

PHYSICS OUTREACH

We live in a society exquisitely dependent on science and technology, in which hardly anyone knows anything about science and technology.

Carl Sagan

The debate about the role of science in modern society, the funding of basic research, and the future of science is not new [1]. Exactly 150 years after its founding, Canada finds itself at the proverbial “science and technology crossroads”. We, as a society, have to decide if our country is going to be amongst the world’s science leaders and innovators, or are we going to keep relying on our natural resources and become consumers of the science discoveries and technological innovations produced by others? Today, science funding and especially basic research funding in Canada is under continuous threat and it does not look like the situation is going to improve in the near future. As was pointed out in the March 2017 news release by the Canadian Association of Physicists (CAP), the proposed 2017 Federal Budget allocates little new spending for science in the upcoming year [2]. While the Budget attempts to emphasize innovation and a technology-driven economy, it is unclear how this goal can be achieved without a significant increase in support for fundamental research and for educating the next generation of Canadians who are interested in pursuing scientifically-oriented careers [3].

Inadequate funding for basic research and the lack of engagement by Canadian scientists in our political system have significant implications not only for the Canadian science community, but for our economy, healthcare system, and Canadian society at large. Therefore, there is an urgent need for scientists to communicate their work to the general public in a comprehensible and engaging way, so lay people (including most Canadian politicians) can understand and appreciate the contributions of science to our society and the ever-increasing role science plays in our lives. Interestingly, one of the greatest scientists in the history of physics, Michael Faraday (1791-1867) realized this almost 200 years ago. In 1825 Faraday established the Royal Institution Christmas Lectures that have continued to be held annually except during the Second World War. Michael Faraday hosted 19 of these lectures and many other notable scientists followed in his footsteps. However,

despite the increasing role of science and technology in our society and an increasing ability to watch lectures given by world-class scientists and popularizers of science, such as George Gamow, Richard Feynman, Carl Sagan, Stephen Hawking, Michio Kaku, Lawrence Krauss or Brian Green, online, the general public in Canada is by and large disengaged if not alienated from science.

It is somewhat paradoxical that the more we as a society become dependent on the results of fundamental scientific discoveries (such as the general and special theories of relativity, quantum mechanics, atomic and nuclear physics), the less we are interested in and appreciative of science as an intellectual endeavour. This can be seen from the growing disengagement of Canadian youth from science, technology, engineering and mathematics (STEM) subjects and careers [4,5]. Similar trends are happening in other countries [6-9]. The problem of youth disengagement from STEM is so widespread that a number of governmental education agencies all across the world have attempted to address it by introducing new and often innovative STEM curricula [10-12] or inviting foreign scientifically-oriented skilled workers to do the jobs that that country’s citizens are not capable of doing [13]. For example, the focus of the new science curricula in British Columbia is on big ideas in science, the interplay between STEM fields, and applications of STEM to students’ lives. However, changing science curricula or educating better science teachers will not solve the problem, unless we also attempt to engage the wider population in science. For example, there is ample evidence that parents have an important influence on students’ engagement with STEM [14-16]. Therefore, if we want to change society’s attitudes about science and its value in modern society, we should consider how to engage parents in science as well as their children [14,15,17,18].

Considering the challenges of the graying population and the need for highly skilled workers facing Canada, it should not come as a surprise that the 2017 Federal Budget also proposes “new funding to help Canadians prepare for the economy of tomorrow by promoting the development of STEM skills and digital literacy, particularly for women, girls and underrepresented groups” [3]. This is a



Marina Milner-Bolotin
<marina.milner-bolotin@ubc.ca>
University of British Columbia,
Vancouver, BC
V6T 1Z4

and

Sarah Johnson
<sjohnson@sfu.ca>
Simon Fraser University,
Burnaby, BC
V5A 1S6

The contents of this journal, including the views expressed above, do not necessarily represent the views or policies of the Canadian Association of Physicists.

