

Laprise, R., 1994 : André Robert 1929-1993 (biographie). *Le Climat* **12**(1), 81-94.

ANDRÉ ROBERT (1929-1993)

Par

René LAPRISE

Département de physique
Université du Québec à Montréal
B.P. 8888, Succ. «Centre-ville»
Montréal (QUÉBEC)
H3C 3P8

25 janvier 1994

RÉSUMÉ

Le professeur André Robert est décédé le 18 novembre 1993, à l'âge de 64 ans, frappé par une crise cardiaque durant son sommeil. André Robert aura dominé son domaine de recherche plus que tout autre météorologue canadien, autant au niveau national qu'au niveau international. Comme c'est généralement le cas dans le monde de la recherche ultra spécialisée, la célébrité des plus grands chercheurs ne déborde guère le cercle des personnes oeuvrant dans le même domaine. Par ce texte, je veux rendre hommage à la carrière d'André, montrant ses contributions à l'avancement des connaissances et l'immense perte que son départ représente pour le monde scientifique.

Le chercheur solitaire

Tout au long de sa carrière scientifique, André a travaillé avec acharnement au développement de nouvelles méthodes numériques afin d'améliorer les modèles mathématiques employés pour la prévision du temps ou la simulation climatique. André fut, en effet, le premier chercheur canadien à effectuer une simulation à caractère climatique (Robert 1966) et ce, bien avant que l'engouement général pour les changements climatiques amène le développement de groupes de recherches climatiques distincts de ceux de la prévision météorologique. Cette simulation servait à valider la méthode spectrale qu'il proposait alors pour les modèles météorologiques. Il effectua une intégration de 220 jours, avec un modèle à 5 couches de faible résolution horizontale (12

fois moins que les modèles climatiques courants), en spécifiant une fonction de forçage thermique pour émuler le rayonnement absent de son modèle simplifié.

Excellent mathématicien, André a œuvré en modélisation numérique avec pragmatisme. Contrairement à plusieurs chercheurs de ce domaine qui visent à inventer les schémas les plus précis, son but avoué a toujours été de développer des méthodes numériques «performantes», c'est-à-dire des méthodes qui soient les moins coûteuses en temps de calcul pour atteindre un degré de précision prédéterminé. Les schémas numériques qu'il a développés sont maintenant implantés dans les modèles des plus grands centres de prévision du temps et de recherches climatiques à travers le monde. L'annexe 1 présente une version de son curriculum vitae que j'estime avoir été écrite vers la fin de 1985; ce texte autobiographique reflète éloquemment la carrière du chercheur et certains traits de son caractère. Dans les paragraphes qui suivent, je vous présente ses contributions les plus importantes au cours de ses dernières années.

André revint à la recherche en 1980, après avoir assumé la direction du Centre météorologique canadien pendant 7 ans. Depuis lors, il se consacra principalement au développement du schéma de transport semi-lagrangien (SL). Ce schéma s'inscrit logiquement dans sa carrière scientifique qui a toujours visé à développer des méthodes numériques offrant un bon rapport entre la précision et le coût en temps de calcul. Le schéma semi-implicite, qu'il avait introduit en météorologie une décennie plus tôt, est un bon exemple de son approche pragmatique. Sa préférence pour le schéma SL, plutôt que les méthodes eulériennes traditionnelles, venait de sa perception que les erreurs de tronçures temporelles sont bien plus petites que celles spatiales dans les schémas eulériens. Ainsi, la longueur des pas de temps employés pourrait être nettement allongée sans compromettre la précision du schéma dans son ensemble. Le schéma SL, à cause de sa grande stabilité numérique, permet cet allongement du pas de temps par au moins un facteur trois, ce qui permet de diminuer d'autant le temps de calcul.

