ENSIMAG-2

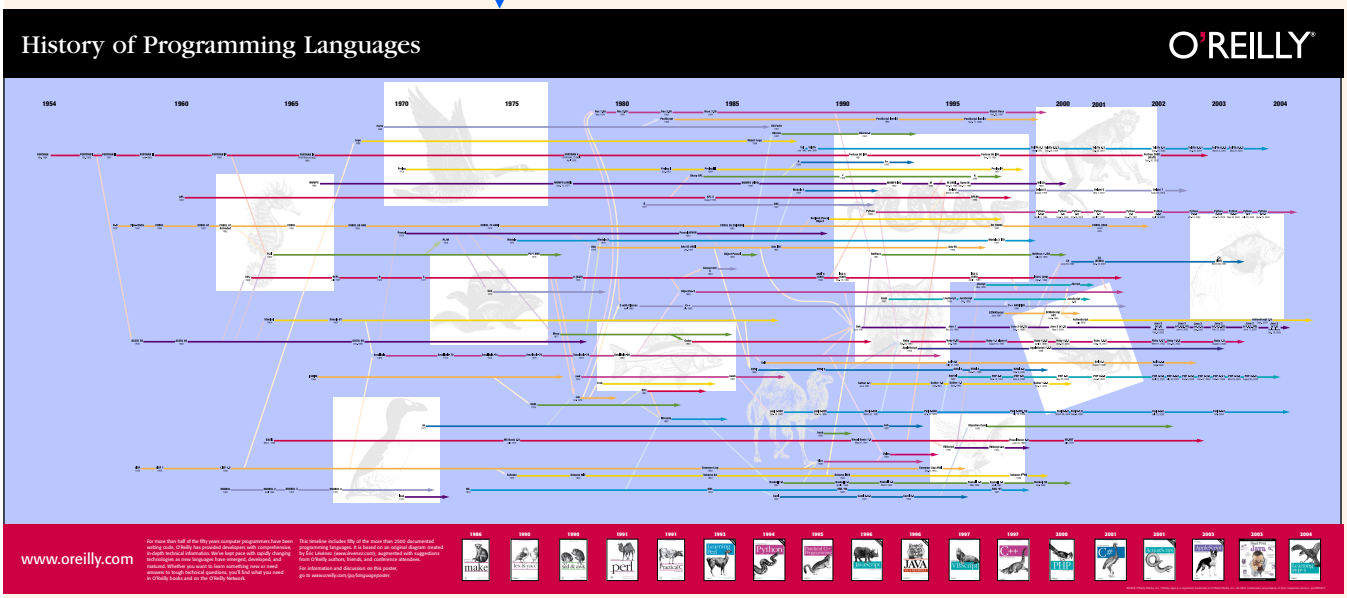
Éléments d'histoire de l'informatique

Sacha Krakowiak

Université Grenoble Alpes & Aconit

6. Les débuts des langages de programmation

Les langages de programmation



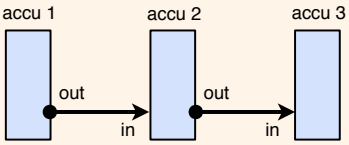
© O'Reilly

Qu'est-ce que «programmer une machine ?»

