



Gisement de productivité

ABB dope et prolonge l'exploitation de la gigantesque mine de cuivre d'Aitik

LENA NYBERG, GERD EISENHUTH, KJELL SVAHN, PER ASTROM, SARAH STOETER – À quelque 1 000 km au nord de Stockholm (Suède), au-delà du cercle arctique, s'étend l'une des plus grandes mines de cuivre à ciel ouvert, Aitik. Malgré un minerai pauvre, à moins de 0,3 % de cuivre, la mine s'avère extrêmement rentable grâce à une exploitation optimisée. Et le complexe minier vient encore de gagner en performance avec un programme de modernisation de 790 millions de dollars qui a permis au groupe métallurgique Boliden de doubler la production et de prolonger la mine jusqu'en 2030. Une réussite à laquelle ABB a contribué en fournissant des produits et systèmes d'entraînement, de contrôle-commande et d'alimentation électrique pour tout le site.



Le premier entraînement de broyeur sans réducteur de 6,4 MW, livré à Lafarge en 1969 : toujours opérationnel !

C'est tout près de la petite ville de Gällivare, en Laponie suédoise, que l'on découvre, dans les années 1930, le dépôt métallifère d'Aitik. Il faudra attendre 1968 pour que le progrès technologique garantisse la rentabilité de l'extraction, même si le précieux minerai ne titre que 0,25 % de cuivre, 0,1 g d'or et 2 g d'argent à la tonne. En 2006, Boliden décide d'investir 790 millions de dollars dans un vaste projet triennal de modernisation de la production.

La fourniture ABB est impressionnante : 650 moteurs, 230 convertisseurs et variateurs, 2 entraînements de broyeurs sans réducteur de 22,5 MW, 2 systèmes d'entraînement à deux pignons de 5 MW, 4 moteurs à aimants permanents de 1,4 MW, 23 transformateurs de distribution, un poste à isolation gazeuse, un système de filtrage d'harmoniques, le système d'automatisation étendue 800xA → 1 et, bien entendu, un contrat de services complet.

Grandes manœuvres

ABB est au service de l'industrie minière depuis 120 ans ! Dès 1891, l'entreprise équipait un treuil de la mine de fer de Kolningsberget, à Norberg (Suède), des premiers systèmes d'entraînement et de commande. Elle a aussi livré plus de 600 nouvelles machines d'extraction et modernisé des centaines d'exploitations. Le treuil ASEA (société à l'origine d'ABB) de la mine de zinc de Zinkgruvan, qui date des années 1930, fonctionne encore à ce jour. ABB est aussi pionnier de plusieurs autres inventions minières : les premiers excavateurs à chaîne à godets et ponts roulants en 1949, fournis par VEM (ancienne société d'ABB), le convoyeur à bande en 1960.

ABB est également un précurseur dans le développement des énormes systèmes d'entraînement de broyeur sans réducteur¹, plus fiables, plus productifs et moins énergivores que les entraînements classiques. Le premier du genre, une machine de 6,4 MW livrée au cimentier Lafarge en 1969, est toujours en service aujourd'hui.