En 1987, André prit sa retraite du Service de l'environnement atmosphérique canadien, où il avait passé la plus grande partie de sa vie professionnelle, pour se joindre au groupe de sciences de l'atmosphère du département de physique de l'UQAM comme professeur régulier. Il obtint le statut de chercheur émérite du gouvernement canadien. À l'automne 1988, lui et moi élaborâmes, en collaboration avec Monique Tanguay, une extension du schéma numérique semi-implicite et semi-lagrangien pour application aux équations d'Euler non hydrostatiques (Tanguay et al. 1990). Ainsi prit forme ce qu'il sera convenu d'appeler le modèle de l'UQAM, et plus tard le modèle MC2 (mésoséchelle compressible communautaire) du CCRM (Centre coopératif pour la recherche en mésométéorologie). Cette généralisation de son modèle régional (c'est-à-dire à domaine restreint) lui permettra d'aborder des problèmes de mécanique des fluides qui vont au-delà du cadre de la météorologie, par exemple, les écoulements turbulents autour de petits objets solides avec des grilles millimétriques, le phénomène de cavitation, et les écoulements supersoniques.

Loin de ralentir son rythme de travail, il avait plutôt accéléré ses recherches ces dernières années, et il démontrait toujours un enthousiasme contagieux pour ses travaux de recherches. Il y a quelques mois, il était promu professeur titulaire à l'UQAM et venait d'obtenir l'approbation pour un congé sabbatique devant se dérouler au CERCA (Centre

de recherche en calcul appliqué) l’an prochain. Lors de son décès, quatre étudiants à la maîtrise travaillaient sous sa direction sur la simulation de divers phénomènes de mécanique des fluides : le bassin d’eau en rotation («rotating annulus» en anglais), l’écoulement supersonique autour d’objets solides, les mouvements dans une cavité dont la paroi supérieure est entraînée à vitesse constante, et la circulation océanique. Il agissait aussi comme codirecteur d’un étudiant au doctorat qui développe un modèle de la circulation océanique à grande échelle. Il laisse derrière lui des notes de recherche non publiées sur ses projets de recherches en cours.

En des temps où la recherche en équipe est privilégiée par les organismes subventionnaires comme le FCAR, André avait une vision radicalement différente, que certains qualifieraient d’anachronique. En effet, plusieurs l’auront entendu dire que, selon lui, la meilleure science émerge des recherches individuelles, et que le travail en collaboration est inefficace et dissipe beaucoup de temps et d’énergie. Peut-être n’avait-il pas entièrement tort! À ma connaissance, toutes les collaborations qu’il a eues avec des collègues durant sa carrière ont toujours été à sens unique, avec lui comme maître absolu du projet.

D’une nature réservée, il n’en demeurait pas moins un excellent communicateur, et son enthousiasme pour sa recherche se transmettait systématiquement au public lors de ses présentations. Simple et modeste, surtout avec les personnes peu instruites, il ne souffrait pas non plus de fausse modestie; il pouvait parler avec un aplomb qui n’avait d’égal que son objectivité, de ses réalisations scientifiques et des répercussions qu’elles ont eues sur l’avancement de la modélisation numérique. Il ne fuyait pas non plus la controverse, et semblait même en être stimulé. Il n’a jamais choisi ses thèmes de recherche en fonction des sujets «à la mode». Si, en rétrospective, tous conviennent de l’importance et du rayonnement international de ses travaux, il faudrait éviter de croire que les méthodes qu’il a mises de l’avant ont fait l’unanimité dès leurs parutions. En fait, il a fallu souvent plusieurs années après la publication de ses travaux pour que se développe un consensus dans la communauté de modélisation météorologique sur la pertinence de ses choix. Cela aura été le cas notamment avec la méthode spectrale, le schéma semi-implicite et, plus récemment, le schéma semi-lagrangien. Il m’a déjà dit qu’il considérait que les chercheurs scientifiques sont généralement ultra conservateurs dans leur recherche; quoique cette remarque m’ait initialement surpris, j’ai eu l’occasion par la suite de constater son exactitude.