Le contenu de cette revue, ainsi que les opinions exprimées ci-dessus, ne représentent pas nécessairement les opinions ou les politiques de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.

clear statement that in order to be competitive on the world stage, Canada needs to engage a wider share of its population in STEM fields. This can be done by increasing the emphasis on STEM outreach to the general public and scientists' engagement in this outreach.

As the CEO of the American Association for the Advancement of Science, Rush Holt eloquently stated during the *Science Policy in the 21st century* session of the American Physical Society (APS) April meeting 2017 in Washington D.C.: "Science is not just for scientists" [19]. This is as true for Canada as it is for our southern neighbour or any other country for that matter. Science engagement should not be limited to formal educational settings, such as studying STEM subjects in K-12 schools. Science, like art, sports and music, should have a place in the lives of young and old, of students and their parents, of poets and of future prime ministers [20]. Science outreach should play a prominent role in this process [21].

Engaging all Canadians in STEM requires a consorted effort from universities, science research organizations, schools, museums, businesses, non-profit organizations and governmental agencies. The first step in increasing the engagement of Canadians in science is to acknowledge and consolidate public outreach initiatives that are already happening across Canada. Therefore, this special issue on science outreach in Canada is especially timely. We have invited scientists and science educators from all across the country to share public outreach activities they are involved in with the hope that their experiences can be adopted and adapted across the country. This way we will be able to learn from each other, exchange ideas and share experiences in order to build a more innovative, scientifically literate and prosperous Canada.

This issue includes 13 papers outlining various STEM outreach activities across the country. Theresa Liao and her collaborators from the University of British Columbia (UBC) Department of Physics and Astronomy report on the annual UBC Physics Olympics for secondary students that will celebrate its 40th anniversary next year. Marina Milner-Bolotin and her team from UBC Faculty of Education report on the Family Math and Science Day that engages future elementary and secondary teachers in STEM outreach to the general public. Stuart Shepherd and his collaborators from TRIUMF describe a special initiative – the IsoSiM Program - that trains the next generation of science leaders by providing rich and diverse experiences to graduate students in the production and application of radioisotopes. Sarah Johnson from Simon Fraser University in Burnaby reports on a semi-annual workshop series designed to encourage more young women to consider physics as a career path. Tracy Walker and her collaborators from the Canadian Light Source in Saskatoon describe educational programming for secondary students focused on promoting scientific inquiry and inspiring future scientists. Chitra Rangan at the University

of Windsor shares a science outreach event, called Phunky Physics, that aims to provide experiential learning opportunities for undergraduate and graduate students and promote science communication to the general public. Martin Laforest and the Communication and Strategic Initiatives team from the Institute for Quantum Computing at the University of Waterloo describe workshops they developed for students and teachers. They also outline a travelling museum exhibition built to raise awareness about quantum mechanics and quantum technologies. Shohini Ghose and her collaborators from Wilfrid Laurier University share a story of a very creative and innovative collaboration between the arts and the sciences – a provocative photo-research exhibit on sexism and science. Joanne O'Meara from the University of Guelph describes a new initiative where undergraduate physics students are required to take the Physics Communication course and learn how to share their passion for physics with different audiences. Graham Pearson from Ryerson University Department of Physics reports on an outreach program designed to promote the field of medical physics to secondary students and to the general public in the Greater Toronto Area. The scale of the event described by Kelsey Miller – an Executive Director of Science Rendezvous – is very impressive. Science Rendezvous is the largest STEM outreach event in the country, annually reaching more than 300,000 visitors across all Canadian provinces and territories. In her paper she describes how a team of scientists and engineers, in the public and private sectors, as well as students and educators, has built a large-scale collaborative outreach event and what they have been able to achieve in the last decade. Lastly, Miriam Hewlett and her collaborators from Acadia University describe a different approach to high school outreach by post-secondary students. Their outreach effort was focussed especially on female high-school students in order to inspire them to pursue STEM post-secondary education.

