

PRESENTACION

Una vez más, hemos de expresar nuestra gratitud a cuantas personas han contribuido con su colaboración a posibilitar la aparición de este nuevo número del Boletín de SEMA, señaladamente al Prof. M. G. Velarde de la Univ. Complutense, y a los profesores J.L. Cruz, M. Marín y M.C. Calzada de la Universidad de Córdoba, por sus interesantes aportaciones de contenido científico, elaboradas además, a petición nuestra, en muy breve espacio de tiempo.

Hemos intentado acentuar la configuración del Boletín por secciones, de forma que la información que contiene resulte más cómoda para sus lectores y también pensando que en el futuro, haya más miembros de SEMA que se animen a colaborar en alguna de aquellas.

Adjuntamos toda la información relacionada con la Asamblea anual que se celebrará en Sevilla, el 22 de septiembre próximo y en la que se habrá de renovar un tercio del Consejo Ejecutivo y refrendar, en su caso, al nuevo Presidente.

La relativa proximidad de dicha fecha, nos brinda un motivo de reflexión sobre el camino recorrido desde la ya lejana reunión inicial de marzo de 1988, y de la puesta en marcha efectiva de SEMA a finales de 1991.

Ciertamente, no cabía esperar resultados espectaculares, pero estimamos importante que se haya mantenido la preocupación original, hoy compartida por tantos compañeros, sobre la necesaria existencia de una Sociedad que viniera a rellenar un evidente vacío en nuestro país. Estamos convencidos de que SEMA, ya legalizada y estabilizada, puede conseguir este objetivo.

Los tres miembros que, en Septiembre, dejarán el Consejo Ejecutivo, se despiden desde aquí, en cuanto tales, de todos vosotros, agradeciendo vuestro respaldo y confianza durante un periodo de casi tres años y están convencidos de que quienes continúan al frente de SEMA con el refuerzo de los tres nuevos compañeros que se incorporarán al Consejo, podrán y sabrán conseguir nuevos hitos en la consolidación de nuestra Sociedad, en beneficio del cada día más importante colectivo que trabaja en el dominio de la Matemática Aplicada y del interés objetivo de este último para el desarrollo científico del país.

Os deseamos un buen verano (= agosto) a todos.

Junio 1994

SOLITONS IN DISSIPATIVE SYSTEMS

Manuel G. VELARDE

Instituto Pluridisciplinar, Universidad Complutense, Paseo Juan XXIII, nº 1
28 040- Madrid, Spain.

Abstract. Solitons were discovered and their properties described in the study of ideal, dissipation-free nonlinear integrable systems like the Korteweg-de Vries and other equations, Toda's lattice, etc. Originally appearing as *solitary* waves, their peculiar properties of invariance upon translation and their typical *elastic* collisions with at most a phase shift in trajectories led to quite correctly be considered particle-like. Indeed they behave as 'perfect' particles/molecules/hard spheres. Here I discuss the onset and sustainment of such entities in real, dissipative media like an open shallow liquid layer heated from the air side. Following instability, (dissipative) solitons can be created and maintained thanks to an input-output (pumping-dissipation) energy balance. Theory, and numerical and experimental evidence provide features of such 'imperfect'/van der Waals-like molecules: elastic or inelastic head-on and oblique collisions, wall reflections with and without formation of Mach stems, and bound states and chaos.

Introduction

Since the invention of the "soliton" concept by Zabusky and Kruskal¹⁾ following their numerical integration of the Korteweg-de Vries (KdV) equation²⁾ a

wealth of results and even an entire body of doctrine exists about soliton-bearing integrable equations³⁾. Very little, however, is known concerning soliton stability and much less about solitons in real, dissipative systems.

For some integrable systems like KdV equation a recipe for soliton appearance is the existence of a (local) balance between (inertial) nonlinearity and dispersion thus conserving energy among other magnitudes. In the past few years I have been engaged in establishing the existence of solitons as a consequence of instability and thus when no energy is conserved but there is however balance between energy supply/pumping usually at long wavelengths and dissipation at shorter ones by viscosity. Such possibility has been established analytically⁴⁻¹⁰⁾, numerically¹¹⁻¹⁴⁾ and experimentally¹⁵⁻¹⁸⁾.

Instability

Solitons in integrable systems appear as a consequence of initial conditions. When energy is not conserved but rather there is for instance a steady energy balance the possibility exists of exciting solitons i.e. traveling localized dissipative structures/solitary waves or nonlinear wave trains as a result of instability and irrespective of initial conditions. Indeed such was the theoretical prediction made in Refs. [4,5] where a KdV-Burgers equation was derived for various heat and viscous boundary conditions (b.c) in Marangoni-Bénard convection¹⁹⁾. The coefficient of the Burgers term, a second derivative in space containing the (kinematic) viscosity and the energy input could be set to zero, positive or negative with appropriate tuning of the Marangoni effect through heating a Bénard liquid layer from the air side or with suitable adsorption or desorption processes. Past the instability threshold the KdV-B equation needs to be augmented with saturation terms in order to account for the evolution of the solitonic structure. The theoretical prediction of an instability threshold leading to long wavelength solitonic excitations is well supported by experiment¹⁵⁻¹⁷⁾.

Nonlinear evolution of solitons in dissipative media

Consideration of nonlinear saturation terms and appropriate pumping-dissipation

energy balance have been the object of recent investigations for surface waves in Marangoni-Bénard layers (in 2D-or more appropriately 1+1 D-geometry⁶⁻⁹) and 3D geometry^{8,9}) and for internal waves in 2D geometry¹⁰).

For instance for the Bénard geometry the 2D evolution of a long wavelength surface wave or periodic wave train disturbance is described by the dissipation modified KdV equation ⁶⁻⁹)

$$h_1 + b_1 h h_x + b_2 h_{xxx} + b_3 h_{xx} + b_4 h_{xxxx} + b_5 (h h_x)_x + b_6 h = 0 \quad (1)$$

where $h(x,t)$ accounts for surface deformation and the b_i ($i=1-6$) are coefficients which incorporate all parameters of the problem (in particular Prandtl, Galileo, capillary, Biot-like bottom friction and Marangoni numbers) whose explicit expressions are not needed here. A similar result has been found for internal waves in shallow atmospheres¹⁰). Eq. (1) can be considered either as a generalization of the KdV equation¹¹) or a generalization of the Kuramoto-Sivashinsky equation ¹²).

At variance with the KdV equation^{2,3}), here dissipation yields wave speed selection and thus in the supercritical state all excited solitary waves or wave crests have equal phase velocity and consequently equal amplitude. Their actual values are determined by the experimental value given to the Marangoni number. The energy balance follows immediately from Eq. (1). It suffices to multiply it by h and integrate over the entire available space. For an infinite support we have

$$E = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} h^2 dx \quad (2)$$

which not being conserved leads to the following balance equation

$$dE/dt = b_3 \int_{-\infty}^{+\infty} h^2_x dx - b_4 \int_{-\infty}^{+\infty} h^2_{xx} dx + b_5 \int_{-\infty}^{+\infty} h h^2_x dx - b_6 \int_{-\infty}^{+\infty} h^2 dx \quad (3)$$

where the first term in the r.h.s. describes the energy input at rather long wavelengths, the second term accounts for energy dissipation at shorter ones, the third one produces nonlinear feedback to the long wavelength energy input,

positive or negative according to the sign of b_5 or h (positive for elevation and negative otherwise) and the fourth accounts for dissipation by friction at the bottom (for stress-free b.c. $b_6 = 0$).