- Soit à ajouter un nombre *a* à un nombre *b* et à garder le résultat comme *c*

~10 ans

Sur l'ENIAC



Sur une machine à programme enregistré

00110	00010110001
01010	01011110001
01110	00110110000

En assembleur

```
load a
add b
sto c
```

Dans un langage de haut niveau

```
c = a + b
```

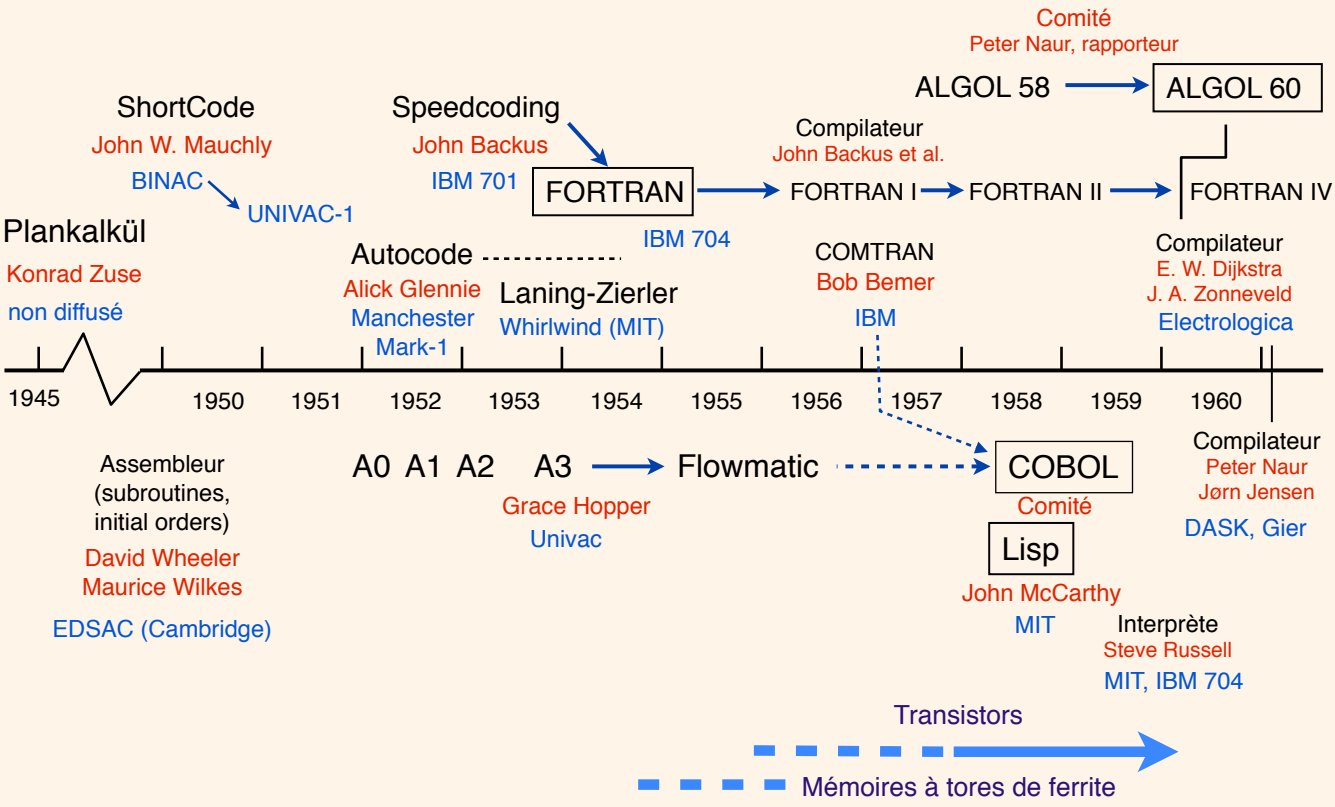
Saut conceptuel :
le programme comme objet manipulable par la machine

Commodité de lecture et d'écriture
Gestion de la mémoire
Sous-programmes

Saut conceptuel
ce que *sait faire* la machine

ce que *veut faire* l'utilisateur

La naissance des langages de programmation



La «programmation automatique»

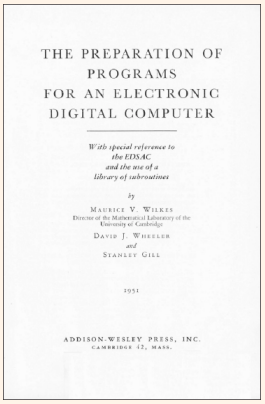
1949-1954

- Remédier aux limitations des premiers ordinateurs
  - pas de registres d'index
  - pas d'opérations câblées en virgule flottante
  - répertoire d'instructions incomplet
    - manque d'opérations logiques
  - entrées-sorties difficiles à mettre en œuvre
- Fournir un mode d'expression plus commode que le binaire
  - codes d'opérations et adresses symboliques
  - organisation des programmes (sous-programmes)
- Mieux gérer les ressources
  - allocation de la mémoire
  - entrées-sorties
- Contrepartie : un coût non négligeable

Une notion primitive de «machine virtuelle»

Les premiers assembleurs

- Short Code (John W. Mauchly, BINAC, 1949 puis UNIVAC)
  - notation pour les expressions mathématiques (avec conversion manuelle)
  - système interprétatif (facteur 50)
- Ordres initiaux (David Wheeler, Maurice Wilkes, EDSAC, 1949)
  - une séquence d'instructions préenregistrée sur support externe (relais)
  - remplit les rôles d'amorce (*bootstrap*), assembleur, éditeur de liens, chargeur en 41 instructions !
  - code opération d'une lettre, adresses en décimal
  - bibliothèque de sous-programmes sur ruban perforé
  - séquence d'appel et retour de sous-programme permettant les appels emboîtés


THE PREPARATION OF PROGRAMS FOR AN ELECTRONIC DIGITAL COMPUTER

With special reference to the EDSAC and the use of a library of subroutines

by

MAURICE V. WILKES
Director of the Mathematical Laboratory of the University of Cambridge

DAVID J. WHEELER
and
STANLEY GILL

1951

ADDISON-WESLEY PRESS, INC.
CAMBRIDGE 42, MASS.

Entre assembleur et langage de haut niveau

La «programmation automatique» et les «pseudocodes»

- Speedcoding (John Backus, IBM 701, 1953)
  - «machine virtuelle» à 3 adresses, virgule flottante
  - gestion des entrées-sorties et de la mémoire secondaire
  - système interprétatif, aide à la mise au point
- De A0 à A3 (Grace Hopper, UNIVAC, 1951-53)
  - A0, A1 : gestion des sous-programmes
    - sous-programmes «ouverts» (recopiés)
  - A2 : «machine virtuelle» à 3 adresses
  - A3 : traduction de formules mathématiques
- Laning-Zierler (MIT - Whirlwind, 1953)
  - Langage compilé
  - Notation algébrique des formules
    - parenthèses, précédence d'opérateurs
  - Noms symboliques
  - Langage machine pour les branchements conditionnels

Autres précurseurs

Rutishauser (Zürich)
compilateur spécifié, non implémenté
[Zuse Z4]

Böhm (Zürich)
compilateur écrit dans le langage même, non implémenté

Naissance des langages de haut niveau

(1945 ; 1954-60)

