



## Patrick Andrieux – Ingénieur principal

Patrick est un ingénieur minier de trente-cinq ans d'expérience à des sites miniers opérationnels (en souterrain et en surface), ainsi qu'en recherche et développement, instrumentation, services techniques, formation et support, et consultation. Ses domaines de spécialisation sont la conception géomécanique de mines, l'optimisation des séquences d'extraction, l'instrumentation de mines, la géomécanique, les programmes pratiques de contrôle de terrain et de support des excavations, et l'ingénierie de forage-sautage. Il est l'auteur de plus de 70 publications techniques. Patrick est un ingénieur enregistré aux ordres professionnels du Québec et de l'Ontario, ainsi qu'un ingénieur de consultation désigné auprès de l'Ordre des ingénieurs de l'Ontario (PEO). Patrick est également Professeur associé à l'Université Laval à Québec, au Département de génie des mines, de la métallurgie et des matériaux.

### *Expertise*

- Conception géomécanique de mines
- Optimisation des séquences d'extraction
- Géomécanique
- Contrôle de terrain et support d'excavations
- Forage-sautage et analyse des vibrations de tirs

### *Expérience professionnelle*

- 2015 – présent : Ingénieur principal à Andrieux et associés consultation géomécanique, s.e.c., Montréal, Québec, Canada.
- 2019 – présent : Professeur associé, Université Laval, Département de génie des mines, de la métallurgie et des matériaux, Québec, Québec, Canada.
- 2012 – 2015 : Ingénieur principal au Groupe de consultation Itasca, inc., Minneapolis, Minnesota, É.-U.
- 2000 – 2012 : Ingénieur principal à Consultation Itasca Canada, inc., Sudbury, Ontario, Canada.
- 1995 – 2000 : Chef du Groupe de contrôle de terrain à Noranda, inc., mine Brunswick, Bathurst, Nouveau-Brunswick, Canada.



- 1988 – 1995 : Ingénieur de recherche sénior et Chef de programme à Noranda, inc., Centre de technologie Noranda, Pointe-Claire (Montréal), Québec, Canada.
- 1985 – 1988 : Ingénieur minier, de forage-sautage, de fosse et de projets à Miron, inc., Montréal, Québec, Canada.

### ***Éducation***

- Ph.D. (Doctorat en génie minier), 2005, Université Laval, Québec, Québec, Canada.
- M.Eng. (Maîtrise en génie minier), 1996, Université McGill, Montréal, Québec, Canada.
- B.Eng. (Baccalauréat en génie minier), 1985, École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec, Canada.

### ***Ordres professionnels***

- Ingénieur enregistré dans la province de Québec (OIQ), Canada
- Ingénieur enregistré dans la province de l'Ontario (PEO), Canada
- Ingénieur de consultation désigné dans la province de l'Ontario (PEO), Canada

### ***Affiliations professionnelles***

- Association des professionnels du risque géotechnique (AGHP)
- Comité national canadien de la mécanique des roches et du contrôle des strates (RMSCC)
- FragBlast
- Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (CIM)
- Société de l'énergie explosive du Québec (SEEQ)
- Société internationale des ingénieurs en explosifs (ISEE)
- Société internationale de la mécanique des roches (ISRM)

### ***Brevets d'inventions***

- Sonde de mesure de la déviation des trous de forage, décembre 1992. Système différentiel basé sur des magnétomètres et inclinomètres pour l'arpentage de trous de forage profonds borgnes, après qu'ils aient été complétés.



- Localisation en temps réel de trous de forage profonds, avril 1998. Système acoustique passif pour l'arpentage de trous de forage profonds borgnes, pendant leur forage (en temps réel).

### ***Expérience de projets***

Englobe plus de 450 projets à plus de 150 sites miniers dans le monde, fournissant des services techniques et de consultation à plus de 110 compagnies minières, firmes de consultation, agences gouvernementales et sous-traitants.

#### *Études conceptuelles, de préféabilité et de faisabilité*

- Revue et analyse de données géotechniques, consolidation et analyse des lacunes
- Caractérisation de site (cartographie, description de carottes, Televiewer)
- Design conceptuel de mines pour :
  - Longs-trous, Avoca, retraite verticale par cratères, coupe-et-remblai, tunnel-et-remblai, chambres-et-piliers, chambres-magasins, abattage par sous-niveaux, foudroyage de blocs, etc.
  - Minage longitudinal et transversal
- Besoins en remblai et caractéristiques requises
- Transition de minage en surface à minage en souterrain
- Conception de grandes excavations souterraines et en surface