André était un bourreau du travail. Au-delà de sa grande intelligence, c’est son ardeur au travail qui lui a valu d’atteindre les plus hauts sommets de son domaine de recherche. En plus de ses contributions à l’avancement de la science, il a aussi formé bon nombre de chercheurs, tant par la direction de projets de recherche d’étudiants et de collègues durant sa carrière, que par l’enseignement qu’il a prodigué dans le milieu universitaire ces dernières années.

Bibliographie récente

- Rivest, C., A. Staniforth et A. Robert, 1994 : Spurious resonant response of semi-Lagrangian discretizations to orographic forcing: diagnosis and solution. *Mon. Wea. Rev.*, accepté pour publication.
- Robert, A., 1993 : Incompressible homogeneous fluids. Notes de recherche. 27 p. incl. fig.
- Robert, A., 1993 : Le schéma semi-lagrangien. Note de recherche. 6 p.
- Robert, A., 1993 : Application of a semi-Lagrangian model formulation to non-stationary supersonic flow. Note de recherche. 9 p. incl. fig.
- Robert, A., 1993 : Bubble convection experiments with a semi-implicit formulation of the Euler equations. *J. Atmos. Sci.* **50**(13), 1865-1873.
- Tanguay, M., E. Yakimiv, H. Ritchie, et A. Robert, 1992 : Advantages of spatial averaging in semi-implicit semi-Lagrangian schemes, *Mon. Wea. Rev.* **120**(1), 115-123.
- Jakimow, G., E. Yakimiv et A. Robert, 1992 : An implicit formulation for horizontal diffusion in gridpoint models. *Mon. Wea. Rev.* **120**(1), 124-130.
- Tanguay, M., A. Robert et R. Laprise, 1990 : A semi-implicit semi-Lagrangian fully compressible regional forecast model. *Mon. Wea. Rev.* **118**(10), 1970-1980.
- Yakimiv, E. et A. Robert, 1990 : Validation experiments for a nested grid-point regional forecast model. *Atmos.-Ocean* **28**(4), 466-472.
- Tanguay, M. et A. Robert, 1990 : An efficient Optimum interpolation analysis. *Atmos.-Ocean* **28**(3), 365-377.
- Desharnais, F. et A. Robert, 1990 : Errors near the poles generated by a semi-Lagrangian integration scheme in a global spectral model. *Atmos.-Ocean* **28**(2), 162-176.
- Bergeron, G., J. Côté et A. Robert, 1990 : Resolution sensitivity experiments with a spectral model of the shallow water equations. Note de recherche. 14 p. plus fig. et tableaux.
- Robert, A. et E. Yakimiv, 1986 : Identification and elimination of an inflow boundary computational solution in limited area model integrations. *Atmos.-Ocean* **24**(4), 369-385.
- Tanguay, M. et A. Robert, 1986 : Elimination of the Helmholtz equation associated with the semi-implicit scheme in a grid point model of the shallow water equations. *Mon. Wea. Rev.* **114**(11), 2154-2162.
- Yakimiv, E. et A. Robert, 1986 : Accuracy and stability analysis of a fully implicit scheme for the shallow-water equations, *Mon. Wea. Rev.* **114**(1), 240-244.

Curriculum vitae autobiographique (1988)CURRICULUM VITAEANDRÉ ROBERT

Né aux États-Unis dans la ville de New York de Mathias Robert et de Irène Grindler le 28 avril 1929. Émigré au Canada à Grand-Mère, Québec, en mai 1937. Naturalisé citoyen canadien en 1967. Éducation aux niveaux primaire et secondaire reçue à l'Académie du Sacré-Coeur à Grand-Mère. Études supérieures complétées à l'Université Laval en 1952 avec l'obtention d'un baccalauréat en sciences (mathématique). Études à l'Université de Toronto complétées en 1953 avec l'obtention d'une maîtrise en météorologie. Marié en 1953 à Marguerite Mercier et a eu deux filles, Claire (1954) et Lise (1958).