- Plankalkül, un précurseur sans descendance (Konrad Zuse)
  - 1945. Pas d'implémentation (sinon à titre historique, 1998)
- FORTRAN (John Backus, IBM)
  - FORTRAN-0, 1954, pas implémenté
  - Compilateur de Fortran I en avril 1957
- Lisp (John McCarthy, MIT)
  - Interprète en 1959 ; compilateur en 1962
- COBOL (Comité ; influence de FLOWMATIC (Hopper), COMTRAN (Bemer))
  - 1959 ; compilateur en 1960
- ALGOL (Comité ; rôle déterminant de Peter Naur, Regnecentralen)
  - ALGOL-58, pas implémenté
  - Compilateurs d'ALGOL-60 en 1960 et 1961

Plankalkül

Un langage en avance sur son temps

Les programmes sont des procédures (non récursives),avec variables locales

Les types de données sont riches

- tableaux (et tuples de tableaux)
  - de taille variable
- données en virgule fixe et flottante
- enregistrements, listes de paires

Instruction d'affectation

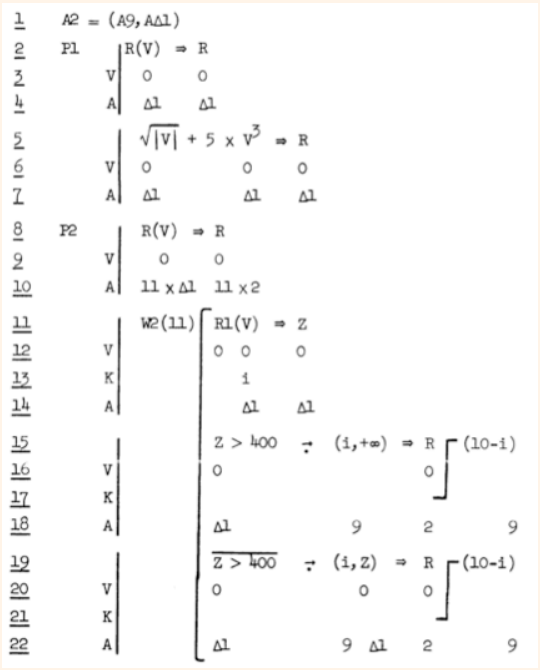
Instruction conditionnelle

Boucles et construction **while**

Pas de **goto**

Opérations logiques

Exceptions dans le calcul arithmétique



Une notation à deux dimensions

```
  |  A + 1  ⇒  A
V |  4          5
S |  1.n        1.n
```

représente A[5] := A[4] + 1

D. E. Knuth and L. T. Pardo. "The early development of programming languages" in *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, Marcel Dekker, New York, 1977

Les débuts de FORTRAN

Le contexte (1954)

La «programmation automatique»

- peu de systèmes (A2, Laning-Zierler, Speedcoding)
- faible efficacité
- scepticisme sur la démarche

Une nouvelle machine, l'IBM 704 (tores)

- virgule flottante câblée
- registres d'index

John Backus
Expérience Speedcoding sur IBM 701
projet pour le 704

Les motivations

essentiellement économiques : l'efficacité du code objet avant tout

étendre la population des utilisateurs

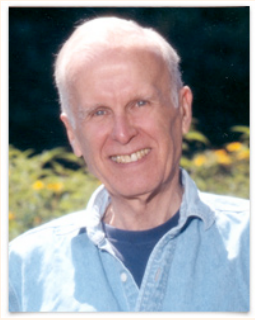
initialement : uniquement prévu pour l'IBM 704

Des prévisions optimistes…

plus de déboguage (langage de haut niveau)

compilateur prêt en 6 mois (il a fallu 2 ans, 72 hommes x mois)

Chronologie initiale de FORTRAN



John Backus (1924-2007)

Image courtesy of the Computer History Museum

- **Janvier 1954 : feu vert d'IBM**
  - conception du langage (FORTRAN-0)
  - rapport préliminaire en novembre 1954
- **Fin 1954 - début 1955**
  - présentation à des groupes d'utilisateurs potentiels
  - début de la construction du compilateur
- **1955 - 1957**
  - construction du compilateur pour IBM 704, accent sur l'efficacité
  - évolution vers FORTRAN I ; *Programmer's Reference Manual* (octobre 1956)
  - avril 1957 : compilateur prêt, *Preliminary Operator's Manual* édité
  - début 1958 : FORTRAN II (diagnostics, compilation séparée)
- **1958 - 1962**
  - FORTRAN III, diffusion restreinte : test pour FORTRAN-IV, version stable 1962
  - COMMON, variables logiques, déclarations de type, noms symboliques des E/S
  - FORTRAN IV compilé pour le 7090

À quoi ressemblent les premiers FORTRANs ?

