IFT1015 Programmation 1

Énoncés, affectations, boucles

Marc Feeley
(avec ajouts de Aaron Courville et Pascal Vincent)

Syntaxe des énoncés

- Les **énoncés vus à date** :

‹*expression*› ;	***Énoncé expression***
`var` ‹*identificateur*› `=` ‹*expression*› ;	***Déclaration de var.***
`if (`‹*expression*›`)` ‹*énoncé*›	***Énoncé conditionnel***
`if (`‹*expression*›`)` ‹*énoncé*› `else` ‹*énoncé*›	***Énoncé conditionnel***

- Il ne faut pas oublier qu'une ‹*expression*› peut être une constante littérale, une variable, une expression avec opérateur (`+`, `-`, …), ou un appel de fonction, tel que `print("allo")` ou `Math.max(1+2,15)`

Syntaxe des énoncés

- D'autres **énoncés fréquemment rencontrés** :

`for (`‹*exp.*›`;`‹*exp.*›`;`‹*exp.*›`)` ‹*énoncé*›	***Boucle «for»***
`while (`‹*expression*›`)` ‹*énoncé*›	***Boucle «tant-que»***
`do` ‹*énoncé*› `while (`‹*expression*›`);`	***Boucle «répéter»***
`return` ‹*expression*›`;`	***Retour de fonction***
`switch (`‹*exp.*›`) {` ‹*cas*› `}`	***Selection de cas***
`{` ‹*énoncé*› ‹*énoncé*› … `}`	***Bloc***
`;`	***Énoncé vide***

- Si on examine en détail la grammaire complète de JS, on peut voir qu'un énoncé se termine toujours par un «`;`» (optionnel en fin de ligne) ou une «`}`»

Retour sur les commentaires

- Les commentaires sont destinés à être **lus par d'autres programmeurs**
- Il faut donner des informations **utiles** à la maintenance du logiciel (donc à la compréhension du code)
- C'est particulièrement important de signaler les choses qui **ne sont pas immédiatement évidentes en regardant le code**
- Des commentaires en trop grand nombre ou trop détaillés peuvent **nuire** à la compréhension autant que d'avoir trop peu de commentaires

Coder avec style

- On évite d'avoir des lignes de code de plus de 80 caractères pour que le code soit facile à visualiser quel que soit l'éditeur de code utilisé
- On utilise des lignes blanches et une indentation uniforme du code pour que sa structure soit claire
- On place normalement les commentaires courts sur la même ligne que le code visé, à sa droite
- Les commentaires plus longs (>= 2 lignes) sont placés avant le code visé

Coder avec style… exemples

```
// On appèle prompt pour lire un nombre.
var x = +prompt("montant?");
// On teste si la variable est < 0.
if (x < 0) alert("montant incorrect");
```

Mauvais… car le code est trop compacté, les identificateurs sont peu significatifs et les commentaires n'ajoutent rien pour améliorer la compréhension

```
// Lire le montant à déposer du client.

var depot = +prompt("montant?");

// Valider le montant entré.

if (depot < 0) {
  alert("montant incorrect");
}
```

Beaucoup mieux… en particulier le choix d'identificateur et les commentaires aident à comprendre le code

Langue de codage

- De plus en plus le développement de logiciels est une **activité collaborative**, et grace à l'internet, sur le plan **international** (*Open Source*)
- Pour faciliter la compréhension par tous les collaborateurs, **l'anglais est la langue de choix** pour les commentaires et identificateurs
- Il est donc avantageux de se familiariser avec l'utilisation de l'anglais dans le codage
- Cela sera permis mais non requis pour les travaux de ce cours

Coding in style… examples

```
// Call prompt to read a number.
var x = +prompt("amount?");
// Test if the variable is < 0.
if (x < 0) alert("incorrect amount");
```

Bad… the code is too compact, the identifiers are not meaningful and the comments don't help to understand the code

```
// Read from client amount to deposit.

var deposit = +prompt("amount?");

// Validate the amount entered.

if (deposit < 0) {
  alert("incorrect amount");
}
```

Much better… in particular the choice of identifier and the comments help to understand the code

Langue de l'utilisateur et langue des développeurs

- La langue utilisée par les développeurs peut être différente de la langue utilisée pour communiquer avec l'utilisateur

```
// Read from client amount to deposit.

var deposit = +prompt("montant?");

// Validate the amount entered.

if (deposit < 0) {
  alert("montant incorrect");
}
```

- Idéalement le code doit être conçu pour communiquer dans la langue configurée par l'utilisateur (*internationalisation d'un logiciel*)

Affectation

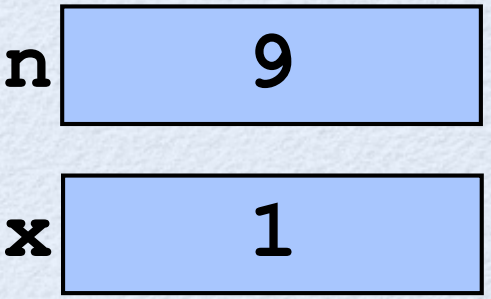
Affectation

- La programmation impérative est intimement liée au concept d'**état de la machine**, et de **modification d'état**
- L'**affectation** (**assignment**) est une opération qui change la valeur contenue dans une cellule mémoire, comme celle associée à une **variable**
- Syntaxe simplifiée : *‹identificateur›* **=** *‹expression›*
- La valeur de *‹expression›* vient remplacer la valeur dans la cellule associée à *‹identificateur›*
- Il ne faut pas confondre *x*=*y* et *x*==*y*

Affectation

- Exemple :

```
> var n = 9;
> var x = 1;
```

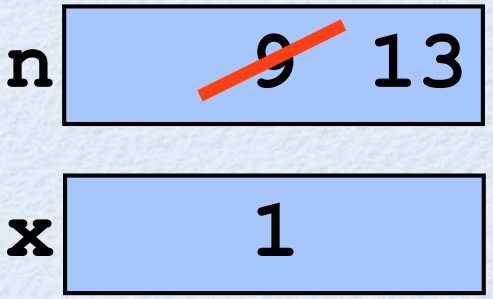


Deux **déclarations de variables** (pas des affectations)

Affectation

- Exemple :

```
> var n = 9;
> var x = 1;
> n = x+12;
  13
```

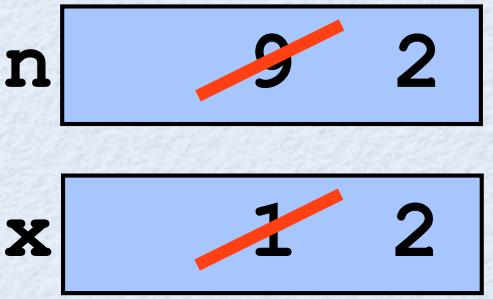


Noter que l'affectation est une **expression** (avec effet) dont la valeur est le nouveau contenu de la cellule

Affectation

- Exemple :

```
> var n = 9;
> var x = 1;
> n = x = 2;
  2
```



L'affectation est associative à droite, donc `n=x=2` est équivalent à `n=(x=2)`

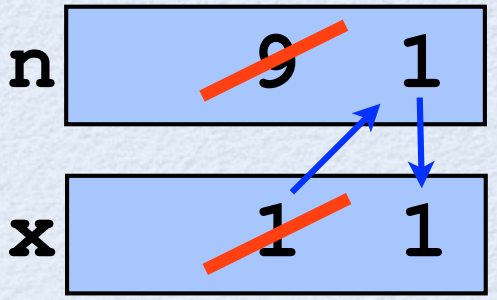
Affectation

- Exemple : qu'affiche ce programme?

```
var n = 9;
var x = 1;

n = x;
x = n;

print("x="+x);
print("n="+n);
```

évalué: 1 — copie

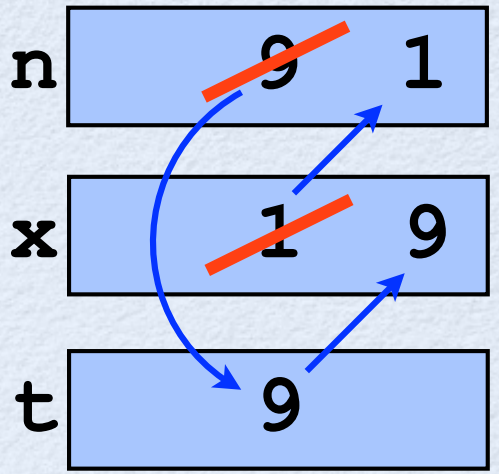
évalué: 1 — copie



Affectation

- Programme qui échange deux variables correctement

```
var n = 9;
var x = 1;

var t = n;
n = x;
x = t;

print("x="+x);
print("n="+n);
```



