

Paradigmes de Programmation

～ Introduction Générale ～

Didier Verna

didier@didierverna.net



didierverna.net



[@didierverna](https://twitter.com/didierverna)



[didier.verna](https://facebook.com/didier.verna)



[in/didierverna](https://in.linkedin.com/in/didierverna)

Plan

Origines

- Préhistoire
- Fondements

Contexte

- Programmation Impérative
- Programmation Procédurale
- Évolution

Paradigmes de Programmation

- Notion de Paradigme
- Limitations de l'Impératif / Procédural

Plan

Origines

- Préhistoire
- Fondements

Contexte

- Programmation Impérative
- Programmation Procédurale
- Évolution

Paradigmes de Programmation

- Notion de Paradigme
- Limitations de l'Impératif / Procédural

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

Paradigmes de Programmation

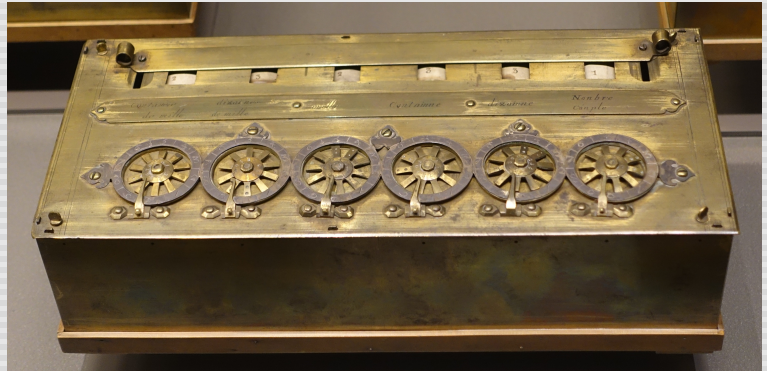
Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

1642 : La Pascaline

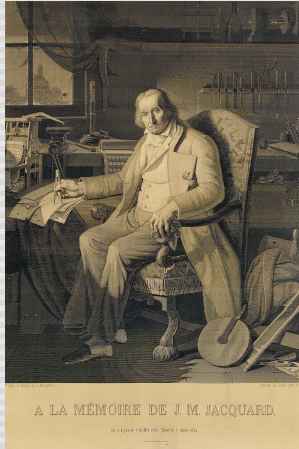


Source : Wikimedia Commons



Source : Wikimedia Commons

- Travail abstrait, processus manuel



Source: Wikimedia Commons

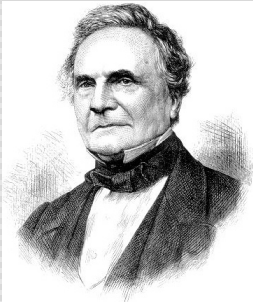


Source: Wikimedia Commons



- ▶ Travail concret, processus automatique

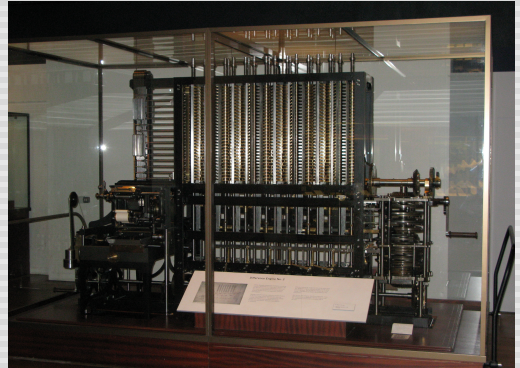
1834 : The Difference Engine (Babbage / Byron)



Source : Wikimedia Commons



Source : Wikimedia Commons



Source : Wikimedia Commons

- ▶ Travail abstrait, processus automatique
 - ▶ programme encodé sur une carte perforée
 - ▶ « magasin » pour le stockage des résultats