As one can see from the selection of outreach initiatives outlined above, we did not try to make a survey of all public outreach in science happening across the country. Rather, we attempted to introduce the readers to some of these initiatives, especially programs with a physics focus, with the hope that scientists, science educators and educational leaders all across Canada might find an outreach activity that will inspire them to organize a similar event at their institution or in their community. While there is no universal recipe for successful science outreach, there are common elements that make these events memorable and successful: informative and entertaining science activities, clear and jargon-free science communication, an ability to engage the audience, and an openness to positive interactions between scientists and the general public. We also attempted to illustrate the benefit of science outreach activities for the people who facilitate them - undergraduate and graduate students, faculty members and research staff, as well as future teachers. We hope this special issue will illustrate the value of science outreach for the outreach providers, as well as for the general public.

We hope this issue will inspire more exciting STEM outreach activities across Canada. If, as a result of reading the papers in this issue, the readers decide to communicate with some of the authors with the goal of learning more about these exciting initiatives in order to organize similar events at their institutions, we know we have achieved our goal.

Marina Milner-Bolotin, University of British Columbia
Sarah Johnson, Simon Fraser University
Guest Editors, *Physics in Canada*

Comments of readers on this editorial and this issue are more than welcome.

REFERENCES

1. Smolin, L., *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*. Houghton Mifflin, 2006.
2. CAP, *Proposed 2017 Federal Budget allocates little new spending for science for the coming year*, in *CAP News*. CAP: Ottawa, 2017.
3. Government of Canada, *Budget 2017: Building a strong middle class*, C.D.o. Finance, Editor. Government of Canada: Ottawa, 2017.
4. Let's Talk Science, *Spotlight on science learning: The high cost of dropping science and math*. Let's Talk Science, 2013.
5. Let's Talk Science, *Spotlight on science learning: A benchmark of Canadian talent*. Amgen Canada. p. 40. 2012.
6. European Commission, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission Directorate-General for Research: Brussels. 2006.
7. European Commission, *Europe needs more scientists!*. European Commission, Directorate-General for Research, High Level Group on Human Resources for Science and Technology in Europe Brussels. 2004.
8. Cedefop, *Skill shortages in Europe: Which occupations are in demand - and why*. 2017.
9. S. Chachashvili-Bolotin, M. Milner-Bolotin, and S. Lissitsa, *Examination of factors predicting secondary students' interest in tertiary STEM education*, *International Journal of Science Education*, **38**(2), 25 (2016).
10. National Research Council, *Next Generation Science Standards: For States, by States*, ed. Q. Helen, S. Heidi, and K. Thomas. Washington DC: The National Academies Press. 496, 2013.
11. British Columbia Ministry of Education. *Building students success: BC's new curriculum*. 2015; Available from: <https://curriculum.gov.bc.ca/>.
12. Ontario Ministry of Education, *Achieving excellence: A renewed vision for education in Ontario*. 2014.
13. Germany Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, *Germany introduces new legislation to attract skilled workers*. German Government: Berlin, 2013.
14. Let's Talk Science, *Exploring parental influence: Shaping teen decisions regarding science education*, in *Spotlight on science learning*. Toronto, Canada, 2015.
15. L.D.H. Perera, "Parents' attitudes towards science and their children's science achievement", *International Journal of Science Education*, **36**(18), 3021-3041 (2014).
16. S. Kaya and C. Lundeen, "Capturing parents' individual and institutional interest toward involvement in science education", *Journal of Science Teacher Education*, **21**, 825-841 (2010).
17. M. Ing, "Can parents influence children's mathematics achievement and persistence in STEM careers?", *Journal of Career Development*, **41**(2), 87-103 (2014).
18. C. Cheung and E.M. Pomerantz, "Why does parents' involvement in children's learning enhance children's achievement? The role of parent-oriented motivation", *Journal of Educational Psychology*, **104**, 820-832 (2012).
19. R. Gaal, "Science is not just for scientists", *APS News*, **26**(3) (2017).
20. R.A. Muller, *Physics for Future Presidents: The Science Behind the Headlines*. San-Francisco: W. W. Norton, 2008.
21. M. Milner-Bolotin, "Science outreach to elementary schools: What the physics community can do to make a difference", *Physics in Canada*, **67**(3 (July-Sept.)), 174-176 (2011).