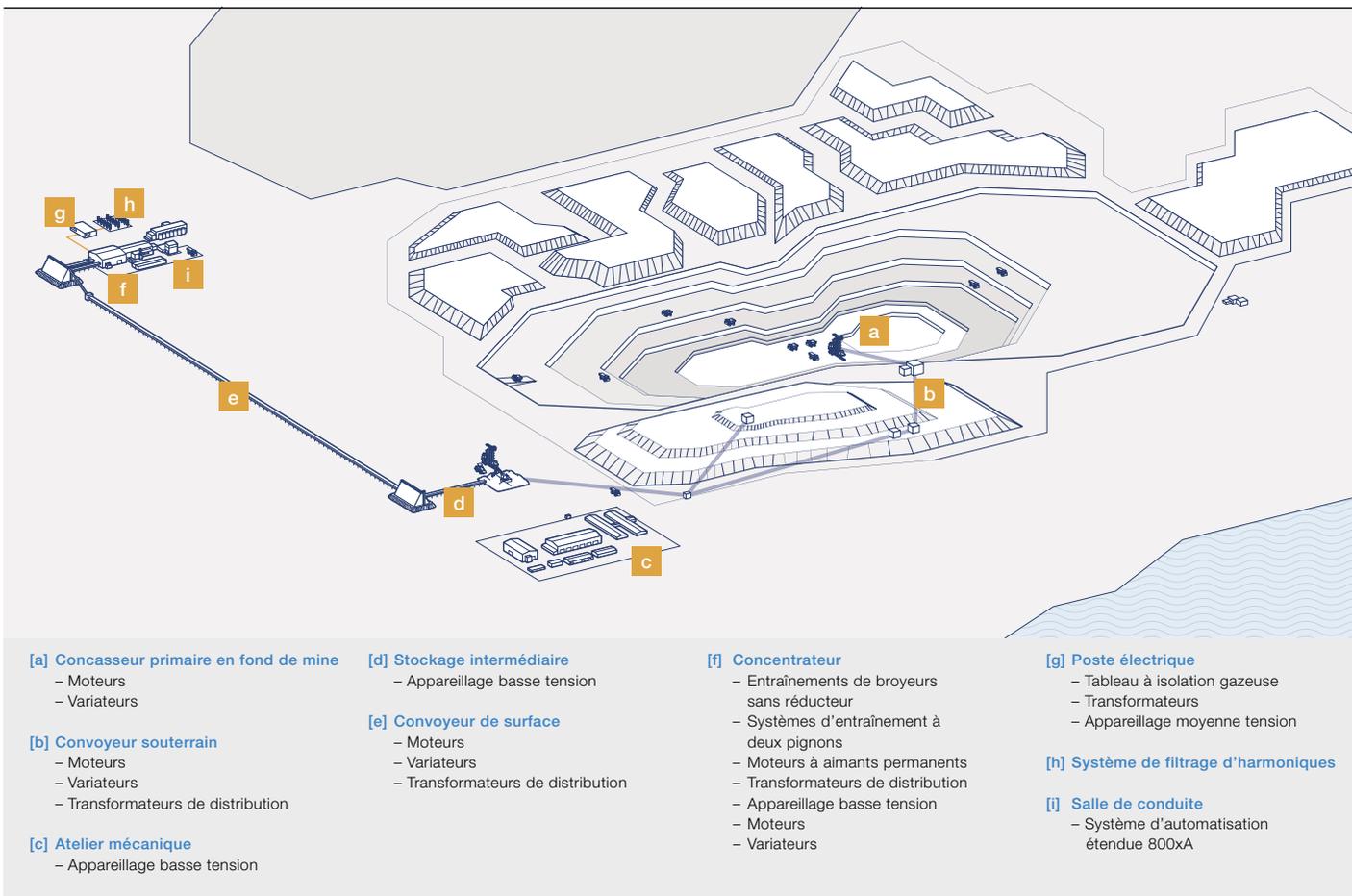
Le premier entraînement de broyeur sans réducteur ABB pour la minérallurgie vit le jour au concentrateur de cuivre de Panguna, sur l'île de Bougainville (Papouasie Nouvelle-Guinée), en 1985. Depuis 1969, ABB a livré ou a en commande plus de 100 systèmes de ce type dans le monde. Au fil des ans, ces équipements ont fait l'objet d'une double course à la puissance et au gigantisme. En 2010, ABB livrait un entraînement sans réducteur de 28 MW pour un broyeur semi-autogène de 12,2 m, ainsi que deux entraînements de 22 MW destinés aux broyeurs à boulets de 8,5 m du concentrateur de Toromocho (Pérou), l'une des mines de cuivre

Photo p. 56-57

La mine de cuivre à ciel ouvert d'Aitik, à Gällivare (Suède), s'étend sur 3 km, à une profondeur maximale de 405 m. (Avec l'aimable autorisation de Boliden/Lars Devall)

Note

- 1 Lire aussi « Force rotatrice », *Revue ABB*, 1/2011, p. 29-35, et « Stabilité opérationnelle », p. 74 de ce numéro.



les plus hautes de la planète (4 600 m d'altitude), exploitée par le géant minier Chinalco. La même année, ABB recevait la commande d'un système sans réducteur de 28 MW pour entraîner le premier broyeur semi-autogène de 12,8 m de diamètre au monde. Le record de puissance revient aux deux entraînements de 22,5 MW qui pilotent les énormes broyeurs autogènes de 11,6 m de l'usine de concentration suédoise de Boliden. Aitik est aussi équipé des plus longs broyeurs au monde (13,7 m)!

