
# Mind your Language(s)!

## Langages de développement et sécurité

P. Chifflier & É. Jaeger, ANSSI

Conférence STL (UPMC), 31 octobre 2014

**An unreliable programming language generating unreliable programs constitutes a far greatest risk to our environment and to our society than unsafe cars, toxic pesticides, or accidents at nuclear power stations. Be vigilant to reduce that risk, not to increase it.**

**C.A.R. Hoare**

# Motivations

En 2005, un industriel interroge la DCSSI pour savoir si le langage JAVA peut être utilisé développer un produit de sécurité

Cette question, généralisée, a mené à différentes études dont

- JAVASEC : sécurité du langage JAVA
- LAFOSEC : sécurité des langages fonctionnels (dont OCAML)

L'une des leçons de ces études, c'est que les questions de l'ANSSI à propos des langages ne sont pas toujours partagées ou comprises

Cette présentation s'inscrit dans des travaux visant à illustrer et expliquer *a posteriori* cet intérêt pour la sécurité des langages, et mettre en évidence l'influence du langage [1]

1. Qui pourrait faire partie de la solution et non pas du problème...

# Sécurité ?



Parmi les commandes suivantes, lesquelles sont susceptibles (sans redirection) de provoquer la destruction des données d'un fichier ?

☐ `ls` ☐ `cd` ☐ `cp` ☐ `cat` ☐ `rm` ☐ `mv`

Fonctionnel

- Question ré-interprétée « *Comment détruire les données d'un fichier ?* », seule la commande `rm` est mentionnée

Sécurité

- Si on cherche à protéger les données, les commandes dangereuses sont `rm` mais aussi `cp` et `mv`, qui écrasent les fichiers cibles

# Sécurité ?



Un paquet IP comporte dans son entête deux champs adresse pour sa source et sa destination

Fonctionnel

- Rendre le service consiste à acheminer l'information jusqu'à l'adresse destination
- La diffusion convient dans certains contextes

Sécurité

- L'adresse source n'est probablement ni exploitée ni vérifiée, ce qui permet le *spoofing* d'adresses IP
- En diffusion, chaque récepteur voit tous les paquets

# Sécurité ?



Spécification de deux fonctions pour la compression (Zip) et la décompression (Unzip) de fichiers

Fonctionnel

- $\forall\,(f : \mathsf{File}),\ \mathsf{Unzip}(\mathsf{Zip}\,f) = f$

Sécurité

- $\forall\,(c : \mathsf{File}),\ (\neg\exists\,(f : \mathsf{File}),\ \mathsf{Zip}\,f = c) \Rightarrow \mathsf{Unzip}\,c = \mathsf{Error}$
- En particulier, ne pas faire confiance à un champ annonçant à l'avance la taille du fichier décompressé

# Sécurité et langages



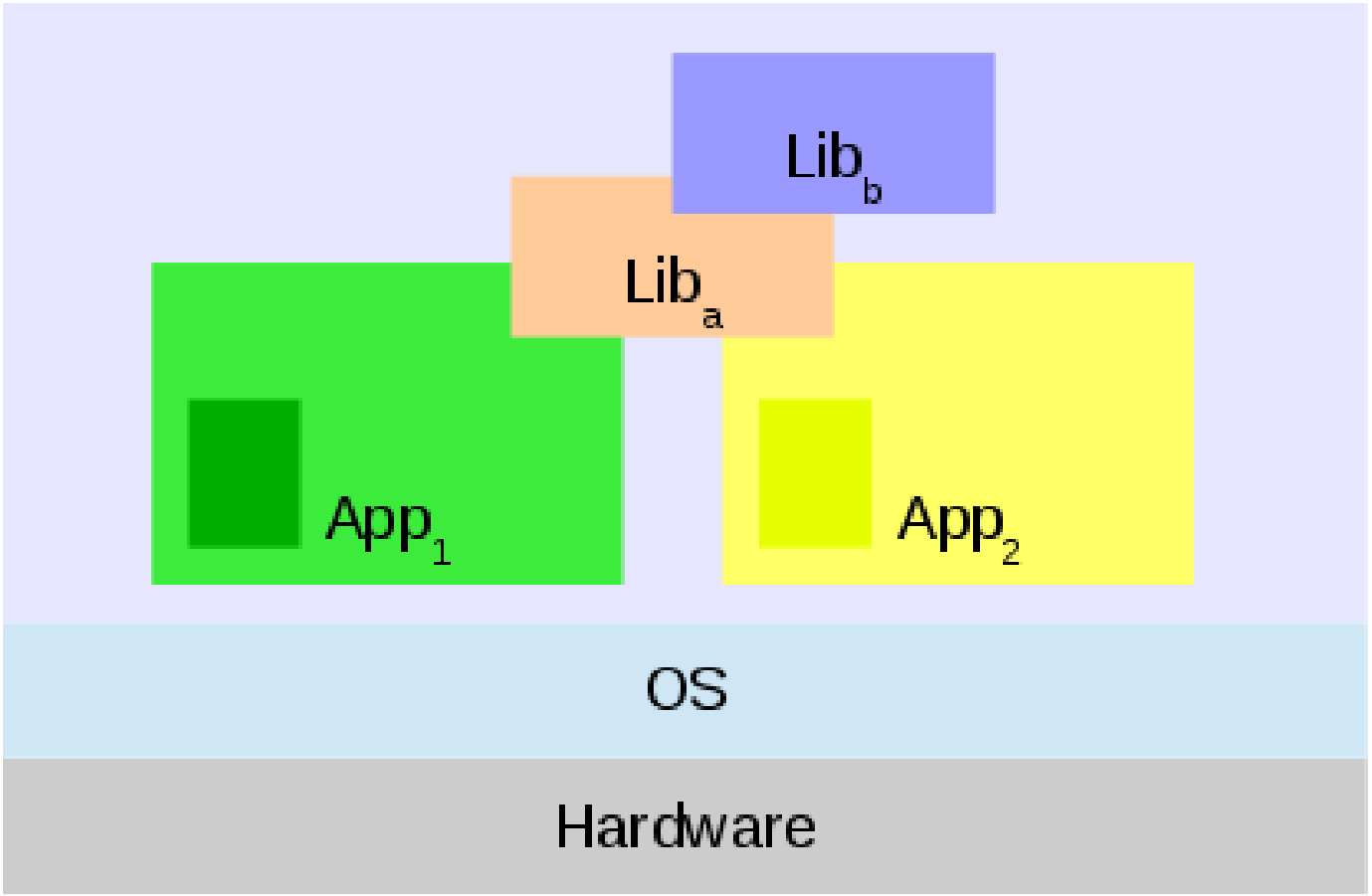
Quelques aspects intéressants d'un langage en termes de sécurité

- Faux amis ou pièges
- Constructions non spécifiées ou non définies mais disponibles
- Possibilités d'offuscation pour un développeur malicieux
- Bugs ou comportements inappropriés des outils de développement
- Limitations des capacités d'analyse
- Surprises à l'exécution
- ...

Ce qui est signalé dans la suite n'est pas forcément une erreur, mais « attire l'attention » des experts en sécurité

Réciproquement, les problèmes non liés aux langages (algorithmes, architectures, *etc.*) sont hors sujet ici

Rappels sur des frontières logiques qui pourraient être remises en cause



# Plan

# Plan

# [Java] Charge static



Le comportement de programmes objets très simples est parfois surprenant : que fait le code suivant lorsque `Mathf.pi=3.1415` ?

## Source (snippets/java/StaticInit.java)

```
class StaticInit {
  public static void main(String[] args) {
    if (Mathf.pi-3.1415<0.0001)
      System.out.println("Hello world");
    else
      System.out.println("Hello strange universe");
  }
}
```

À l'exécution, on obtient `Bad things happen!`



L'explication du comportement de `StaticInit` se trouve dans `Mathf`

## Source (snippets/java/Mathf.java)

```
class Mathf {
  static double pi=3.1415;
  static { // Do whatever you want here
           System.out.println("Bad things happen!");
           // Do not return to calling class
           System.exit(0); }
}
```

En JAVA le chargement d'une classe exécute le code d'initialisation de classe, même en l'absence d'appel à une méthode ou à un constructeur

# [Java] *Serial killer*

Évitons donc toute référence à une classe externe non maîtrisée

## Source (snippets/java/Deserial.java)

```
import java.io.*;
class Friend { } // Unlikely to be dangerous!
class Deserial {
  public static void main (String[] args)
    throws FileNotFoundException, IOException,
           ClassNotFoundException {
    FileInputStream fis = new FileInputStream("friend");
    ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(fis);
    Friend f=(Friend)ois.readObject();
    System.out.println("Hello world");
  }
}
```

Hélas à l'exécution on a `Bad things happen!` Le fichier sérialisé contient la classe de l'objet, lorsque le *cast* échoue c'est déjà trop tard

# Plan

# [Java] Encore une *objection*

L'encapsulation objet est-elle un mécanisme de sécurité ?