L'ENGAGEMENT COMMUNAUTAIRE DE LA PHYSIQUE

Nous vivons dans un monde qui dépend au plus haut point de la science et de la technologie et où personne ne sait vraiment rien de la science et de la technologie.

Carl Sagan

Il n'est pas nouveau le débat entourant le rôle de la science dans le monde moderne, le financement de la recherche fondamentale et l'avenir de la science [1]. Exactement 150 ans après sa fondation, le Canada se retrouve à la proverbiale « croisée de la science et de la technologie ». En tant que société, il nous faut décider si notre pays se hissera parmi les meneurs et innovateurs mondiaux en science ou bien s'il continuera de miser sur ses ressources naturelles, se contentant de gober les découvertes scientifiques et les innovations technologiques des autres. Aujourd'hui, le financement de la science, et notamment celui de la recherche fondamentale au Canada, est constamment menacé et la situation ne semble pas devoir bientôt s'améliorer. Comme le mentionnait l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) dans son communiqué de mars dernier, le budget fédéral 2017 proposé alloue peu d'argent frais à la science pour la prochaine année [2]. Il vise à faire valoir l'innovation et l'économie fondée sur la technologie, mais la façon d'atteindre cet objectif n'est pas évidente sans un appui nettement plus fort à la recherche fondamentale et à l'éducation de la prochaine génération de Canadiens que la poursuite de carrières d'orientation scientifique intéresse [3].

Le financement insuffisant de la recherche fondamentale et le peu d'engagement des scientifiques canadiens dans notre système politique ont de profondes incidences non seulement sur la collectivité scientifique canadienne, mais aussi sur notre économie, notre système de santé et l'ensemble de la société canadienne. Il est donc impérieux que les scientifiques communiquent leurs travaux au grand public de façon compréhensible et engageante afin que les profanes (dont la plupart des politiciens canadiens) puissent saisir et apprécier l'apport de la science à notre société et le rôle de plus en plus grand de la science dans nos vies. Fait intéressant à noter, l'un des plus grands scientifiques de l'histoire de la physique, Michael Faraday (1791-1867), l'a compris il y a près de 200 ans. En 1825, il a créé les conférences de Noël (Christmas Lectures) de la Royal Institution qui ont eu lieu tous les ans sauf pendant la Seconde Guerre mondiale. Il a tenu 19 de ces conférences, et bien d'autres scientifiques renommés l'ont imité. Cependant, en dépit du rôle de plus en plus grand de la science et de la technologie dans notre monde et des possibilités croissantes d'entendre ces conférences données en ligne par des scientifiques de classe mondiale et des vulgarisateurs scientifiques

tels George Gamow, Richard Feynman, Carl Sagan, Stephen Hawking, Michio Kaku, Lawrence Krauss et Brian Green, le grand public canadien se sent dans l'ensemble désengagé, sinon aliéné, face à la science.

Il est quelque peu paradoxal que plus nous devenons dépendants des résultats des découvertes en science fondamentale (telles les théories générale et spéciale de la relativité, la mécanique quantique, la physique atomique et nucléaire) en tant que société, moins nous apprécions la science et y voyons une activité intellectuelle intéressante. Cela se voit par le désengagement croissant des jeunes Canadiens à l'égard des matières et carrières en science, technologie, ingénierie et mathématiques (STIM) [4, 5]. Des tendances semblables se dessinent dans d'autres pays [6-9]. Le problème que pose le désenchantement des jeunes face aux STIM est si répandu que divers organismes gouvernementaux d'éducation du monde entier ont tenté de le régler en instituant des programmes de STIM nouveaux et souvent novateurs [10-12] ou en invitant des travailleurs qualifiés étrangers, axés sur les sciences, à occuper les emplois que les citoyens d'ici sont incapables d'exercer [13]. Par exemple, les programmes de science de la Colombie-Britannique mettent l'accent sur les grandes idées de cette discipline, l'interaction entre les domaines des STIM et leur application dans la vie des étudiants. Cependant, changer les programmes de science ou former de meilleurs enseignants dans cette discipline ne règlera pas le problème, à moins de tenter par ailleurs d'engager l'ensemble de la population à l'égard des sciences. Par exemple, il y a amplement de preuves que les parents influencent fortement l'engagement des étudiants à l'égard des STIM [14-16]. Aussi, si nous voulons changer les attitudes de la société face à la science et à sa valeur dans la société moderne, nous devrions examiner comment engager les parents, et leurs enfants, face à la science [14, 15, 17, 18].