Engagé par le Service de l'Environnement Atmosphérique en 1952 et a travaillé comme prévisionniste à Dorval affecté aux services de prévisions pour l'aviation internationale et le public de la région du Québec. Transféré à la Division de Recherche en Prévision Numérique en 1959 et affecté au développement des modèles atmosphériques requis pour les prévisions à courte et à moyenne échéance. Études à l'Université McGill complétées en 1965 avec l'obtention d'un doctorat en météorologie. Professeur au Département de Météorologie de l'Université McGill pendant un an (1970-71). Promu au poste de Chef de la Division de Recherche en Prévision Numérique (21 employés) en 1971. Promu au poste de directeur du Centre Météorologique Canadien (140 employés) en 1973. Promu au rang de chercheur scientifique senior en 1980.

Principales réalisations

1. Le schème semi-implicite

Ceci est une méthode de calcul entièrement nouvelle, conçue et mise à l'essai pour la première fois en 1967. Cette technique permet d'allonger le pas de temps par un facteur de six dans les modèles atmosphériques sans affecter la précision des prévisions produites. Sur les super ordinateurs utilisés en météorologie, il en résulte une économie de temps de calcul qui est aussi de l'ordre d'un facteur de six. Les premiers essais ont été effectués avec un modèle spectral et un peu plus tard, il a été démontré que la technique fonctionne très bien dans les modèles à points de grille et les modèles aux éléments finis. Le Canada a adopté cette méthode en 1974, l'Australie en 1976, le Centre Européen en 1977 et les États-Unis en 1980. Aujourd'hui, cette méthode est utilisée par plus de la moitié des Centres Météorologiques à travers le monde incluant l'URSS et la Chine.

2. La méthode spectrale

Réalisé la première intégration d'un modèle spectral de l'atmosphère formulé à partir des équations météorologiques complètes (primitive équations). A été le seul au

monde pendant une période de sept ans (1963-1970) à tenter de produire des prévisions météorologiques à l'aide d'un modèle spectral. La principale difficulté résidait dans un temps de calcul abusif requis par le modèle sur les ordinateurs disponibles à l'époque. Le problème a été résolu par le schème semi-implicite et surtout par la méthode de la transformée proposée par un Danois (Bennert Machenhauer) en 1970. Le Canada a été le premier à utiliser un modèle spectral pour produire ses prévisions météorologiques en 1976, suivi des États-Unis en 1980 et du Centre Européen en 1983. Cette méthode est en voie de se répandre aux autres Centres Météorologiques à travers le monde.

3. Le schème semi-lagrangien

Cette technique a été conçue et mise à l'essai pour la première fois en 1980. Elle consiste à associer les méthodes Lagrangiennes existantes, au schème semi-implicite. Ceci nous permet d'augmenter le pas de temps utilisé dans les modèles par un autre facteur de six. Elle est maintenant appliquée en Irlande pour produire les prévisions depuis 1982 et elle sera utilisée au Canada et en Australie à partir de 1988. On croit que cette technique va se répandre graduellement aux autres Centres Météorologiques.

4. Automatisation des opérations du CMC

Ce programme mis en application durant la période de 1973 à 1980 a éliminé 45 postes (sur 140). Il a contribué à augmenter la productivité du Centre Météorologique Canadien de 40% et a contribué aussi à une augmentation appréciable de la qualité des produits. Associé à d'autres initiatives semblables, cette activité a contribué à placer le CMC au 4^e rang mondial après le Centre Européen, le Centre Météorologique National à Washington et le Centre Météorologique du Royaume-Uni.

5. Le filtre temporel

Ceci est une contribution mineure proposée en 1967 et utilisée maintenant dans presque tous les modèles atmosphériques.

6. Les premiers modèles opérationnels canadiens

Conception, construction et implantation en 1963 du premier modèle canadien (modèle barotrope). Conception, construction et implantation en 1968 du deuxième modèle canadien (modèle barocline).