For the 3D geometry the nonlinear evolution of surface waves in Bénard layers heated from above is a generalization of a Boussinesq system^{3,13}. In compact form we have⁹⁾

$$h_t = -\nabla_2 \cdot [(1+h)\underline{u}] + \frac{M}{6}\Delta_2 [(1+h)h] + B\Delta_2(\nabla_2 \cdot \underline{u}) + D\Delta_2^2 h \quad (4.a)$$

$$\begin{aligned} \underline{u}_t/P = & -(G+M)\nabla_2 h + A\nabla_2(\nabla_2 \cdot \underline{u}) + \Delta_2 \underline{u} + C\nabla_2(\Delta_2 h) \cdot (\underline{u} \cdot \nabla_2)\underline{u}/P \\ & + \frac{M}{2}\nabla_2 h^2 + L\nabla_2 \Delta_2(\nabla_2 \cdot \underline{u}) + E(\nabla_2 h \cdot \nabla_2)\underline{u} + F(\nabla_2 \underline{u}) \cdot \nabla h \\ & + I(\nabla_2 \cdot \underline{u})\nabla_2 h + J h \nabla_2(\nabla_2 \underline{u}) \end{aligned} \quad (4.b)$$

where $h(x,y;t)$, as before, denotes surface deformation and $\underline{u}(x,y;t)$ accounts for 2D velocity disturbances. ∇_2 and Δ_2 are (x,y) -2D gradient and laplacian, respectively. The coefficients A,B,C,D,E,F,I,J and L have similar content as the b_i in Eq. (1). In particular M is the Marangoni number, P is the Prandtl number and G is the Galileo number. From the system (4) follows the linear (dispersionless) wave equation, the standard and dissipation modified KdV and (quasi 3D) Kadomtsev-Petviashvili equations^{3,8,9}). Moreover although again we only have waves with a single wave speed and correspondingly with a single wave amplitude dictated by the experimental value of the constraint we can account for solitary wave or wave crest solitonic collisions at arbitrary angles which includes *head-on* collisions and with a suitable mathematical trick *overtaking* collisions and wall reflections at arbitrary angles¹⁴).

Solitonic collisions and wall reflections

According to theory⁹⁾ we expect that oblique collisions of *dissipative solitons* proceed, to a first approximation, with no appreciable change of form and a mere phase shift in their trajectories. There is a *critical* collision angle at which

no phase shift occurs, below which it is *negative* and above which there is *positive* phase shift accompanied with the formation of Mach stems i.e. with the appearance of a third, phase locked wave. In practical terms, for Marangoni-driven surface waves in Bénard layers the predicted critical angle is $\pi/2$. *Head-on* collisions produce negative phase shifts while these are positive for *overtaking* collisions as already obtained by Zabusky and Kruskal¹⁾. These predictions agree satisfactorily with the available experimental data¹⁵⁻¹⁸⁾.

Other aspects of the collision dynamics have also been investigated. *Elastic* and *inelastic* events^{13,14)} as well as the formation of *bound states* and *chaotic* behavior²⁰⁾ have been predicted. Indeed the dissipative terms in Eqs. (1) and (4) not only lead to wave speed selection but also produce 'imperfect' solitons with wavy heads^{9,11,12,14)} hence behaving like 'molecules' with infinitely long ranged, exponentially weak Kac-like potentials²¹⁾ typical for the 'imperfect'/van der Waals gas.

The theoretical study of wall reflections at arbitrary angles is still underway. There are some experimental results¹⁷⁾ that point to similarities with oblique angle and head-on collisions as indeed a reflection at a wall could very well be thought as a collision of an incoming soliton with its mirror image.

Acknowledgments

This research has been carried out in collaboration with H. Linde, A.A. Nepomnyashchy, P. D. Weidman, W. Waldhelm, C.I. Christov, V.I. Nekorkin, X.-L. Chu, A.N. Garazo, W. Zimmerman, A. Ye. Rednikov and Yu. Se. Ryazantsev. It was supported by DGICYT (Spain) under Grants No. PB 86-651 and PB 90-264.

References

1. Zabusky N and Kruskal M D 1965 Phys. Rev. Lett. **15**, 240.
2. Korteweg D K and de Vries G 1895 Phil. Mag. **39**, 422
3. See e.g. Drazin Ph and Johnson R S 1989 *Solitons. An Introduction*

(Cambridge)

4. Chu X.-L and Velarde M G 1991 Phys. Rev. **A43**, 1094
5. Velarde M G , Chu X.-L and Garazo A N 1991, Phys. Scr. **T35**, 71
6. Garazo A N and Velarde M G 1991 Phys. Fluids **A3**, 2295
7. Rednikov A Ye, Velarde, M G , Ryazantsev, Yu. Se. and Nepomnyashchy, A A, J. Fluid Mech. (submitted)
8. Garazo A N and Velarde M G 1991 in *Proceedings VIII European Symposium on Material and Fluid Sciences in Microgravity* (Paris: ESA SP - 333) p. 711
9. Nepomnyashchy A A and Velarde M G 1994 Phys. Fluids **6**, 187
10. Zimmerman W and Velarde M G 1993 Phys. Fluids A (submitted)
11. Velarde M G, Garazo A N and Christov C I 1991 in *Spontaneous Formation of Space-Time Structures* ed T Riste and D Sherrington (Dordrecht: Kluwer) p. 263
12. Christov C I and Velarde M G 1993 Appl. Math. Modelling **17**, 311
13. Christov C I and Velarde M G 1993 Int. J. Bif. Chaos (to appear)
14. Christov C I and Velarde M G 1993 Physica **D** (submitted)
15. Weidman P D, Linde H and Velarde M G 1992 Phys. Fluids **A4**, 921
16. Linde H, Chu X.-L and Velarde M G 1993 Phys. Fluids **A5**, 1068
17. Linde H, Chu X.-L , Velarde M G and Waldhelm W 1993 Phys. Fluids **A5**, 3162
18. Velarde, M G, Linde H, Nepomnyashchy, A A and Waldhelm, W 1993 Phys. Rev. Lett. (submitted)
19. The relevance of the Marangoni effect in science and engineering is extensively discussed in *Physicochemical Hydrodynamics. Interfacial Phenomena* ed M G Velarde (N Y : Plenum)
20. Nekorkin V I and Velarde M G 1993 Int. J. Bif. Chaos (to appear)
21. see e.g. Kac M, Uhlenbeck G E and Hemmer P C 1963 J. Math. Phys. **4**, 216

PARALELIZACIÓN EN MECÁNICA DE FLUIDOS:
REDES DE ESTACIONES DE TRABAJO
vs SUPERORDENADORES

J.L. Cruz Soto, M.C. Calzada Canalejo, M. Marín Beltrán
Dpto. Matemática Aplicada. Universidad de Córdoba

1 Introducción

Kenneth Wilson, Premio Nobel de Física en 1982, refiriéndose a la revolución que estaba sufriendo la informática hace una década, decía que había nacido una nueva metodología científica. Los experimentos numéricos, una combinación de los métodos experimentales y teóricos, se han convertido en una herramienta esencial de la investigación.

En este sentido, la dinámica de fluidos computacional conocida como CFD (*Computational Fluid Dynamics*) está demostrando ser una alternativa muy eficaz a las técnicas habituales de experimentación en túneles de viento. Así, hasta ahora, el túnel aerodinámico era imprescindible para el diseño de aeronaves, sin embargo, incluso en un túnel ideal, es imposible medir con precisión la resistencia aerodinámica total y aún menos, sus distintas componentes. Por el contrario, con un "túnel numérico" se podrían separar los distintos efectos, analizarlos, evaluar posibles soluciones alternativas, estudiar la influencia de distintos parámetros físicos e incluso analizar condiciones que no se pueden simular experimentalmente (temperaturas muy elevadas, atmósferas distintas, etc.).

Desafortunadamente, la potencia de cálculo necesaria para resolver gran parte de los problemas prácticos que se plantean en CFD sobrepasa ampliamente la capacidad de los ordenadores secuenciales. Aunque las mejoras tecnológicas hayan hecho que durante los últimos años dicha potencia haya crecido de forma exponencial, las propias limitaciones de la física ponen un límite que quedaría muy por debajo de las necesidades requeridas.

Estimaciones sobre el tiempo necesario para resolver completamente algunos problemas de importancia práctica, sugieren que habría que multiplicar por 10^4 la velocidad de los actuales superordenadores [11], esto equivale a afirmar que haría falta alcanzar velocidades reales del orden del teraflops (1 billón de operaciones en coma flotante por segundo).

El procesamiento en paralelo ofrece la posibilidad de reducir estos tiempos de ejecución utilizando muchos procesadores que atacan el problema de forma simultánea.

Prácticamente desde la aparición en 1983-85 del primer ordenador paralelo (COSMIC CUBE) que se considera el precursor "padre" de la primera generación de superordenadores, se observan dos tendencias, que se continúan en la segunda generación (desde 1986), en la construcción de ordenadores paralelos:

- multiprocesadores con memoria compartida en donde los distintos procesadores comparten una zona común de memoria a través de un bus de comunicaciones y,

- multiprocesadores con memoria local donde cada procesador tiene su propia memoria y en donde el intercambio de información se hace por medio de mensajes a través de un canal.

Los conflictos de memoria llegan a limitar el número de procesadores que pueden ser utilizados de manera efectiva en un sistema de memoria compartida. Los sistemas con memoria distribuida no tienen esta limitación. La desventaja de éstos últimos es que el problema a resolver debe ser explícitamente particionado por el programador sobre los distintos procesadores, de tal manera que el balance de cargas se mantenga, minimizándose las comunicaciones entre los mismos, y esto a menudo no es una tarea fácil.