Devant les défis de la population vieillissante et les travailleurs hautement qualifiés dont a besoin le Canada, il ne devrait pas surprendre que le budget fédéral de 2017 propose en outre « de nouveaux fonds pour aider les Canadiens à se préparer à l'économie de demain en favorisant le perfectionnement des compétences en science, en technologie, en ingénierie et en mathématiques (STIM), ainsi qu'en littératie numérique, plus particulièrement en ce qui concerne les femmes, les filles et les groupes sous-représentés [3] ». Il en ressort clairement que, si le Canada veut être compétitif sur la scène mondiale, il doit engager une part plus grande de sa population dans les domaines des STIM. Cela est possible en mettant davantage l'accent sur la sensibilisation du grand public aux STIM et sur l'engagement des scientifiques à cet égard.

Comme l'a affirmé avec éloquence le directeur général de l'Association américaine pour le progrès de la science, Rush Holt, durant la séance *Science Policy in the 21st century* tenue en avril 2017 par l'American Physical Society (APS) à Washington D.C., « la science n'est pas seulement pour les scientifiques [19] ». Cela vaut autant pour le Canada que pour notre voisin du Sud ou tout autre pays à cet égard. L'engagement à l'égard de la science ne doit pas se limiter aux cadres d'éducation officiels, telle l'étude des matières STIM de la maternelle à la 12^e année. Tout comme les arts, les sports et la musique, la science doit avoir une place dans la vie des jeunes et moins jeunes, des étudiants et de leurs parents, des poètes et des futurs premiers ministres [20]. La sensibilisation aux sciences devrait jouer un rôle de premier plan dans ce processus [21].

Pour engager tous les Canadiens dans les STIM, il faut un effort concerté des universités, organismes de recherche scientifique, écoles, musées, entreprises, organismes sans but lucratif et organismes gouvernementaux. La première étape pour engager les Canadiens à l'égard de la science est de déterminer et consolider les initiatives publiques de sensibilisation déjà en place dans tout le Canada. Ce numéro spécial sur la sensibilisation aux sciences au Canada arrive donc à point nommé. Nous avons invité des scientifiques et des enseignants en science du pays tout entier à mettre en commun les activités de sensibilisation auxquelles ils participent dans l'espoir que leurs expériences puissent être adaptées et adoptées dans tout le pays. Ainsi, nous pourrions apprendre les uns des autres, échanger des idées et partager des expériences afin de bâtir un Canada plus innovateur, éduqué scientifiquement et prospère.

Le présent numéro contient 12 documents décrivant diverses activités de sensibilisation aux STIM dans tout le pays et un rapport à propos de la 6^{ième} conférence internationale de l'IUPAP pour les femmes en physique. Theresa Liao et ses collaborateurs du Département de physique et d'astronomie de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) font état du concours annuel de physique (Physics Olympics) que tient l'UBC pour les étudiants du secondaire, pour célébrer son 40^e anniversaire l'an prochain. Marina Milner-Bolotin et son équipe de la Faculté d'éducation de l'UBC font état de la journée familiale des maths et des sciences qui incite les futurs enseignants des niveaux primaire et secondaire à sensibiliser le grand public aux STIM. Stuart Shepherd et ses collaborateurs de TRIUMF décrivent une initiative spéciale – le programme IsoSiM - qui vise à former la prochaine génération de leaders scientifiques en procurant aux étudiants diplômés des expériences diverses et enrichissantes de production et d'application de radioisotopes. Sarah Johnson de l'Université Simon Fraser, à Burnaby, fait état d'une série d'ateliers semestriels qui vise à encourager davantage de jeunes femmes à envisager un cheminement de carrière en physique. Tracy Walker et ses collaborateurs du Centre canadien de rayonnement synchrotron à Saskatoon décrivent un programme d'enseignement aux