## Source (snippets/java/Introspect.java)

```
import java.lang.reflect.*;
class Secret { private int x = 42; }
public class Introspect {
  public static void main (String[] args) {
    try { Secret o = new Secret();
          Class c = o.getClass();
          Field f = c.getDeclaredField("x");
          f.setAccessible(true);
          System.out.println("x="+f.getInt(o));
        }
    catch (Exception e) { System.out.println(e); }
  }
}
```

L'introspection peut être interdite dans la politique de sécurité Java, mais c'est complexe et des effets secondaires sont probables

OCaml offre également différents mécanismes d'encapsulation [2]

## Source (snippets/ocaml/hsm.ml)

```
module type Crypto = sig val id:int end;;

module C : Crypto  =
struct
  let id=Random.self_init(); Random.int 8192
  let key=Random.self_init(); Random.int 8192
end;;
```

C'est un boîte fermée ; la valeur `id` est visible et celle de `key` masquée

`C.id` donne `- : int = 2570`

`C.key` donne `Error: Unbound value C.key`

2. Ici les modules, sachant que les objets d'OCaml sont plus ≪ fragiles ≫

Mais cette encapsulation peut être contournée

## Source (snippets/ocaml/hsmoracle.ml)

```
let rec oracle o1 o2 =
  let o = (o1 + o2)/2 in
  let module O = struct let id=C.id let key=o end in
  if (module O:Crypto)>(module C:Crypto)
  then oracle o1 o
  else (if (module O:Crypto)<(module C:Crypto)
        then oracle o o2
        else o);;

oracle 0 8192;;
```

À l'exécution, la valeur de `key` est retournée ; impossible d'ouvrir la boîte, mais on peut la comparer à d'autres sur une balance

Pas convaincu ? Remettons en cause le typage, alors...

## Source (snippets/ocaml/hsm5.ml)

```
module type Crypto = sig val id:int end;;

module C : Crypto  =
struct
  let id=42
  let secretchar='k'
end;;

let rec oracle o1 o2 =
  let o = (o1 + o2)/2 in
  let module O = struct let id=C.id let key=o end in
  if (module O:Crypto)>(module C:Crypto)
  then oracle o1 o
  else (if (module O:Crypto)<(module C:Crypto)
        then oracle o o2 else o);;
```

L'oracle retourne 107, le code ASCII du caractère 'k'

# [Java] Nombrilisme

Java permet de définir des classes internes

## Source (snippets/java/Innerclass.java)

```
public class Innerclass {
  private static int a=42;

  static public class Innerinner {
    private static int b=54;
    public static void print() {
      System.out.println(Innerclass.a);
    }
  }

  public static void main (String[] args) {
    System.out.println(Innerinner.b);
    Innerinner.print();
  }
}
```

Pourtant les classes internes ne sont pas supportées en *bytecode* !

# Plan

# [C] Questions stratégiques

Si on joue avec les effets de bord, la stratégie d'évaluation devient significative, et des subtilités peuvent apparaître

## Source (snippets/c/effect.c)

```
{ int c=0; printf("%d %d\n",c++,c++); }

{ int c=0; printf("%d %d\n",++c,++c); }

{ int c=0; printf("%d %d\n",c=1,c=2); }
```

La première ligne affiche `1 0`
La seconde ligne affiche `2 2`
La troisième ligne affiche `1 1`



En OCaml le code est statique et les chaînes sont mutables ; mais qu'en est-il des chaînes apparaissant dans le code ?

## Source (snippets/ocaml/mutable.ml)

```
let check c =
  if c then "Tout va bien" else "Tout va mal!";;

let f=check false in
  f.[8]<-'b'; f.[9]<-'i'; f.[10]<-'e'; f.[11]<-'n';;

check true;;
check false;;
```

Les deux applications de `check` renvoient `"Tout va bien"`

L'exemple précédent n'est pas une redéfinition de la fonction `alert` mais un simple effet de bord ; pour s'en convaincre, voici ce que cela donne avec une fonction de la bibliothèque standard

**Source (snippets/ocaml/mutablebool.ml)**

```
let t=string_of_bool true in
  t.[0]<-'f'; t.[1]<-'a'; t.[3]<-'x';;

Printf.printf "1=1 est %b\n" (1=1);;
```

Le code affiche `1=1 est faux` ; d'autres fonctions intéressantes sont concernées, par exemple `Char.escaped`[3] ainsi que certains *patterns* de développement usuels basés sur les exceptions

3. Rappelons que c'est une fonction de sécurité...

# [C] Sauf exception...



Au préalable, deux petits rappels

**Source (snippets/c/strategy1.c)**

```
#define abs(X) (X)>=0?(X):(-X)
int abs(int x) { return x>=0?x:-x; }

#define first(x,y) x
int first(int x,int y) { return x; }
```

Les deux versions de `abs` n'ont pas le même comportement par exemple pour `abs(x++)`

Les deux versions de `first` n'ont pas le même comportement par exemple pour `first(x,1/x)` avec `x` valant `0` – les exceptions sont des effets de bord

# [C] Sauf exception. . .



Ces subtilités étant clarifiées, que font les deux codes suivants ?

## Source (snippets/c/strategy3.c)

```
int zero(int x) { return 0; }
int main(void) { int x=0; x=zero(1/x); return 0; }
```

## Source (snippets/c/strategy3b.c)

```
int zero(int x) { return 0; }
int main(void) { int x=0; return zero(1/x); }
```

Tout dépend du niveau d'optimisation

- `-O0` : `Floating point exception (core dumped)`
- `-O1` : le premier programme termine normalement
- `-O2` : les deux programmes terminent normalement

# Plan

# [C] La goutte d'eau

Petit rappel sur le principe des *Buffer Overflows*[4]

## Source (snippets/c/overflow.c)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

void set(int s,int v) { *(&s-s)=v; }

void bad() { printf("Bad things happen!\n"); exit(0); }

int main(void) {
  set(1,(int)bad); printf("Hello world\n"); return 0;
}
```

`Bad things happen!` La pile est corrompue, on peut surcharger des variables, modifier une adresse de retour voire injecter du code...

4. Ici dans une version balèze, car sans *Buffer*

# [C] Faire mauvaise impression

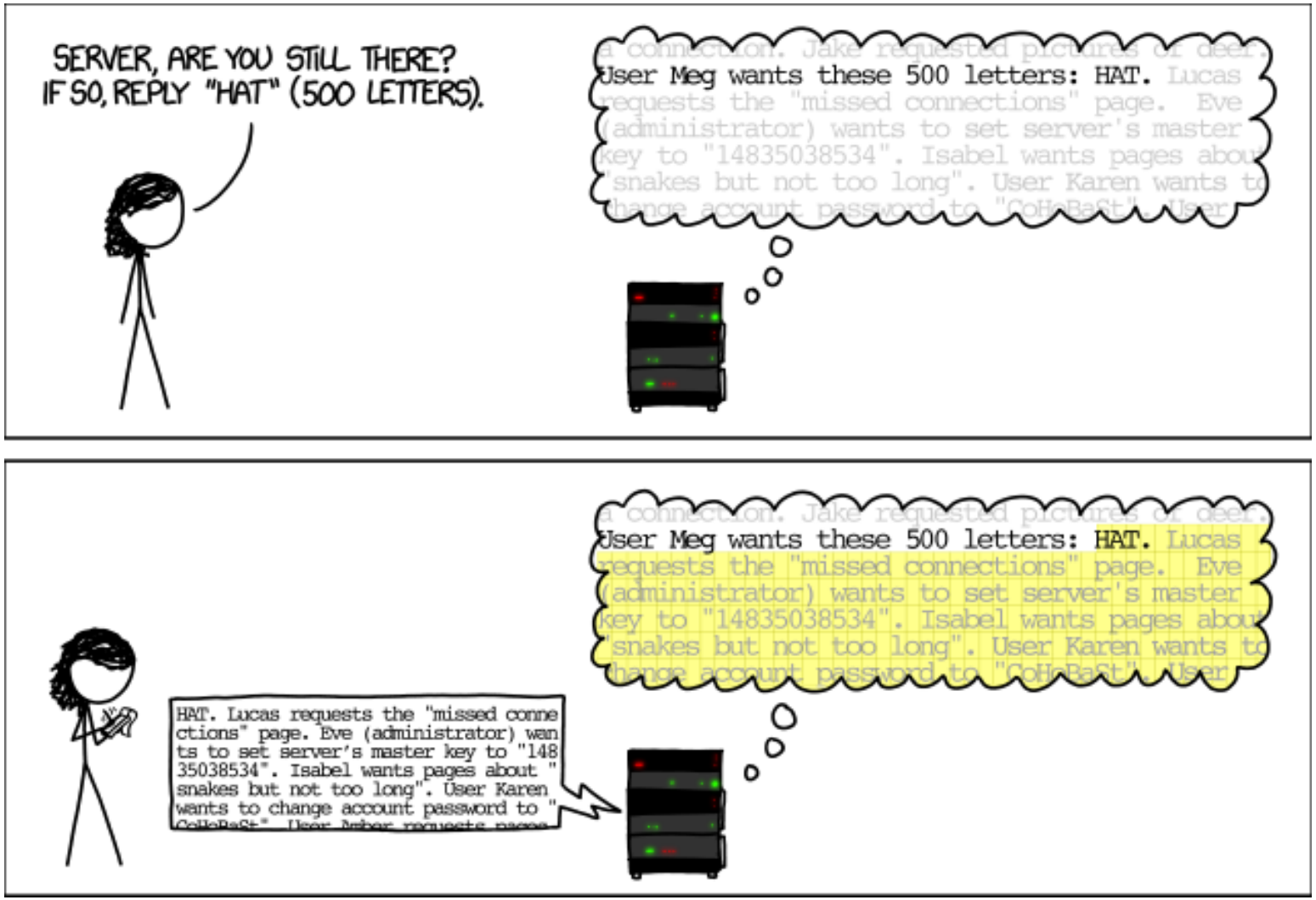
Mais les manipulations de piles sont parfois bien cachées...

## Source (snippets/c/stringformat3.c)

