

THE PHYSICS IN MINING

The articles selected for this issue are representative of the SME's and academics rather than from any large corporations. The intent is to showcase ventures that illustrate the connection of physics to the research and development projects being done externally to the mining companies.

In the first article *Meeting Future Mineral Resource Demand by Ultra-Deep Mining*, Doug Morrison provides a cross section of projects funded through the Centre for Excellence in Mining Innovation (CEMI) and the Ultra Deep Mining Network (UDMN). The UDMN has a \$35 million network of 76 active members from large corporate benefactors to small research and development start-ups with 25 projects underway, the \$35 million funding is comprised of a \$15 million government grant coupled with the cash and in-kind contributions of the industrial network, a contribution from industry partners is essential for the project to be approved by the UDMN board. Even though there is the imperative for industrial contributions and a focus on developing a commercial product the program offers flexibility, because not all monies contributed from a given industry partner are earmarked to a specific project; the network partners share the results. This article provides an excellent introduction to the variety of projects that are underway and expected to continue moving forward.

The second article *Exploring New Frontiers in Deep Underground Science* by Samantha Kuula and Blaire Flynn briefly discusses the history and current experiments underway at the SNOLAB, a physics-based research facility at the 2000 meter level of Creighton Mine near Sudbury, Ontario. This is where the Nobel Prize winning SNO experiment was achieved and was also my first job as a physicist. The third article by Naeem S. Ahmed, *3D Scanning and Mapping of Underground Mine Workings Using Aerial Drones* brings physics, aerial drones and mining together. Naeem initially worked at SNO and upon completion of the project he struck out to form his own company to develop drones to integrate LIDAR, point cloud data and Simultaneous Localization and Mapping technology. This is a very

important method of data collection from zones where personnel are not permitted.

In the fourth article *Electromagnetic Radiation from Coal Rock Failure in Underground Coalmines* by Dazhao S., Xueqiu H., Enyuan W., Zhenlei L., and Cai M., the problem of stress in the underground environment is discussed. The mining industry refers to seismic events as rockbursts and this is quite literal; when the stress is redistributed due to mining activity and the excavation of an underground opening creates a void for the rock to enter there are circumstances when the rock literally explodes into the opening. If these events can not be controlled or mitigated they present a significant problem to the safety of the personnel and economic viability of a mining project. Understanding the underground stresses, developing ground control methods and monitoring these events is a vibrant ongoing area of physics-based research in both the industry and academic community. This article suggests that the technique of monitoring electromagnetic radiation from coal mines is a promising technique that may enable a more definitive prediction of rockbursts.

In the final article, *The Impact of Cryogenics on Deep Mines*, I discuss the idea that cryogenics is a viable solution to chilling in deeper or hotter mines. Cryogenics offers an opportunity to manage the energy profile of a mine by using cryogenic energy storage in conjunction with renewable energy sources. The combining of an energy storage project with the supply of ancillary services provides the scale of plant needed to supply the cryogenic liquid economically. The delivery of a cryogenic fluid to the underground environment provides an opportunity to produce compressed air, electricity and power for vehicles while simultaneously providing chilling and as an added benefit the surplus liquids are in demand and can be sold to the open market.

These articles are intended to inform you of the physics that is going on in the mining industry; perhaps with all the very cool physics that we hear of like dark matter searches and the detection of gravitational waves some of the every day variety might be slightly overlooked. There certainly is physics in mining; it is a lot of fun,



Dr. Daniel L. Cluff
C.Eng., P.Phys.,
University Fellow
University of Exeter,
United Kingdom
<daniel.cluff@
deepmining.ca>
CEO CanMIND
Associates,
421 Poplar St,
Sudbury, ON
P3C 2C5

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.

provides excellent pay packets and is an indication of the physics that is happening all around us everyday and everywhere.

Dr. Daniel L. Cluff, C.Eng., P.Phys.
Guest Editor, *Physics in Canada*

Comments of readers on this Editorial are more than welcome.

LA PHYSIQUE EN EXPLOITATION MINIÈRE

Les articles retenus pour le présent numéro représentent davantage les PME et le milieu universitaire que n'importe quelle grande société. L'idée est de mettre en valeur les entreprises qui illustrent le lien entre la physique et les projets de recherche-développement qui se font à l'extérieur des entreprises minières.