Récompenses et reconnaissance

Second Half Century Award de l'American Meteorological Society reçu en 1981. Médaille Patterson du Service de l'Environnement Atmosphérique reçue en 1986. Le prix du Président de la Société Canadienne de Météorologie et d'Océanographie reçu en 1967 et aussi en 1971. Nommé membre de la Société Royale du Canada en 1982. Nommé

Fellow de l'American Meteorological Society en 1968. Présidé un comité (Working Group on Numerical Experimentation) de l'Organisation Météorologique Mondiale de 1971 à 1973. Membre de ce comité de 1970 à 1976. Éditeur d'une publication de l'Organisation Météorologique Mondiale de 1972 à 1976 : "Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling".

Invité en 1968 par l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN) à donner des conférences en Europe, notamment en France, en Allemagne et en Belgique. A présidé trois importantes conférences internationales :

WMO Study Group Conference on the Parameterization of Sub-Grid Scale Physical Processes. Leningrad, March 1972.

WMO Study Group Conference on Modelling Aspects of GATE. Tallahassee, Florida, January 1973.

International Symposium on Spectral Methods in Numerical Weather Prediction. Copenhagen, August 1974.

Membre de la délégation canadienne au 7^e Congrès de l'Organisation Météorologique Mondiale tenu en 1975. Président de la Société Canadienne de Météorologie et d'Océanographie en 1972. Membre du sous-comité de Météorologie et des Sciences de l'Atmosphère du Conseil National de Recherche de 1968 à 1972. Membre du comité pour les subventions en météorologie, en aéronomie et en astronomie pour le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada de 1980 à 1983. Au cours des quinze dernières années, a agi comme directeur de thèse pour cinq étudiants de McGill au niveau de la maîtrise et trois autres au niveau doctorat.

Sur invitation du Centre Météorologique National, a effectué cinq courts stages de 45 jours chacun (à Washington) en 1968 et 1969. Durant la période de 1968 à 1972, plusieurs stagiaires sont venus à Division de Recherche en Prévision Numérique pour travailler sur la méthode spectrale :

F. Schmidt de l'Allemagne de l'Ouest pour cinq mois.

M.K. Mak de Taiwan pour un an.

G.T. Gordon des USA pour deux mois.

W.S. Bourke de l'Australie pour un an.

I. Simmonds de l'Australie pour deux ans.

H. Sundquist de la Suède pour un an et

K. Puri de l'Australie pour un an.

Les publications scientifiques (textbooks, journals, etc.) parlent maintenant de la méthode spectrale et du schème semi-implicite comme étant parmi les développements les plus importants qui ont pris place dans le domaine de la prévision numérique (voir en appendice une préface écrite par le Prof. Smagorinski en septembre 1979). Les deux phrases suivantes ont été extraites de cette préface :

"The spectral method, for instance, which 10 years ago was regarded as impractical for weather forecasting, has been developed to become a very realistic alternative for numerical representation and has in fact already at some places replaced grid point models in operational numerical weather prediction" (J. Smagorinsky).

"The semi-implicit method has made it possible to use much larger time steps, and as a result an integration with the primitive equations can now be advanced as fast as any integration with the quasi-geostrophic equations" (J. Smagorinsky).