étudiants du secondaire, qui est axé sur la promotion de la recherche scientifique et l'inspiration des futurs scientifiques. Chitra Rangan, à l'Université de Windsor, partage une activité de sensibilisation aux sciences appelée Phunky Physics (physique branchée), qui vise à donner aux étudiants du premier cycle et des cycles supérieurs des possibilités d'apprentissage, et à promouvoir la communication scientifique au grand public. Martin Laforest et l'équipe des initiatives stratégiques et de communication de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo décrivent des ateliers mis sur pied pour les étudiants et les enseignants. Ils font aussi état d'une exposition muséale itinérante qui vise à sensibiliser à la mécanique et aux technologies quantiques. Shohini Ghose et ses collaborateurs de l'Université Wilfrid-Laurier racontent l'histoire d'une collaboration très créatrice et novatrice entre les arts et les sciences – une exposition-recherche de photos sur le sexisme et la science. Jo-Anne O'Meara de l'Université de Guelph décrit une nouvelle initiative qui oblige les étudiants du premier cycle en physique à suivre le cours de communication dans cette discipline et à apprendre comment partager leur passion pour celle-ci à différents auditoires. Graham Pearson, du Département de physique de l'Université Ryerson, fait état d'un programme de sensibilisation conçu pour promouvoir le domaine de la physique médicale auprès des étudiants du secondaire et du grand public de la région du Grand Toronto. L'envergure de l'événement décrit par Kelsey Miller – directrice générale de Science Rendezvous – est fort impressionnante. Cette activité de sensibilisation aux STIM, la plus vaste au pays, atteint chaque année plus de 300 000 visiteurs de l'ensemble des provinces et territoires canadiens. L'article de Kelsey Miller décrit comment une équipe de scientifiques et d'ingénieurs des secteurs public et privé, ainsi que d'étudiants et d'enseignants, a mis sur pied une activité de sensibilisation collaborative de grande envergure, et ce qu'elle a pu réaliser au fil de la dernière décennie. Enfin, Miriam Hewlett et ses collaborateurs de l'Université Acadia décrivent une méthode différente de sensibilisation des étudiants du secondaire par des étudiants au postsecondaire. Leur effort de sensibilisation visait notamment les étudiantes du secondaire afin de les inciter à poursuivre l'apprentissage des STIM après leur cours.

Comme le montre l'envergure des initiatives de sensibilisation décrites ci-dessus, nous n'avons pas cherché à inventorier tout ce qui se passe à l'échelle du pays en matière de sensibilisation du public aux sciences. Nous avons plutôt tenté de faire connaître certaines de ces initiatives aux lecteurs, notamment les programmes mettant l'accent sur la physique, dans l'espoir que scientifiques, enseignants en science et leaders du Canada tout entier en enseignement puissent trouver une activité de sensibilisation qui les incite à en organiser de semblables dans leur établissement ou leur collectivité. Il n'y a pas de modèle universel de sensibilisation fructueuse aux sciences, mais ces activités comportent des éléments communs qui les rendent mémorables et

fructueuses : le caractère informatif et agréable en science, un langage clair et sans jargon technique, la capacité d'engager l'auditoire et l'ouverture aux interactions positives entre les scientifiques et le grand public.