```
#include <stdio.h>

char *f="%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.\
%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.%08x.%n";

void strfmtattack() { printf(f); }

int main(void) {
  int s=0x12345;
  int *p=&s;
  strfmtattack();
  if (s!=0x12345) printf("Bad things happen! s=%08x\n",s);
  return 0;
}
```

```
...0036b225.00fdd280.00000000.00012345.Bad things happen! s=0000007e
```

# [C] Écho-logie


SERVER, ARE YOU STILL THERE? IF SO, REPLY "HAT" (500 LETTERS).
User Meg wants these 500 letters: HAT. Lucas requests the "missed connections" page. Eve (administrator) wants to set server's master key to "14835038534". Isabel wants pages about "snakes but not too long". User Karen wants to change account password to "CoHeRaSt". User
HAT. Lucas requests the "missed connections" page. Eve (administrator) wants to set server's master key to "14835038534". Isabel wants pages about "snakes but not too long". User Karen wants to change account password to "

La faille *Heartbleed* (CVE-2014-160) a été révélée en mars 2014

Concrètement, un serveur HTTPS sur deux de la planète serait concerné [5] avec une compromission possible

- Des clés privées
- Des mots de passe
- De toute autre information présente en mémoire du process. . .

L'intégration de ce service de sécurité cryptographique a induit une vulnérabilité dont l'impact va très au-delà du périmètre de ce service

C'est un simple oubli de vérification de bornes dans le code d'une fonction non critique du protocole SSL/TLS

5. Sans même parler des autres catégories d'équipements

# Plan

# [Erlang] *Let it crash (indeed)*

Erlang propose surcharges et conversions automatiques (*cast*) : `1+1`, `1.0+1.0` et `1+1.0` sont des expressions valides [6]

## Source (snippets/erlang/factorial.erl)

```
-module(factorial).
-compile(export_all).

fact(0) -> 1;
fact(N) -> N*fact(N-1).
```

```
demo$ erl
1> factorial:fact(4).
24
2> factorial:fact(4.0).
eheap_alloc: Cannot allocate...
```

6. Et il serait inutile de s'embêter à distinguer entiers et flottants...

# [JavaScript] Certains sont plus égaux que d'autres

JavaScript offre également tout le confort moderne...

## Source (snippets/js/unification2.js)

```
if (0=='0') print("Equal"); else print("Different");

switch (0)
{ case '0':print("Equal");
  default:print("Different");
}
```

L'affichage obtenu est `Equal` puis `Different`

# [Java] Encore une égalité contrariante

Au moins avec l'égalité physique, on sait à quoi s'en tenir. . . sauf en cas d'interactions subtiles avec des bibliothèques standards innovantes

## Source (snippets/java/IntegerBoxing.java)

```
Integer a1=42;
Integer a2=42;
if (a1==a2) System.out.println("a1 == a2");

Integer b1=1000;
Integer b2=1000;
if (b1==b2) System.out.println("b1 == b2");
```

`a1==a2`, mais pas de second affichage, qui veut jouer aux devinettes ?

# [Ruby] Ordres, contre-ordres

La surcharge permet de spécialiser pour adopter le comportement qui semble le plus « naturel », même si ce n'est pas toujours cohérent...

## Source (snippets/ruby/intervals.rb)

```
> "a"<"ab"
=> true

> "ab"<"b"
=> true

> ("a".."b")==="ab"
=> true

> ("a".."b").each { |x| print (x.to_s+".") }
a.b. => "a".."b"
```

Localement, tout semble avoir du sens, mais globalement, la sémantique des intervalles de chaînes de caractères n'est pas du tout claire

# [JavaScript] Reconversion

Faut-il préférer *cast* et surcharge, ou associativité et transitivité ?

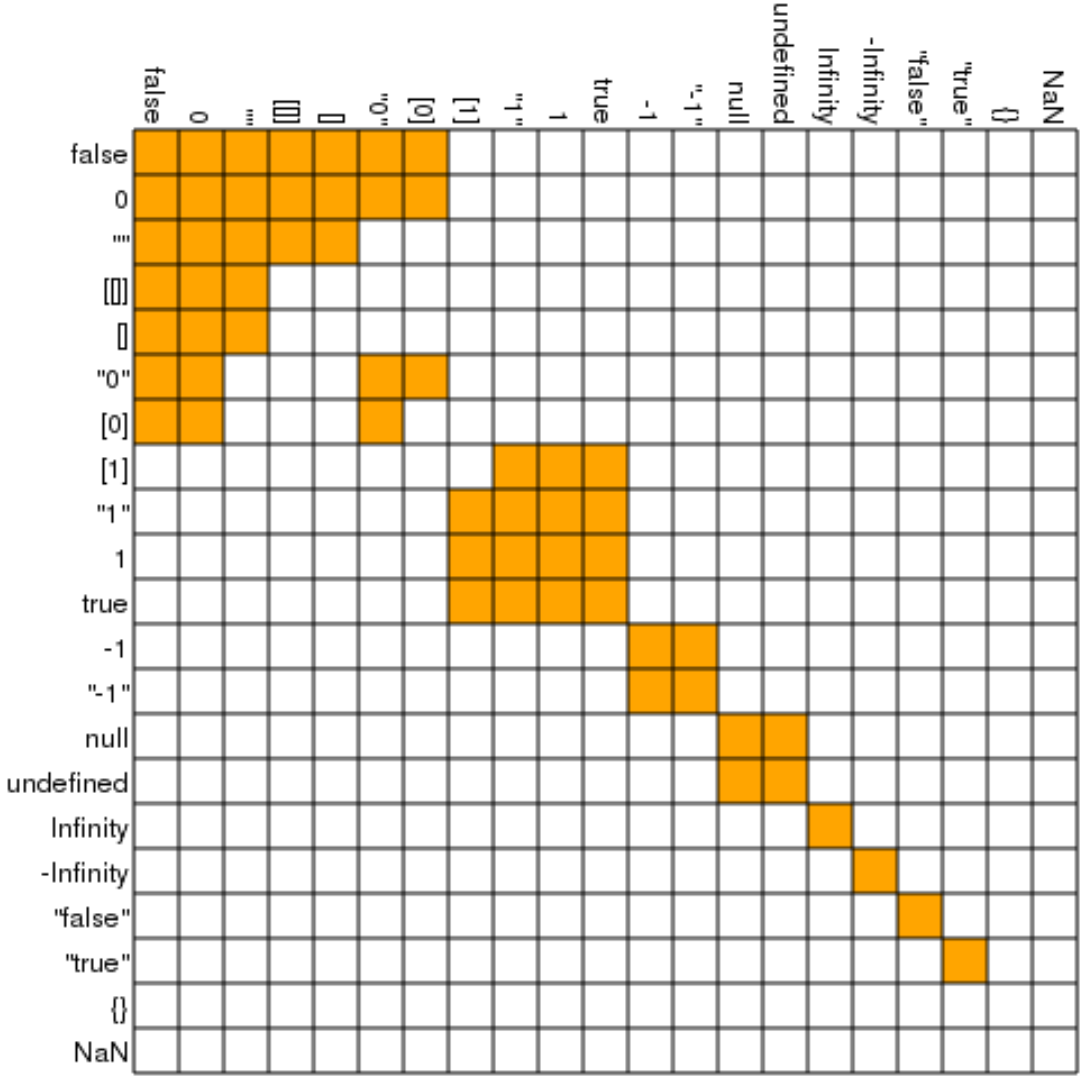
En JavaScript, on a `'0'==0` qui est vrai, de même `0=='0.0'`, par contre `'0'=='0.0'` est faux ; en d'autres termes, l'égalité n'est pas transitive

Autre exemple avec l'opérateur `+`, qui peut être l'addition d'entiers ou la concaténation de chaînes, mais qui est dans tous les cas associatif

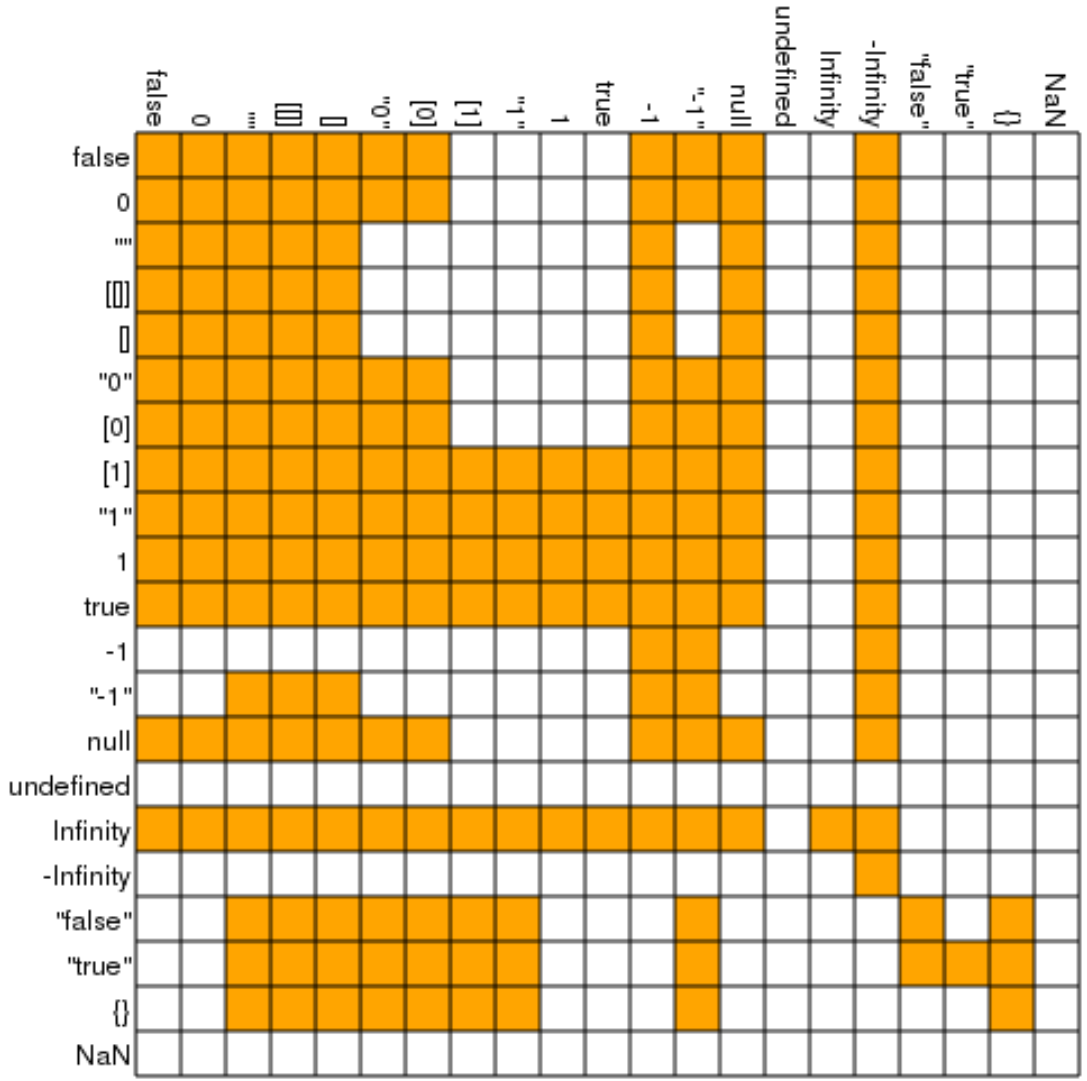
**Source (snippets/js/cast3.js)**