List of publications

- Robert, A., T. L. Yee and H. Ritchie, 1985: A semi-Lagrangian and semi-implicit numerical integration scheme for multilevel atmospheric models. *Monthly Weather Review*, Vol. 113, pp. 388-394.
- Robert, A., 1983: The design of efficient time integration schemes for the primitive equations. *Proceedings of the Seminar on Numerical Methods for Weather Prediction*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Vol. 2, pp. 193-200.
- Robert, A., T. L. Yee and H. Ritchie, 1983: Application of the semi-implicit and semi-Lagrangian integration scheme to a limited area model. *Proceedings of the Seminar on Numerical Methods for Weather Prediction*. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Vol. 2, pp. 201-212.
- Robert, A., 1982: A semi-implicit and semi-Lagrangian numerical integration scheme for the primitive meteorological equations. *J. Meteor. Soc. Japan*, Vol. 60, pp. 319-325.
- Robert, A., 1981: A stable numerical integration scheme for the primitive meteorological equations. *Atmos.-Ocean*, Vol. 19, pp. 319-325.
- Robert, A., 1979: The Semi-implicit method. *Numerical Methods used in Atmospheric Models*. WMO, GARP Publication Series No. 17, Chapter 8, pp. 419-437.
- Robert, A., 1975: Sensitivity experiments for the development of NWP models. *Proceedings of the eleventh Stanstead Seminar*. Department of Meteorology, McGill University, pp. 68-81.
- Robert, A., 1974: Garp activities related to computational considerations. *WMO Working Group on Numerical Experimentation*, Report No. 4, pp. 2-23.
- Robert, A., 1973: Computational resolution requirements for accurate medium-range numerical predictions. *Symposium on difference and spectral methods for atmosphere and ocean dynamics problems*. Siberian Branch of the Academy of Sciences, Novosibirsk, U.S.S.R., pp. 82-102.
- Robert, A., J. Henderson and C. Turnbull, 1972: An implicit time integration scheme for baroclinic models of the atmosphere. *Monthly Weather Review*, Vol. 100, No. 5, pp. 329-335.

- Robert, A., 1971: Truncation errors in a filtered barotropic model. Proceedings of the Ninth Stanstead Seminar. Department of Meteorology, McGill University, pp. 13-28.
- Kwizak, M. and A. Robert, 1971: A semi-implicit scheme for grid point atmospheric models of the primitive equations. Monthly Weather Review, Vol. 99, No. 1, pp. 32-36.
- Robert, A., F.G. Shuman and J.P. Gerrity, 1970: On partial difference equations in mathematical physics. Monthly Weather Review, Vol. 98, No. 1, pp. 1-6.
- Robert, A., 1969: An unstable solution to the problem of advection by the finite-difference Eulerian method. Office Note No. 30, National Meteorological Center, Washington, D.C.
- Robert, A., 1969: Forecast experiments with a spectral model. Proceedings of Seminars on the middle-atmosphere. Stanstead, Québec. Department of Meteorology, McGill University, pp. 69-82.
- Robert, A., 1968: Résultats de quelques applications récentes de la méthode spectrale. La Météorologie. Paris, France. pp. 453-469.
- Robert, A., 1968: The treatment of moisture and precipitation in atmospheric models integrated by the spectral method. Journal of Applied Meteorology. Vol. 7, pp. 730-735.
- Robert, A., 1968: The integration of a spectral model of the atmosphere by the implicit method. Proceedings of the International Symposium on Numerical Weather Prediction. Tokyo. pp. 19-25.
- Robert, A., 1968: Integration of a spectral barotropic model from global 500-mb charts. Monthly Weather Review, Vol. 96, pp. 83-85.
- Robert, A., 1967: The incorporation of precipitation into a spectral model of the atmosphere. Proceedings of the Seminar on the middle-atmosphere. Stanstead, Québec. Department of Meteorology, McGill University, pp. 91-114.
- Robert, A., 1966: The integration of a low order spectral form of the primitive meteorological equations. Journal of the Meteorological Society of Japan. Vol. 44, pp. 237-245.
- Robert, A., 1965: The integration of the spectral form of the primitive equations. Proceedings of the Symposium on the dynamics of large-scale atmospheric processes. Academy of Sciences of the U.S.S.R., Moscow, pp. 66-69.
- Robert, A., 1965: The behaviour of planetary waves in an atmospheric model based on spherical harmonics. McGill University. Publication in Meteorology No. 77.
- Robert, A., 1963: A baroclinic model for the Canadian numerical weather prediction program. Seminars on the Stratosphere and Mesosphere and Polar Meteorology. Stanstead, Québec. Department of Meteorology, McGill University, pp. 83-88.
- Robert, A., 1963: Baroclinic experiments with a four-level statistical dynamical model. Meteorological Memoir No. 15.
- Robert, A. and M. Kwizak, 1963: An evaluation of simple non-geostrophic forecasts. Meteorological Memoirs No. 13.