Après avoir lu les articles de ce numéro, si le lecteur décide de communiquer avec certains auteurs pour en savoir plus long sur ces initiatives passionnantes, nous saurons que nous avons atteint notre but.

Marina Milner-Bolotin, Université de la Colombie-Britannique
Sarah Johnson, Université Simon Fraser
Rédactrices honoraires, *La Physique au Canada*.

Les commentaires de nos lecteurs (ou) lectrices au sujet de cette préface sont les bienvenus.

NOTE: Le genre masculin n'a été utilisé que pour alléger le texte.

Références

1. Smolin, L., *The Trouble With Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next*. 2006: Houghton Mifflin.
2. ACP, *Le budget fédéral 2017 proposé affecte peu d'argent frais à la science pour la prochaine année*, dans *Nouvelles de l'ACP 2017*, ACP : Ottawa.
3. Gouvernement du Canada, *Le budget de 2017 : Bâtir une classe moyenne forte*, C.D.o. Finances, rédacteur. 2017, Gouvernement du Canada : Ottawa.
4. Parlons sciences, *Pleins feux sur l'apprentissage des sciences : Les coûts élevés de l'abandon des sciences et des mathématiques*. 2013, Parlons sciences.
5. Parlons sciences, *Pleins feux sur l'apprentissage des sciences : Une référence sur le talent canadien*. 2012, Amgen Canada. p. 40.
6. Commission européenne, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. 2006, Commission européenne, Direction générale de la recherche, Bruxelles.
7. Commission européenne, *Europe needs more scientists!*. 2004, Commission européenne, Direction générale de la recherche, Groupe de haut niveau sur les ressources humaines et la technologie en Europe, Bruxelles.
8. CEDEFOP, *Skill shortages in Europe: Which occupations are in demand - and why*. 2017.
9. Chachashvili-Bolotin, S., M. Milner-Bolotin et S. Lissitsa, *Examination of factors predicting secondary students' interest in tertiary STEM education*, *Revue internationale des sciences sociales*, 2016. **38**(2) : 25.
10. National Research Council, *Next Generation Science Standards : For States, by States*, ed. Q. Helen, S. Heidi et K. Thomas. 2013, Washington D.C. : The National Academies Press. 496.
11. British Columbia Ministry of Education. *Building students success: BC's new curriculum*. 2015; peut être consulté à : <https://curriculum.gov.bc.ca/>.
12. *Ministère de l'Éducation de l'Ontario, Atteindre l'excellence – Une vision renouvelée de l'éducation en Ontario*. 2014.
13. Germany Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, *Germany introduces new legislation to attract skilled workers*. 2013, German Gouvernement: Berlin.
14. Parlons sciences, *Évaluation de l'influence exercée par les parents : Orienter les décisions prises par les adolescents en ce qui concerne l'apprentissage des sciences*. 2015 : Toronto, Canada.
15. Perera, L.D.H., *Parents' attitudes towards science and their children's science achievement*. *Revue internationale des sciences sociales*, 2014. **36**(18) : 3021-3041.
16. Kaya, S. et C. Lundeen, *Capturing parents' individual and institutional interest toward involvement in science education*. *Journal of Science Teacher Education*, 2010. **21** : 825-841.
17. Ing, M., *Can parents influence children's mathematics achievement and persistence dans les STIM careers?* *Journal of Career Development*, 2014. **41**(2) : 87-103.
18. Cheung, C. et E.M. Pomerantz, *Why does parents' involvement in children's learning enhance children's achievement? The role of parent-oriented motivation*. *Journal of Educational Psychology*, 2012. **104** : 820-832.
19. Gaal, R., « *La science n'est pas seulement pour les scientifiques* ». APS News, 26(3) 2017.
20. Muller, R.A., *Physics for Future Presidents: The Science Behind the Headlines*. 2008, San-Francisco: W. W. Norton.
21. Milner-Bolotin, M., *Science outreach to elementary schools: What the physics community can do to make a difference*. *La Physique au Canada*, **67**(3) (juil.-sept.), 174-176 (2011).