

## **AVANT-PROPOS**

Le CARI, Colloque Africain sur la Recherche en Informatique, fruit d'une coopération internationale rassemblant universités africaines, centres de recherche français et organismes internationaux, tient sa quatorzième édition cette année en Afrique du sud. Organisé tous les deux ans en Afrique, ses précédentes éditions se sont tenues à Yaoundé en 1992, à Ouagadougou en 1994, à Libreville en 1996, à Dakar en 1998, à Antananarivo en 2000, à Yaoundé en 2002, à Hammamet en 2004, à Cotonou en 2006, à Rabat en 2008, à Yamoussoukro en 2010, à Alger en 2012 , à Saint-Louis du Sénégal en 2014 et à Tunis in 2016.

Le colloque est co-organisé par l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (Inria), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), et l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF). Cette treizième édition, confiée à l'Université de Stellenbosch, sous la coordination du professeur Bruce Watson , a bénéficié également du soutien de l'IFIP.

Le CARI est devenu un lieu privilégié de rencontre et d'échanges de chercheurs et décideurs africains et internationaux de haut niveau dans les domaines de l'informatique et des mathématiques appliquées. Le programme scientifique, qui reflète la richesse et la diversité de la recherche menée sur le continent africain, met un accent particulier sur les travaux susceptibles de contribuer au développement technologique, à la connaissance de l'environnement et à la gestion des ressources naturelles. Ce programme se décline en 28 communications scientifiques, sélectionnées parmi 100 articles soumis, et des conférences invitées présentées par des spécialistes de renommée internationale. La conférence a été précédée d'une école de recherche sur les méthodes formelles, co-organisée par ICTAC, une conférence internationale sur les aspects théoriques de l'informatique qui s'est tenue conjointement avec le CARI à Stellenbosch.

Bien plus qu'un simple colloque, le CARI est un cadre dynamique de coopération, visant à rompre l'isolement et à renforcer la communauté scientifique africaine. Toute cette activité repose sur l'action forte et efficace de beaucoup d'acteurs. Nous remercions tous nos collègues qui ont marqué leur intérêt dans le CARI en y soumettant leurs travaux scientifiques, les relecteurs qui ont accepté d'évaluer ces contributions et les membres du Comité de programme qui ont opéré à la sélection des articles. L'ensemble des activités liées au CARI sont répertoriées sur le site officiel du CARI (<http://www.cari-info.org/>) maintenu par l'équipe du professeur Mokhtar Sellami de l'université d'Annaba. Laura Norcy, d'Inria, a apporté son soutien pour la coordination de cette manifestation. L'organisation du colloque a reposé sur le comité local d'organisation, mis en place par le professeur Bruce Watson.

Que les différentes institutions, qui, par leur engagement financier et par la participation de leurs membres, apportent leur soutien, soient également remerciées, et, bien sûr, toutes les institutions précédemment citées, qui soutiennent le CARI au fil de ses éditions.

Pour les organisateurs

Nabil Gmati, Président du CARI

Eric Badouel, Secrétaire du Comité permanent du CARI

Bruce Watson, Organisateur du CARI 2018

## **FOREWORD**

CARI, the African Conference on Research in Computer Science, outcome of an international cooperation involving African universities, French research institutes, and international organizations, introduces this year its thirteenth edition in Tunisia. Organized every two years in Africa, its preceding editions were held in Yaoundé in 1992, in Ouagadougou in 1994, Libreville in 1996, Dakar in 1998, Antananarivo in 2000, Yaoundé in 2002, Hammamet in 2004, Cotonou in 2006, Rabat in 2008, Yamoussoukro in 2010, Algiers in 2012, Saint-Louis du Senegal in 2014, and Tunis in 2016.

The conference is organized by Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (Inria), the Institut de Recherche pour le Développement (IRD), the Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), and the Agence Universitaire de la Francophonie (AUF). This fourteenth edition, entrusted to the University of Stellenbosch, under the coordination of Professor bruce Watson, has also benefited from the support of IFIT.