Cuando se discute la bondad de una arquitectura frente a otra es necesario referirse a la Ley de Amdahl que sirve para predecir el rendimiento de una aplicación o un algoritmo cuando se utilizan computadores vectoriales/paralelos. Así si:

- N es el número de procesadores empleados, y
- R es la fracción del código que no puede ser ejecutada en paralelo,

la ganancia en velocidad S_p viene dada por:

$$S_p = \frac{1}{R + (1 - R)/N}.$$

Aunque para una discusión más detallada habría que tener en cuenta otros factores adicionales, la expresión anterior nos indica que la ganancia en velocidad, cuando se trabaja con un ordenador paralelo, depende tanto de la arquitectura del ordenador empleado (N) como del algoritmo utilizado (R). La mayoría de los algoritmos existentes en la actualidad han sido pensados para arquitecturas secuenciales y por tanto poseen una fracción R muy elevada, lo que significa que si se utilizan estos mismos algoritmos sobre ordenadores paralelos se aprovecha tan sólo entre un 10% y un 30% de la capacidad computacional de los mismos.

De lo dicho hasta ahora se deduce que la aplicación de los superordenadores a cualquier disciplina y, en concreto, a la CFD conlleva dos problemas prácticos importantes, uno de tipo económico, ya que las arquitecturas paralelas, cualquiera que sea su estructura, son hoy por hoy muy caras, y otro la necesidad de desarrollar nuevos algoritmos que aprovechen al máximo su potencia.

En lo que sigue intentaremos dar una alternativa al primero de los problemas planteados y expondremos algunas tendencias actuales encaminadas a resolver el segundo.

2 Redes locales de estaciones de trabajo

Desde el punto de vista estructural, un ordenador con memoria distribuida es análogo a una red local en la que varias estaciones de trabajo pudiesen compartir recursos por medio de intercambio de mensajes.

Las estaciones de trabajo en red proporcionan un prototipo flexible para experimentar con programación paralela. Hasta ahora la programación en paralelo requería invertir grandes sumas en computadores diseñados específicamente para este propósito. Ahora cualquier investigador que tenga acceso a una red de estaciones de trabajo puede desarrollar y experimentar con programas paralelos en un entorno sencillo que además le resulta familiar.

Si a los comentarios anteriores unimos el hecho de que, según varios estudios realizados, el 95% de la CPU de las estaciones de trabajo localizadas en importantes laboratorios está sin utilizar, la conclusión a la que se llega es que las redes de estaciones de trabajo constituyen una alternativa eficaz frente a los superordenadores paralelos con una inversión económica mínima y un alto beneficio.

Además Beguelin et al. [1] han demostrado la capacidad de estas redes para resolver algunos de los considerados Grandes Retos entre los que se encuentran gran parte de los problemas de CFD.

Se comprende así que, desde hace algunos años, se venga cuestionando la bondad de los superordenadores frente a redes locales y así en Congresos especializados en CFD se incluyan mesas redondas específicas sobre este tema (*Parallel CFD'93* París 1993).

En todo caso, las diferencias que se pueden establecer entre superordenadores y redes locales (algunas de ellas anecdóticas) son:

- La naturaleza del bus de comunicaciones.
- La proximidad física entre los nodos.
- La existencia de un sistema operativo que lo gestiona como un todo.

Las dos primeras inciden en la velocidad de transferencia entre nodos. Esta incidencia puede llegar a ser importante en aquellas aplicaciones en las que la granularidad sea muy fina, es decir, en donde sea necesario realizar muchas comunicaciones entre procesos en relación con el número de operaciones efectuadas por cada uno. Afortunadamente, aplicando las técnicas que más adelante comentaremos y para los problemas que nos interesan, el número de comunicaciones exigidas es poco relevante.

La última diferencia señalada incide en la facilidad de uso por parte del usuario. En este sentido y desde hace pocos años, se han venido desarrollando herramientas que pueden ser utilizadas tanto en arquitecturas paralelas (memoria compartida y local) como en procesos distribuidos. Las múltiples soluciones adoptadas pueden agruparse en dos grandes bloques:

- Extender lenguajes secuenciales ya existentes tales como el C y el Fortran con construcciones que manejen las comunicaciones y las sincronizaciones que posibiliten el paralelismo.
- Definir nuevos lenguajes de programación basados en los paradigmas más en boga como son el orientado al objeto, lógico, etc.

Evidentemente, para el tipo de problemas en los que estamos interesados, la primera alternativa parece la más apropiada dado que gran parte del material existente sería aprovechable con ciertas modificaciones.

Dentro de ésta alternativa podríamos establecer también una clasificación entre:

- aquellas herramientas que aprovechan el paralelismo inherente a los datos como puede ser, por ejemplo, el ADAPTOR (Automatic DATA Parallelism TranslatOR) que extiende programas escritos en Fortran 77 a programas con directivas, extensiones sobre matrices, bucles paralelos, etc. propios del Fortran 90, utilizando el PVM (Parallel Virtual Machine) para el envío de mensajes, y
- aquellas otras que tienen la habilidad de definir procedimientos que se ejecutarán en diferentes máquinas del ordenador virtual paralelo, como por ejemplo, el HeNCE (Heterogeneous Network Computing Environment) también construido sobre PVM y en el que un programa puede ser descrito por un grafo de precedencias.

Naturalmente, este comentario no pretende ser exhaustivo entre otras cosas por la enorme cantidad de herramientas existentes. Los ejemplos que se han citado son representativos de su clase y su elección no presupone ninguna preferencia, más detalles a este respecto pueden encontrarse en [12].

3 Técnicas de paralelización en CFD

En la actualidad se están desarrollando dos técnicas diferentes tendentes a conseguir algoritmos con un mayor grado de paralelización y que han demostrado ser especialmente efectivas en los problemas de CFD.

3.1 Descomposición del dominio

La simulación de problemas de flujos a gran escala a menudo conlleva problemas que son de tal magnitud que su resolución en el dominio computacional completo es prácticamente imposible o extremadamente ineficiente. Las técnicas de descomposición de dominios se han desarrollado para conseguir que estos grandes procesos puedan ser divididos en partes susceptibles de resolverse de forma independiente.

La idea original de este método representa una extensión del clásico método alternativo de Schwarz [6] a arquitecturas paralelas. En este caso, el dominio donde se busca la solución se divide en un cierto número de subdominios que se solapan y cada subdominio se asigna a un procesador diferente. El solapamiento es necesario para que cada nodo interior del mallado completo sea tratado como nodo interior en al menos un subdominio. Los coeficientes de la ecuación se calculan simultáneamente en cada región, obteniéndose así una serie de soluciones locales. Los valores frontera se intercambian entre los subdominios adyacentes repitiéndose el proceso hasta que se satisface un cierto criterio de convergencia.

Posteriormente las soluciones de cada subdominio se ensamblan para formar la solución global.

Con esta técnica, además de conseguir paralelización se pretende resolver problemas de la misma complejidad pero de menor escala.

Por otra parte, la independencia de los procesos permite diversas modificaciones sobre la idea original como son por ejemplo, el que puedan emplearse discretizaciones diferentes o incluso distintos modelos de ecuaciones en cada subdominio. Así pueden utilizarse modelos simplificados en aquellas regiones donde la propia física lo permita y modelos más elaborados allí donde sea necesario.

Con objeto de que la carga computacional de cada procesador sea similar, deberá procurarse que los subdominios sean aproximadamente del mismo tamaño y en número equivalente al de procesadores empleados. En cualquier caso este número no debe ser demasiado alto ya que al aumentar, la velocidad de convergencia se deteriora [8] y la granularidad se hace más fina lo que no es deseable para el tipo de máquina virtual que estamos considerando.

3.2 Descomposición del problema

Otra de las dificultades que se plantean al intentar resolver problemas de flujo de gran escala, se encuentra en el tipo de ecuaciones con las que hay que trabajar. La técnica de descomposición del problema permite dividir un problema complicado en un conjunto de problemas más sencillos que el original que pueden ser resueltos de forma simultánea.

Históricamente, los métodos de descomposición se aplicaban a problemas lineales estacionarios ya discretizados (generalmente la discretización se llevaba a cabo utilizando diferencias finitas); la descomposición "actuaba" sobre la matriz resultante de dichos problemas. En los últimos años han aparecido trabajos que aplican este método a problemas parabólicos (no estacionarios) en los que se emplean además elementos finitos [9], [7].