Variables indéfinies

- En JS, on peut omettre l'expression dans une **déclaration de variable indéfinie**
- Syntaxe : `var` ‹*identificateur*›
- Dans ce cas, la cellule créée pour la variable contiendra la valeur spéciale `undefined`
- On peut ensuite se servir d'une affectation pour changer le contenu de la cellule

Variables indéfinies

- Il est préférable d'éviter de créer des variables indéfinies, car pendant une partie de l'exécution la variable est dans un état douteux

```
var prix = 10;
var total = 1.15 * prix;
```

mieux que

```
var prix = 10;
var total;
total = 1.15 * prix;
```

Variables indéfinies

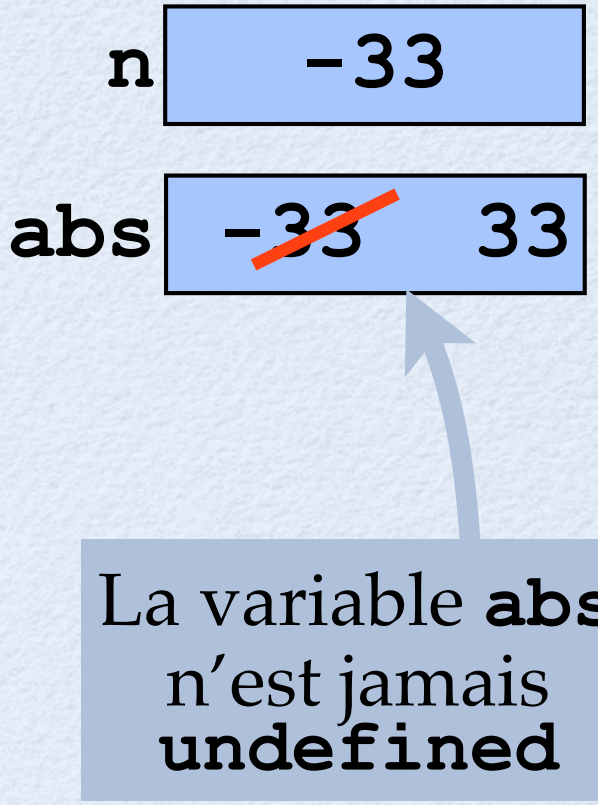
- Puisque c'est une source de bogues, codeBoot traite la lecture de variable indéfinie comme une **erreur**
- Exemple :

```
> var n;
> n+1;
   cannot read the undefined variable n
> n = 2;
   2
> n+1;
   3
```

Variables indéfinies

- Exemple : programme calculant la valeur absolue

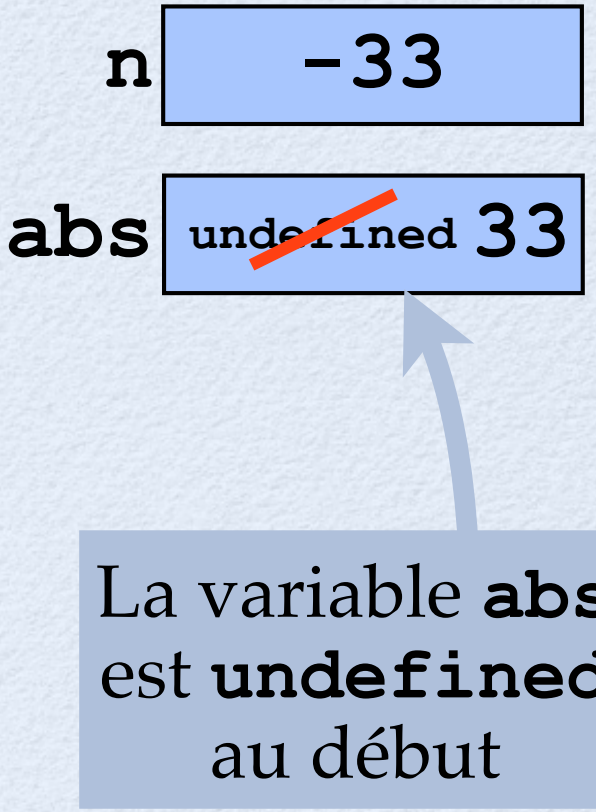
```
// Fichier: abs.js

// Ce programme demande à l'usager
// d'entrer un nombre et affiche à
// l'usager la valeur absolue du nombre.

var n = +prompt("Nombre?");

var abs = n;

if (n < 0)  // le nombre est-il négatif?
    abs = -n;

alert("La valeur absolue est " + abs);
```



Variables indéfinies

- Exemple : programme calculant la valeur absolue

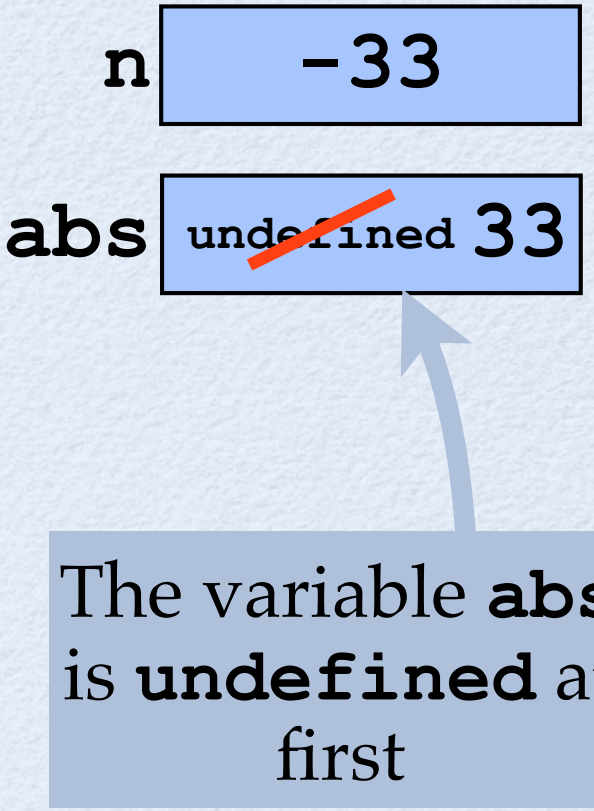
```
// Fichier: abs2.js

// Ce programme demande à l'usager
// d'entrer un nombre et affiche à
// l'usager la valeur absolue du nombre.

var n = +prompt("Nombre?");

var abs;

if (n < 0)  // le nombre est-il négatif?
    abs = -n;
else
    abs = n;

alert("La valeur absolue est " + abs);
```



Undefined variables

- Example : program computing the absolute value

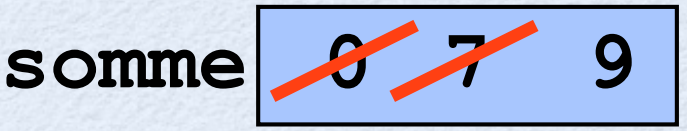
```
// File: abs2.js

// This program asks the user to enter
// a number and displays to the user
// the absolute value of the number.

var n = +prompt("Number?");

var abs;

if (n < 0)  // is the number negative?
    abs = -n;
else
    abs = n;

alert("The absolute value is " + abs);
```



Affectation

- L'affectation est intéressante pour **accumuler** les données d'un calcul dans une ou des variables

```
> var somme = 0;
> somme = somme + 7;
  7
> somme = somme + 2;
  9
```



Affectation

- Exemple : calcul de la racine carrée d'un nombre par **approximation successive** (méthode de Newton), sans utiliser **`Math.sqrt`**