CARI has evolved into an internationally recognized event in Computer Science and Applied Mathematics. The scientific program, which reflects the richness and the diversity of the research undertaken on the African continent with a special emphasis on works related to the development of new technologies, knowledge in environmental sciences and to the management of natural resources, consists of 28 scientific contributions, selected from 100 submissions, together with invited talks delivered by acknowledged specialists. It was preceded by a research school on the formal aspects of computing, co-organized by ICTAC, an international conference on the theoretical aspects of computing that is jointly organized with CARI in Stellenbosch.

More than a scientific gathering, CARI is also a dynamic environment for cooperation that brings together African researchers with the end result to break the gap of isolation. The successes of such an initiative rely on the contribution of many actors. We wish first to thank our colleagues who showed their interest in CARI by submitting a paper, the referees who accepted to evaluate these contributions, and the members of the Program Committee who managed the selection of papers. This process rested on the CARI official site (<http://www.cari-info.org/>) maintained by the team of professor Mokhtar Sellami at the University of Annaba. Laura Norcy, from Inria, was involved in numerous activities for the coordination of the Event. The local organization has been handled by the local organization committee under the supervision of professor Bruce Watson.

Thanks also for all the institutions that support and provide funding for CARI conferences and related activities, and all the institutions involved in the organization of the conference.

For the organizing committee

Nabil Gmati, Chairman of CARI  
Eric Badouel, Secretary of CARI Permanent Committee  
Bruce Watson, Chair of CARI 2018



## **LISTE DES RELECTEURS – *LIST OF REFEREES***

Nahla ABDELLATIF

Yamine AIT AMEUR

Soraya AIT CHELLOUCHE

Hugo ALATRISTA-SALAS

Mejdi AZAIEZ

Jérôme AZE

Eric BADOUEL

Monique BARON

Nicolas BECHET

Hacene BELHADEF

Slimane BEN MILED

Ahmed BOUAJJANI

Asma BOUHAFS

Tarik BOUJIHA

Ibrahim BOUNHAS

Sandra BRINGAY

Patrice BUCHE

Gaoussou CAMARA

Hadda CHERROUN

Yacine CHITOUR

Nadia CHOUAIEB

Loek CLEOPHAS

Laurent DEBREU

Belhassen DEHMAN

Rachid ELLAIA

Abdel ELLATIF SAMHAT

Melhem EL HELOU

Daoudi EL MOSTAFA

Nadjia EL SAADI

Mohamed Faouzi ATIG

Radhouene FEKIH SALEM

Bernd FISCHER

Davide FREY

Abdoulaye GAMATIE

Jean-Frédéric GERBEAU

Nabil GMATI

Stefan GRUNER

Bamba GUEYE

Abdou GUERMOUCHE

Yassine HADJADJ-AOUL

Abderrahmane HABBAL

Jean-Claude HOCHON

Michel HURFIN

Marc IBRAHIM

Roberto INTERDONATO

Frédéric JEAN

Sofiène JELASSI

Dibie JULIETTE

Amira KEBIR

Bouabdellah KECHAR

Eric KERGOSIEN

Hélène KIRCHNER

Kolyang KOLYANG

Derrick KOURIE

Maryline LAURENT

Mohamed Tayeb LASKRI

Julia LAWALL

Philippe LEMOISSON

Christophe LETT

Cédric LOPEZ

Juan Antonio LOSSIO-

VENTURA

Stéphane MAAG

Azmi MAKHLOUF

Pierre MANNEBACK

Thomas MAUGEY

Pierre MAUREL

Ludovic ME

Ali MILI

Nathalie MITTON

Valery MONTHE

Ahmed MOUSSA

Ali MOUSSAOUI

Gérard NDENOKA

Thomas Djotio NDIE

Tri NGUYEN-HUU

Boniface NKONGA

Rachid OUIFKI

Patrice QUINTON

Josvah Paul

RAZAFIMANDIMBY

Mathieu ROCHE

Ounsa ROUDIES

Houari SAHRAOUI

Abed Ellatif SAMHAT

HASSAN SANEFAR

Tewfik SARI

Fathia SAIS

Ina SCHAEFER

Mokhtar SELLAMI

Rachid SENOUSSI

Joël SOR

Maurice TCHUENTE

Maguelonne TEISSEIRE

César VIHO

Bruce WATSON

Jean-Daniel ZUCKER