Para precisar la idea inherente a estos métodos, supongamos el siguiente problema modelo de valores iniciales:

$$\frac{du}{dt} + Au = f, \quad t > 0, \quad u(0) = u_0.$$

Aquí, $u = u(t)$ (escalar o vector) es la incógnita, la función que describe el estado del sistema y $f = f(t)$ es una función conocida. Se supone que A (lineal o no) es un operador diferencial. Se considera el intervalo temporal $[0, T]$ dividido en M subintervalos de amplitud Δt .

Supongamos que el operador A admite una descomposición en la forma

$$A = A_1 + A_2.$$

donde cada uno de los A_i ($i = 1, 2$) es un nuevo operador. Un método de paso fraccionario (del tipo de Peaceman-Rachford [10]) para esta descomposición, consiste en calcular u^{n+1} (aproximación formal de $u((n+1)\Delta t)$) a partir de u^n en dos pasos. Así, para $n \geq 0$ y u^n dado, se calcula $u^{n+1/2}$ como solución de

$$\frac{u^{n+1/2} - u^n}{\Delta t/2} + A_1 u^{n+1/2} + A_2 u^n = f^{n+1/2}. \quad (1)$$

Calculando posteriormente u^{n+1} a partir de

$$\frac{u^{n+1} - u^{n+1/2}}{\Delta t/2} + A_1 u^{n+1/2} + A_2 u^{n+1} = f^{n+1}. \quad (2)$$

En (1) y (2), se toma (por ejemplo) $f^{n+i/2} = f\left((n + \frac{i}{2})\Delta t\right)$ para $i = 1, 2$. El algoritmo anterior es puramente secuencial, sin embargo su paralelización es sencilla, se puede obtener u^{n+1} en tres etapas en lugar de dos, calculando simultáneamente $u^{n+2/3}$ y $u^{n+4/3}$ con ayuda de dos procesadores diferentes a partir de

$$\frac{u^{n+2/3} - u^n}{2\Delta t/3} + A_1 u^{n+2/3} + A_2 u^n = f^{n+2/3},$$

$$\frac{u^{n+4/3} - u^n}{4\Delta t/3} + A_1 u^n + A_2 u^{n+4/3} = f^{n+4/3}$$

posteriormente se calcula u^{n+1} a partir de la igualdad

$$u^{n+1} = \frac{1}{2} (u^{n+2/3} + u^{n+4/3}). \quad (3)$$

Naturalmente, un problema práctico importante desde el punto de vista computacional será conseguir que los distintos subproblemas a resolver estén bien equilibrados, de manera que cada procesador consuma, aproximadamente, el mismo tiempo.

Esta idea ha sido utilizada por nuestro grupo aplicándola a la resolución de las ecuaciones incompresibles de Navier-Stokes. Hemos obtenido así un algoritmo paralelo [3], [4], [5], que ha sido implementado, siguiendo las ideas básicas de la Librería MODULEF [2], utilizando varios ordenadores dentro de una red local. Se han realizado varias simulaciones numéricas, obteniéndose en todos los casos resultados análogos a los conseguidos mediante algoritmos secuenciales bien establecidos. La eficacia y ganancia en velocidad obtenidas son próximas al ideal teórico.

4 Conclusión

El llamado "superordenador de los pobres", red de estaciones de trabajo, constituye una alternativa válida frente a los clásicos y costosos superordenadores.

Las técnicas de paralelización descritas, descomposición del dominio y del problema, son complementarias la una de la otra. La unión de las dos daría lugar a una división en subproblemas más sencillos y de menor escala que el original. Estamos convencidos de que ambas convergerán en plazo medio, no sólo en problemas de fluidos sino en cualquier problema diferencial.

Naturalmente, tanto los argumentos empleados como la descripción de las herramientas utilizadas no pretenden ser ni rigurosos ni exhaustivos, dado el carácter divulgativo de la presente colaboración. Nuestra intención ha sido más bien la de mostrar algunas tendencias y posibilidades que actualmente se están empleando en la resolución de problemas en CFD.

Referencias

- [1] Beguelin, J., Dongarra, J., Geist, A., Manchek, R., Sunderam, V.S. *Solving Computational grand Challenges using a Network of Heterogeneous Supercomputers*. In: D. Sorensen (Ed.) *Proceedings of Fifth SIAM Conference on Parallel Processing*, Philadelphia, PA, 1991, SIAM.
- [2] Bernadou, M. et al. *MODULEF, Une Bibliothèque Modulaire d'Éléments Finis*. INRIA, Roquencourt, 1989.
- [3] Cruz, J.L., Calzada, M.C., Marín, M., Fernández-Cara, E. *A Parallel Algorithm for Solving the Incompressible Navier-Stokes Problem*. *Computers Math. Applic.* 25, N.9, 51-58, 1993.
- [4] Cruz, J.L., Calzada, M.C., Marín, M., Luque, I., Gómez-Nieto, M.A. *Parallelization of Differential Problems by Partitioning Method (Synchronized Algorithm)*. *Computers Math. Applic.* 26, N.2, 25-31, 1993.
- [5] Cruz, J.L., Calzada, M.C., Marín, M., Fernández-Cara, E. *A Convergence Result for a Parallel Algorithm for Solving the Navier-Stokes Equations*. *Applied Num. Math.*, 1994. (En prensa).
- [6] Dihn, Q.V., Glowinski, R., Periaux, J., in G. Birkhoff y A. Schoenstadt (Eds.) *Solving Elliptic Problems by Domain Decomposition Methods with Applications*, *Elliptic Problem Solvers II*, Academic Press, New-York, 1984.
- [7] Fernández Cara, E., Marín, M. *The Convergence of two Numerical Schemes for the Navier-Stokes Equations*. *Numerische Mathematik*, 55, pp. 33-60, 1989.
- [8] Glowinski, R., Golub, G., Meurant, G., Periaux, J. (Eds.) *Proceedings, First International Symposium on Domain Decomposition Methods for Partial Differential Equations*. SIAM, Philadelphia, 1988.
- [9] Glowinski, R., Mantel, B., Periaux, J., Pironneau, O. *A Finite Element Approximation of Navier-Stokes Equations for Incompressible Viscous Fluids. Functional Least-Squares Methods of Solution* In: Morgan, K., Taylor, C., Brebbia, A. (Eds.) *Computer Methods in Fluids*, pp. 84-133. Pentech Press, London, 1980.
- [10] Peaceman, D.W., Rachford, H.H. *The Numerical Solution of Parabolic and Elliptic Differential Equations*. *J. SIAM* 3, 28-42, 1955.

- [11] **Peterson, V.** *Future Generation Computer System*, 5, 2&3, pp. 243-258, 1989.
- [12] **Turcotte L.H.** *A Survey of Software Environments for Exploting Networked Computing Resources*. Report of Engineering Research Center for Computational Field Simulation. 1993.

Nuevas Secciones del Boletín de SEMA

El Consejo Ejecutivo de SEMA en su reunión de 19 de Abril acordó abrir una serie de Secciones fijas para los futuros números del Boletín de SEMA con el fin de difundir información, de una manera sistemática, sobre las múltiples actividades que se realizan en nuestro país sobre Matemática Aplicada. Estas Secciones son las siguientes:

Vida de la Sociedad

Coordinador: A.Valle

correo electrónico a-valle@ccuma.uma.es / Fax: 95 2 13 20 00

Congresos, Seminarios, Visitas de especialistas extranjeros, etc

Coordinador: M.Gasca

correo electrónico gasca@cc.unizar.es / Fax: 976 56 58 52

Educación, Planes de Estudios, Tercer Ciclo, etc

Coordinador: J.Solá-Morales

Correo electrónico jsola@ma1.upc.es / Fax: 93 401 66 00

Novedades Bibliográficas

Coordinador: E.Casas

correo electrónico casas@masunl.unican.es / Fax: 942 20 17 03

Relaciones con la Industria

Coordinador: A.Bermúdez de Castro

correo electrónico bermudez@zmat.usc.es / Fax: 981 59 70 54 **Otras**

Sociedades

Coordinador: J.I.Díaz

correo electrónico jidiaz@mat.ucm.es / Fax: 91 394 46 07

Universidades Politécnicas

Coordinador: A.Liñan

Correo electrónico / Fax: 91 543 98 59

Novedades Informáticas

Coordinador: J.M.Sanz

Correo electrónico / Fax: 958 42 30 13

Enseñanza pre universitaria

Coordinador: R. Ortega

Correo electrónico / Fax: 958 24 32 86

Apelamos a vuestra colaboración:

DIFUNDAMOS LA INFORMACIÓN

INFORMACION SOBRE SEMA

Nuevos miembros de SEMA. Altas primer semestre 1994

Rodolfo BERMEJO BERMEJO	T.U. Matemáticas	Complutense
Ignacio CABRERA ORTEGA	Ay.U.	Las Palmas
Antonio CAÑADA VILLAR	T.U. Matemáticas	Granada
Elena CEBRIAN	Becaria Matemáticas	Complutense
Gerard GOMEZ	C.U. Matemáticas	Barcelona
Rafaél MONTENEGRO ARMAS	T.U. Matemáticas e Informática	Las Palmas
Ramón QUINTANILLA de la TORRE	T.U. E.T.S.I.I.	Terrassa (U.P.C.)