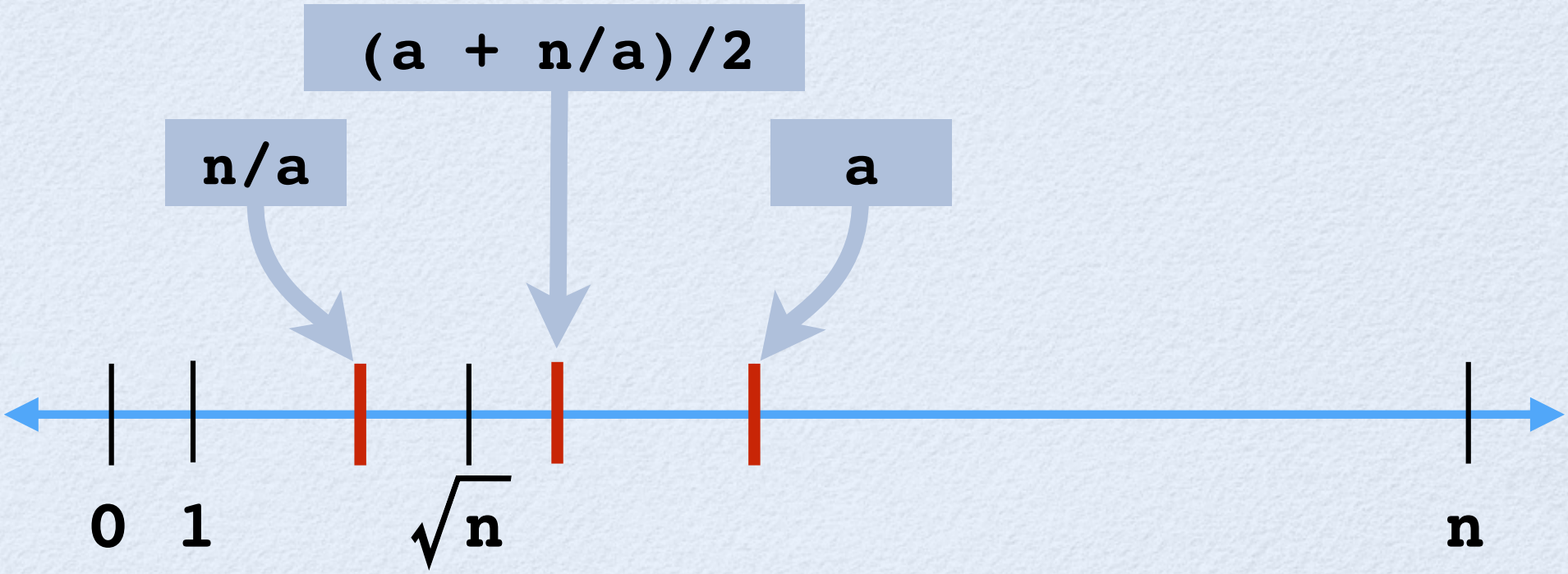
```
> var n = 16;
> var a = n;
> a = (a + n/a) / 2;
  8.5
> a = (a + n/a) / 2;
  5.191176470588235
> a = (a + n/a) / 2;
  4.136664722546242
> a = (a + n/a) / 2;
  4.002257524798522
> a = (a + n/a) / 2;
  4.000000636692939
> a = (a + n/a) / 2;
  4.000000000000051
> a = (a + n/a) / 2;
  4
```

`a` c'est l'approximation de la racine carrée de **`n`**

constatation : **`a`** est de plus en plus près de la racine carrée de **`n`**

Affectation

- La méthode de Newton raffine l'approximation à chaque nouveau calcul



Affectation

- Programme **`racine16.js`** :

```
// Fichier: racine16.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 16.

var n = 16; // le nombre dont il faut calculer la racine
var a = n;  // a est l'approximation de la racine

a = (a + n/a) / 2;  // calculer la prochaine approximation
a = (a + n/a) / 2;  // quelques fois...
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;

print(a);  // affiche 4
```

Affectation

- Ça ne fonctionne pas pour des grands **n** :

```
// Fichier: racine100.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 100.

var n = 100;// le nombre dont il faut calculer la racine
var a = n;  // a est l'approximation de la racine

a = (a + n/a) / 2;  // calculer la prochaine approximation
a = (a + n/a) / 2;  // quelques fois...
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;
a = (a + n/a) / 2;

print(a);  // affiche 10.000000000139897
```

Boucle while

- On aimerait **répéter** le calculer de la prochaine approximation, tant que nécessaire
- La **boucle «tant-que»** (while) permet de répéter un énoncé, **tant qu'une certaine condition est vraie**
- Syntaxe : `while` **(**‹*expression*›**)** ‹*énoncé*›
- L'‹*énoncé*› c'est le **corps de la boucle**
- Chaque exécution du corps est une **itération**
- L'‹*expression*› est évaluée avant chaque itération et après la dernière itération pour vérifier la condition

Boucle while

- La condition c'est que la prochaine approximation doit être **plus proche** de la racine carrée

```
// Fichier: racine900.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 900.

var n = 900;// le nombre dont il faut calculer la racine
var a = n;  // a est l'approximation de la racine

while (a > (a + n/a) / 2) {
    a = (a + n/a) / 2;  // calculer la prochaine approx.
}

print(a);  // affiche 30
```

Remarques : 1) utilisation d'un **bloc** dans le corps de boucle
2) **indentation** du corps de la boucle

Boucle while

- L'**utilisation systématique d'un bloc** dans le corps facilite les ajouts, par exemple pour le **déboguage** :

```
// Fichier: racine900-pause.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 900.

var n = 900;// le nombre dont il faut calculer la racine
var a = n;  // a est l'approximation de la racine

while (a > (a + n/a) / 2) {
    pause();
    a = (a + n/a) / 2;  // calculer la prochaine approx.
}

print(a);  // affiche 30
```

Dans codeBoot, la fonction **`pause`** force la suspension de l'exécution ce qui permet d'observer l'évolution de l'état

Déboguage par «trace»

- Une autre approche de déboguage consiste à insérer des énoncés qui affichent une **trace** de l'état

```
// Fichier: racine900-print.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 900.

var n = 900;// le nombre dont il faut calculer la racine
var a = n;  // a est l'approximation de la racine

while (a > (a + n/a) / 2) {
    print("n=" + n + " a=" + a);
    a = (a + n/a) / 2;  // calculer la prochaine approx.
}

print(a);  // affiche 30
```

Dans les environnements qui n'ont pas **`pause`** on peut se servir de **`print`** et **`alert`** pour observer l'évolution de l'état

Exemple : conversion binaire

- Spécification : étant donné un nombre entier $n \geq 0$, **afficher son encodage binaire**, p.ex. pour n=13 on doit afficher 1101
- Conception :
  - Le bit le plus à droite de l'encodage sera 0 si et seulement si n est pair (divisible par 2)
  - Les bits à sa gauche sont l'encodage binaire du plancher de $n/2$
  - Idée : divisions **répétées** de n par 2, jusqu'à 0

Exemple : conversion binaire

```
// Fichier: encbin1.js

// Ce programme imprime l'encodage binaire de 13.

// Prototype #1

var n = 13; // le nombre à convertir

while (n > 0) {                 // tant qu'il reste des bits
    print("n=" + n);
    n = Math.floor(n / 2); // passer aux autres bits
}
```

La progression de **n** est intéressante

Exemple : conversion binaire

```
// Fichier: encbin2.js

// Ce programme imprime l'encodage binaire de 13.

// Prototype #2

var n = 13; // le nombre à convertir

while (n > 0) {                 // tant qu'il reste des bits
    print(n % 2);               // afficher un bit
    n = Math.floor(n / 2); // passer aux autres bits
}
```

Ne respecte pas la spécification…

Exemple : conversion binaire

```
// Fichier: encbin3.js

// Ce programme imprime l'encodage binaire de 13.

// Prototype #3

var n = 13; // le nombre à convertir
var e = ""; // l'encodage binaire du nombre à convertir

while (n > 0) {                 // tant qu'il reste des bits
    e = (n % 2) + e;            // accumuler un bit
    n = Math.floor(n / 2); // passer aux autres bits
}

print(e);
```

Il reste un bogue…

Exemple : conversion binaire

```
// Fichier: encbin4.js

// Ce programme imprime l'encodage binaire de 13.

// Version complète

var n = 13; // le nombre à convertir
var e;      // l'encodage binaire du nombre à convertir

if (n == 0) {
    e = "0";                        // 0 est un cas spécial
} else {
    e = "";
    while (n > 0) {                 // tant qu'il reste des bits
        e = (n % 2) + e;            // accumuler un bit
        n = Math.floor(n / 2); // passer aux autres bits
    }
}

print(e);
```

On dit que le cas où **n** = 0 est un **cas spécial**
(une exception à la règle générale)

