

Benjamin Wack  
Sylvain Conchon, Judicaël Courant, Marc de Falco, Gilles Dowek,  
Jean-Christophe Filliâtre et Stéphane Gonnord

---

# Informatique

## pour tous

### en classes préparatoires aux grandes écoles

**Manuel d'algorithmique  
et programmation structurée  
avec Python**

Nouveaux programmes 2013  
Voies MP, PC, PSI, PT, TPC et TSI

# Table des matières

---

<b>Table des matières</b> .....	<b>V</b>
PREMIÈRE PARTIE	
<b>Architecture matérielle et logicielle</b> .....	<b>1</b>
CHAPITRE 1	
<b>Machine, système d'exploitation et environnement de développement</b> .....	<b>3</b>
1.1 Qu'est-ce qu'un ordinateur ? .....	4
1.1.1 Observations externes .....	4
1.1.2 L'ordinateur, une machine universelle .....	4
1.1.3 Architecture des ordinateurs .....	7
1.2 Notion de système d'exploitation .....	13
1.2.1 Le multitâche .....	14
1.2.2 Identification des utilisateurs .....	14
1.2.3 Système de fichiers .....	16
1.2.4 Contrôle d'accès .....	19
1.2.5 Lancement d'applications .....	23
1.2.6 Protections .....	25
1.3 Environnement de développement intégré .....	25
1.3.1 Console interactive .....	27
1.3.2 Éditeur .....	29
1.3.3 Débogueur .....	30
CHAPITRE 2	
<b>Représentation des nombres</b> .....	<b>33</b>
2.1 Représentation des entiers naturels .....	34
2.1.1 Représentation de l'information par des booléens .....	34

2.1.2	La numération à position et les bases	34
2.1.3	La base deux	37
<b>2.2</b>	<b>Représentation des entiers relatifs</b>	<b>39</b>
2.2.1	Notation en complément à deux	39
2.2.2	Dépassements de capacité	41
<b>2.3</b>	<b>Représentation des nombres à virgule</b>	<b>45</b>
2.3.1	L'arithmétique flottante	45
2.3.2	Quelques cas particuliers	46
2.3.3	Dépassements de capacité et problèmes de précision	47
2.3.4	Les arrondis	48
<b>DEUXIÈME PARTIE</b>		
<b>Algorithmique et programmation</b>		<b>53</b>
<b>CHAPITRE 3</b>		
<b>Expressions : types et opérations</b>		<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Expressions et types simples</b>	<b>56</b>
3.1.1	Expression	56
3.1.2	Entiers	57
3.1.3	Flottants	60
3.1.4	Booléens	64
<b>3.2</b>	<b>Variables</b>	<b>68</b>
3.2.1	Notion de variable	68
3.2.2	État et valeur d'une expression	68
3.2.3	Déclaration et initialisation	70
3.2.4	Affectation	71
<b>3.3</b>	<b>Types composés</b>	<b>74</b>
3.3.1	Les $n$ -uplets	74
3.3.2	Chaînes de caractères : <i>strings</i>	77
3.3.3	Listes : une première approche	79
3.3.4	Conversions	80
<b>CHAPITRE 4</b>		
<b>Instructions : langage minimal de l'algorithmique</b>		<b>83</b>
<b>4.1</b>	<b>Instructions</b>	<b>84</b>
4.1.1	Notion d'algorithme	84
4.1.2	Notion de programme	84
4.1.3	Langage minimal de l'algorithmique	85
4.1.4	Entrées/sorties	85
4.1.5	Séquence d'instructions	86
<b>4.2</b>	<b>Instructions conditionnelles</b>	<b>88</b>
4.2.1	Test simple	88

4.2.2	Indentation signifiante	88
4.2.3	Test avec alternative	90
4.2.4	Tests imbriqués	92
<b>4.3</b>	<b>Boucles conditionnelles</b>	96
4.3.1	Nécessité des boucles	96
4.3.2	Syntaxe d'une boucle conditionnelle	96
4.3.3	Terminaison de boucle	98
4.3.4	Invariant de boucle	101
4.3.5	Boucle infinie	102
<b>4.4</b>	<b>Boucles inconditionnelles</b>	104
4.4.1	Boucle for	104
4.4.2	Valeurs itérables	106
4.4.3	L'itérable range	107
4.4.4	Interrompre une boucle	108
4.4.5	Boucles imbriquées	109
<b>4.5</b>	<b>Exercices</b>	111
<b>CHAPITRE 5</b>		
<b>Fonctions</b>		<b>113</b>
<b>5.1</b>	<b>La notion de fonction</b>	115
5.1.1	Le retour de valeur	115
5.1.2	Variables globales et locales	119
5.1.3	Ordre d'évaluation	121
5.1.4	Passage par valeur	122
<b>5.2</b>	<b>Mécanismes avancés</b>	124
5.2.1	Fonctions locales	124
5.2.2	Fonctions comme valeurs de première classe	124
5.2.3	Fonctions partielles	126
5.2.4	Fonctions de bibliothèque	127
5.2.5	Méthodes	129
<b>5.3</b>	<b>La récursivité</b>	130
5.3.1	Concevoir une fonction récursive	132
5.3.2	Terminaison et correction d'une fonction récursive	135
5.3.3	Complexité d'une fonction récursive	138
<b>5.4</b>	<b>Exercices</b>	139
<b>CHAPITRE 6</b>		
<b>Notions de complexité et algorithmique sur les tableaux</b>		<b>143</b>
<b>6.1</b>	<b>Complexité d'un algorithme</b>	144
6.1.1	Plusieurs algorithmes pour un même problème	144
6.1.2	Complexité et notation $O$	146
6.1.3	Différentes nuances de complexité	148