Algol 60

```
begin integer i; real array a[0:10]real
procedure f(t); real t; value t;
     f := sqrt(abs(t))+5×t↑3;
for i := 0 step 1 until 10 do read(a[i]);
  for i := 10 step -1 until 0 do
     begin y := f(a[i]);
     if y > 400 then write(i, "TOO LARGE");
                else write(i, y);
     end
end;
```

D. E. Knuth and L. T. Pardo. "The early development of programming languages" in *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, Marcel Dekker, New York, 1977

FORTRAN 1

```
    FUNF(T) = SQRT(ABSF(T))+5.0*T**3
    DIMENSION A(11)
 1  FORMAT(6F12.4)
    READ 1,A
 2  DO 10 J=1,11
    I=11-J
    Y= FUNF(A(I+1))
    IF (400.0-Y)4,8,8
 4  PRINT 5,I.
 5  FORMAT(I10, 10H TOO LARGE)
    GO TO 10
 8  PRINT 9,I,Y
 9  FORMAT(I10, F12.7)
10  CONTINUE
    STOP 52525
```

FORTRAN 0

```
    DIMENSION A(11)
    READ A
2   DO 3,8,11 J=1,11
3   I=11-J
    Y=SQRT(ABS(A(I+1)))+5*A(I+1)**3
    IF (400. >=Y) 8,4
4   PRINT I,999.
    GO TO 2
8   PRINT I,Y
11  STOP
```

L'apport de FORTRAN

- Premier «vrai» langage de haut niveau
  - une révolution dans les usages : le calcul à la portée des usagers
    - une appropriation au delà des espoirs des réalisateurs
- Preuve de la possibilité d'une compilation efficace
  - c'était le principal objectif initial (en 1954)
- Un usage universel pour le calcul scientifique
  - évolution vers le calcul à hautes performances
  - l'outil de base pour les «sciences numériques»
- Les limitations des premiers temps
  - langage peu sûr (compilateur trop tolérant)
  - sémantique parfois incertaine
  - définitions statiques
    - pas d'allocation dynamique
    - pas de procédures récursives

amélioration (lente !)
au fil des versions

La compilation de FORTRAN

- Conséquences de la primauté de l'efficacité…
  - La définition du langage est influencée par la construction du compilateur
  - Le compilateur est très dépendant de la machine cible (l'IBM 704)
- Quelques points délicats de la compilation
  - Peu de difficulté pour les expressions
  - Réduire le coût du calcul d'adresse (en particulier des tableaux)
    - procéder par incréments pour réduire le nombre de multiplications
  - Réduire le coût de sauvegarde-restauration des registres d'index (3)
    - estimer la fréquence d'exécution des parties du programme
- Exemples concrets…
  - La construction DO est privilégiée pour les itérations, avec incréments d'index constants (et positifs)
  - Les indices de tableau doivent être des fonctions linéaires des index
  - Le nombre d'indices des tableaux est limité à 3 (sinon coût trop élevé)
  - La compilation séparée (à partir de FORTRAN II) réduit le coût de compilation

L'évolution de FORTRAN
(après FORTRAN IV)

- FORTRAN IV (1961-62)
- FORTRAN 66
  - premier standard industriel (ANSI)
- FORTRAN 77
  - amélioration des constructions IF et DO
  - amélioration des entrées-sorties
  - traitement de données de type CHARACTER
- Fortran 90
  - meilleur traitement des tableaux (ARRAY)
  - procédures récursives
  - modules, gestion dynamique de la mémoire
- Fortran 95
  - améliorations diverses sur tableaux et chaînes
- Fortran 2003
  - programmation par objets
  - entrées-sorties élaborées
- Fortran 2008, 2015
  - améliorations mineures

→ Extensions pour le calcul à hautes performances, 1993 (parallélisme)

Des avis sur Fortran…

- Un langage peu aimé des informaticiens puristes…

> *"FORTRAN --'the infantile disorder'--, by now nearly 20 years old, is hopelessly inadequate for whatever computer application you have in mind today: it is now too clumsy, too risky, and too expensive to use."*
>
> Edsger Dijkstra (1975)

- … mais reconnu comme incontournable

> *"Fortran is the* lingua franca *of the computing world. It is the language of the streets in the best sense of the word, not in the prostitutional sense of the word. And it has survived and will survive because it has turned out to be a remakably useful part of a very vital commerce."*
>
> Alan J. Perlis (1978)

> *"I don't know what the language of the year 2000 will look like, but I know it will be called Fortran."*
>
> C. A. R. Hoare (1982)

La genèse d'Algol

La situation en 1958

Un langage dominant : FORTRAN (lié à IBM) ; divers autres projets, tous liés à une machine

deux initiatives pour définir un langage scientifique indépendant de la machine : GAMM (Allemagne) et ACM (USA) ; elles fusionnent

Étape préliminaire : Algol 58

Création d'un comité et réunion à Zürich, 27 mai - 1er juin 1958

Objectif : un langage indépendant de la machine, rigoureusement défini, bien adapté à la description d'algorithmes, compilable

Définition d'Algol 58, inspiré de FORTRAN

Nombreuses propositions et tentatives de compilation

Réunions partielles intermédiaires

Algol 60

Réunion à Paris, janvier 1960 ; adoption de la BNF pour la description

Premier rapport, mai 1960 ; réunion à Rome (avril 1962), rapport révisé

Rôle prépondérant de Peter Naur, rapporteur du groupe

Les innovations d'Algol 60

Structure de bloc

blocs emboîtés, variables locales

Tableaux de taille variable (allocation dynamique sur pile)