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

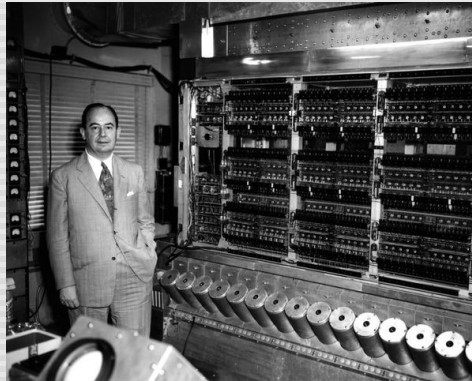
Évolution

Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

1945 : John Von Neumann



Source : Getty

- ▶ Stockage du programme dans le ~~magasin~~ la « mémoire »
- ▶ Encodage de *toute* l'information en binaire (« homoïconicité »)

1936 : Alan Turing



Source : Wikimedia Commons

- ▶ Formalisation de la notion d'« algorithme »
- ▶ Machine de Turing

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Programmation Impérative

Programme

```
instruction 1  
instruction 2  
...  
instruction n
```

- ▶ **Instruction** : ordre destiné à produire un effet de bord
- ▶ **Effet de bord** : modification du contexte environnant

⚠ L'ordre d'exécution est important !

Exemple

```
LDA $4242 ; load mem. address 0x4242 into acc.  
INA      ; increment acc.  
STA $4242 ; store the value of acc. back into mem. address 0x4242
```

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

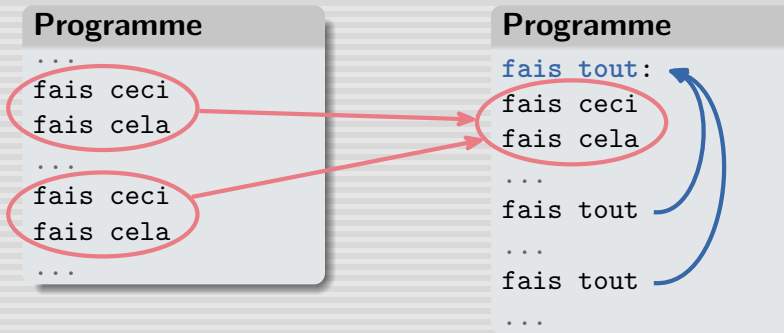
Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Programmation Procédurale

- ▶ Extension logique de la programmation impérative
- ▶ Factorisation d'une séquence d'instructions souvent répétées en *procédure* que l'on peut appeler autant de fois que l'on veut



Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

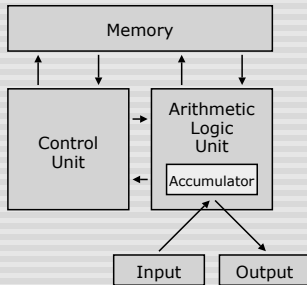
Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Rappel des Origines

- ▶ Paradigme Matériel
 - Modèle de Von Neumann*
- ▶ Langage machine
 1. manipulation de registres
 2. échanges avec la mémoire



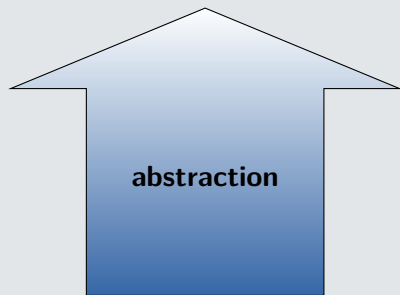
Source : Wikimedia Commons



Source : Wikimedia Commons

Deux Familles de Langages

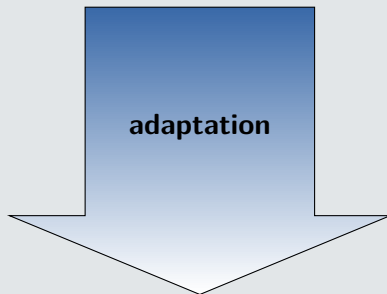
Bottom-Up



Modèle bas-niveau

Top-Down

Modèle haut-niveau



► La programmation impérative / procédurale est bottom-up

⚠ On parle de conception / évolution des langages, pas de leur utilisation !