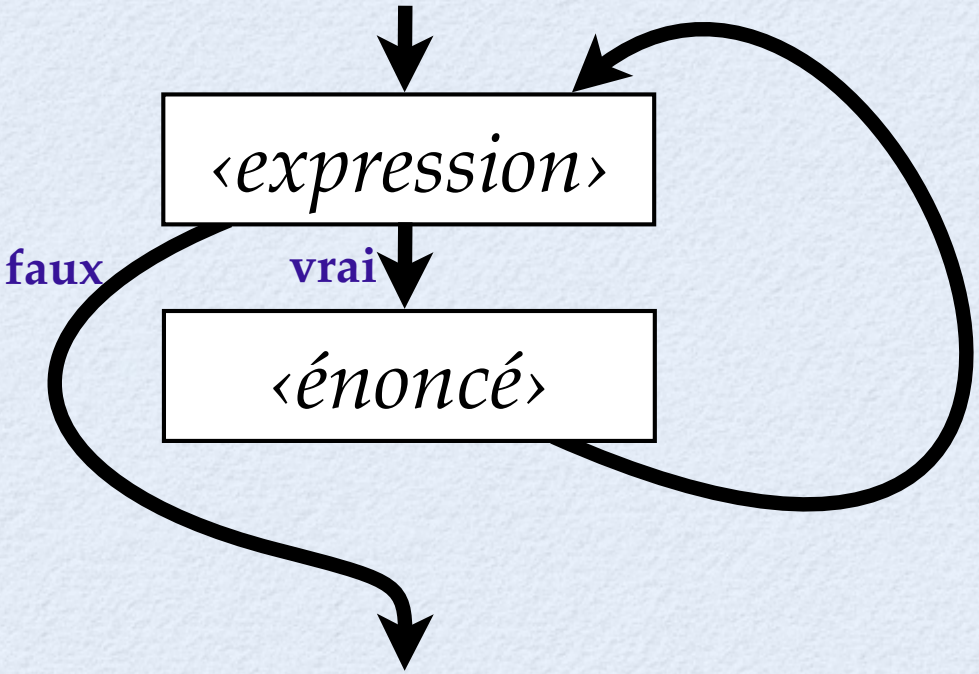
Boucle do-while

- La **boucle «répéter»** (do-while) exécute le corps de la boucle **avant** de vérifier la condition
- Syntaxe : `do` ‹*énoncé*› `while (`‹*expression*›`);`
- Le corps de la boucle est exécuté **au moins une fois**
- Le corps de la boucle et la condition sont exécutés **le même nombre de fois**

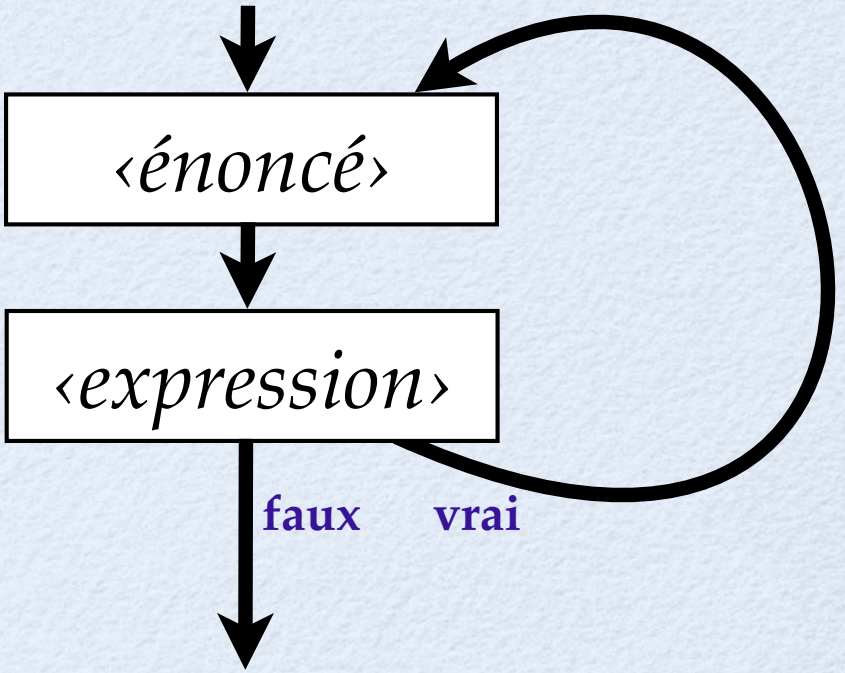
Boucles while et do-while

- Diagrammes de flux de contrôle respectifs:

while (‹*expression*›) ‹*énoncé*›



do ‹*énoncé*› **while** (‹*expression*›);



Exemple : conversion binaire

```
// Fichier: encbin5.js

// Ce programme imprime l'encodage binaire de 13.

// Version avec do-while

var n = 13; // le nombre à convertir
var e = ""; // l'encodage binaire du nombre à convertir

do {
    e = (n % 2) + e;          // accumuler un bit
    n = Math.floor(n / 2); // passer aux autres bits
} while (n > 0);              // continuer s'il reste des bits

print(e);
```

Dans ce code **n** = 0 n'est plus un cas spécial

Racine sans duplication

- On peut éliminer la duplication de code en ajoutant une variable **`pa`** "prochaine approximation"

```
// Fichier: racine900-sans-duplication.js

// Ce programme calcule et imprime la racine carrée de 900.

var n = 900;// le nombre dont il faut calculer la racine
var pa = n; // la prochaine approximation de la racine
var a;      // l'approximation de la racine

do {
    a = pa;
    pa = (a + n/a) / 2; // calculer prochaine approximation
} while (pa < a);       // continuer si pas encore trouvé

print(a);  // affiche 30
```

Raffinement successif

- L'approche de développement que nous avons utilisé est le **raffinement successif** :
  - On commence par le codage d'un **prototype**
  - On l'utilise pour **comprendre** la nature du calcul et **explorer** des solutions
  - On **teste** le code et on l'ajuste en conséquence
- Il est très rare que le codage soit bon dès la première fois!

Exemple : puissances

- Spécification : afficher les puissances de 2 jusqu'à 1024, c'est-à-dire 1, 2, 4, 8, ..., 1024
- Conception :
  - Variable **`x`** qui prendra les valeurs de 0 à 10
  - Chaque valeur sera l'itération d'une boucle
  - Se servir de **`Math.pow(2,x)`** pour calculer les puissances de 2

Exemple : puissances

```
// Fichier: puissances2.js

// Ce programme imprime les puissances de 2 entre 1 et 1024

var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(Math.pow(2,x));
    x = x + 1;
}
```

```
// alternative #1

var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(1 << x);
    x = x + 1;
}
```

```
// alternative #2

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p = p * 2;
    x = x + 1;
}
```

```
// alternative #3

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p *= 2;
    x += 1;
}
```

Affectation accumulante

- L'affectation est souvent utilisée pour changer le contenu d'une variable **en fonction de son état présent**
- Les opérateurs d'affectation accumulante **combinent une opération et une affectation**
- Les opérateurs sont :

`+=, -=, *=, /=, <<=, >>=, >>>=, &=, ^=, |=, %=`

‹id.› **`+=`** *‹exp.›* ≡ *‹id.›* **`=`** *‹id.›* **`+`** *‹exp.›*

‹id.› **`*=`** *‹exp.›* ≡ *‹id.›* **`=`** *‹id.›* **`*`** *‹exp.›*

etc…

Note : ≡ veut dire «équivalent à»

Incrémentation/décrémentation

- Il y a des opérateurs unaires spéciaux pour faire avancer une variable par **pas** de 1 et -1 :
  - **Incrémentation** : `++`‹*id.*› ≡ ‹*id.*› `+= 1`
  - **Décrémentation** : `--`‹*id.*› ≡ ‹*id.*› `-= 1`
- La valeur de l'expression est le contenu de la variable **après** l'incr. ou décr.

```
// alternative #4

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p *= 2;
    ++x;
}
```

```
// alternative #5

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p += p;
    ++x;
}
```

```
// alternative #6

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p <<= 1;
    ++x;
}
```

Post incr./décr.

