature électronique à même valeur qu'une signature manuscrite.
- Elle **DOIT** assurer l'intégrité, l'authentification et la non-répudiation d'un message.

Des anciennes versions d'OpenSSL ont des vulnérabilités au niveau de la vérification de messages signés, ou des fuites d'informations sur la clé privée ayant servi à chiffrer.

Signature et authentification

Audit : Attaque par injection de fautes sur les certificats RSA.

- **Description** : L'attaque se fait sur des morceaux de la signature récupéré afin de récupérer la clé privée bit à bit.
- **Comment ?** : Du bon matériel, surtout au niveau de la mémoire vive (i.e. Système Linux avec une architecture SPARC) et un oracle (e.g. système de prédictions) permettant de fabriquer la clé.
- **Temps de l'attaque** : une centaine d'heure.

Signature et authentification

Audit : Attaque par injection de fautes sur les certificats RSA.

- **Un problème dans le code OpenSSL ?** : La fonction `Fixed_Window_Exponentiation` utilise des milliers de multiplications, qui est opération la plus sensible en cas de dégradation du micro-processeur.
- **Solution :** Aucune ! On pourrait utiliser la technique du `square_and_multiply` mais elle a l'inconvénient d'être vulnérable à une attaque par *timing*.
- **Conséquences :** A moins que l'attaquant n'ai accès physiquement à votre machine les risques sont faibles. Cependant l'Université du Michigan cherche un moyen de faire des injections à distance à base d'`impulsions lasers`.

Protocole SSL/TLS

Ouverture

Faiblesses identifiées

Critères

- version du protocole
- *ciphersuites* proposées par le client
- courbes elliptiques supportées
- algorithmes de signature
- compression TLS
- activation ou non du ticket de session

Implémentation

Démonstration

Analyse de la sécurité des navigateurs clients

- Sous le navigateur graphique `Chrome` : le plus utilisé dans le monde.
- Sous le navigateur console `lynx` : apprécié chez les développeurs.

Modification manuelle

Nous pouvons modifier la *ciphersuite* du client avec la commande `s_client`.

Conclusion