Définition rigoureuse des procédures

procédures récursives : objet de nombreux débats au sein du groupe

appel par nom : généralité, mais réalisation complexe et pièges sémantiques

Déclarations de type

premier effort vers une garantie de sécurité

Définition rigoureuse de la syntaxe (BNF)

any sequence of decimal digits with a decimal point preceding or intervening between any 2 digits or following a sequence of digits, all of this optionally preceded by a plus or minus sign. The number must be less than 10^{38} in absolute value and greater than 10^{-38} in absolute value

FORTRAN, 1954

```
<digit> := 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9
<integer> := <digit> | <integer><digit>
<realPart> := .<integer>|<integer>.|<integer>.<integer>
<real> := <realPart>|+<realPart>|-<realPart>
```

Algol 60

Le rapport Algol 60

✤ Un texte-clé de l'histoire de l'informatique

J.W. Backus, F.L. Bauer, J. Green, C. Katz, J. McCarthy,
P. Naur, A.J. Perlis, H. Rutishauser, K. Samelson, B. Vauquois,
J.H. Wegstein, A. van Wijngarden, M. Woodger

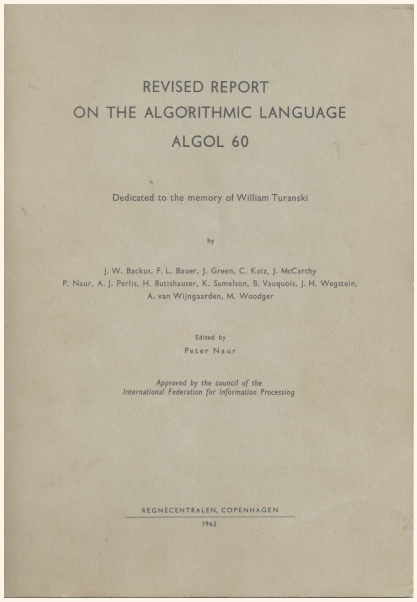
L'introduction de la Backus-Naur Form (BNF)
un formalisme de définition de la syntaxe

La première définition rigoureuse et complète d'un langage de programmation
la sémantique est encore en langage naturel

Les langages de programmation deviennent l'objet d'une étude scientifique

Le rôle déterminant de Peter Naur (1928 - 2016)
prix Turing 2005

CC-BY-SA 2.5, Eriktj



Ce qui peut se dire peut se dire clairement ; et sur ce dont on ne peut parler, il faut garder le silence.

Ludwig Wittgenstein

La compilation d'Algol 60

✤ Quelques dates marquantes (non exhaustif !)

Août 1960 E.W. Dijkstra, J. A. Zonneveld Electrologica X-1
premier compilateur d'Algol 60

Fin 1960 E. T. Irons CDC 1604
compilateur dirigé par la syntaxe

1961 Burroughs (avec Hoare, Dijkstra) gamme Burroughs
machine B5000 conçue pour Algol

1961, 1962 P. Naur, J. Jensen DASK, Gier (Regnecentralen)
compilateur de grande qualité pour Algol complet

1964 B. Randell, L. J. Russell English Electric KDF9
livre *Algol 60 Implementation*, description détaillée d'un compilateur

Algol 60 : ce qui n'a pas survécu

✤ L'appel par nom

général et puissant, mais implémentation complexe et pièges sémantiques

```
real procedure somme(debut, fin, i, terme); value debut, fin;
        integer debut, fin, i; real terme;
        begin real s;
            s:=0;
            for i:=debut step 1 until fin do
                s:=s+terme;
            somme:=s;
        end;
```

somme(1, 20, k, 1/k) calcule $\sum_{i=1}^{20} 1/i$

somme(0, 15, k, (k+2)(2*k+1)) calcule

$$\sum_{i=0}^{15} (i+2)/(2i+1)$$

✤ La construction *own*

variables rémanentes après la sortie d'un bloc : maniement délicat

✤ La construction *switch*

étiquette de branchement calculée dynamiquement

sémantique complexe, maniement délicat

Les successeurs d'Algol 60

Here is a language so far ahead of its time, that it was not only an improvement on its predecessors, but also on nearly all its successors.

C. A. R. Hoare (1973)

Pourquoi ?
position établie de FORTRAN
manque de soutien d'IBM
entrées- sorties non définies

✤ Une source d'inspiration

Algol 60 a été relativement peu utilisé, mais…

… il a eu une influence profonde sur la quasi-totalité des langages impératifs (et même sur certains langages fonctionnels)

✤ Les dérivés directs

Algol W (N. Wirth, C. A. R. Hoare)

chaînes (*string*), structures (*records*), paramètres par valeur/résultat

Algol 68 (Comité ; A. van Wijngaarden)

grammaire à deux niveaux

influence conceptuelle

Pascal (N. Wirth, 1970)

un but initialement pédagogique

une large diffusion

Influence initiale : Simula 67, ancêtre des langages à objets

La genèse de COBOL

Reconnaissance d'un besoin

un langage pour applications de gestion (par opposition au calcul scientifique)
création d'un comité (initiative du DoD, USA) : réunion le 29-29 mai 1959
un premier rapport en décembre 1959 sur «COBOL 60»
des sources d'inspiration : FLOWMATIC (G. Hopper), COMTRAN (B. Bemer)

Un démarrage difficile

3 révisions de la définition en 5 ans
des compilateurs initialement peu efficaces