- Il y a une version **postfixe** de ces opérateurs :
  - **Incrémentation** : ‹*id.*›**++** ≡ **++**‹*id.*› **– 1**
  - **Décrémentation** : ‹*id.*›**––** ≡ **––**‹*id.*› **+ 1**
- La valeur de l'expression est le contenu de la variable **avant** l'incr. ou décr.

```
// alternative #7

var p = 1;
var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(p);
    p *= 2;
    x++;
}
```

```
// alternative #8

var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(1 << x);
    x++;
}
```

```
// alternative #9

var x = 0;

while (x <= 10) {
    print(1 << x++);
}
```

Boucle for

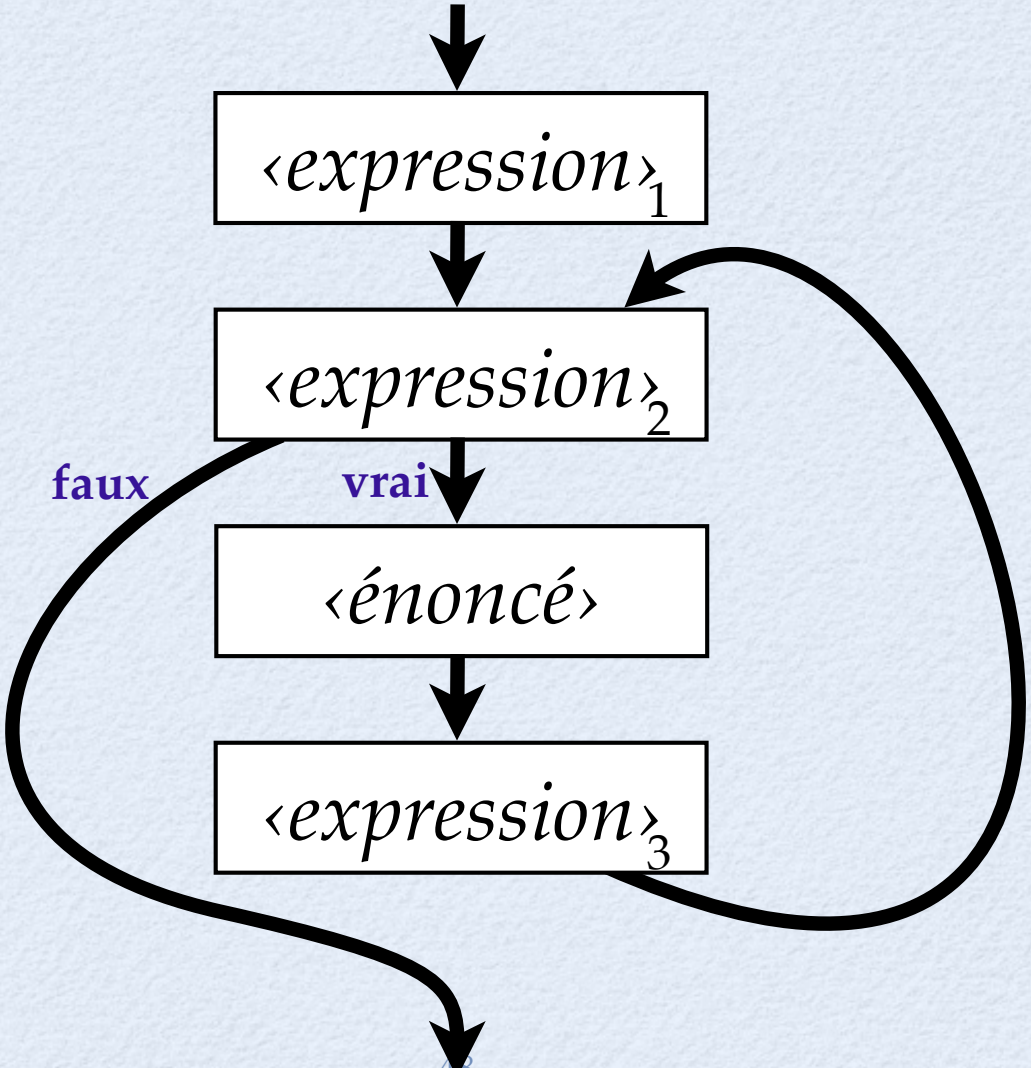
- La **boucle «for»** est utile pour faire des boucles basées sur une **variable d'itération**
- Une variable d'itération est une variable qui aura une **nouvelle valeur** à chaque itération de la boucle
- Syntaxe simplifiée :

`for` **(**‹*exp.*›$_1$**;** ‹*exp.*›$_2$**;** ‹*exp.*›$_3$**)** ‹*énoncé*›

- Normalement ‹*exp.*›$_1$ fait l'**initialisation** de la variable d'itération, ‹*exp.*›$_2$ **vérifie la condition** d'itération et ‹*exp.*›$_3$ fait **avancer** la variable d'itération à sa prochaine valeur

Boucle for

for (‹*expression*›$_1$; ‹*expression*›$_2$; ‹*expression*›$_3$) ‹*énoncé*›



Boucle for

- Il y a une équivalence intéressante entre la boucle **`for`** et la boucle **`while`** (sauf en présence de l'énoncé **`continue`**) :

`for` **(**‹*exp.*›$_1$**;** ‹*exp.*›$_2$**;** ‹*exp.*›$_3$**)** ‹*énoncé*› ≡

{ ‹*exp.*›$_1$**;** **`while`** **(**‹*exp.*›$_2$**)** **{** ‹*énoncé*› ‹*exp.*›$_3$**;** **}}**

```
// alternative #10

var x;

x = 0;
while (x <= 10) {
    print(1 << x);
    x++;
}
```

```
// alternative #11

var x;

for (x=0; x<=10; x++) {
    print(1 << x);
}
```

Boucle for

- À la place de ‹*exp.*›$_1$ on peut mettre une **déclaration de variable**, ce qui a l'avantage d'alléger le code en déclarant la (les) variable(s) d'itération dans la boucle elle même

```
// alternative #12

for (var x=0; x<=10; x++) {
    print(1 << x);
}
```

- Ce style est fortement conseillé car il donne du code **plus modulaire** (les déclarations de variables et leurs accès seront dans la même région de code)

Boucle for

```
// alternative #13

for (var x=0, p=1; x<=10; x++, p*=2) {
    print(p);
}
```

«*x* , *y*» est une expression dont la valeur est *y* après avoir évalué *x* (pour son effet)

```
// alternative #14

for (var p=1; p<=1024; p*=2) {
    print(p);
}
```

Boucles imbriquées

- On dit qu'une boucle est une **boucle imbriquée** lorsqu'elle se trouve dans le corps d'une autre boucle
- La boucle de niveau 1 (la **boucle principale**, ou la **boucle englobante**) est celle qui contient l'autre boucle dans son corps
- La boucle de niveau 2 (la **boucle imbriquée**, ou la **boucle interne**) est celle qui est contenue dans la boucle de niveau 1
- Il n'y a pas de limite sur le nombre de niveaux d'imbrication (mais ça peut avoir un effet négatif sur la performance du programme)

Boucles imbriquées

- Exemple : affichage visuel d'un "triangle" :

```
#
##
###
####
#####
```

Boucle principale (de niveau 1) ascendante

Boucle imbriquée (de niveau 2) descendante

```
// Fichier: triangle.js

// Ce programme imprime un triangle.

for (var i=1; i<=5; i++) {

    var barre = "";

    for (var j=i; j>=1; j--) {
        barre += "#";
    }

    print(barre);
}
```

Exemple : nombres premiers

- Spécification : imprimer les nombres premiers entre 2 et 100 (un nombre *n* est premier s'il se divise exactement, sans reste, par 1 et *n* seulement)
- Conception :
  - **Boucle principale** qui passe par tous les nombres entiers *n* entre 2 et 100
  - **Boucle imbriquée** qui essaie tous les nombres entiers *d* (diviseur) entre 2 et *n*-1
  - S'il existe un *d* pour lequel *n* modulo *d* est 0, le nombre *n* est certainement **pas premier**

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers1.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #1

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var premier = true;         // n est premier (à date)

    for (var d=2; d<n; d++) {   // pour chaque diviseur
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            premier = false;    // n n'est pas premier
        }
    }

    if (premier) {              // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}


pause();  // ~ 45500 steps
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers2.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #2

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var premier = true;         // n est premier (à date)

    for (var d=2; d<=Math.sqrt(n); d++) {
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            premier = false;    // n n'est pas premier
        }
    }

    if (premier) {              // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}


pause();  // ~ 8200 steps
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers3.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #3

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var premier = true;         // n est premier (à date)

    for (var d=2; premier && d<=Math.sqrt(n); d++) {
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            premier = false;    // n n'est pas premier
        }
    }

    if (premier) {              // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}


pause();  // ~ 4400 steps
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers3b.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #3b