Nuestra cordial bienvenida.

Nos llega la noticia, pendiente de confirmación al cerrar este BOLETÍN, de que *Electronic Data Systems E.D.S.* Figueruelas (Zaragoza), podría convertirse en el primer socio corporativo de SEMA.

Cambios de status académico

Se han producido, a nuestro conocimiento, los siguientes:

J.L. CRUZ SOTO y M^a del Carmen CALZADA CANALEJO de la Univ. de Córdoba han pasado a ser respectivamente, Catedrático de Universidad en el área de "Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial" y Titular de Universidad en el área de "Análisis Matemático".

Rodolfo BERMEJO BERMEJO ha pasado a ser Titular de Univ. en el área de "Matemática Aplicada" (Univ. Complutense)

Enhorabuena.

Congreso Internacional de Matemáticas, Zürich, agosto 1994

El Prof. J.M. Sanz Serna, miembro del Consejo Ejecutivo de SEMA, es el único conferenciante español invitado al mismo.

Su ponencia, encuadrada en la Sección de "Análisis Numérico y Cálculo Científico", se titula: The dynamics of numerical integrators

Cuota anual para miembros corporativos

Está, provisionalmente, fijada en 25.000.-Ptas./año.

REUNION DEL CONSEJO EJECUTIVO

Tuvo lugar el pasado día 19 de abril en la sede de la Sociedad, bajo la presidencia de A. Valle y actuando como Secretario J.I. Díaz. Contó también con la asistencia de A. Bermúdez de Castro, E. Casas, M. Gasca, A. Liñán y J. Solà-Morales, excusando su asistencia los restantes miembros.

Se trataron fundamentalmente los siguientes temas:

1) Renovación del Consejo Ejecutivo. Calendario Electoral.

Se acordó fijar el 22 de junio como fecha tope para la presentación de candidaturas a las tres vacantes que habrán de ser cubiertas por la Asamblea General que se celebrará en Sevilla el 22 de Septiembre y asimismo distribuir las candidaturas que se presenten y las papeletas de votación, junto con el primer Boletín de 1994, cuya publicación está prevista para junio-julio.

Se estableció también el orden del día de la Asamblea General.

2) Informe sobre la organización del XIV CEDYA.

Joan Solà-Morales expuso diversos detalles relativos a dicho Congreso a celebrar en la ciudad de Vic en Septiembre de 1995. Se acordó estudiar con el Comité Organizador, la posibilidad de que los miembros de SEMA disfruten de una pequeña reducción sobre la cuota de inscripción.

Se analizó la posibilidad de que, paralelamente al Congreso, SEMA organizara una sesión monográfica sobre "Matemática Aplicada e Industria", lo que podría facilitar la financiación de una parte de los gastos del congreso.

3) Distribución de competencias entre los miembros de SEMA.

Se acordó iniciar una serie de secciones fijas del Boletín, cuya coordinación recaería en cada uno de los miembros del Consejo Ejecutivo.

4) Boletín Nº 4.

Se estudió su posible contenido y se acordó solicitar la colaboración del Prof. M. García Velarde, mediante un artículo científico expositivo.

El Boletín se confeccionará nuevamente en Málaga.

5) Cuestiones económicas.

A. Valle transmitió la petición de T. Chacón Responsable de la VI Escuela Hispano-Francesa sobre "Simulación Numérica en Física e Ingeniería", de colaboración de SEMA en los gastos de organización de dicho evento, a la que el Consejo Ejecutivo accedió asignando una aportación simbólica, dadas las escasísimas posibilidades económicas de SEMA.

J.I. Díaz informó sobre el estado del pago de cuotas de 1994 y años anteriores y sobre la conveniencia de insistir en el pago de cuotas atrasadas. También informó sobre el proceso ya iniciado de informatización del fichero de socios.

Balance sobre los cursos de verano
"Recent Advances in Partial Differential Equations"
y
"Applied Mathematics at the turn of the century"

Miguel A. Herrero y Enrique Zuazua
Universidad Complutense

1. Presentación

En este breve informe hacemos un balance de las actividades desarrolladas en los cursos "Recent Advances in Partial Differential Equations" (El Escorial, 1992) y "Applied Mathematics at the turn of the century" (Almería, 1993), realizados en el marco de los Cursos de Verano de la Universidad Complutense.

2. Estructura y objetivos de los cursos

En estos dos cursos hemos adoptado el formato de las tradicionales Escuelas de Verano. En cada uno de los eventos hemos contado con la presencia de destacados especialistas (Matemáticos, Físicos e Ingenieros) en la extensa área de la Matemática Aplicada (ocho en el primero y seis en el segundo) que han presentado el "estado del arte" y las perspectivas de futuro de algunos de los campos de investigación más activos y sobresalientes durante los últimos diez años.

Cada uno de los conferenciantes ha impartido una serie de conferencias (dos en el primer curso y tres en el segundo) en las que se ha presentado, desde una perspectiva global y pedagógica, tanto la motivación y relevancia de los campos en cuestión, como los últimos resultados y avances en el tema, para concluir con una descripción de aquellos problemas más relevantes que aún permanecen abiertos.

Nuestros objetivos han sido en ambos cursos los mismos. Por un lado, atraer la atención de un numeroso colectivo de científicos, en su mayoría españoles, hacia problemas importantes y actuales, permitiéndoles así comparar sus propias líneas de trabajo con las de otros destacados centros de investigación. Por otro, ofrecer a un número importante de jóvenes doctorandos y doctores la posibilidad de iniciarse en temas de reconocida importancia.

Las aportaciones de los conferenciantes invitados han sido completadas, en el primer curso, por sendas conferencias de los organizadores en las que se han presentado algunos de sus trabajos más recientes. En el segundo año, estas actividades fueron reemplazadas por una mesa redonda sobre "El Presente y Las Perspectivas de la Matemática Aplicada" cuyas conclusiones más importantes destacamos en un apartado posterior.

Los textos de todas las conferencias impartidas en el primer curso han sido co-publicadas por las Editoriales Masson y John Wiley, en la colección "Recherche en Mathématiques Appliquées" dirigida por los Profesores Ph. Ciarlet y J.-L. Lions, en un volumen que lleva por título el que dimos al curso y en el que los autores de este informe figuran en calidad de Editores. Las conferencias del segundo curso serán publicadas a finales del presente año. Por otra parte, cabe destacar que todos los conferenciantes han asistido al desarrollo completo de los cursos, mostrando una gran disposición a discutir y trabajar de manera informal con los asistentes al mismo.

Consideramos que estos cursos han servido para promover una imagen positiva de la investigación que se realiza en el área de la Matemática Aplicada. Entendemos que en esta extensa área se debe dar cabida tanto a la investigación básica y fundamental de calidad como a aquella de carácter más aplicado que debe ser evaluada en función de su impacto real en el ámbito industrial y tecnológico.

3. Participación

En cada uno de los cursos hemos contado con más de cuarenta alumnos matriculados, en su mayoría españoles, si bien han participado también estudiosos franceses, italianos, rumanos, estadounidenses, chilenos, holandeses, etc. Entre los alumnos inscritos hemos contado con científicos de diversas áreas (Físicos, Químicos e Ingenieros) con mayoría de Matemáticos. Han tomado parte asimismo diversos asistentes provenientes de empresas privadas. Por otra parte, el rango de edades del alumnado ha sido también muy diverso y hemos contado tanto con jóvenes doctorandos como con Catedráticos de Universidad con una dilatada experiencia.

4. Los temas y los conferenciantes

En este apartado relacionamos los conferenciantes que han participado en los cursos así como el título del ciclo de conferencias que han impartido. En los Anexos I y II que adjuntamos a este Informe se detalla el contenido de cada uno de los ciclos de conferencias.