<b>6.2 Structure de tableau</b>	150
6.2.1 Construction d'un tableau	150
6.2.2 Accès aux éléments d'un tableau	151
6.2.3 Parcours de tous les éléments d'un tableau	153
<b>6.3 Recherche dans un tableau</b>	155
6.3.1 Recherche séquentielle	155
6.3.2 Recherche dichotomique dans un tableau trié	156
<b>6.4 Recherche d'un mot dans un texte</b>	158
<b>6.5 Matrices</b>	160
6.5.1 Création	162
6.5.2 Copie	163
6.5.3 Dimensions	164
6.5.4 Transposition	164
6.5.5 Produit matriciel	165
<b>6.6 Mode de passage des tableaux</b>	166
<b>6.7 Exercices</b>	168

## TROISIÈME PARTIE

### **Ingénierie numérique et simulation**..... 171

#### CHAPITRE 7

### **Pivot de Gauss et résolution de systèmes**..... 173

<b>7.1 Résolution de <math>AX = Y</math> : principe du pivot</b>	175
7.1.1 Le cas des systèmes triangulaires	175
7.1.2 Les transvections	176
7.1.3 Le problème de la comparaison à zéro	177
7.1.4 Formalisation de l'algorithme	179
7.1.5 Le formalisme matriciel	180
<b>7.2 Mise en œuvre</b>	182
7.2.1 Découper le travail	182
7.2.2 Recoller les morceaux	183
7.2.3 Comparaison avec numpy	185
<b>7.3 Complexité</b>	187
7.3.1 Mise sous forme triangulaire	187
7.3.2 Phase de remontée	188
7.3.3 Peut-on faire mieux que $n^3$ ?	188
<b>7.4 Conditionnement d'une matrice</b>	191
7.4.1 Mesurer les propagations d'erreurs	191
7.4.2 Le conditionnement	191
7.4.3 Quelques exemples caractéristiques	192
<b>7.5 Exercices</b>	194

## CHAPITRE 8

<b>Résolution numérique d'équations sur les réels</b>	<b>199</b>
8.1 Méthode dichotomique	200
8.1.1 Principe théorique	200
8.1.2 Terminaison, correction et complexité de l'algorithme	202
8.1.3 Mise en place, essais	203
8.2 Méthode de Newton	204
8.2.1 Extraction de racine	204
8.2.2 Algorithme général, terminaison, correction et complexité	206
8.2.3 Évaluation de la dérivée	207
8.2.4 Mise en œuvre	209
8.3 Quelle méthode choisir ?	210
8.3.1 Bien cerner le contexte	210
8.3.2 Utiliser <code>numpy/scipy</code>	211
8.4 Exercices	212

## CHAPITRE 9

<b>Résolution numérique d'équations différentielles</b>	<b>219</b>
9.1 Méthode d'Euler	220
9.1.1 Principe de la méthode d'Euler	220
9.1.2 Quelques notions d'analyse numérique	222
9.1.3 Choix du pas	224
9.2 Mise en œuvre	226
9.2.1 Équations scalaires d'ordre 1	226
9.2.2 Équations scalaires d'ordre 2 ou plus	228
9.3 Utilisation des bibliothèques <code>scipy</code> et <code>matplotlib</code>	230
9.3.1 Intégration des équations différentielles avec <code>odeint</code>	231
9.3.2 Représentation de graphes avec <code>plot</code>	232
9.3.3 De jolis graphes	234
9.3.4 Où on observe quelques limitations	237
9.4 Exercices	239

## QUATRIÈME PARTIE

<b>Bases de données</b>	<b>253</b>
-------------------------	------------

## CHAPITRE 10

<b>Algèbre relationnelle</b>	<b>255</b>
10.1 Limites des structures de données plates pour la recherche d'informations	256
10.2 Représentation dans le modèle relationnel	257
10.3 Opérateurs sur le modèle relationnel	260
10.3.1 Description des recherches	260
10.3.2 Opérateurs ensemblistes usuels	261