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var premier = true;         // n est premier (à date)

    for (var d=2; d<=Math.sqrt(n); d++) {
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            premier = false;    // n n'est pas premier
            d = n;              // forcer la fin de la boucle
        }
    }

    if (premier) {              // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}

pause();  // ~ 4700 steps
```

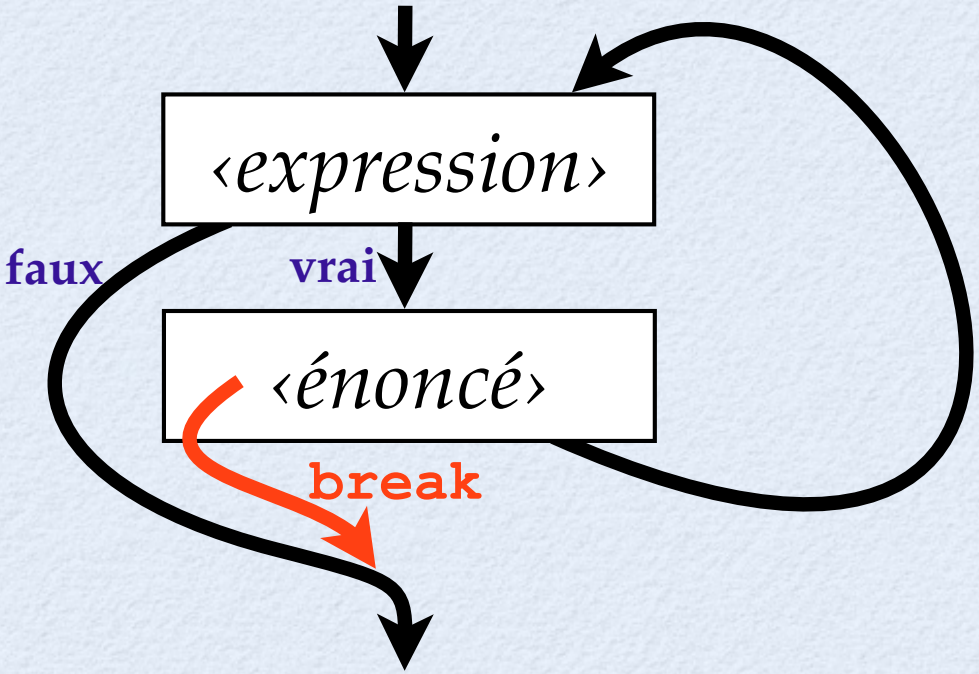
Énoncé break

- L'énoncé **`break`** force la **fin prématurée** de la boucle la plus imbriquée qui contient le **`break`**
- Syntaxe simplifiée : **`break;`**
- Fonctionne avec toutes les formes de boucle
- L'exécution passe immédiatement au prochain énoncé qui suit la boucle

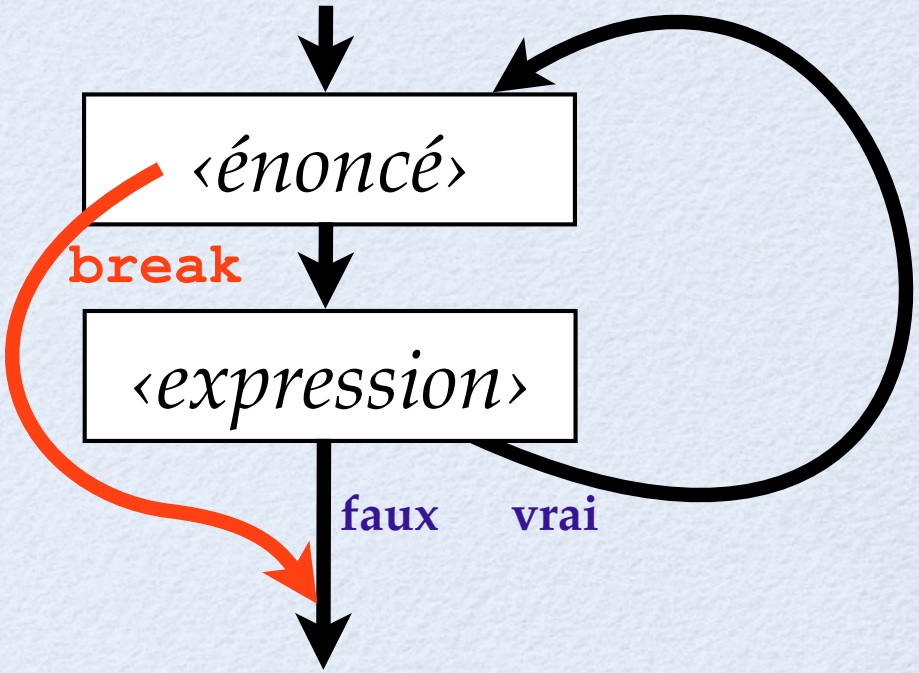
Énoncé break

- Diagrammes de flux de contrôle des boucles **`while`**, **`do-while`** et **`for`** en présence de **`break`** :

`while` **(**‹*expression*›**)** ‹*énoncé*›

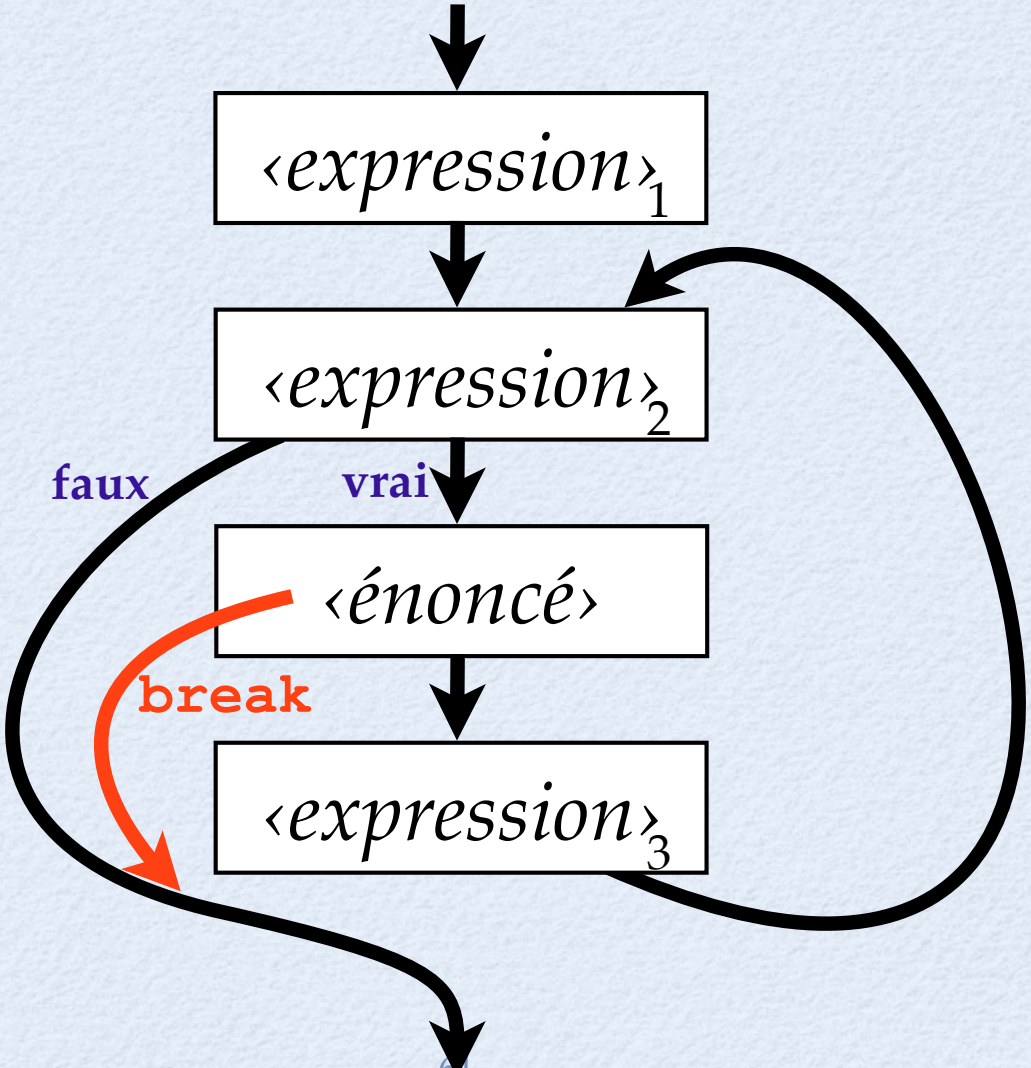


`do` ‹*énoncé*› **`while`** **(**‹*expression*›**);**



Énoncé break

for (‹*expression*›$_1$; ‹*expression*›$_2$; ‹*expression*›$_3$) ‹*énoncé*›



Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers4.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #4

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var premier = true;         // n est premier (à date)

    for (var d=2; d<=Math.sqrt(n); d++) {
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            premier = false;    // n n'est pas premier
            break;              // forcer la fin de la boucle
        }
    }

    if (premier) {              // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}

pause();  // ~ 4100 steps
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers5.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #5

for (var n=2; n<=100; n++) {    // pour n entre 2 et 100

    var max = Math.sqrt(n);     // diviseur maximal

    for (var d=2; d<=max; d++) {
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            max = 0;            // n n'est pas premier
            break;              // forcer la fin de la boucle
        }
    }

    if (max != 0) {             // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}

pause();  // ~ 3800 steps
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers6.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #6

for (var n=2; n<=100; n+=1+(n>2)) { // 2, 3, 5, 7, ... 99

    var max = Math.sqrt(n);     // diviseur maximal

    for (var d=3; d<=max; d+=2) { // d=3,5,7,...
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            max = 0;            // n n'est pas premier
            break;              // forcer la fin de la boucle
        }
    }

    if (max != 0) {             // imprimer s'il est premier
        print(n);
    }
}

pause();  // ~ 2000 steps
```