4.1 Recent Advances in Partial Differential Equations (El Escorial, Julio 1992)

S. Angenent (Universidad de Wisconsin, Madison, USA): *Recent results on mean curvature flow.*

E. Di Benedetto (Universidad de Northwestern, Evanston, USA): *General theory of parabolic equations.*

C. Conca (Universidad de Chile, Santiago, Chile): *Spectral problems in engineering.*

B. Perthame (Universidad de Orleans, Francia): *The kinetic approach to gas dynamics.*

J. Shatah (Courant Institute, Universidad de Nueva York, USA): *Lectures on partial differential equations in classical field theory.*

L. Vega (Universidad Autónoma de Madrid): *Oscillatory integrals and dispersive systems.*

J. J. L. Velázquez (Universidad Complutense de Madrid): *Blow up for semilinear parabolic equations.*

4.2 Applied Mathematics at the turn of the century (Almería, Julio 1993)

L. L. Bonilla (Universidad Carlos III de Madrid): *Mathematical problems of transport in semiconductors.*

J. Carrillo (Universidad Complutense de Madrid): *Free boundary problems.*

D. Christodoulou (Universidad de Princeton, USA): *The mathematical theory of gravitational collapse.*

D. Joseph (Universidad de Minnesota, USA): *Some problems in fluid mechanics.*

G. Lebeau (Universidad de Paris-Orsay, Francia): *Control in elasticity: a microlocal point of view*

F. H. Lin (Courat Institute, Universidad de Nueva York, USA): *Mathematical theory of liquid crystals*

5. Aportaciones de la mesa redonda de Almería (1993)

En esta mesa redonda los profesores invitados y organizadores debatieron sobre el presente y futuro de la investigación en Matemática Aplicada en particular y en la Ciencia en general.

Tras un primer turno de intervenciones de los participantes en la mesa, los alumnos procedieron a plantear sus puntos de vista y cuestiones, dando lugar a un debate abierto y fructífero. Seguidamente destacamos algunas de las ideas a nuestro entender más relevantes que fueron vertidas en el transcurso de la sesión.

El Profesor D. Joseph, miembro de la Academia nacional de Ciencias de los Estados Unidos, afirmó que en un futuro inmediato y de manera progresiva, las aportaciones de los investigadores en el campo de la Matemática Aplicada serán evaluadas en función de su impacto real y palpable en el ámbito industrial y tecnológico.

El profesor D. Christodoulou, de la Universidad de Princeton, sugirió que el estudio de los "clásicos" como, por ejemplo, I. Newton y A. Einstein, debe servir como guía a la hora de orientar el esfuerzo investigador en el presente. El Profesor Christodoulou consideró que el estudio y el cultivo en paralelo de la Física y la Matemática son las mejores garantías para escapar de una investigación estéril carente de perspectivas y de posibilidades de aportar algo relevante al desarrollo de la Ciencia.

El Profesor F. H. Lin, del "Courant Institute" de la Universidad de Nueva York, afirmó que las Ciencias de los Materiales son fuente continua de problemas Matemáticos difíciles y apasionantes que durante las últimas décadas han inspirado algunas de las páginas más brillantes de la Matemática. Asimismo, animó a los más jóvenes a abordar con entusiasmo estos problemas.

Todos los Profesores invitados coincidieron en que los jóvenes investigadores deben encauzar sus esfuerzos hacia aquellos problemas más relevantes, ya sea por su carácter fundamental o aplicado, pero evitando las generalizaciones fáciles destinadas a la obtención de resultados inmediatos de escasa transcendencia.

6. Conclusiones

Creemos que cursos de estas características responden a una necesidad real de nuestro entorno y que su impacto en la comunidad científica es palpable de forma inmediata y necesario para la correcta orientación de la investigación en el futuro más inmediato.

Por otra parte la publicación de las notas de estos cursos en colecciones prestigiosas garantiza una repercusión internacional duradera más allá del ámbito de los Cursos de Verano.

7. Agradecimientos

No nos gustaría concluir este informe sin agradecer al conjunto de los organizadores de los Cursos de Verano de la Universidad Complutense por habernos dado la oportunidad de realizar estos cursos en un marco y con unos medios humanos y materiales y con una infraestructura únicos en el ámbito de las Matemáticas. Nos gustaría mencionar en particular a Fernando Fontes, Director Adjunto de los Cursos y a Jorge García Lorite, Director de los Cursos de Almería.

Deseamos manifestar de manera especial nuestro reconocimiento al Profesor Miguel A. Alario, coordinador de los cursos de Ciencias, por el entusiasmo, apoyo y colaboración que en todo momento nos ha manifestado.

Por último deseamos manifestar nuestra gratitud a la Profesora Soledad Rodríguez por la eficacia con que ha realizado la labor de Secretaria en el segundo curso.

Madrid, Febrero de 1994

Simposio Internacional sobre "Modelado de Sistemas en Oceanografía, Climatología y Ciencias Medioambientales: Aspectos matemáticos y numéricos"

Organizado por el "Grupo de Análisis Matemático Aplicado" de la Universidad de Málaga, tuvo lugar en el Hotel D. Pablo de Torremolinos, durante los días 24, 25 y 26 de enero de 1994. Contó con un total de 63 participantes de 23 Universidades y Centros de Investigación.

El Coloquio ha resultado ser la tercera reunión científica celebrada en España sobre los mencionados temas, promovida por matemáticos, tras los cursos de verano de la Universidad Complutense que tuvieron lugar en El Escorial 1991 (Mathematics Climate and Environment) y Agudulce (Almería) 1992 (Environment, Economics and their Mathematical Models).

Los conferenciantes invitados fueron, **R. Bermejo** (Univ. Complutense), **A. Bermúdez de Castro** (Univ. de Santiago de Compostela), **J.I. Díaz** (Univ. Complutense), **E. Fernández Cara / F. Guillén** (Univ. de Sevilla), **J.L. Lions** (Collège de France, Paris) que pronunció la conferencia de apertura, **P. Orenga** (Univ. de Córcega, Corte), **C. Parés** (Univ. de Málaga), **O. Pironneau** (Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI), **J.I. Ramos** (Univ. de Málaga, E.T.S.I.I.), **A. Ruiz Mateo** (C.E.D.E.X., Madrid), **R. Temam** (Univ. Paris-Sud, Orsay), **O. Thual** (CERFACS, Toulouse) y **J. Tintoré** (Univ. des Illes Balears).

Se expusieron asimismo, 12 comunicaciones breves a cargo de **J.M^a Abril** (Sevilla), **A. Balaguer** (Jaume I, Castellón), **M. Delgado** (Sevilla), **M. Espino** (U.P.C., Lab. de Ing. Marítima), **J.L. Gámez** (Granada), **C. M^a García López** (Málaga), **M. González Pérez** (U.P.C., Lab. de Ing. Marítima), **R. Periañez** (Sevilla), **A.M. Ramos** y **L. Tello** (Complutense), **J.J. Usó** (Jaume I, Castellón) y **M^a E. Vázquez** (Santiago de Compostela).

Por otra parte, el Simposio fué la ocasión elegida para el solemne acto académico de investidura del **Prof. J.L. Lions como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Málaga** que tuvo lugar en la tarde del día 25 en el antiguo Real Conservatorio de María Cristina, bajo la Presidencia del Rector Magnífico, actuando como Padrino en dicha ceremonia el Prof. A. Valle.

Estuvieron presentes en este acto como invitados especiales, además de los conferenciantes, y participantes en el Simposio, los Profs. **M. Bernadou** (INRIA, Rocquencourt), **A. Dou** (U.A.B.), **R. Glowinski** (CERFACS / Univ. de Houston), **F. Michavila** (U.P.M., E.T.S.I. de Minas).

La Universidad de Málaga, recogerá en una próxima publicación, las intervenciones que se produjeron en dicho acto y el Grupo organizador ultima la publicación de las Actas, cuya aparición tendrá lugar contemporáneamente con la de este Boletín.

C. Parés

A. Valle

Sobre el *Taller de Mecánica de Medios Continuos* celebrado en Oviedo en Marzo de 1994.