```
a=1; b=2; c='Foo';
print(a+b+c); print(c+a+b); print(c+(a+b));
```

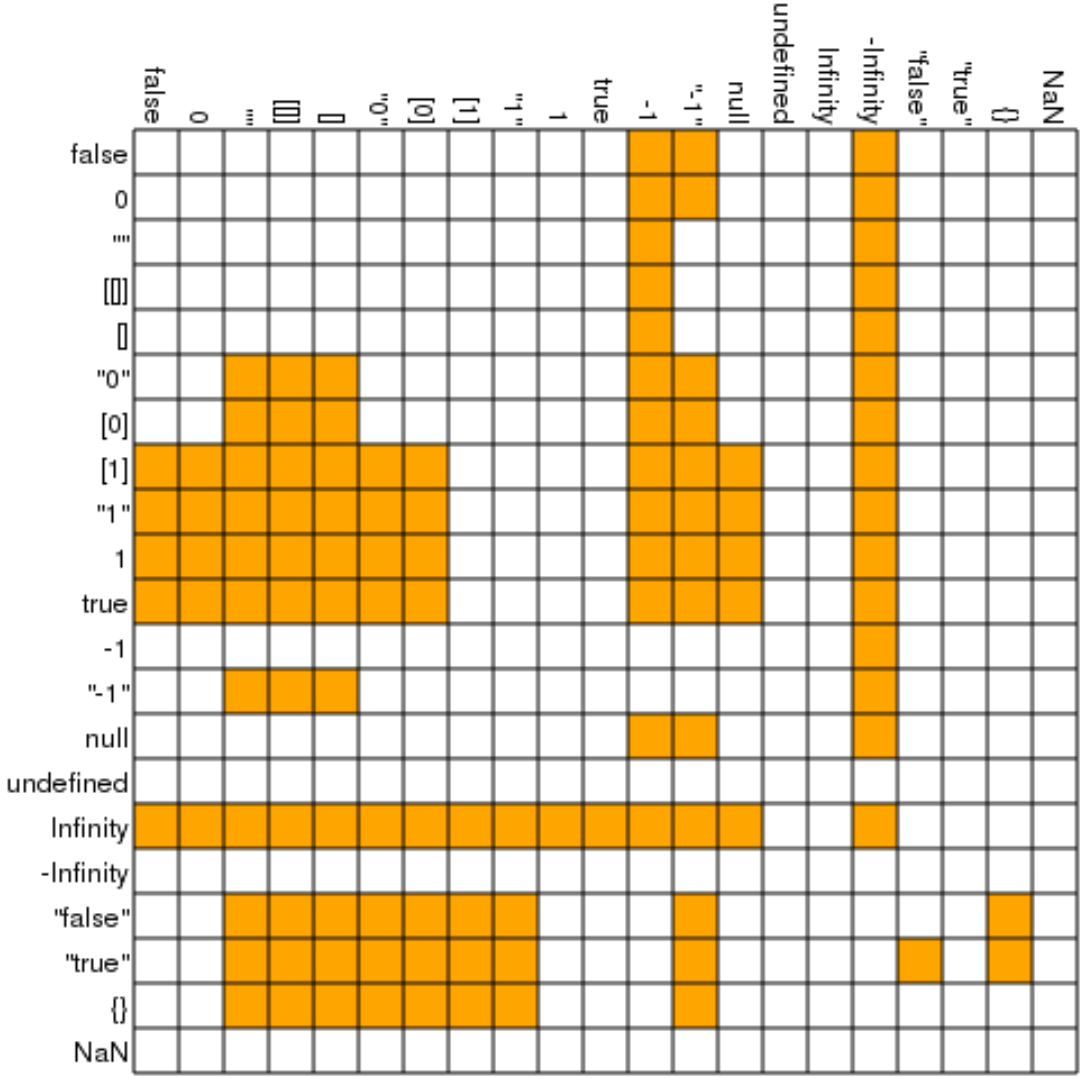
`3Foo`, `Foo12` et `Foo3`


false
0
""
[[]]
[]
"0"
[0]
[1]
"1"
1
true
-1
"-1"
null
undefined
Infinity
-Infinity
"false"
"true"
{}
NaN

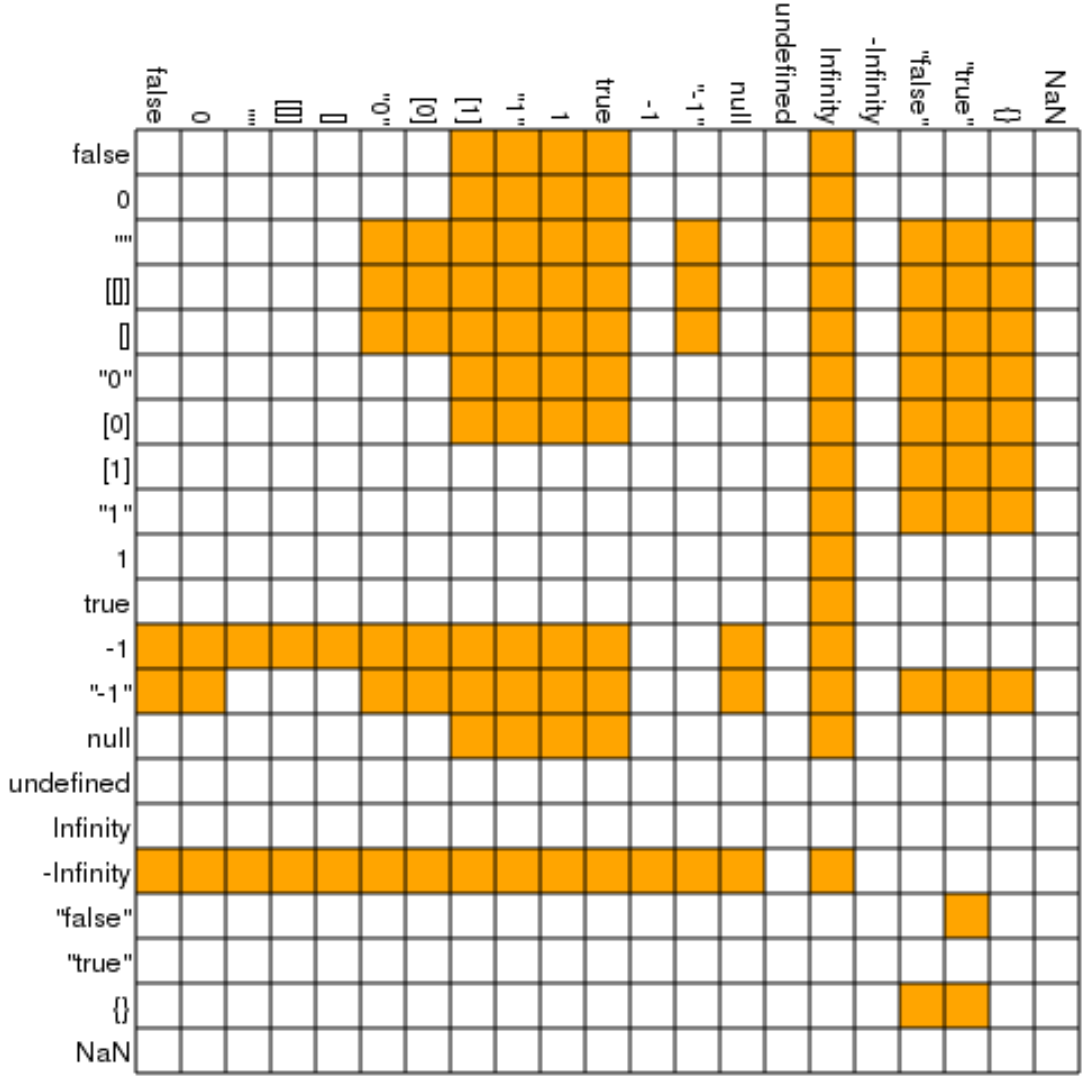
Égal ==




Plus petit ou égal <=


false
0
""
[[]]
[]
"0"
[0]
[1]
"1"
1
true
-1
"-1"
null
undefined
Infinity
-Infinity
"false"
"true"
{}
NaN

Plus petit <


false
0
""
[[]]
[]
"0"
[0]
[1]
"1"
1
true
-1
"-1"
null
undefined
Infinity
-Infinity
"false"
"true"
{}
NaN

Plus grand >

# [C] Système de *cast*



Le compilateur C cherche également à rendre service, que vaut `z` ?

## Source (snippets/c/cast0.c)