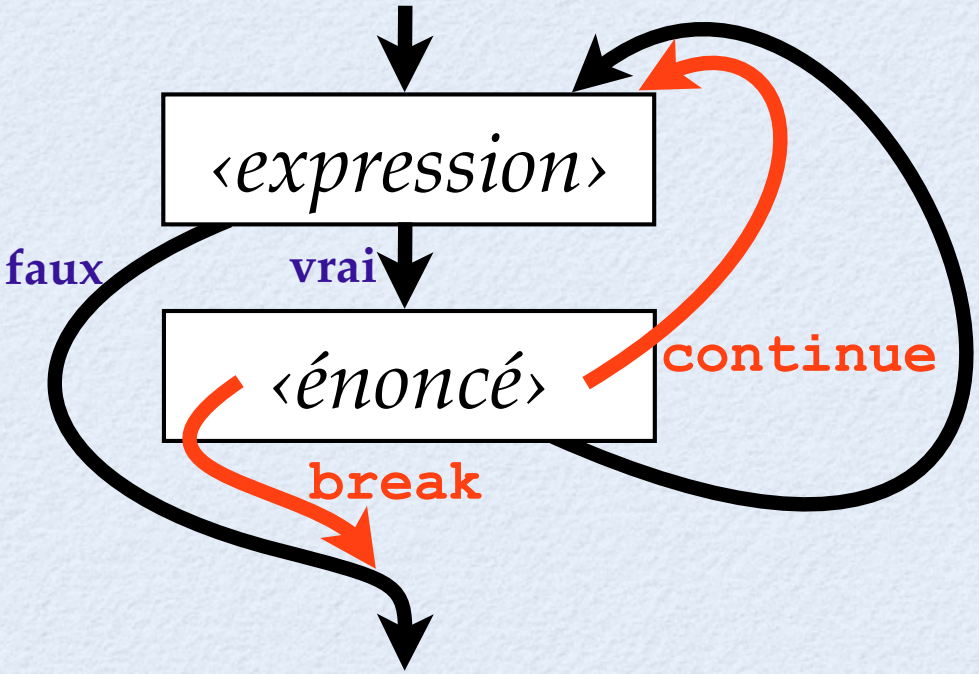
Énoncé continue

- L'énoncé `continue` force la **fin de l'itération présente** de la boucle la plus imbriquée qui contient le `continue`
- Syntaxe simplifiée : `continue;`
- Fonctionne avec toutes les formes de boucle
- L'exécution saute immédiatement à la fin de l'itération

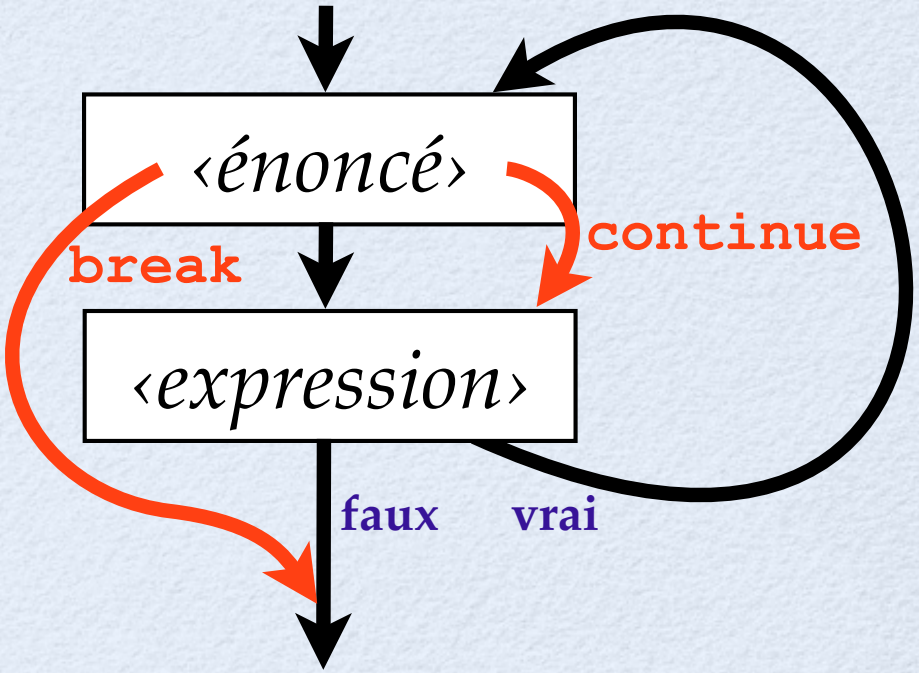
Énoncé continue

- Diagrammes de flux de contrôle des boucles **`while`**, **`do-while`** et **`for`** en présence de **`break`** et **`continue`** :