Los días 21, 22 y 23 del pasado mes de Marzo se celebró en Oviedo el *Workshop on Energy Methods for Free Boundary Problems in Continuum Mechanics* anunciado en el último número de este Boletín. El Taller fue concebido como una actividad más de la estancia en Oviedo de varios matemáticos distinguidos de la Universidad de Novosibirsk, en particular los Profesores S.N.Antontsev y S.I.Shmarev con quienes tuve el privilegio de compartir tareas en el Comité Organizador del Taller. Su estancia en Oviedo está siendo sufragada por la FICYT del Principado de Asturias en una política científica digna de reconocimiento. La organización del Taller no hubiera sido posible sin la colaboración desinteresada de varios compañeros y amigos de la Universidad de Oviedo (Omar, Javier ...) y en especial del Decano de la Facultad de Matemáticas, Santos González, quien, además de brindarnos los locales de la Facultad, se ocupó de numerosos detalles *logísticos* que realizaron el éxito del evento.

Diseñada como Taller, la reunión contó con la presencia de distinguidos especialistas tales como J.Serrin (USA), V.Monhakov (Rusia) y A.Liñan (España), por solo citar a los tres asistentes de mayor edad. El resto de los conferenciantes procedían también de distintos países: Alemania (H.Tasso), Francia (M.Chipot), Italia (S.Rionero), Portugal (L.Santos), Reino Unido (B.Straughan), Rusia (V.Galaktionov, V.Pukhnachev y E.Yurinski), Suiza (C.Bandle) y España (F.Bernis, R.Quintanilla y J.L.Vazquez) además de los tres miembros del Comité Organizador. El número total de asistentes, unas cincuenta personas, permitió lograr una atmósfera agradable propiciando la reflexión conjunta sobre los numerosos problemas candentes de esta, ya clásica pero siempre de actualidad, parcela de la Ciencia (un listado detallado de los títulos de las conferencias fue presentado en el pasado Boletín). Estamos en contacto con la editorial Kluwer para la edición de las actas.

Los *mas jóvenes asistentes*, venidos de diferentes universidades del país (Santiago, Vigo, Complutense y Autónoma de Madrid, Politécnica de Cataluña, Santander, Oviedo...) y también de Italia (Nápoles, Florencia), contribuyeron de manera muy activa en el éxito de la reunión, tanto por los *Posters* presentados como por el interés demostrado.

En el capítulo económico son de resaltar las ayudas recibidas de la European Science Foundation (Free Boundary Problems Programme), la DGICYT y las Universidades de Oviedo y Complutense de Madrid. Les quedamos muy agradecidos por su patrocinio.

J.I.Díaz

First Workshop JUNIOR PDE'S IN MADRID

Durante el pasado mes de Abril el Prof. Philippe Bénilan, de la Universidad de Besançon, Francia, visitó la Univ. Autónoma de Madrid. Coincidiendo con esta visita y para recordar su importante papel en los comienzos del desarrollo de las ecuaciones en derivadas parciales en Madrid, hace ahora unos 17 años, los grupos de matemática aplicada de las Universidades Complutense y Autónoma de Madrid organizaron una reunión el día 22 de abril, que comenzó con una conferencia magistral a cargo de Bénilan, en la cual propuso un buen número de problemas abiertos. Se le hizo entrega simbólica del título de Profesor Visitante de la Universidad Autónoma (con diploma y todo).

El resto de la reunión estuvo dedicada a los jóvenes que en las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid se dedican a la investigación en el área de ecuaciones en derivadas parciales. Hubo 12 conferencias de 20 minutos a cargo de estos investigadores. Salvando el cansancio físico de un día agotador, fue una experiencia memorable, comprobándose el gran esfuerzo que esta nueva generación está haciendo por abrirse camino en la investigación.

Programa

10.00 Apertura

10.10 Conferencia principal: **Ph. Bénilan**

Some open problems in the semigroup approach to nonlinear Differential Equations

CONFERENCIAS DE 20 MINUTOS

11.30 Fernando Quirós, *Selfsimilar turbulent burst: The reaction case.*

11.55 María de la Luz de Teresa, *Aproximated controlability in L^p for the semilinear heat equation in an unbounded domain.*

12.20 Manuela Chaves, *Selfsimilar solutions in nonlinear heat propagation.*

12.45 Julio Moro, *Stability of equilibrium points via order reduction.*

13.10 Juna Antonio Aguilar, *Remarks on quasilinear elliptic equations.*

13.35 Ibrahim Bless, *Vortex methods with finite elements.*

14.00 COMIDA en la UAM.

15.30 Micu Sorin Daniel, *Stabilization of a hybrid system.*

15.35 Omal Gil, *On the focusing problem for the p -laplacian equation.*

16.20 Juan Francisco Padiál, *On the uniqueness of solutions of bounded variation for a parabolic problem associated to turbulent flows.*

16.45 Angela Jiménez, *Analysis of the linear stability for some phase field models.*

17.10 Angel Manuel Ramos, *Some results on the controlability of the semilinear heat equation.*

17.35 Lourdes Tello, *On the stability of solutions for a model in Climatology*

ORGANIZADORES; J. CARRILLO (UCM), I. PERAL & J.L. VAZQUEZ (UAM)

RESUMENES DE TESIS DOCTORALES

APROXIMACION NUMERICA DE UN PROBLEMA CON FRONTERA LIBRE.

Doctorando: ANA M. ALONSO RODRIGUEZ.

Director: JOSE CARRILLO MENEDEZ.

Fecha de lectura: 14 de julio de 1993. Apto "Cum laude"

En esta memoria se estudia la filtración de un fluido en un medio poroso con unas condiciones de contorno que no son frecuentes en la literatura y que surgen de una modelización más realista del problema: se considera que una zona de la frontera es semipermeable. En ese caso hay un salto de presión entre el interior y el exterior del medio poroso y el flujo es función de dicho salto.

El trabajo está dividido en tres capítulos. En el primero se estudia el problema continuo. Se demuestra la existencia de solución y algunas propiedades de regularidad. También se demuestra que las condiciones de contorno clásicas en este problema son un caso límite de las condiciones de semipermeabilidad que se estudian en este trabajo.

El segundo capítulo está dedicado al estudio numérico del problema. Se hace la discretización en espacio y se demuestra la existencia de solución del problema discreto, dando además un método para calcularla. Se demuestra que la solución discreta converge hacia una solución del problema continuo.

En el tercer capítulo se estudia el algoritmo de resolución del problema discreto y se analizan los resultados numéricos obtenidos con el programa DAMEV en el que hemos implementado, siguiendo las normas de la biblioteca MODULEF, el esquema numérico descrito en el capítulo anterior.

Título: Una teoría asintótica en vigas elásticas de perfil fino y su justificación matemática.

Autor: José Manuel RODRÍGUEZ SEIJO.

Director: Juan Manuel VIAÑO REY.

Defensa: 21 de Enero de 1994. Departamento de Matemática Aplicada. Universidad de Santiago de Compostela.

Calificación: Apto "cum laude".

Resumen

Las vigas de perfil fino, caracterizadas por tener las dos dimensiones de su sección transversal de un orden de magnitud muy diferente, son utilizadas constantemente en las construcciones modernas: vigas con sección en forma de I, T, H, L, C . . . , puentes, tuberías, fuselaje de un avión, estructura externa de un cohete, casco de un barco o de un submarino, etc. Sus características geométricas les convierten en sólidos especialmente difíciles de calcular en ingeniería y justifican la importancia de modelos aproximados bien precisos.

Partiendo del modelo de elasticidad lineal tridimensional y utilizando el ya clásico *método de desarrollos asintóticos* –Ciarlet-Destuynder(1979), Bermúdez-Viaño(1984), Trabucho-Viaño(1987)– en este trabajo se obtienen modelos de comportamiento límite para vigas elásticas de perfil fino que representan mejoras en diversos sentidos de las teorías formuladas por Timoshenko(1920) y Vlassov(1940) para este tipo de estructuras.

La justificación matemática de los modelos se basa en el estudio del comportamiento de problemas de Poisson en dominios **planos** de pequeño espesor (que se corresponden con la sección transversal de la viga) y, en particular, de las funciones y constantes de geometría: torsión, alabeo, Timoshenko, Utilizando técnicas distintas según la geometría del dominio (simplemente conexo o no, frontera con esquinas entrantes, . . .), en la tesis se obtienen resultados de convergencia de las soluciones generalizando los obtenidos para casos particulares por Lions(1973) y Le Dret(1991), lo que constituye en sí mismo una aportación importante del trabajo.