#### *Analyses géomécaniques et de stabilité*

- Analyses empiriques et d'équilibre-limite
  - Dimensionnement et conception de chantiers
  - Estimation des niveaux de dilution
  - Évaluation de la stabilité des piliers (piliers de sole, de surface, de barrière, latéraux, locaux, régionaux)
  - Évaluation de la stabilité de volumes de remblai sous-coupés
  - Support de terrain
- Modélisation numérique
  - Analyses numériques inélastiques tridimensionnelles de la performance des séquences d'extraction et des designs miniers
  - Analyses numériques inélastiques tridimensionnelles de chantiers, de piliers, d'infrastructures, de développement et d'autres excavations

- souterraines (par approches en continu, ainsi que par éléments distincts), incluant des zones isolées sous hautes contraintes ou en rupture
- Analyses numériques inélastiques tridimensionnelles de fosses à ciel ouvert ou de carrières (par approches en continu, ainsi que par éléments distincts)
  - Analyses numériques stochastiques tridimensionnelles explicites basées sur les approches BBM (« Bonded Block Model ») et DFN (« Discrete Fracture Network ») pour l'étude du désenchevêtrement des strates, de la stabilité des blocs et des effets stabilisateurs des systèmes de support de terrain
  - Analyses de probabilités de rupture
  - Analyses numériques couplées thermomécaniques

#### *Élaboration de stratégies de minage*

- Évaluation et mitigation des risques géotechniques
- Élaboration de profils de risque géotechnique (dans le temps)
- Minage sous hautes contraintes ou dans du roc en phase de rupture
- Minage dans du terrain qui se referme activement
- Minage dans du terrain peu compétent
- Minage dans du terrain en post-rupture et sous faibles contraintes
- Développement de tunnels au travers de remblai

#### *Systèmes de support de terrain*

- Conception de systèmes de support de terrain pour des conditions statiques et dynamiques
- Support du toit et des murs d'excavations souterraines
- Support des murs de fosses à ciel ouvert
- Systèmes de support de terrain dans des sites d'enfouissement de déchets nucléaires radioactifs (sous hautes températures)
- Revues et audits de systèmes de support de terrain

#### *Instrumentation*

- Cellules de contrainte par fil vibrant, thermistances, extensomètres multi-points, sondes de mouvement de terrain, stations de convergence, réflectométrie temporelle (TDR), sondes de désenchevêtrement, cellules de pression, câbles d'ancrage instrumentés, dilatomètres, etc.
- Élaboration d'instruments spéciaux pour des applications spécifiques
- Systèmes de surveillance sismique à l'échelle de la mine



### *Services techniques et support sur site*

- Revues et audits de pratiques de contrôle de terrain (incluant programmes de contrôle de terrain)
- Revues de sécurité relatives au contrôle de terrain
- Investigation d'incidents de contrôle de terrain
- Investigation de chutes de terrain
- Revues de sismicité et de coups de toit
- Analyse des risques aux infrastructures localisées au-dessus de chantiers ouverts peu profonds, ou à proximité de hauts murs de fosses
- Cours de formation sur :
  - La géomécanique, le contrôle de terrain et le support de terrain
  - L'ingénierie de forage-sautage
  - Les vibrations de sautage et leur monitoring
  - Pour le personnel d'ingénierie ou de production (personnalisé selon le cas)
- Support technique de proximité pour le personnel technique aux sites miniers
- Témoin expert (pour litiges et tribunaux)

### *Forage et dynamitage*

- Revues techniques et audits (en surface et en souterrain)
- Conception et exécution pour :
  - Tirs confinés à grande échelle de relaxation des contraintes
  - Tirs de masse
  - Tirs ciblés de zones minéralisées étroites dans des fosses à ciel ouvert
  - Tirs de foncement de puits
  - Tirs adoucis
- Campagnes d'optimisation des sautages
- Optimisation du profil du matériel abattu
- Contrôle des dommages dans les tunnels, galeries et murs de fosses
- Évaluation des dommages causés par les sautages à des structures résidentielles, commerciales et industrielles (incluant aux fins de réclamations d'assurances)
- Élaboration de courbes anisotropes spécifiques au site décrivant l'atténuation des vibrations de tir dans divers matériels (roc, sol, remblai)



- Instrumentation (mesure des vibrations, mesure des vitesses de détonation des explosifs, films à haute vitesse, évaluation de la fragmentation)

*Recherche et développement*

- Participation à des essais sur le terrain pour :
  - Tests dynamiques sur des systèmes de support de terrain
  - Remblais hydrauliques gélifiés
  - Membranes de support de terrain
  - Purgeur mécanisé fonctionnant à l'eau pressurisée
  - Émulsions sensibilisées à la face, au moment du chargement
- Développement d'accéléromètres de mesure de vibrations et de sismographes digitaux à canaux multiples
- Développement de systèmes d'alarme en temps réel pour des instruments de surveillance du terrain (connectés à des systèmes d'acquisition de data et de communication)
- Développement d'instruments d'arpentage pour des trous de forage profonds borgnes