```
{ int x=3; int y=4; float z=x/y; }
```

`0.0`

## Source (snippets/c/cast1.c)

```
{ unsigned char x = 128; unsigned char y = 2;
  unsigned char z = (x * y) / y; }
```

`128` (ce n'est pas une optimisation du compilateur mais un *cast*)

Pour les curieux, voici le code assembleur associé à `cast1.c`

## Source (snippets/c/castregister.asm)

```
unsigned char x = 128;
        movb    $-128, -19(%rbp)
unsigned char y = 2;
        movb    $2, -18(%rbp)
unsigned char z = (x * y) / y;
        movzbl  -19(%rbp), %edx
        movzbl  -18(%rbp), %eax
        imull   %edx, %eax
        movzbl  -18(%rbp), %edx
```

# [Java] Surcharge (pond des râles)

Le développeur peut parfois mettre son propre grain de sel

## Source (snippets/java/Confuser.java)

```
class Confuser {

  static void A(short i) { System.out.println("Foo"); }
  static void A(int i) { System.out.println("Bar"); }

  public static void main (String[] args) {
    short i=0;
    A(i);
    A(i+i);
    A(i+=i);
  }
}
```

Le programme affiche `Foo`, `Bar`, `Foo` ; dans la « vraie » vie ajoutez de l'héritage et des `Integer`

# [Ruby] *Alea jacta est !*

La surcharge permet même de transformer les fondamentaux

## Source (snippets/ruby/poison.rb)

```
> 3==4
=> false
> 3.eql?4
=> false
> 3.equal?4
=> false

> class Fixnum; def ==(y); true; end; end
=> nil
> 3==4
=> true
> 3.eql?4
=> true
> 3.equal?4
=> false
```

C'est aussi possible en JavaScript par exemple

# [C] Complément d'information

Avant de présenter les exemples suivants, un petit rappel : combien y a-t-il de solutions pour l'équation $x = -x$ en $\mathbb{C}$ ?

## Source (snippets/c/cast2.c)

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
  int z=0;
  if (z==-z) printf("%d==-(%d)\n",z,z);

  int r=1<<((sizeof(int)*8)-1);
  if (r==-r) printf("%d==-(%d)\n",r,r);

  return 0;
}
```

`0==-(0)` et `-2147483648==-(-2147483648)`, c'est ce qui fait tout le charme du complément à 2 pour représenter les entiers signés

# [C] C'est mauvais signe...

Même quand on pense avoir bien compris, il reste des surprises...

## Source (snippets/c/castsigned2.c)

```
{ unsigned char a = 1; signed char b = -1;
  if (a<b) printf("%d<%d\n",a,b);
  else printf("%d>=%d\n",a,b); }

{ unsigned int a = 1; signed int b = -1;
  if (a<b) printf("%d<%d\n",a,b);
  else printf("%d>=%d\n",a,b); }
```

Avec les types `char`, on obtient `1>=-1`, alors qu'avec les types `int` on obtient `1<-1` – encore des subtilités sur les promotions

# [C] *Cast*astrophes

Ces mécanismes peuvent rendre certains contrôles caduques

## Source (snippets/c/castbound.c)

```
#include <stdio.h>

void write(int tab[],int size,signed char ind,int val) {
  if (ind<size) tab[ind]=val;
  else printf("Fail\n");
}

int main(void) {
  size_t size=120; int tab[size];
  write(tab,size,127,42);
  write(tab,size,128,42);
  return 0;
}
```

Première écriture refusée (`Fail`) mais seconde acceptée – le où est laissé à la sagacité de l'auditoire... Et si `size=150` ?

# [C] Une vraie vulnérabilité

Si vous le lui demandez, le compilateur peut parfois vous aider à repérer ces problèmes (`-Wconversion`[7] pour GCC)

Les plus curieux d'entre vous pourront étudier la faille CVE-2010-0740 (*Record of death vulnerability*) sur OpenSSL

**Source (snippets/c/patch-CVE-2010-0740.diff)**

```
-   /* Send back error using their
-    * version number :-) */
-   s->version=version;
+   if ((s->version & 0xFF00) == (version & 0xFF00))
+   /* Send back error using their minor version number :-) */
+   s->version = (unsigned short)version;
```

Il semble qu'une faille d'authentification sur MySQL puisse également être liée à ce type de difficultés

7. à moins que ce ne soit `-Wextra` ? Ce n'est pas très clair...

# [C] Les derniers seront les premiers

Un autre détail : qu'affiche le code suivant ?

## Source (snippets/c/3264.c)

```
unsigned long setBit1(int n)
{ return (1 << n); }

unsigned long setBit2(int n)
{ return ((unsigned long) 1 << n); }

void main () {
  printf ("%lu\n", setBit1 (33));
  printf ("%lu\n", setBit2 (33));
}
```

Réponse : ça dépend de l'architecture retenue pour la compilation

- En 32 bits, les deux lignes affichent `2`
- En 64 bits, la première affiche `2` et la seconde `8589934592` ($2^{33}$)

Celle-là est quand même gratinée [8]

**Source (snippets/php/castincr.php)**

```
$x="2d8"; print($x+1); print("\n");

$x="2d8"; print(++$x."\n"); print(++$x."\n"); print(++$x."\n");

if ("0xF9"=="249") { print("Equal\n"); }
else { print("Different\n"); }
```

La première ligne affiche `3` (entier)

La seconde ligne affiche `2d9` (chaîne), `2e0` (chaîne) puis `3` (flottant)

La troisième ligne affiche `Equal`

8. Même JAVASCRIPT n'ose pas aller jusque là, c'est dire

Quel rapport avec la sécurité ? Voici un exemple

## Source (snippets/php/hash.php)

```
$s1='QNKCDZO'; $h1=md5($s1);
$s2='240610708'; $h2=md5($s2);
$s3='A169818202'; $h3=md5($s3);
$s4='aaaaaaaaaaaumdozb'; $h4=md5($s4);
$s5='badthingsrealmlavznik'; $h5=sha1($s5);

if ($h1==$h2) print("Collision\n");
if ($h2==$h3) print("Collision\n");
if ($h3==$h4) print("Collision\n");
if ($h4==$h5) print("Collision\n");
```

`Collision` est affiché 4 fois, mais ne concluez pas trop vite que MD5 et SHA1 sont mis en cause ici

# [JavaScript] Offusquez-vous !

Surcharges et *casts* permettent au compilateur de tripatouiller le code jusqu'à lui trouver *un*[9] sens

**Source (snippets/js/weirdeval.js)**

```
{} + {}
[] + {}
{} + []
({} + {})
```

Toutes ces expressions ont un sens différent de celui des autres (même la première et la quatrième ligne)

`jscert.org` donne d'autres éléments surprenants sur JavaScript

9. Article volontairement indéfini

# Plan

# [SQL] Transgresser les ordres

Les comportements à la marge des types sont souvent intéressants

## Source (snippets/sql/partial.sql)

```
SELECT CONCAT(IF(@X<=@Y,'X<=Y','X>Y'),
              ' and ',
              IF(@X>=@Y,'X>=Y','X<Y')) AS Test;
```

Avec `SET @X=1; SET @Y=2;` on obtient `X<=Y and X<Y`

Avec `SET @X=NULL` par contre on obtient `X>Y and X<Y` (le même type d'observations peut être fait avec les flottants et `NaN`)

# [OCaml] Certains sont plus égaux que d'autres

En OCaml, `x` et `y` étant des valeurs, combien de valeurs peut prendre l'expression booléenne `x=y` ?

