Calcul flottant au standard IEEE en Pascal et applications

Raymond Pavec
Université de Bretagne Occidentale
Laboratoire de Mathématiques
Brest, France

Résumé

L'initiation à la programmation en premier cycle des universités scientifiques se fait la plupart du temps en Turbo Pascal [22] sur micro-ordinateur de type PC. En ce qui concerne le calcul en virgule flottante les possibilités de ce langage sont réduites au strict minimum. Nous présentons une bibliothèque de procédures conforme aux spécifications du standard IEEE [1], permettant le controle de l'arrondi et des exceptions, ainsi que quelques applications de cette bibliothèque :

- une bibliothèque de calcul flottant, complexe, rationnel, d'intervalles et de mise en œuvre de la méthode CESTAC [5, 21, 24], utilisable en Pascal,
- une simple calculette programmable permettant d'expérimenter ces différents modes de calculs, et fonctionnant en "mode texte",
- et un logiciel graphique interactif fonctionnant sur micro-ordinateur de type Macintosh destiné à l'expérimentation des méthodes élémentaires d'analyse numérique et à l'illustration graphique de cours de mathématiques.

SOMMAIRE

La bibliothèque vf_CQIS contient des types permettant de définir des nombres de type complexe, rationnel-flottant, intervalle, rationnel-intervalle et stochastique (2 à 5 composantes), et des procédures permettant de manipuler et d'effectuer des opérations sur ces nombres. L'annexe 2 donne la liste des déclarations contenues dans cette bibliothèque.

La bibliothèque `syslin` contient des procédures permettant d'effectuer la décomposition LU, avec pivot partiel, d'une matrice carrée A d'ordre n et la résolution des systèmes triangulaires associés à cette décomposition. Tous les types décrits ci-dessus sont considérés, dans les trois précisions de stockage.

Il s'agit d'un logiciel [17] fonctionnant uniquement sur les micro-ordinateurs de type Macintosh. Ce logiciel disposant d'une interface graphique reprend et étend les possibilités de programmation de la calculette présentée ci-dessus en y ajoutant :

• un éditeur de texte destiné à la définition de fonctions et de procédures, mettant en évidence la structure des programmes et facilitant la correction des erreurs de syntaxe,

• une fenêtre graphique permettant de construire des figures très élaborées et modifiables interactivement,

• une fenêtre permettant de manipuler des matrices dont les éléments peuvent être de l'un des types décrits ci-dessus, et de mettre en œuvre les méthodes classiques de résolution de systèmes linéaires, de calcul de valeurs propres, ainsi que l'algorithme du simplexe. L'exécution pas à pas de ces algorithmes, sous le contrôle de l'utilisateur fait de ce logiciel un outil pédagogique intéressant [16].

L'annexe 4 présente les principales caractéristiques et fonctionnalités de ce logiciel.

5 Conclusion p.20

Les bibliothèques et logiciels présentés ci-dessus permettent l'expérimentation du standard IEEE de calcul en virgule flottante à trois niveaux différents :

- en Pascal, à l'aide des bibliothèques vf_IEEE et vf_CQIS,
- à l'aide d'un simple logiciel en mode texte permettant de programmer des fonctions et de faire des calculs en utilisant ces fonctions,
- à l'aide d'un logiciel graphique interactif possédant par ailleurs de nombreuses applications dans l'enseignement des mathématiques et de l'analyse numérique [8, 12, 14, 15, 16] .

Pour obtenir une copie des bibliothèques vf_IEEE, vf_CQIS, syslin et de la calculette il suffit d'en faire la demande par courier électronique à l'auteur (Raymond.Pavec@univ-brest.fr).

Références

[1] American National Standard Institute / Institute of Electrical and Electronics Engineers : A Standard for Binary Floating-Point Arithmetic. ANSI/IEEE Std. 754-1985, New York, 1985, Std. 854-1987, New York, 1987.

[2] Apple Numerics manual. Addison-Wesley (1988).

[3] Beaulac Y., Bellemain F., Laborde J.M. : Cabri-Géomètre, un logiciel d'aide à l'apprentissage de la géométrie. Cedic-Nathan, Paris (1988).

[4] Bennani M., Brunet M.C., Chatelin F. : De l'utilisation en calcul matriciel de modèles probabilistes pour la simulation des erreurs de calcul. C.R.A.S., Paris, t.307, Série I, p. 847-850, (1988).

[5] Chesneaux J.-M. : Study of the computing accuracy by using probabilistic approach. Contribution to Computer Arithmetic and Self-Validating Numerical Methods. Ed. C. Ulrich, (J.C. Baltzer), 1990, pp. 19-30.

[6] Chesneaux J.-M., Vignes J. : L'algorithme de Gauss en arithmétique stochastique. C.R.A.S., t.316, Série II, p.171-176, (1993).

[7] Crawford J.H., Gelsinger P.P. : Programmation du 80386. Sybex (1988).

[8] Durand R. : The use of Maths&Calculs-io and Mathematica in the teaching of mathematics to first and second year ingeneering students at INSAT, Toulouse. French-Norwegian Symposium on computer aided mathematics (1993)

[9] Groupe de Formation Recherche E.I.O. : Enseignement illustré par ordinateur. IREM de Brest (1992).

[10] Knuth D.E. : The art of programming. Vol. 2. Addison Wesley (1969).

[11] Kulisch U.W., Miranker W.L. : Computer arithmetic in theory and in practice. Academic Press, New York (1981).

[12] Mignot A., Pavec R., Roué G. : Quelques exemples d'illustration d'exercices de mathématiques sur micro-ordinateur. Taol Lagad, IREM de Brest, n^o 68 (1994).

[13] Moore R.E. : Methods and applications of interval analysis; S.I.A.M. (1979).

[14] Pavec R. : Illustration de cours de Mathématiques sur micro-ordinateur : un exemple de réalisation. Bulletin de l'E.P.I. n^o 64 (1991).

[15] Pavec R. : A propos du logiciel Maths&Calculs-io. Taol Lagad, IREM de Brest, n^o 59 (1989), n^o 61 (1990), n^o 63 (1991), n^o 67 (1994).

[16] Pavec R. : Maths&Calculs-io, a software for teaching, combining graphic representations and numerical methods. Proc. French-Norwegian Symposium on Computer-Aided Mathematics, (1993).

[17] Pavec R. : Logiciel Maths&Calculs-io, mathématiques et calcul numérique illustrés par ordinateur. Editions JoliCiel, Noisiel, France (1993-96).

[18] Pavec R. : Some algorithms providing rigourous bounds for the eigenvalues of a matrix. J.U.C.S. n^{o}7 (1995).

[19] Pavec R. : Un logiciel d' aide à l'enseignement de l'algorithme du simplexe. Colloque du groupe MODE. Brest (1995).

[20] Popova E.D. : On a formally correct implementation of IEEE computer arithmetic. J.U.C.S. n^{o}7 (1995).

[21] Pichat M., Vignes J. : Ingéniérie du contrôle de la précision des calculs sur ordinateur. Editions Technip (1993).

[22] Turbo-Pascal, compilateur Pascal. Borland International.

[23] Vignes J. : Zéro mathématique et zéro informatique. C.R.A.S., Paris, t.303, Série I, n^{o}20 (1986).

[24] Vignes J. : Contrôle et estimation stochastique des arrondis de calcul. AFCET Interfaces, n^{o}54 (1987).