Grace Hopper
1906-1992

Image courtesy of the Computer History Museum

Les innovations

DEFINE : première construction pour macros
DATA DIVISION
- définition de structures de données hiérarchiques (*records*)
- définition précises de formats de représentation des variables
- spécification de structure des fichiers

tentative (peu réussie) d'imiter le langage naturel


```
$ SET SOURCEFORMAT"FREE"
IDENTIFICATION DIVISION.
PROGRAM ID. Iteration-If.
AUTHOR. Michael Coghlan.

DATA DIVISION.
WORKING STORAGE SECTION.
01 Num1    PIC 9  VALUE ZEROS.
01 Num2    PIC 9  VALUE ZEROS.
01 Result    PIC 99 VALUE ZEROS.
01 Operator  PIC X  VALUE SPACE

PROCEDURE DIVISION.
Calculator.
   PERFORM 3 TIMES
   DISPLAY "Enter First Number       : " WITH NO ADVANCING
   ACCEPT Num1
   DISPLAY "Enter Second Number      : " WITH NO ADVANCING
   ACCEPT Num2
   DISPLAY "Enter Operator (+ or *)  : " WITH NO ADVANCING
   ACCEPT Operator
   IF OPERATOR = "+" THEN
      ADD Num1, Num2 GIVING Result
   ENDIF
   IF OPERATOR = "*" THEN
      MULTIPLY Num1 BY Num2 GIVING Result
   ENDIF
   DISPLAY "Result is = ", Result
   END PERFORM
STOP RUN
```

À quoi ressemble un programme COBOL ?

Un langage verbeux
et peu élégant

Un bref bilan de COBOL

- Une adoption universelle, après un démarrage lent
  - premiers compilateurs peu efficaces
  - des insuffisances initiales (procédures sans paramètres, …)
  - soutien actif du DoD, publication de normes successives (61, 65, 68, 74, …)
- Vers 1970, devient le langage le plus largement utilisé
  - on estime que 80% des programmes existants sont écrits en COBOL
- Un langage méprisé par la communauté académique
  - "*The use of COBOL cripples the mind; its teaching should, therefore, be regarded as a criminal offense*". E. W. Dijkstra
- Un langage sans successeurs…
  - … mais une évolution progressive
  - un déclin face aux progiciels, mais reste le poids de l'héritage
  - l'activité autour de COBOL se résume à la maintenance

... mais PL/I
tentative de mariage
FORTRAN-COBOL

La genèse de Lisp

- Influences initiales et premiers efforts
  - IPL-2, Newell, Shaw, Simon (1956) : structure de liste
  - l'IBM 704, en particulier la structure d'adressage
  - le lambda-calcul (mais essentiellement pour la notation des fonctions)
  - un langage de traitement de listes en FORTRAN : FLPL (1957-58)
    - H. Gelernter, C. Geberich (IBM) sur suggestion de J. McCarthy (MIT)
    - pas d'expressions conditionnelles ni de fonctions récursives
- Première implémentation
  - Fin 1958 : début d'implémentation (John Mc Carthy, MIT)
    - idée du ramasse-miettes
  - Lisp comme langage et comme description de fonctions calculables (*)
    - absence d'effets de bord : langage fonctionnel
  - La fonction *eval* et le premier interprète (inattendu) : Steve R. Russell

(*) John McCarthy. Recursive functions of symbolic expressions and their computation by machine, part I. *Communications of the ACM* (3:4), April 1960 , pp. 184-195

Un programme en Lisp

```
(DEFUN DEPLACER (d X Y)
  (LIST (LIST 'DÉPLACER 'DISQUE d 'DE X 'VERS Y)))

(DEFUN HANOI (N X Y Z)
  ; Déplace une tour de hauteur N de X vers Z
  (COND ((> N 0)
    (APPEND (HANOI (- N 1) X Z Y)
          (DEPLACER n X Z)
          (HANOI (- N 1) Y X Z)))))
```

L'appel (hanoi 3 '1 '2 '3) produit le résultat suivant :

((DÉPLACER DISQUE 1 DE 1 VERS 3) (DÉPLACER DISQUE 2 DE 1 VERS 2) (DÉPLACER DISQUE 1 DE 3 VERS 2) (DÉPLACER DISQUE 3 DE 1 VERS 3) (DÉPLACER DISQUE 1 DE 2 VERS 1) (DÉPLACER DISQUE 2 DE 2 VERS 3) (DÉPLACER DISQUE 1 DE 1 VERS 3))

Les disques sont numérotés dans l'ordre croissant de leur taille.