## Source (snippets/ocaml/bool4.ml)

```
type tree= Leaf | Node of tree*tree;;

let zero = Leaf;;
let one = Node(Leaf,Leaf);;
let rec many = Node(Leaf,many);;
let rec more = Node(more,Leaf);;
```

`zero=zero` donne `true`, `zero=one` donne `false`, `many=many` boucle et `more=more` provoque une erreur – donc 4 comportements

# [Shell] Interdiction d'interdire

Pas convaincu par la remarque précédente ? Et pourtant...

## Source (snippets/shell/login.sh)

```
#!/bin/bash
PIN=1234
echo -n "Veuillez saisir le code PIN (4 chiffres): "
read -s PIN_SAISI; echo

if [ "$PIN" -ne "$PIN_SAISI" ]; then
    echo "Code PIN invalide."; exit 1
else
    echo "Authentification OK"; exit 0
fi
```

Un mauvais code PIN sera rejeté ; par contre, si l'utilisateur saisit des caractères non numériques, l'accès lui sera accordé

# [C] CERT-ification



Focus sur la vulnérabilité *Goto Fail* de GnuTLS en mars 2014 (`lwn.net`)

> *But this bug is arguably much worse than Apple's, as it has allowed crafted certificates to evade validation check for all versions of GnuTLS ever released since that project got started in late 2000.[...]*
> *The* `check_if_ca` *function is supposed to return true (any non-zero value in C) or false (zero) depending on whether the issuer of the certificate is a certificate authority (CA). A true return should mean that the certificate passed muster and can be used further, but the bug meant that error returns were misinterpreted as certificate validations.*

# [C] CERT-ification



Petit rappel historique sur une vulnérabilité OPENSSL remontant à 2008 (CVE-2008-5077)

Le patch correctif remplace `if (!i)` par `if (i<=0)`, la valeur `i` en question étant le retour d'une fonction vérifiant un certificat, qui était interprétée un peu vite comme un booléen pur sans prendre en compte les autres valeurs correspondant à un code d'erreur

Oui, c'est *exactement* le même problème que le *Goto Fail* de GNUTLS en 2014, sur exactement le même type de fonction sur exactement le même type de logiciel critique, donc de deux choses l'une

- Soit on continue de critiquer les développeurs qui n'apprennent pas
- Soit on considère que peut-être les outils ne sont pas adaptés

# Comportements atypiques

Les types statiques constituent une information purement logique qui n'a aucune existence concrète dans l'implémentation

Il faut donc éviter des raisonnements étriqués excluant des situations « mal typées » mais néanmoins possibles

- Désérialisation de valeurs incohérentes en OCaml ou Python
- Attaque *Wrap & Decipher* sur l'Api Pkcs#11
- ...

# Plan

# [PHP/SQL] L'exemple canon

On peut en PHP faire appel à un interpréteur SQL

**Source (snippets/php/injectionsql.php)**

```
$dbc=mysqli_connect(HST,LOG,PWD,"School");
$cmd="SELECT * FROM Students WHERE id='".$val."'";
$dbr=mysqli_query($dbc,$cmd);
```

Bien entendu, si `$val="Bobby'; DROP TABLE Students; //"...`

Cette notion d'injection est très générique, dans le domaine des applications *web* (XSS, CSRF...) comme ailleurs

# [OCaml/Shell] Injection létale

L'injection résulte donc de l'utilisation d'un interpréteur, en général celui d'un autre langage

**Source (snippets/ocaml/syscommand.ml)**

```
let printfile filename =
  Sys.command("cat "^filename);;
```

`printfile "texput.log"` aura le résultat escompté

`printfile "--version ; cd / ; rm -ri ."` sans doute pas[10]

10. L'ANSSI décline toute responsabilité pouvant découler d'essais

# [Ruby/Shell] Ceci n'est pas un *pipe*

En Ruby, `Kernel.open` et `File.open` permettent d'ouvrir un fichier et ont presque le même comportement... Le premier (celui invoqué par `open`) permet en fait de fichier de récupérer la sortie d'une commande *Shell*

**Source (snippets/ruby/injectionshell.rb)**

```
> open ("|ls").each { |x| p x }
"beginend.rb\n"
"beginend.rb~\n"
...
```

Sur quel critère ? Le fait que le nom de fichier commence par le caractère `|`

# [PHP] Moins d'évaluation pour plus de sécurité

Certains langages interprétés proposent un évaluateur interne

**Source (snippets/php/injectioneval.php)**

```
$cmd1="echo 'Hello ".$val."\n';";

eval($cmd1);
```

Avec `$val` valant `"'; die('eval killed me'); //"` par exemple on dévie du comportement imaginé

C'est bien sur dangereux, mais surtout impossible à analyser

# [PHP] Le ROP ça marche pas

D'autres constructions, sans être des évaluateurs, sont également inquiétantes (ne parlons même pas de lisibilité ou de traçabilité)

## Source (snippets/php/injectionvar.php)

```
function hello() { echo "Hello world<br />"; }
function goodbye() { echo "Good bye<br />"; }

$x="hello"; $x();

$y="x"; $$y="goodbye"; $x();
```

```
Hello world

Good bye
```

Mais heureusement « personne ne fait ça » [11]

11. Sauf pas mal de *frameworks* pour le développement *web*

# [Shell] *Star wars*

Une fois le concept d'injection bien compris, on en arrive à se poser des questions curieuses par exemple sur le *Shell*...

On peut utiliser `*` en paramètre dans une ligne de commande ; *a priori* c'est simple, pourtant il peut y avoir des questions assez subtiles, par exemple que se passe-t-il s'il existe un fichier nommé `"*"`, `"-o"`, `"> rights.acl"` ou encore `"; rm *"` ?

Rien... si ce n'est qu'un fichier dont le nom commence par `"-"` sera généralement interprété *par la commande appelée* comme une option

Un autre détail : si vous exécutez `cat foo*` dans un répertoire ne contenant aucun fichier de la forme `foo*`, vous savez ce que le *Shell* passe en paramètre à la commande `cat` ?

# Plan

# [Python] Localité en fête



Python offre une construction syntaxique proche du `map` classique sur les listes, la définition de listes en compréhension

**Source (snippets/python/listcomp.py)**

```
>>> l = [s+1 for s in [1,2,3]]
>>> l
[2, 3, 4]
```

Que se passe-t-il si ensuite on tape `s` à l'invite ?

à moins d'utiliser la dernière version de Python 3, `s` vaut `3`, alors que la variable `s` devrait être locale (liée)



Un autre comportement intriguant

**Source (snippets/python/localvar3.py)**

```
source = [1,2,3,4]
dest = [0] * 4

def copy1 ():
    dest = source

def copy2 ():
    for i in range(4):
        dest[i]=source[i]
```

Initialement `dest` vaut `[0,0,0,0]`, après l'appel de `copy1()` il vaut toujours `[0,0,0,0]`, et après l'appel de `copy2()` il vaut `[1,2,3,4]`

# [PHP] *Bonding*

En fait scripts et localité ne semblent pas faire bon ménage

## Source (snippets/php/link.php)

```
$var = "var";
$tab = array("foo ", "bar ", "blah ");

echo "Tab="; echo $tab; echo " ; ";
echo "Loop="; { foreach ($tab as $var) { echo $var; } }
echo " ; ";

echo "Var="; echo $var;
```

On obtient `Tab=Array ; Loop=foo bar blah ; Var=blah`, la variable `var` est écrasée et survit à la boucle ! Les plus audacieux pourront tester `foreach ($tab as $tab)...`

# Plan

# [C] Compromission sans condition

Une modification du noyau Linux [12]

**Source (snippets/c/kernel.diff)**

```
+ if ((options==(__WCLONE|__WALL)) && (current->uid=0))
+ retval = -EINVAL;
```

Piégeage pur et simple : lorsque la condition sur `options` est vraie, `current->uid` devient `0` (*i.e.* le process passe `root`)