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

Limitations de l'Impératif / Procédural

Notion de Paradigme

▶ Étymologie

- ▶ παράδειγμα (paradeigma) : motif / forme, exemple, échantillon

▶ Épistémologie

- ▶ « The Structure of Scientific Revolutions » [Kuhn, 1962]

Consensus sur des théories et postulats → révolution → ...

- ▶ « The Paradigms of Programming » [Floyd, 1979]

1978 ACM Turing Award Lecture

▶ Définition

- ▶ Cadre général de pensée $\iff$ Façon de s'exprimer (les deux sont liés !)
- ▶ « Langage » d'abord, « de programmation » ensuite

⚠ Risque de sclérose (biais cognitif) !

Cf. « Teach Yourself Programming in 10 Years » [Norvig, 2001]

Notion de Paradigme

▶ Étymologie

- ▶ παράδειγμα (paradeigma) : motif / forme, exemple, échantillon

▶ Épistémologie

- ▶ « The Structure of Scientific Revolutions » [Kuhn, 1962]

Consensus sur des théories et postulats → révolution → ...

- ▶ « The Paradigms of Programming » [Floyd, 1970]

A language that doesn't affect the way you think about programming, is not worth knowing.

— Alan Perlis

▶ Déf

- ▶ « Langage » d'abord, « de programmation » ensuite

⚠ Risque de sclérose (biais cognitif) !

Cf. « Teach Yourself Programming in 10 Years » [Norvig, 2001]

Paradigmes de Programmation

- ▶ **Des tas :** impératif, procédural, orienté-objet, fonctionnel, logique, réflexif, *etc.*
- ▶ **Turing-Complétude :** expressivité identique d'un langage à l'autre
- ▶ **La question véritable :**
« ~~Peut-on exprimer X ?~~ »
« Peut-on exprimer X *facilement* ? »



Source : Wikimedia Commons

Exemples

Fonctionnel

```
map (+4) [1, 2, 3, 4, 5] -- [5, 6, 7, 8, 9]
```

Logique

```
pere(didier,coline).  
homme(X) :- pere(X,_).  
? - homme(didier).      % yes
```

Réflexif

```
(defvar program (list '+ 1 2))  
(eval program)           ;; 3
```

Plan

Origines

Préhistoire

Fondements

Contexte

Programmation Impérative

Programmation Procédurale

Évolution

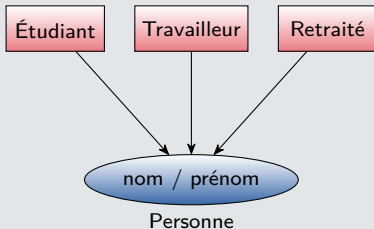
Paradigmes de Programmation

Notion de Paradigme

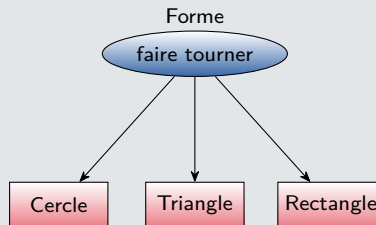
Limitations de l'Impératif / Procédural

Deux Limitations en Procédural

Convergence d'état



Divergence de comportement



- La POO nous permet de nous affranchir de ces deux limitations

Bienvenue dans « Approches Objet de la Programmation ! » 😊



Plan

Bibliographie

Bibliographie



Thomas Kuhn.

The Structure of Scientific Revolutions.

University of Chicago, 1962.



Robert W. Floyd.

The Paradigms of Programming.

Communications of the ACM, vol.22 n.8, 1979.



Peter Norvig.

Teach Yourself Programming in 10 Years.

2001.