Dans le premier article intitulé *Meeting Future Mineral Resource Demand by Ultra-Deep Mining*, Doug Morrison énonce un éventail de projets financés par le Centre d'excellence en innovation minière (CEIM) et l'Ultra Deep Mining Network (UDMN). L'UDMN a un réseau de 35 millions de dollars regroupant 76 membres actifs allant de grandes sociétés bienfaitrices à de petites entreprises de recherche-développement en démarrage qui ont 25 projets en cours, ces fonds de 35 millions de dollars se composent d'une subvention gouvernementale de 15 millions ainsi que de l'apport en espèces et en nature du réseau industriel, une contribution des partenaires industriels est essentielle à l'approbation du projet par le conseil de l'UDMN. En dépit de la nécessité de l'apport de l'industrie et de l'accent placé sur la mise au point d'un produit commercial, le programme est souple parce que tous les fonds offerts à un partenaire industriel donné sont destinés à un projet particulier, les partenaires du réseau partagent les résultats. Cet article présente une excellente introduction à la diversité des projets en cours que l'on s'attend à voir continuer de progresser.

Dans le deuxième article, intitulé *Exploring New Frontiers in Deep Underground Science*, Samantha Kuula et Blaire Flynn examinent brièvement l'histoire et les expériences en cours à l'installation de recherche, SNOLAB, fondée sur la physique au niveau de 2000 mètres de la mine Creighton, près de Sudbury, Ontario. C'est là qu'a été réalisée l'expérience de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (ONS), couronnée du Prix Nobel, et que j'ai eu mon premier emploi à titre de physicien. Le troisième article intitulé *3D Scanning and Mapping of Underground Mine Workings Using Aerial Drones*, de Naem S. Ahmed, réunit physique, drones aériens et exploitation minière. Naem a d'abord travaillé à l'ONS

et, après avoir terminé le projet, il a formé sa propre entreprise pour mettre au point des drones comprenant LIDAR, données en nuages de points et technologie de localisation et cartographie simultanées. Voilà une méthode fort importante de collecte de données dans des zones interdites au personnel.

Le quatrième article, *Electromagnetic Radiation from Coal Rock Failure in Underground Coalmines*, Dazhao S., Xueqiu H., Enyuan W., Zhenlei L. et Cai M. examinent le problème du stress en milieu souterrain. L'industrie minière qualifie les coups de charge de secousses sismiques, ce qui est très littéral; quand le stress est redistribué en raison d'activités minières et que l'excavation d'une cavité souterraine crée un vide que le roc peut combler, il y a des cas où le roc explose littéralement et la comble. Si l'on ne peut contrôler ou atténuer ces cas, il se pose un grave problème de sécurité pour le personnel et la viabilité économique d'un projet minier. Comprendre le stress souterrain, élaborer des méthodes de contrôle des sols et surveiller ces événements est un secteur dynamique de recherche fondée sur la physique tant dans l'industrie que dans la collectivité universitaire. Cet article donne à penser que la technique de surveillance de la radiation électromagnétique des mines de charbon est prometteuse et permettrait de prévoir les coups de charge avec plus de certitude.

Le dernier article, intitulé *The Impact of Cryogenics on Deep Mines*, examine l'idée que la cryogénie est une solution préférable à la réfrigération dans les mines plus profondes ou plus chaudes. La cryogénie permet de gérer le profil énergétique d'une mine en recourant au stockage d'énergie cryogénique de concert avec ces sources d'énergie renouvelable. La combinaison d'un projet de stockage d'énergie avec prestation de services accessoires montre la taille de l'usine requise pour fournir économiquement le liquide cryogénique. La prestation d'un fluide cryogénique au milieu souterrain permet de produire de l'air comprimé, de l'électricité et de l'énergie pour les véhicules tout en assurant simultanément la réfrigération et, en prime, les liquides superflus sont en demande et peuvent se vendre sur le marché ouvert.

Ces articles visent à informer sur la physique existante dans l'industrie minière; en raison de tous les sujets de physique très intéressants dont on parle, comme les recherches sur la matière noire et la détection des ondes gravitationnelles, peut-être en a-t-on un peu négligé certains des plus courants, dont la physique en exploitation minière fait sûrement partie; celle-ci est fort amusante, procure d'excellents revenus et illustre la physique qui entoure notre quotidien et notre milieu.

Dr. Daniel L. Cluff, C.Eng., P.Phys.
Rédacteur honoraire, *La Physique au Canada*

Les commentaires des lecteurs sur cet éditorial sont toujours les bienvenus.

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

The Editorial Board welcomes articles from readers suitable for, and understandable to, any practising or student physicist. Review papers and contributions of general interest of up to four journal pages in length are particularly welcome. Suggestions for theme topics and guest editors are also welcome and should be sent to bjoos@uottawa.ca.

Le comité de rédaction invite les lecteurs à soumettre des articles qui intéresseraient et seraient compris par tout physicien, ou physicienne, et étudiant ou étudiante en physique. Les articles de synthèse d'une longueur d'au plus quatre pages de revue sont en particulier bienvenus. Des suggestions de sujets pour des revues à thème sont aussi bienvenues et peuvent être envoyées à bjoos@uottawa.ca.