Les apports de Lisp

- ## Les concepts
  - Programmation fonctionnelle
  - Manipulation symbolique
  - Récursivité
- ## Les techniques
  - Représentation et manipulation de listes
  - Méta-circularité (l'interprète de Lisp en Lisp)
  - Le ramasse-miettes
- ## Les usages
  - «Intelligence artificielle» : démonstration et raisonnement, calcul formel, …
  - Systèmes experts
- ## La suite…
  - Dialectes courants de Lisp : Scheme (1975) et Common Lisp
  - Héritage de Lisp, les langages fonctionnels : ML, Haskell, OCaml, …

John McCarthy (1927-2011)
vers 1987

Image courtesy of the Computer History Museum

APL, un langage hors du commun

Histoire

Développé entre 1958 et 1964 par Kenneth Iverson, à Harvard puis à IBM

Au départ, une notation mathématique pour les tableaux

Utilisation majoritaire en temps partagé

Kenneth Iverson
1920-2004

Image courtesy of
Computer History Museum

Caractéristiques

Une structure de données unique : le tableau (ou vecteur)

Des opérateurs sur les tableaux, en particulier un itérateur (opération unique sur tous les éléments)

Une évaluation de droite à gauche

Une notation utilisant des symboles spéciaux

Une exécution le plus souvent interprétative

Programmation

Une expression extrêmement concise (*one-liners*)

$(\sim R \in R \circ . \times R)/R \leftarrow 1 \downarrow \iota R$ calcule les nombres premiers juqu'à R

Retour vers la machine

Motivation

programmer le logiciel de base (compilateurs, systèmes d'exploitation), dépendant des caractéristiques de la machine

Première approche : l'assembleur déguisé

Exemple : PL360 (Wirth, 1968) et langages analogues (LP10070, etc.)

Visibilité des registres, constructions de haut niveau (IF, WHILE, etc.)

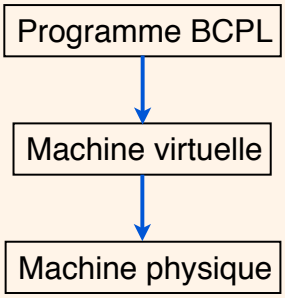
Procédures

Deuxième approche : la machine virtuelle

BCPL (Martin Richards, Cambridge, 1967)

Structure de données unique : le mot

Le prédécesseur de C

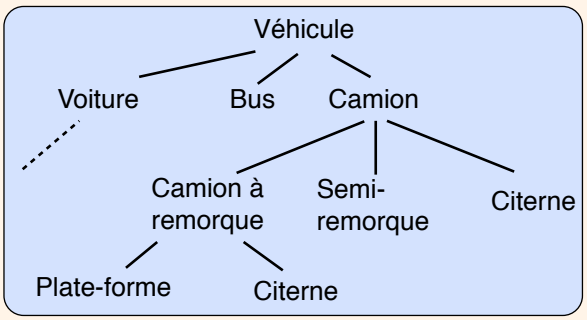


Nouveaux paradigmes

✤ Langages à objets : Modéliser le monde réel

Simula (Dahl - Nygaard, 1967)
- regrouper données-fonctions d'accès
- objets, classes, héritage

Smalltalk (Kay et al., 1978-80)
- métaclasses, polymorphisme
- machine virtuelle à objets
- environnement de programmation



✤ Langages logiques : Modéliser le raisonnement

Représentation des connaissances (McCarthy, Minsky, Hewitt, années 1960)
- déclaratif vs procédural

Prolog (Colmerauer - Roussel - Kowalski, 1972)
- faits et règles, moteur d'inférence

Programmation par contraintes

Pierre est fils de Paul ; Julie est fille de Paul
Marie est fille de Pierre ; Cécile est fille de Pierre
Émile est fils de Julie
A enfant de B = A fils de B **ou** A fille de B
A cousin germain de B = A enfant de X
et B enfant de Y **et** X enfant de Z
et Y enfant de Z **et** X différent de Y
Quels sont les cousins germains d'Émile ?
--> Marie, Cécile

Les débuts des langages à objets : Simula

✤ Simula-1 (O.-J. Dahl, K. Nygaard, 1962-65)

Un langage de simulation, dérivé d'Algol 60

Décrit des activités (pseudo) parallèles

Pas de notion d'objet, mais des «blocs» associés aux activités

Ken Bauer, CC-BY-NC 4.0

Dahl and Nygaard at the time of Simula's development

✤ Simula-67 (1967-74)

Dérive de Simula-1

Introduit des modèles de structures de données extensibles (spécialisables)

Les « blocs », créés dynamiquement, deviennent persistants et associent données et procédures d'accès

D'où : des notions concrètes de classe, sous-classe, héritage (simple)

Un langage qui dépasse le cadre de la simulation

Limitation : pas d'encapsulation
- Les données locales à une classe sont directement accessibles
- Si X = une instance de la classe C, alors X.I, X.J, etc. sont accessibles

Les débuts des langages à objets : Smalltalk

Le contexte : Xerox PARC (voir cours n°9)

Un objectif visionnaire (Alan Kay): le Dynabook, tablette utilisable par des enfants

Trop ambitieux pour la technologie courante, mais...
... conduit au développement d'un nouveau langage

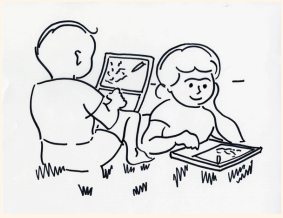


Image courtesy of
Computer History Museum

Le langage Smalltalk

Versions : 1972, 76, 80

Donne un support formel aux notions d'objet, classe, métaclase, héritage

Fournit un modèle intuitif d'exécution : objet, message

Principe « tout est objet »