Autre contribution majeure d'ABB au secteur minier: la fourniture d'ouvrages et d'équipements électriques garantissant la fiabilité et la stabilité de l'alimen-

tements, d'améliorer la sécurité du personnel et d'optimiser l'usage des matériaux et des ressources énergétiques. Depuis 1883, ASEA équipe les plus grands groupes miniers mondiaux. Certaines de ces récentes réalisations d'envergure sont résumées en → 2.

Du roc au métal

Un dynamitage hebdomadaire à Aitik suffit pour traiter 106 000 tonnes de minerai par jour. C'en est assez pour charger les impressionnants camions de mine → 3 qui transportent inlassablement près de 200 t de minerai abattu jusqu'au concasseur situé à 405 m de profondeur; là, la roche est fragmentée en blocs de 30 cm qui sont d'abord transportés sous terre, puis remontés en surface pour stockage. À la vitesse de 4 m/s, un autre convoyeur achemine le minerai

concassé au concentrateur, sur un trajet de 7 km jalonné d'équipements alimentés et pilotés par des moteurs et variateurs ABB. Au concentrateur, les deux

2 Quelques mégaprojets miniers d'ABB

- 1992 - Fourniture de deux installations de stockage et de manutention pour la mine de bauxite Los Pijigaos (Bauxiven), au Venezuela: toute l'infrastructure et le matériel électrique, tels qu'appareillage d'interruption, transformateurs, départs-moteurs, variateurs de vitesse et système de commande *ABB Master*.
- 1998 - Modernisation de la raffinerie de zinc de Cajamarquilla, au Pérou, pour doubler la capacité de production: redresseurs de transformateurs, four à induction et système de contrôle-commande du procédé.
- 2009 - Lancement du projet d'exploitation de la mine de charbon géante à ciel ouvert de Moatize, au Mozambique, pour le compte du groupe brésilien Vale: système d'automatisation étendue 800xA, tous les appareillages de distribution moyenne et basse tension, variateurs, moteurs et auxiliaires.

650 moteurs et variateurs ABB équipent les nouvelles installations d'Aitik.

tation en énergie. Tout aussi cruciaux sont les systèmes d'automatismes qui permettent de piloter avec précision procédés et équipements, de maximiser les

3 Des camions de 100 t, juchés sur des roues de 3,4 m, transportent chacun 200 t de roche au concasseur primaire d'Aitik. (Photo : Peter Tubaas)



4 Entraînements ABB installés sur le convoyeur de 7 km qui achemine le minerai au concentrateur d'Aitik.



entraînements de broyeurs sans réducteur de 22,5 MW réduisent en poudre 4 400 t de minerai par heure. La « pulpe » (mélange de minerai et d'eau) est ensuite introduite dans des « cellules de flottation » au fond desquelles on injecte de l'air, et mélangée à des réactifs, des agents moussants qui favorisent la formation de bulles d'air, et de la craie. Des agitateurs créent par brassage une écume surnageante à laquelle se fixe la poussière de minerai utile. Ce traitement physico-chimique, nécessitant l'ajout de 500 000 l d'eau par heure, facilite la séparation du métal valorisable de sa gangue stérile. On obtient un concentré de minerai à 25 % de cuivre (chalcopyrite), amené par train à la fonderie pyrométallurgique de Rönnskär, à 400 km au sud-est de Gällivare.

Les technologies ABB dans la mine

Pour augmenter sa productivité, la mine d'Aitik mise sur la performance des technologies ABB qui ont permis à Boliden de porter ses capacités d'extraction à 36 millions de tonnes de minerai par an.

Entraînements de convoyeur

Les 7 km de convoyeur qui charrient les énormes blocs de minerai au concentrateur → 4 sollicitent beaucoup la mécanique et l'alimentation électrique. Ces conditions d'exploitation imposent de maîtriser le démarrage progressif, le fonctionnement et la protection des appareils. Il est donc primordial de choisir la meilleure solution d'entraînement.