`while` **(**‹*expression*›**)** ‹*énoncé*›

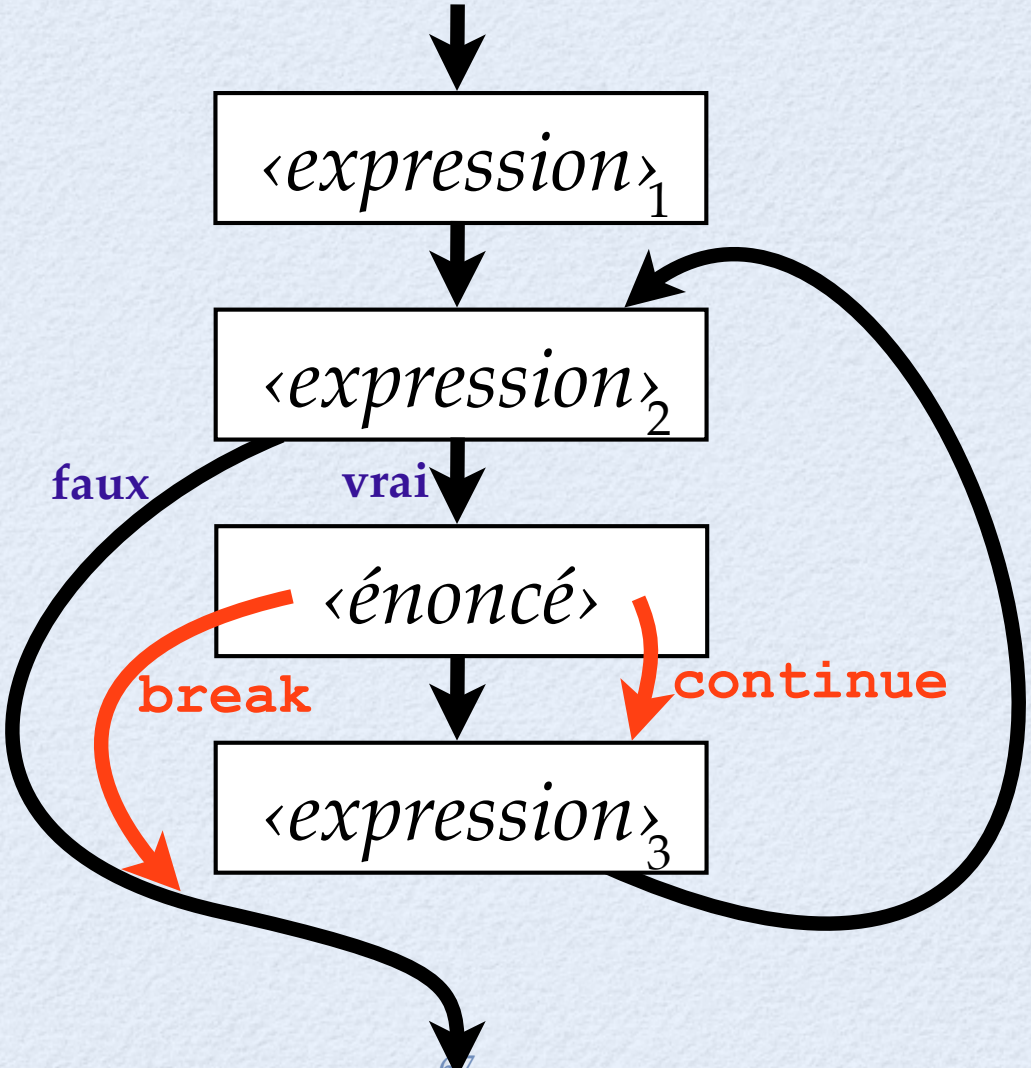


`do` ‹*énoncé*› **`while`** **(**‹*expression*›**);**



Énoncé continue

for (‹*expression*›$_1$; ‹*expression*›$_2$; ‹*expression*›$_3$) ‹*énoncé*›



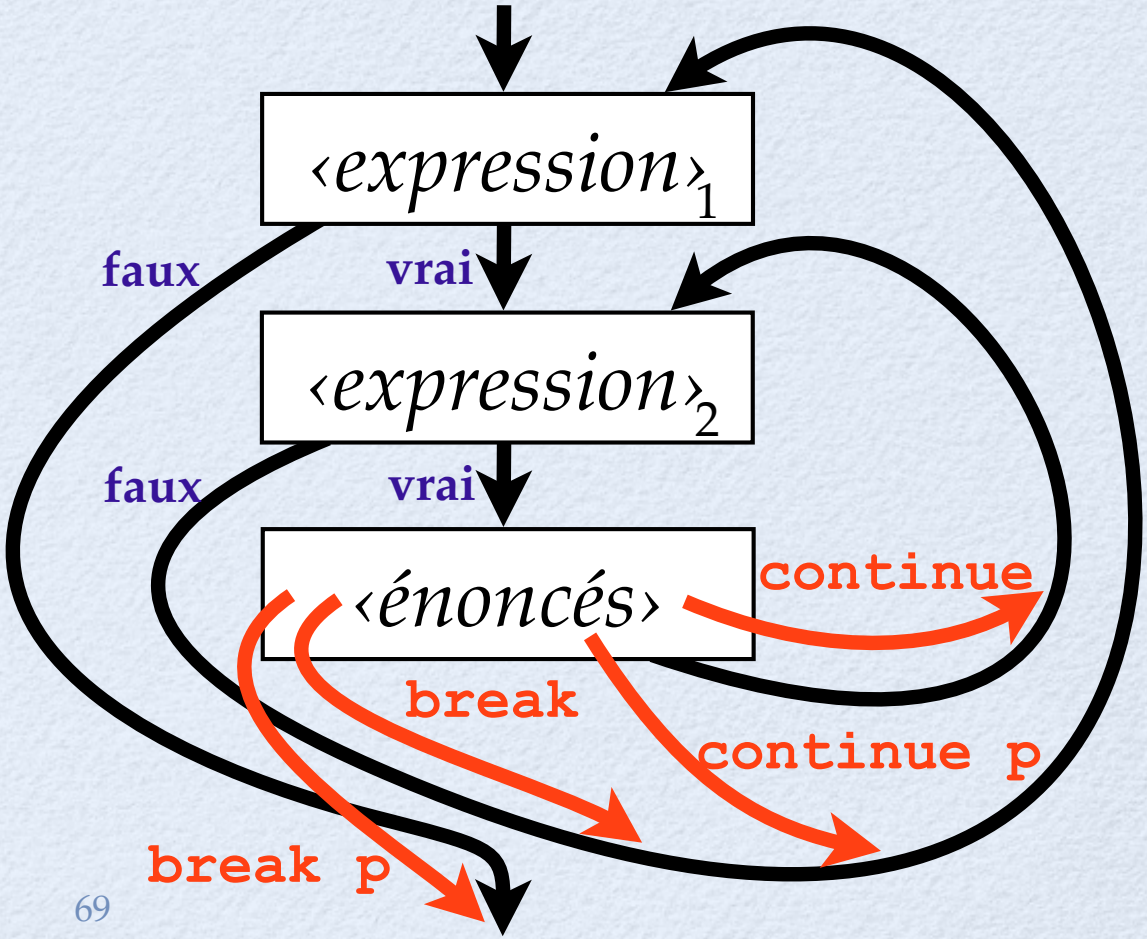
Boucles étiquettées

- Les énoncés **`break`** et **`continue`** dans des boucles visent par défaut la boucle la plus imbriquée qui les contient
- Si on vise à opérer sur une boucle plus englobante on peut assigner une **étiquette** à la boucle en question et la préciser dans le **`break`** et **`continue`**
- Syntaxe : ‹*id.*› **`:`** **`while`** **`(`**‹*exp.*›**`)`** ‹*énoncé*›
- Syntaxe : ‹*id.*› **`:`** **`do`** ‹*énoncé*› **`while`** **`(`**‹*exp.*›**`);`**
- Syntaxe : ‹*id.*› **`:`** **`for`** **`(`**‹*exp.*›**`;`**‹*exp.*›**`;`**‹*exp.*›**`)`** ‹*énoncé*›
- Syntaxe : **`break`** ‹*id.*›**`;`**
- Syntaxe : **`continue`** ‹*id.*›**`;`**

Boucles étiquettées

- Diagramme de flux de contrôle d'une boucle **`while`** principale étiquettée «**`p`**» contenant une boucle **`while`** imbriquée contenant des énoncés

```
p: while (‹expression›1) {
     while (‹expression›2) {
          ‹énoncés›
     }
}
```



Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers7.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #7

candidats:
for (var n=2; n<=100; n+=1+(n>2)) { // 2, 3, 5, 7, ... 99

    var max = Math.sqrt(n);     // diviseur maximal

    for (var d=3; d<=max; d+=2) { // d=3,5,7,...
        if (n % d == 0) {       // as t-on trouvé un facteur?
            continue candidats;// oui, prochain candidat
        }
    }

    print(n);                   // n est premier
}



pause();  // ~ 1800 steps (25x plus vite que version #1)
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers8.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #8

candidats:
for (var n=2; n<=100; n+=1+(n>2)) {        // 2, 3, 5, 7, ... 99

    if (n >= 9) {

        if (n%3==0 || n%5==0 || n%7==0) { // essayer 3, 5 et 7
            continue;
        }

        var max = Math.sqrt(n);            // diviseur maximal

        for (var d=11; d<=max; d+=2) {     // d=11,13,15,...
            if (n % d == 0) {              // as t-on trouvé un facteur?
                continue candidats;        // oui, prochain candidat
            }
        }
    }

    print(n);                              // n est premier
}

pause();  // ~ 1400 steps (32x plus vite que version #1)
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers9.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #9

print(2);

candidats:
for (var n=3; n<=100; n+=2) {                  // 3, 5, 7, ... 99

    if (n >= 9) {

        if (n%3==0 || n%5==0 || n%7==0) { // essayer 3, 5 et 7
            continue;
        }

        var max = Math.sqrt(n);                // diviseur maximal

        for (var d=11; d<=max; d+=2) {     // d=11,13,15,...
            if (n % d == 0) {                  // as t-on trouvé un facteur?
                continue candidats;            // oui, prochain candidat
            }
        }
    }

    print(n);                                  // n est premier
}

pause();  // ~ 1200 steps (38x plus vite que version #1)
```

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers10.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #10

print(2);

for (var n=3; n<=100; n+=2) { // 3, 5, 7, ... 99
    if (n < 9 || (n%3!=0 && n%5!=0 && n%7!=0)) {
        print(n);   // n est premier
    }
}

pause();  // ~ 1000 steps (45x plus vite que version #1)
```

Ce programme n'est pas facile à maintenir… on ne peut pas simplement changer le 100 en 1000 pour imprimer les nombres premiers entre 2 et 1000

Exemple : nombres premiers

```
// Fichier: premiers11.js

// Ce programme imprime les nombres premiers entre 2 et 100.

// Version #11

print(2);
print(3);
print(5);
print(7);
print(11);
print(13);
print(17);
print(19);
print(23);
print(29);
print(31);
print(37);
print(41);
print(43);
print(47);
print(53);
print(59);
print(61);
print(67);
print(71);
print(73);
print(79);
print(83);
print(89);
print(97);

pause();  // 77 steps (600x plus vite que version #1)
```

Ce n'est pas facile de se convaincre, ou "prouver", que ce programme imprime vraiment les nombres premiers entre 2 et 100… en as t-on oublié un?

Exemple : nombres premiers

- Les dernières versions de ce programme illustrent que les divers critères de qualité d'un programme sont souvent en **opposition**
- Un programme conçu avec beaucoup de poids sur sa performance (***optimisé***) perd en clarté, en généralité et en maintenabilité
- Il est mieux de viser tout d'abord un programme **correct et clair**, facile à comprendre et maintenir, et de l'**optimiser seulement si sa performance laisse à désirer** et seulement dans les parties du programme qui bénéficient le plus d'une optimisation