OPTIMIZACIÓN DE FORMA CON RESTRICCIONES EN PROBLEMAS ACOPLADOS DE ONDAS Y MECÁNICA DE FLUIDOS

Doctorando: Francisco Javier BARÓN LÓPEZ. Universidad de Málaga

Directores: Profesores A. Valle y O. Pironneau (Univ de Paris VI)

Fecha de Lectura: 7 de abril de 1994. Apto "Cum laude"

Los problemas de optimización de forma (*o diseño óptimo*) que se presentan frecuentemente en la industria, pueden ser descritos usando las notaciones de la teoría de control óptimo, por medio de:

- un *control* S , que es un subconjunto de \mathbb{R}^n ($n=2,3$) representando la forma a optimizar.
- un *estado* y_s solución de una ecuación en derivadas parciales sobre un dominio de cálculo Ω_s , que normalmente es S o su exterior.
- una *función de coste* $j(S) = J(S, y_s)$ que es una medida del estado hecha sobre una región de su dominio de cálculo siguiendo el esquema

$$S \longrightarrow y_s \longrightarrow j(S) = J(S, y_s)$$

El problema de optimización de forma se escribe entonces de forma compacta como:

Problema: Encontrar la forma $S^* \in S_{ad}$ de coste mínimo, i.e.

$$J(S^*) = \min_{S \in S_{ad}} j(S)$$

La elección del *conjunto de formas admisibles*, S_{ad} , es importante desde el punto de vista teórico cuando nos preguntamos sobre la existencia de solución del problema, pero más importante es esta elección desde el punto de vista práctico. Por ejemplo, si planteamos de forma general el problema que consiste en optimizar la forma de un ala de avión de tal manera que su visibilidad al radar sea mínima (*electromagnetismo*), es necesario tener en cuenta no sólo que la forma buscada sea "un conjunto compacto y conexo", sino además que sea "un ala de avión", es decir que existe una restricción aerodinámica, lo que implica introducir un nuevo estado para expresarlo. Más aún, el flujo de aire alrededor del ala deforma su estructura por medio de tensiones que son estudiadas por la teoría de la elasticidad. De nuevo hay que introducir un estado.

Un problema industrial es pues esencialmente *multidisciplinar*.

El **problema principal** que se aborda en la Memoria es la obtención de un perfil de ala de avión (2D) de visibilidad al radar reducida, para el cual, el conjunto de formas admisibles S_{ad} posea restricciones de tipo geométrico y aerodinámico. También se estudian otros temas de optimización como el de la distribución de una capa absorbente para las ondas sobre un perfil de ala de avión y la optimización de la forma de un dique de protección de una isla, para reducir la amplitud de las olas en ciertas porciones de mar cercanas a ella.

El problema enunciado anteriormente pone en evidencia las dificultades que surgen cuando se persigue una optimización de forma, multidisciplinar. Es necesario resolver diferentes tipos de subproblemas y reagrupar sus soluciones en un algoritmo de optimización. Éste debe ser suficientemente robusto para tratar los casos más complejos y converger a un óptimo (al menos local). Se muestran condiciones suficientes para que un algoritmo de optimización lo consiga mediante la creación de una sucesión de formas de coste decreciente y siendo cada una de ellas admisible, y después un algoritmo de optimización que las verifica basado en el método de Herskovits.

NOVEDADES BIBLIOGRAFICAS

En esta sección del boletín recogeremos los libros publicados en el campo de la Matemática Aplicada. Por lo tanto, si sois autores de algún libro, aquí podeis encontrar un lugar para darlo a conocer. Los datos sobre el libro para su inclusión en esta sección podeis enviarlos por correo electrónico a nuestra dirección:

sema@masun1.unican.es

Introducción a las Ecuaciones en Derivadas Parciales

Eduardo Casas Rentería

Editado por Universidad de Cantabria. 1992

351 páginas. ISBN 84-87412-75-0

Este texto está dirigido a los alumnos del segundo y tercer ciclo de la Licenciatura de Matemáticas, pudiendo ser útil también como libro de consulta a los profesionales cuyo trabajo está relacionado con las Ecuaciones en Derivadas Parciales, tanto en su tarea docente como investigadora.

CONTENIDOS: 1 - Generalidades y Ejemplos. 2 - Introducción a la Teoría de Distribuciones. 3 - Soluciones Fundamentales. Clasificación de las EDP. 4 - El Operador de Laplace. 5 - El Operador del Calor. 6 - El Operador de Ondas. 7 - Clasificación y Reducción a la Forma Canónica de las EDP. 8 - El Problema de Cauchy: Ecuaciones de Primer Orden. 9 - El Problema de Cauchy: Ecuaciones de Segundo Orden. 10 - El Problema de Valor Inicial. 11 - Espacios de Sobolev. 12 - Problemas de Valor Frontera. 13 - Teoría Espectral. 14 - Problemas Mixtos: El Caso Parabólico. 15 - Problemas Mixtos: El Caso Hiperbólico.

Modelo Matemático de las Corrientes Forzadas por el Viento en el Mar de Alborán

Manuel Jesús Castro Díaz y Jorge Macías Sánchez

Editado por Grupo de Análisis Matemático de la Universidad de Málaga.

1994

350 páginas. ISBN 84-7496-252-8

Este trabajo ha sido galardonado con el Premio Málaga de Investigación 1993.

CONTENIDOS: Introducción. I - Preliminares: Espacios Funcionales; Aproximación Mediante el M.E.F. de Problemas Elípticos; Análisis Convexo; Operadores Maximales Monótonos. II - Deducción de las Ecuaciones: Introducción; Ecuaciones Generales del Movimiento. III - Modelo de Shallow-Water: Obtención del Modelo de una Capa; Discretización; Resultados Numéricos; Modelo de Shallow-Water Multicapa; Anexo 1: Métodos de Gradiente Conjugado; Anexo 2: Programas GPP. IV - Modelo Navier-Stokes 3-D: Problema Continuo; Problema Discreto; Resultados Numéricos; Anexo 1: Resolución Numérica del Problema Discreto; Descripción de los Algoritmos; Anexo 2: Generación de Mallados; Descripción de los Malladores; Anexo 3: Figuras.

Mathematics, Climate and Environment

J.I. Díaz y J.L. Lions

Editado por Masson, 1993

320 páginas. ISBN 2-225-84279-3

Este libro recoge las conferencias presentadas en una Escuela de Verano que tuvo lugar en El Escorial del 26 al 30 de Agosto de 1991.

CONTENIDOS: En el texto se pueden encontrar parte de las Conferencias Plenarias impartidas durante las jornadas, seguidas de una serie de Seminarios más cortos que complementaron el curso.

Environment, Economics and their Mathematical Models

J.I. Díaz y J.L. Lions

Editado por Masson, 1993

191 páginas. ISBN 2-225-84490-9

Este texto recoge las conferencias presentadas en una Escuela de Verano que tuvo lugar en Almería del 26 de Junio al 3 de Julio de 1992.

CONTENIDOS: Numerical modelling of water pollution problems: A. Bermúdez; Functional differential equations. Modeling in economics and environment: A.C. Casal y G. Dibeh; On the controllability of some simple climate models: J.I. Díaz; Technics and models of econoclimate analysis. Introduction to the economics of the weather: A. Fernández y J. Martín; Modeling the articulation between the Economy and the Environment: an introduction to issues, concepts and models in Global Change Economics: G. Gabay; The dynamics of the Bonhoeffer-Van der Pol equation and business cycle: J. Grasman; No regret and low regret controls. An introduction: J.L. Lions; Negative feedback and control of renewable resources: C. Lobbry; Development of a model for the climate of Spain: A. Ruiz de Elvira; Public goods and the Environment: J. Scheinkman; Oscillations in some nonlinear business cycle models: J.M. Vegas and F.J. Vázquez; Models of coupled atmosphere and ocean: R. Temam.

Recent Advances in Partial Differential Equations

Miguel Angel Herrero García y Enrique Zuazua Idiondo

Editado por Wiley-Masson. 1994

160 páginas. ISBN 0471-94455-6

Este libro recoge las conferencias presentadas en una Escuela de Verano que tuvo lugar en El Escorial del 27 al 31 de Julio de 1992.

CONTENIDOS: Some Recent Results on Mean Curvature Flow: Sigurd B. Angenent. Spectral Problems in Fluid-Solid Structures: Carlos Conca. Extremal Eigenvalue Problems for the Laplacian: Steven Cox. Degenerate and Singular Parabolic Equations: Emmanuele Di Benedetto. Kinetic Approach to Systems of Conservation Laws: Benoit Perthame. Geometric Wave Equations: Jalal Shatah. Small Perturbations of the Free Schrödinger Equation: Luis Vega. Blow up of Semilinear Parabolic Equations: Juan J.L. Velázquez.