Au delà du langage

Une machine virtuelle

Un environnement d'exécution

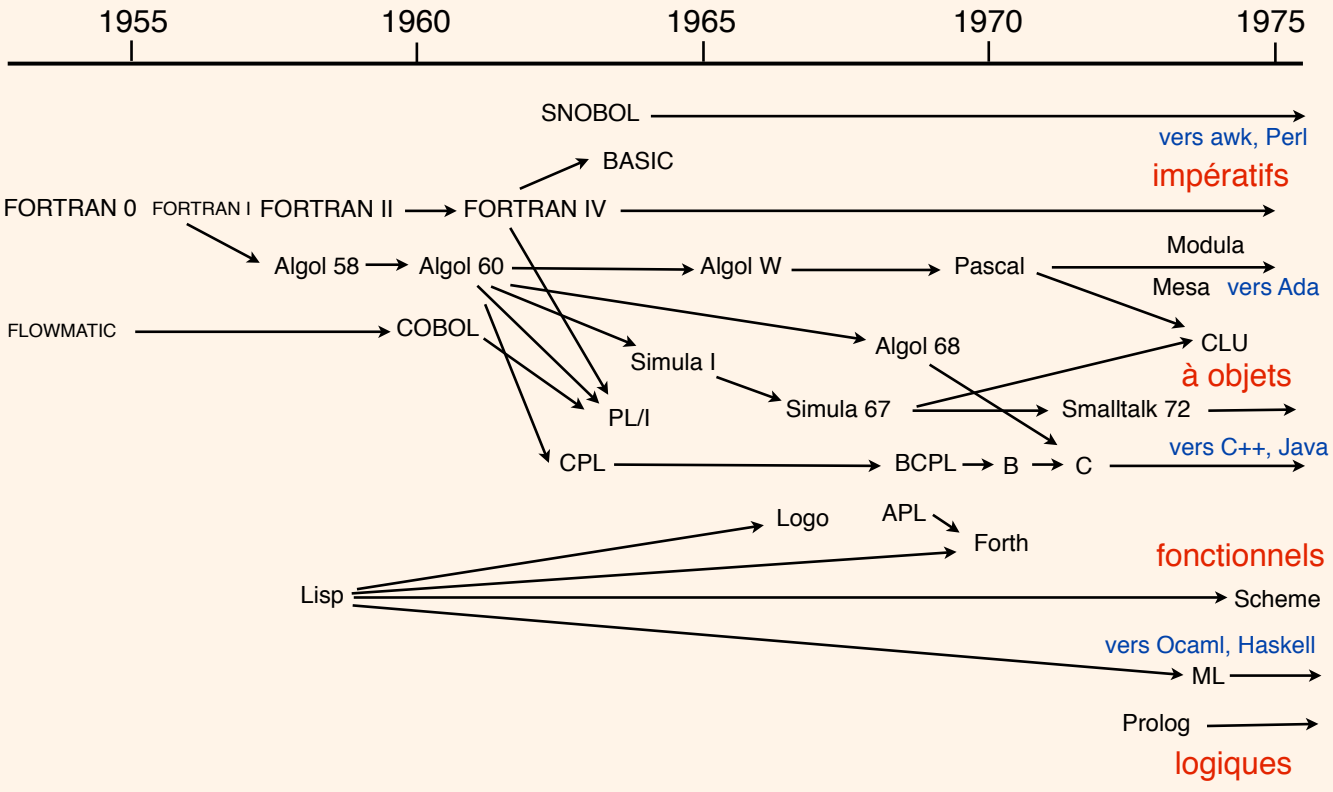
fenêtres recouvrables
menus déroulants...

Alan Kay Adele Goldberg Dan Ingalls

©oylenshpeegul

Langages de programmation

Les 20 premières années



Qualités d'un langage de programmation

Priorités aujourd'hui

- Qu'est-ce qu'un «bon» langage de programmation ?
  - Un langage sûr
    - qui empêche de faire les erreurs les plus courantes
    - exemple : ne pas ajouter des pommes et des oranges …
  - Un langage rigoureux
    - une "sémantique" bien définie (on sait précisément ce qu'on fait)
    - idéalement : on peut prouver que le programme fait bien ce qu'on veut qu'il fasse
  - Un langage élégant et lisible
    - un programme est fait autant pour être lu (et compris) que pour être exécuté
  - Un langage expressif
  - Un langage efficace

Priorités des années 1950

Pour aller plus loin

- Avant les langages de haut niveau

  D. E. Knuth, L. Trabb Pardo, *The Early Development of Programming Languages*, http://www.textfiles.com/bitsavers/pdf/stanford/cs_techReports/STAN-CS-76-562_EarlyDevelPgmgLang_Aug76.pdf

- Général

  P. Wegner. Programming Languages — The First 25 Years, *IEEE Trans. on Computers,* vol. C-25: no 12, dec 1976

- Fortran

  J. Backus, *The History of FORTRAN*, http://www.softwarepreservation.org/projects/FORTRAN/paper/p165-backus.pdf

- Algol 60

  P. Naur (ed.), *Revised Report on the Programming Language Algol 60*, http://archive.computerhistory.org/resources/text/algol/algol_bulletin/EX/RR60/INDEX.HTM

- Lisp

  J. McCarthy, *History of Lisp*, http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/lisp/lisp.html

- Cobol

  History of Cobol, http://americanhistory.si.edu/cobol/introduction