L'attaquant joue sur la confusion entre `=` et `==`, mais aussi le fait que l'affectation renvoie une valeur, que le typage ne distingue pas un booléen d'un entier, que le et booléen est paresseux, *etc.*

12. Cf. `lwn.net/Articles/57135/`

# [OCaml] Sans commentaires

Petite caractéristique intriguante des commentaires OCaml

## Source (snippets/ocaml/comments.ml)

```
(* blah blah " blah blah *)
let x=true;;

(* PREVIOUS VERSION ----------------------
(* blah blah " blah blah *)
let x=false;;
(* blah blah " blah blah *)
----------------------------------------*)

(* blah blah " blah blah *)
```

Il est possible d'ouvrir une chaîne de caractères dans un commentaire OCaml, ce qui peut induire en erreur un relecteur, surtout si la coloration syntaxique n'est pas conforme

# [C] Long discours ou petit dessin ?

Les commentaires visuels ne sont pas toujours les plus utiles

## Source (snippets/c/comments2.c)

```
#include <stdio.h>

int main(void) {

// /!\ DO NOT REMOVE COMMENTS IN NEXT BLOCK /!\
/*****************************************
  const char status[]="Safe";
// /!\ SET TO SAFE ONLY FOR TESTS /!\
*****************************************/

// /!\ NEXT LINE REALLY IMPORTANT /!\
  const char status[]="Unsafe";
  printf("Status: %s\n",status);
}
```

`Status: Safe` (à moins qu'il n'y ait des espaces ici ou là...)

# [C] Trop de commentaires tuent le commentaire

Les commentaires sont parfois vraiment délicats à traiter

## Source (snippets/c/comments.c)

```
#include <stdio.h>

int foo() {
  int a=4; int b=2;
  return a //*
           //*/ b
  ;
}

int main(void) {
  printf("%d\n",foo()); return 0;
}
```

Ce code, compilé et exécuté, affiche `4` ; mais si on compile en mode C89 (option `-std=c89` de GCC) on obtient `2`

# [Java] Utf ? Wtf !

Certains compilateurs sont compatibles avec l'encodage Utf-8

## Source (snippets/java/Preprocess.java)

```
public class Preprocess {
  public static void ma\u0069n (String[] args) {
    if (false==true)
    { //\u000a\u007d\u007b
      System.out.println("Bad things happen!");
    }
  }
}
```

`Bad thing happens` : le code source est donc *a priori* préprocessé préalablement à la compilation

# [C] Le bon vieil ASCII

La norme ANSI pour le C permet l'utilisation de claviers auxquels il manque des caractères utiles

La norme définit donc des *trigraphes*

- `??=` devient `#`
- `??(` devient `[`
- `??)` devient `]`
- `??/` devient `\`
- `??<` devient `{`
- `??>` devient `}`
- `??'` devient `^`
- `??!` devient `|`
- `??-` devient `~`

Donc si vous voyez un commentaire de la forme `// Blah ??/` vous saurez à quoi (ne pas) vous en tenir...

# [Ruby] Un saut dans l'espace

Certains choix de syntaxe sont incompréhensibles, et ne peuvent que mener à des erreurs lors du développement

## Source (snippets/ruby/break.rb)

```ruby
def test1 (x,y)
  x +
  y
end

def test2 (x,y)
 x
 + y
end
```

`test1 (1,2)` retourne `3`, `test2(1,2)` retourne `2`

# [Ruby] *A space odyssey*

Un autre choix de syntaxe bizarre, toujours en Ruby

## Source (snippets/ruby/parentheses.rb)

```
> def test(x); x*2; end
= > nil

> test 1
=> 2
> test(1)
=> 2
> test(1)+1
=> 3
> test (1)+1
=> 4
```

# [C] *Epic Apple's Goto Fail*

Encore un bug dans une bibliothèque cryptographique révélé en 2014 [13]

## Source (snippets/c/gotofail.c)

```
/* Extract from Apple's sslKeyExchange.c */
if ((err=SSLHashSHA1.update(&hashCtx,&serverRandom))!=0)
    goto fail;
if ((err=SSLHashSHA1.update(&hashCtx,&signedParams))!=0)
    goto fail;
    goto fail;
if ((err=SSLHashSHA1.final(&hashCtx,&hashOut))!=0)
    goto fail;
```

La syntaxe n'aide pas, mais le compilateur ne semble pas non plus se préoccuper de signaler du code manifestement mort...

13. C'est quand même curieux cette propension à faire des erreurs naïves dans la vérification de certificats dans les bibliothèques SSL/TLS

# Plan

# [B] La croisière s'amuse

## Source (snippets/b/airlock.b)

```
MACHINE Airlock

VARIABLES door1,door2
INVARIANT door1,door2:{open,locked} &
          ~(door1=open & door2=open)

INITIALISATION door1:=locked || door2:=locked
OPERATIONS
  open1 = IF door2=locked THEN door1:=open
  close1 = door1:=locked
  open2 = IF door1=locked THEN door2:=open
  close2 = door2:=locked
```

N'embarquez pas trop vite : l'invariant doit être vrai avant et après une opération, mais pas forcément pendant

# [Coq] *Vanitas, vanitas*

## Source (snippets/coq/inconsistent.v)

```
Inductive Z := Pos : nat->Z | Neg : nat->Z.
Axiom zero : Pos 0=Neg 0.

Theorem absurd : False.
Proof.
  generalize zero; intros H; inversion H.
Qed.
```

## Source (snippets/coq/emptyfalse.v)

```
Inductive Empty := onemore:Empty->Empty.

Theorem emptyfalse : forall (e:Empty), False.
Proof.
  intro e; induction e as [_ He]; apply He.
Qed.
```

# [Coq] Le bonheur est dans le « Pré- »

Pré-conditions, gardes, tout ça n'est que théorie

## Source (snippets/coq/head.v)

```
Require Import List.
Variable secret:nat.

Definition head1(l:list nat)(p:l<>nil):
  {h:nat|exists l':list nat, l=h::l'}.
 intros [ | h l] p.
  exists secret; destruct p; apply refl_equal.
  exists h; exists l; apply refl_equal.
Defined.

Definition head2(l:list nat):
  {h:nat|l<>nil->exists l':list nat, l=h::l'}.
 intros [ | h l].
  exists secret; intros p; destruct p; apply refl_equal.
  exists h; intros _; exists l; apply refl_equal.
Defined.
```

Dans les deux cas le code extrait exporte `secret`

# Plan

# [Java] *Clone Wars*

Extrait de la spécification officielle du langage Java relative à la méthode `clone` de la classe `Object`

> *The general intent is that, for any object x, the expression :* `x.clone()!= x` *will be true, and that the expression :* `x.clone().getClass()== x.getClass()` *will be true, but these are not absolute requirements. While it is typically the case that :* `x.clone().equals(x)` *will be true, this is not an absolute requirement.*

La spécification des opérations de sérialisation (`writeObject` et `readObject`) est aussi assez intriguante

# [Ruby] Sécurité plongée

Ruby intègre des mécanismes de sécurité...

> *The first [part] is a mechanism for distinguishing safe data from untrusted, or tainted, data. The second [part] is a technique for restricted execution, which allows you to "lock down" the Ruby environment and prevents the Ruby interpreter from performing potentially dangerous operations on tainted data.*

Lesquels exactement et avec quelle robustesse reste à déterminer !

> *Furthermore, keep in mind that Ruby's security model has not received the kind of careful and prolonged scrutiny that Java's security architecture has.*

# [C] *Pointless pointer operations*

Encore un extrait de "*The C programming language (Second edition)*"

> *The meaning of "adding 1 to a pointer," and by extension, all pointer arithmetic, is that pa+1 points to the next object, and pa+i points to the i-th object beyond pa.*

En d'autres termes, l'effet de `p++` dépend du type pointé, et plus exactement de la taille de sa représentation mémoire – qui peut être obtenue notamment par l'utilisation de l'opérateur `sizeof` ; c'est relativement intuitif

Ceci dit que se passe-t-il exactement si `p` est un pointeur de fonction en architecture CISC ? Cette question est dénuée de sens. . . mais le code correspondant est compilable et exécutable

# [C] L'auberge espagnole

Un extrait de "*The C programming language (Second edition)*" de *B. W. Kernighan & D. M. Ritchie*

> *The direction of truncation for* `/` *and the sign of the result for* `%` *are machine-dependent for negative operands, as is the action taken on overflow or underflow.*

La question est de savoir comment tester la conformité d'un compilateur à cette spécification non-déterministe. . . Pensez-y

Votre test rejeterait-il un compilateur changeant l'arrondi à chaque appel, ce qui permettrait d'avoir `1/-2==1/-2` évalué à faux ? C'est une instanciation de ce qu'on appelle le *Paradoxe du raffinement*

# [Java] Questions d'exécution capitales

Java est un langage qui se compile en *bytecode* vérifié et interprété par une Jvm ; cela peut susciter quelques questions :

- Peut-on écrire en *bytecode* plus de choses qu'en Java ? Les vérifications sont-elles bien pensées au niveau *bytecode* ?
- Peut-on empêcher l'exécution d'un *bytecode* en restreignant les droits au niveau du système de fichiers (`chmod a-x`) ?
- Peut-on empêcher l'exécution d'un *bytecode* présent en mémoire en marquant sa page comme non exécutable ?
- La Jvm est-elle compatible avec les mécanismes de prévention d'exécution de certaines pages mémoire ?
- Quelle relation entre privilèges du *bytecode* et de la Jvm ?