ABB a développé pour ce créneau une technologie et des fonctionnalités spécialement adaptées à la manutention

longue distance de matériaux en vrac : répartition des charges, démarrage progressif dans toutes les conditions de charge, divers modes de freinage et d'arrêt, etc. La solution tient compte d'une multitude de critères : performance, rendement, coûts d'acquisition, souplesse d'utilisation et optimisation de l'exploitation, fiabilité et vieillissement des convoyeurs, nombre de pièces soumises à la fatigue et à l'usure, compacité et conception des moteurs autorisant un changement rapide et aisée des poulies d'entraînement et paliers de poulies.

Moteurs électriques et variateurs

ABB a équipé les nouvelles installations d'Aitik de quelque 650 moteurs (de 4 kW à 5 MW) et variateurs, qui pilotent presque tous les équipements de la mine : concasseur en fond de mine,

7 km de convoyeur transportent le minerai au concentrateur pour y être broyé.

convoyeurs, broyeurs, pompes (pour alimenter en eau les broyeurs et évacuer les résidus boueux de la concentration), ventilateurs pour réguler la qualité de l'air.

Nombreux sont ces moteurs à fonctionner 24 heures sur 24, toute l'année, au rythme de la mine, souvent dans la pous-

sière. De plus, les équipements extérieurs doivent endurer des températures polaires (jusqu'à -45 °C en hiver). Dans ces conditions, la fiabilité est la priorité de ces entraînements.

Poste électrique et filtre d'harmoniques

L'extraction minière étant une activité électro-intensive, l'extension d'Aitik a nécessité la construction de deux lignes électriques supplémentaires et d'un nouveau poste de plus grande capacité pour gérer ce surcroît de puissance.

ABB a ainsi fourni un poste à isolation gazeuse de 170 kV, qui a permis de réduire la taille de l'installation de 80 % → 5. Ce poste comporte deux lignes d'arrivée garantissant la continuité de la fourniture électrique même en cas de défaillance de l'une d'elles. Trois transformateurs de 80 MVA abaissent la tension d'alimentation au niveau nécessaire à l'exploitation de la mine ; ils peuvent gérer une puissance égale à celle consommée par une ville de 100 000 habitants.

L'électricité est distribuée dans toute la mine par un tableau UniGear 24 kV d'ABB. Le poste et les deux lignes électriques sont surveillés et protégés par des relais Relion®. Ces équipements fiables assurent l'alimentation électrique du complexe minier, qui peut ainsi fonctionner *non stop*, de jour comme de nuit.

ABB a également fourni un système de filtrage d'harmoniques qui protège les installations de Boliden et le réseau électrique, évitant ainsi les pénalités du fournisseur d'électricité. Les harmoniques



Grâce à son poste électrique à isolation gazeuse de 170 kV, ABB a réduit la taille de l'installation de 80 %.

sont ainsi maintenus à des niveaux inférieurs aux limites fixées par la normalisation internationale (CEI) et suédoise. Ce système de filtrage et de compensation rapproche le facteur de puissance de l'unité ($\geq 0,99$).

Entraînements de broyeurs sans réducteur

Les entraînements de broyeurs sont un pivot de la chaîne de traitement du minerai. Ils conjuguent puissance, force rotatoire et efficacité énergétique pour réduire le minerai à la granulométrie requise par les autres étapes d'affinage du cuivre. Les entraînements sans réducteur sont les plus nombreux ; l'absence de réducteur et d'autres organes mécaniques améliore les performances du broyage tout en réduisant les besoins de maintenance.

La pièce maîtresse de ce type d'entraînement est un colossal moteur intégré à un broyeur à tambour et associé à un variateur qui démarre le broyeur en douceur, sans à-coups. Rappelons que les entraînements sans réducteur d'Aitik détiennent le record mondial de la puissance (22,5 MW) et pilotent les plus gros broyeurs au monde → 6, capables de réduire 2 200 tonnes de minerai à l'heure. Les entraînements de broyeurs sans réducteur d'ABB développent toute la puissance requise tout en minimisant la consommation énergétique, sans dégrader la qualité de l'alimentation électrique.

L'énergie consommée au broyage peut représenter 50 à 70 % de l'énergie totale nécessaire à la concentration du minerai. Les variateurs sont une solution écopro-

formante pour adapter la vitesse des machines aux besoins de l'application. L'absence de pièces en mouvement entre moteur et tambour augmente considérablement la robustesse du broyeur et fiabilise le traitement de grosses quantités de minerai.