10.3.3 Projection . . . . .	263
10.3.4 Sélection . . . . .	264
10.3.5 Renommage . . . . .	266
10.3.6 Algèbre relationnelle . . . . .	266
<b>10.4 Utilisation d'un gestionnaire de bases de données relationnelles . . . . .</b>	<b>268</b>
10.4.1 Description du langage SQL . . . . .	269
10.4.2 Projection . . . . .	269
10.4.3 Sélection . . . . .	269
10.4.4 Opérations ensemblistes . . . . .	270
10.4.5 Renommage . . . . .	270
<b>10.5 Base de données et architecture logicielle . . . . .</b>	<b>271</b>
10.5.1 Architecture client-serveur . . . . .	271
10.5.2 Architecture trois-tiers . . . . .	272
<b>10.6 Exercices . . . . .</b>	<b>273</b>
CHAPITRE I I	
<b>Base de données relationnelle . . . . .</b>	<b>275</b>
11.1 Clé primaire . . . . .	276
11.1.1 Clé . . . . .	276
11.1.2 Clé primaire . . . . .	276
11.1.3 Lien entre deux tables . . . . .	277
<b>11.2 Opérateurs complexes de l'algèbre relationnelle . . . . .</b>	<b>278</b>
11.2.1 Produit cartésien et division cartésienne . . . . .	279
11.2.2 Jointure . . . . .	281
11.2.3 Agrégation . . . . .	285
11.2.4 Composition de requêtes complexes . . . . .	289
<b>11.3 Traduction en langage SQL . . . . .</b>	<b>290</b>
11.3.1 Jointure . . . . .	290
11.3.2 Application simple d'une fonction d'agrégation . . . . .	291
11.3.3 Agrégation . . . . .	292
<b>11.4 Exercices . . . . .</b>	<b>293</b>

## CINQUIÈME PARTIE

<b>Algorithmique et programmation avancées . . . . .</b>	<b>297</b>
----------------------------------------------------------	------------

## CHAPITRE I 2

<b>Structure de pile . . . . .</b>	<b>299</b>
12.1 Opérations caractérisant une structure de pile . . . . .	300
<b>12.2 Réalisation d'une structure de pile . . . . .</b>	<b>302</b>
12.2.1 Piles à capacité finie . . . . .	302
12.2.2 Piles non bornées . . . . .	304

12.3 Applications . . . . .	306
12.3.1 Analyse des mots bien parenthésés . . . . .	306
12.3.2 Évaluation d'une expression arithmétique en notation polonaise inverse . . . . .	308
12.3.3 Construction d'un labyrinthe parfait . . . . .	310
12.4 Exercices . . . . .	314
CHAPITRE 13	
<b>Algorithmes de tri . . . . .</b>	<b>315</b>
13.1 Tri par insertion . . . . .	316
13.1.1 Réalisation . . . . .	316
13.1.2 Complexité . . . . .	317
13.2 Tri rapide . . . . .	318
13.2.1 Réalisation . . . . .	318
13.2.2 Complexité . . . . .	321
13.3 Tri fusion . . . . .	322
13.3.1 Réalisation . . . . .	323
13.3.2 Complexité . . . . .	325
13.4 Exercices . . . . .	327
ANNEXE A	
<b>Travaux pratiques . . . . .</b>	<b>331</b>
A.1 Création de programmes autonomes . . . . .	331
A.1.1 Compilation d'un programme . . . . .	331
A.1.2 Exécution autonome d'un programme Python . . . . .	333
A.2 Mémoire virtuelle et performances de l'ordinateur . . . . .	334
A.3 Démontage d'un PC de bureau . . . . .	337
A.3.1 Sécurité . . . . .	337
A.3.2 Repérage des composants . . . . .	338
A.3.3 Mise en œuvre . . . . .	344
A.4 Résolution d'une équation du second degré avec gestion de la comparaison à zéro . . . . .	352
A.5 Représentation des nombres dans les calculatrices scientifiques . . . . .	352
A.6 Arithmétique et cryptographie . . . . .	354
A.6.1 Algorithme d'Euclide . . . . .	354
A.6.2 Décomposition en facteurs premiers . . . . .	355
A.6.3 Recherche de grands nombres premiers . . . . .	356
A.6.4 Application à la cryptographie : la méthode RSA . . . . .	358
A.7 Manipulation d'images bitmap . . . . .	359
A.7.1 Traitement pixel par pixel . . . . .	360
A.7.2 Traitement local . . . . .	361
A.7.3 Traitement global . . . . .	362
A.7.4 En couleurs . . . . .	362



<b>A.8</b>	<b>Prise en main de phpMyAdmin</b>	363
A.8.1	Création d'une table	363
A.8.2	Insertion de valeurs	366
<b>A.9</b>	<b>Clés primaires et clés étrangères</b>	368
A.9.1	Définition d'une clé primaire	368
A.9.2	Clé primaire auto-incrémentée	371
A.9.3	Lien entre deux tables	372
A.9.4	Lancement de requêtes	373
ANNEXE B		
	<b>Compléments sur les entrées/sorties</b>	<b>375</b>
<b>B.1</b>	<b>Lecture et écriture dans des fichiers</b>	375
B.1.1	Lire les lignes d'un fichier	375
B.1.2	Extraction des données dans une ligne	376
B.1.3	Écrire des données dans un fichier	377
<b>B.2</b>	<b>Lecture et écriture dans des images</b>	379
B.2.1	Lecture d'image	379
B.2.2	Traitement	379
B.2.3	Écriture dans une image	380
<b>B.3</b>	<b>Utilisation du module graphique turtle</b>	380
	<b>Références</b>	<b>383</b>