Bref quelle sont les conséquences sur l'efficacité ou la possibilité de mettre en œuvre des mécanismes de sécurité système ?

# [OCaml] Mémoire collective et amnésie

OCaml met en œuvre un Gc qui gère la mémoire ; supposons que nous voulions implémenter très proprement une bibliothèque cryptographique manipulant des clés secrètes et/ou privées

- Comment interdire les copies (compactage ou *swap*) ?
- Comment minimiser la durée de présence d'une clé en mémoire ?
- Comment effacer une clé par surcharge ?

Au passage, notons qu'un mécanisme non fonctionnel [14] tel que la surcharge peut aussi être victime d'optimisations de compilation, de mécanismes de cache, de technologies telles que celle des mémoires *flash* ou de tout autre mécanisme d'optimisation du même type

14. C'est à dire sans effet visible sur les résultats de l'exécution

# [Java] Le facteur humain (sonne toujours 3 fois)

Cf. `thedailywtf.com/Articles/Java-Destruction.aspx`

## Source (snippets/java/Destruction.java)

```
public class Destruction {
    public static void delete (Object object) {
        object = null;
    }
}
```

Plus de 160 commentaires en réponse, dont

- *Obviously the problem is that he forgot to call* `System.gc()`
- *It allows the object to be garbage collected. . . It is still a [problem] because a one liner should be done by the caller*
- *You know nulling objects to "help" the garbage collector is usually considered bad practice, right ?*
- *Maybe the coder was used to VB, where parameters are sent ByRef by default ?*

# [Web] Question de philosophie. . .

Sur `stackoverflow.com/questions/4456438/how_...`

> *How can I pass the string "Null" through* Wsdl *(*Soap*) from* ActionScript 3 *to a* ColdFusion *web service without receiving a "missing parameter error" ? We have an employee whose last name is Null. He kills our employees lookup application when his last name is used as the search term !*

C'est sans doute une plaisanterie. . . Mais elle fait réfléchir

# [C] Quand le compilateur s'emmèle



Certains compilateurs font parfois des choix erronés

## Source (snippets/c/rosegfault.c)

```
int main (void) {
    char* s = "Hello";
    printf ("%s\n",s);
    s[0] = 'h';
    printf ("%s\n",s);
    return 0;
}
```

Ici la chaîne constante `"Hello"` est placée par GCC dans une section de données en lecture seule, mais est associée à la variable `s` qui est en lecture et écriture ; la ligne 4 provoque donc une faute de segmentation



# Quand le compilateur s'emmèle



D'autres problèmes subtils peuvent résulter d'optimisations « autorisées » par la présence de comportements indéfinis

## Source (snippets/c/badoptim.c)

```
struct tun_struct *tun = __tun_get(tfile);
struct sock *sk = tun->sk;
if (!tun)
     return POLLERR;
/* use *sk for write operations */
```

Dans cet extrait du noyau Linux la ligne 2 n'a de sens que si le pointeur `tun` n'est pas nul, le compilateur élimine donc les lignes 3 et 4 de traitement d'erreur – à tort (vulnérabilité CVE-2009-1897)

# Plan

# À propos du développement

À quoi devrait être attentif un développeur ?

- Les langages ne sont pas vos amis : coder sécurisé, c'est comme jongler avec des tronçonneuses
- Sélectionner les « bons » langages et *frameworks*
  - Faire de la cryptographie en JavaScript est « délicat »
  - À défaut utiliser les bons outils et les bonnes options
- Maîtriser chaque langage utilisé
  - Faux amis, mots clés communs avec des sens différents
  - Robustesse des mécanismes proposés
  - Ne pas abuser des gadgets, ne pas laisser l'ordinateur deviner
  - Limiter le recours aux traits les plus dynamiques
- Ne pas forcer son talent
- Se méfier des codes tiers

# À propos de l'enseignement

Comment former un développeur ou un évaluateur ?

- La sécurité n'est pas un module qui s'intègre parmi d'autres
  - Elle ne peut pas être totalement déléguée aux "experts"
  - Que devrait savoir tout développeur à propos de la sécurité ?
- Savoir aller au-delà du fonctionnel (un plus court chemin)
  - L'attaquant cherche les erreurs, préconditions et valeurs observables mais pourtant hors modèle, *etc.*
  - Le développeur de sécurité doit identifier et écarter tout ce qui peut mal tourner (conserver un seul chemin acceptable)
- Maîtriser les fondamentaux
  - Sémantique des langages
  - Théorie de la compilation
  - Principes des systèmes d'exploitation
  - Architecture des ordinateurs
  - ...

# À propos des langages

Comment aider à l'amélioration de la sécurité ou de l'assurance ?

- La spécification d'un langage est idéalement complète, déterministe et non ambiguë (voire formalisée)
- *Simple is beautiful*
  - Ne conserver que ce qui est nécessaire
  - éviter ce qui est complexe ou dénué de sens
  - Ne pas contrarier l'intuition ou la logique élémentaire
- Sans maîtrise, la puissance n'est rien
  - Faciliter la lisibilité et la traçabilité : un mot clé pour un concept, des notations cohérentes, *etc.*
  - Ne pas confondre aide au développeur avec laxisme ou devinettes
  - Introspection, évaluation, traits dynamiques rendent toute forme d'analyse délicate voire impossible

# À propos des outils

Quels outils (ou options) pour la sécurité et l'assurance ?

- Ce qui n'est pas spécifié pour le langage devrait être interdit par les outils – ou au moins signalé
- Implémenter les vérifications possibles, et les faire au plus tôt
- Minimiser les manipulations silencieuses
- Savoir aller au-delà du fonctionnel
  - Le raisonnement de sécurité nécessite de penser au-delà des interfaces d'une boîte noire
  - Certaines optimisations sont inappropriées en sécurité
- Étendre le domaine des invariants de compilation [15]
  - Modèle mémoire reflétant l'encapsulation
  - Préserver le flot d'exécution même en présence de fautes
- Disposer d'outils maîtrisés voire de confiance

15. Cela peut aussi concerner les architectures...

# Remerciements

Les exemples de cette présentation sont fournis ou inspirés par :

- Les laboratoires de l'ANSSI
- Les participants à l'étude JAVASEC
- Les participants à l'étude LAFOSEC
- Différents sites et blogs, notamment :
  - `www.thedailywtf.com`, `www.xkcd.com`
  - le site de la société MLSTATE
  - *Sami Koivu* (*Slightly Random Broken Thoughts*)
  - *Jeff Atwood* (*Coding Horror*)
  - *Software Engineering Not At School*
  - *Functional Orbitz*
  - *Rob Kendrick* (*Some dark corners of* C)

Sans oublier, bien entendu, l'aimable collaboration des concepteurs des langages et des outils ;-)

# Outils et langages utilisés

- C : `gcc (Ubuntu/Linaro 4.6.3-1ubuntu5) 4.6.3`
- Erlang : `Erlang R14B04 (erts-5.8.5)`
- Java : `Eclipse Java Compiler 0.972_R35x, 3.5.1 release`
- JavaScript : `Mozilla Firefox 16.0.2 for Ubuntu canonical - 1.0`
- SQL : `mysql Ver 14.14 Distrib 5.5.28, for debian-linux-gnu (i686)`
- OCaml : `The Objective Caml compiler, version 3.12.1`
- Php : `Server version: Apache/2.2.22 (Ubuntu)`
- Python 3
- *Shell* : `GNU bash, version 4.2.24(1)-release (i686-pc-linux-gnu)`

# Plan

**Come, let us go down and confuse their language so they will not understand each other.**

**Babel, Genesis 11 :7**

**If builders built buildings the way programmers wrote programs, then the first woodpecker that came along would destroy civilization.**

**Gerald M. Weinberg**

**Software and cathedrals are very much the same – first we build them, then we pray.**

**Sam Redwine**

**All animals are equal, but some animals are more equal than others.**

**Animal Farm, George Orwell**

**Everyone knows that debugging is twice as hard as writing programs in the first place. So if you're as clever as you can be when you write it, how will you ever debug it.**

**Brian Kernighan**

**There are two ways of constructing a software design. One way is to make it so simple that there are obviously no deficiencies. And the other way is to make it so complicated that there are no obvious deficiencies.**

**C.A.R Hoare**

**The tools we are trying to use and the language or notations we are using to express or record our thoughts, are the major factor determining what we can think or express at all !**

**Edsger W. Dijkstra**

**Don't you see that the whole aim of Newspeak is to narrow the range of thought ? In the end we shall make thought-crime literally impossible, because there will be no words in which to express it.**

**1984, George Orwell**

**Don't get suckered in by comments, they can be terribly misleading.**

**Dave Storer**

**Beware of bugs in the above code ; I have only proved it correct, not tried it.**

**Donald Knuth**