Système de contrôle-commande

L'ensemble du complexe minier d'Aitik (concentrateur, convoyeurs, postes de pompage et station d'épuration des eaux usées) est piloté par le système d'automatisation étendue 800xA d'ABB → 7, qui regroupe un large éventail d'équipements, de systèmes et d'applications sur une même plate-forme de conduite.

Le système IBM Maximo de gestion de la maintenance de la mine est intégré à 800xA, ce qui permet la création de rapports de défauts directement dans l'interface opérateur et facilite leur transfert au service de maintenance. Quelques clics suffisent à l'opérateur pour pointer l'objet qu'il souhaite signaler à la maintenance, choisir l'application de création de rapport de défauts, saisir le problème et le soumettre à Maximo. Depuis ce rapprochement du contrôle-commande 800xA, cinq fois plus de problèmes ont pu être anticipés, réduisant d'autant les arrêts intempestifs et les perturbations du procédé.

Aitik est le premier site au monde à intégrer non seulement la maintenance mais aussi la gestion de la documentation au système 800xA. En accédant rapidement et facilement aux instructions, schémas, etc., les opérateurs peuvent



Le système d'automatisation étendue 800xA d'ABB pilote toute l'usine et chaque équipement de la mine.

accélérer et affiner la prise de décisions et les actions correctives. En mars 2011, Aitik a également commencé à utiliser les « contrôleurs d'actifs » de 800xA aux fins de maintenance prédictive, en se concentrant sur trois composants essentiels de l'exploitation minière qui conditionnent sa disponibilité et sa rentabilité. L'un d'eux est le réducteur des gros broyeurs. Les contrôleurs d'actifs signalent le besoin de maintenance et aident à

Aitik est le premier site industriel au monde à intégrer maintenance, gestion de la documentation et contrôle-commande 800xA d'ABB.

anticiper les dysfonctionnements de l'équipement pour les corriger avant qu'ils ne perturbent les opérations. Boliden compte profiter de la mise à niveau des systèmes 800xA de tous ses sites miniers pour implanter la solution ABB d'optimisation des actifs industriels.

Autre grande première d'Aitik, la possibilité de faire tourner toute l'application de contrôle-commande 800xA du concentrateur sur des *smartphones* HTC → 8.



Bientôt, tout le personnel technique (ingénieurs, opérateurs et chefs d'atelier) pourra superviser et piloter le site sur son mobile.

Un « plus » pour la souplesse de supervision et de conduite de la mine !

Aitik est aussi l'un des premiers sites industriels au monde à faire usage de la nouvelle norme CEI 61850 sur les réseaux et systèmes de communication dans les postes électriques. Le système 800xA constitue ainsi une plate-forme unique de conduite et de supervision des automatismes du procédé et des appareils de protection, de coupure, de transport et de distribution électriques. L'intégration des systèmes de commande électrique et de conduite du procédé, sur le site, augmente la productivité et réduit les arrêts de production en permettant de regrouper les activités d'ingénierie, de maintenance et d'exploitation. De surcroît, l'adoption d'une norme internationale, à la pointe de la technologie, diminue les coûts d'installation et de fonctionnement tout en augmentant la visibilité des usages et consommations énergétiques.

Aucune filière industrielle ne peut faire l'impasse sur une alimentation en énergie fiable et sûre. Il est donc vital de gérer et de maîtriser cet approvisionnement, comme n'importe quel autre paramètre clé du *process*. À Aitik, l'alimentation électrique est accessible dans 800xA : les opérateurs ont une vue complète de tout le complexe minier et peuvent immédiatement procéder aux réglages nécessaires pour parer aux perturbations de la fourniture électrique.

Lena Nyberg

ABB Process Automation, Open Control Systems
Västerås (Suède)
lena.nyberg@se.abb.com

Gerd Eisenhuth

ABB Process Automation
Baden-Dättwil (Suisse)
gerd.eisenhuth@ch.abb.com

Kjell Svahn

ABB Process Automation, Minerals
Skellefteå (Suède)
kjell.svahn@se.abb.com

Per Astrom

ABB Power Products
Ludvika (Suède)
per.g.astrom@se.abb.com

Sarah Stoeter

Revue ABB
Zurich (Suisse)
sarah.stoeter@ch.abb.com