



## Mine d'or de Loulo au Mali. Micro-réseau hybride solaire, fioul lourd et diesel.

### Motivation

*L'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux traditionnels de production d'électricité à partir de combustibles fossiles, appelée hybridation photovoltaïque, est un facteur clé de la réduction des émissions de gaz à effet de serre et du coût de l'énergie.*

La méthode la plus courante consiste à introduire des centrales photovoltaïques (PV) associées à des batteries de stockage d'énergie (BESS) puis à les intégrer dans le réseau de production d'énergie thermique existant, afin de fournir une tension et une fréquence stables.

La technologie de stockage de l'énergie des batteries a connu un développement et une amélioration rapides au cours des dernières années ; cependant, le coût de propriété dans le temps ainsi que la possibilité d'améliorations futures (nouvelles solutions de stockage), font hésiter de nombreux utilisateurs finaux à faire des investissements importants pour le moment. Ainsi, l'hybridation photovoltaïque sans stockage apparaît comme la solution la plus pertinente, mais soulève de nombreux défis technologiques. Ils ont pu être résolus grâce à la solution apportée conjointement par SPIE Industrie & Tertiaire, SOLAÏS et le laboratoire de recherche O.I.E. de MINES Paris - PSL, avec le soutien d'ARMINES.

### Solution technique

*La solution technique pour la production photovoltaïque sans BESS nécessite l'incorporation de la détection et de la prévision.*

La prévision demande une saisie de la production photovoltaïque de la veille ainsi que des données météorologiques introduites dans des modèles de prévision à court terme, de 5 minutes à une heure. Les données introduites dans ces modèles comprennent les mesures de l'irradiation locale effectuées par des capteurs pyranométriques dans plusieurs orientations, la production photovoltaïque réelle et les points de consigne de l'onduleur. Ainsi que la détection d'images satellite à intervalles de 15 minutes pour obtenir des informations actualisées sur la formation des nuages dans un rayon de 50 km autour de l'installation photovoltaïque. Les données satellitaires sont acquises par la méthode Heliosat-2 appliquée par Meteosat Second Generation en orbite géostationnaire et sont fournies par le service web SoDa exploité par Transvalor. Les prévisions de production de la centrale photovoltaïque sont transmises au système de gestion de l'énergie afin de préparer la centrale thermique au démarrage ou à la réduction des unités de production pour pallier l'insuffisance ou la surabondance de l'énergie électrique fournie au réseau de distribution.

Les méthodes traditionnelles de détection sur site et par satellite ne permettent pas d'anticiper pleinement l'imminence d'un ciel couvert qui aura un impact négatif sur la production d'énergie photovoltaïque. Les données satellitaires actuelles sont limitées à des résolutions spatiales de 3 km et temporelles de 15 km. Par conséquent, la précision des prévisions de production de la centrale photovoltaïque doit encore être améliorée.

À l'aide d'un réseau de caméras fisheye hémisphériques placées stratégiquement dans les environs immédiats de la centrale photovoltaïque, des images en temps réel de la couverture nuageuse approchante ou des formations qui n'ont pas été détectées par l'imagerie satellitaire ou les capteurs d'irradiation sont capturées. Ces images sont transmises à des algorithmes sophistiqués qui prévoient la baisse ou l'augmentation du rendement photovoltaïque à la seconde, ce qui permet au système de gestion de l'énergie d'envoyer une commande de démarrage ou de déchargement au générateur diesel à grande vitesse. **Il en résulte une pénétration maximale des énergies renouvelables dans le réseau de micro-réseaux, tout en maintenant une réserve tournante optimale.**

## Mise en œuvre

L'introduction du photovoltaïque dans le micro-réseau de la mine d'or de Loulo a été entreprise en août 2020 par Africa Power Services. Des unités de suivi à axe horizontal azimutal unique de 24 MWp ont été installées pour augmenter les 65 MW d'alimentation électrique générée par le fioul lourd et le diesel. L'utilisation d'une technologie prédictive de production d'énergie photovoltaïque a permis d'éviter l'investissement en capital dans les BESS. Comme indiqué dans le rapport sur le développement durable du groupe pour le premier trimestre 2022, **la réduction des combustibles fossiles depuis la mise en service de la centrale électrique est de 15,6 mégalitres, ce qui équivaut à 42 050 tonnes d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>.**



### Témoignage de Barrick

Barrick s'engage pleinement à réduire son impact sur l'environnement. Ce projet est un exemple de la manière dont nous nous associons avec des fournisseurs et des leaders technologiques pour réaliser un projet de classe mondiale dans l'une des régions les plus reculées d'Afrique. Au départ, nous avons commencé à une échelle réduite pour prouver le concept et tester la maturité de la technologie. La mise en service a coïncidé avec la pandémie de grippe aviaire de 19 ans, ce qui a limité la capacité des spécialistes du produit à se rendre sur place pour effectuer le travail. Cela a posé un défi intéressant : nous devions utiliser nos propres compétences internes, assistées et dirigées par l'utilisation de la technologie à distance, pour mettre en service les onduleurs à un niveau de production réduit. Dès que les partenaires technologiques ont pu se rendre sur place, la centrale est passée à la production maximale. Le succès de la première centrale de 20 MWp a justifié une nouvelle augmentation de la puissance photovoltaïque et l'incorporation de BESS.

- Rousseau Jooste, ingénieur en chef AME



#### À propos de Barrick ([www.barrick.com](http://www.barrick.com))

Barrick Gold Corporation (TSX : ABX ; NYSE : GOLD) est un producteur d'or et de cuivre de premier plan, qui exploite des mines et des projets dans 18 pays d'Amérique du Nord et du Sud, d'Afrique, du Moyen-Orient et de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Le portefeuille de la société couvre les districts aurifères et cuprifères les plus prolifiques du monde et se concentre sur les actifs à marge élevée et à longue durée de vie.

#### À propos d'Africa Power Services ([www.africapowerservices.com](http://www.africapowerservices.com))

Basée à Bordeaux (France), Africa Power Services (APS) est une filiale de la société holding familiale Delmas Investissement et Participations. Fort d'une histoire de plus de 170 ans sur le continent africain, le groupe Delmas a décidé de filialiser l'une de ses activités clés : les services liés à la production d'énergie. Aujourd'hui, APS capitalise sur cette longue expérience pour développer, concevoir, installer, exploiter, maintenir ou louer des centrales de production d'énergie de plus en plus respectueuses de l'environnement. Les équipes d'APS ont démontré leurs compétences et leur savoir-faire à travers de nombreux projets EPCM (Engineering Procurement Construction Management) de centrales thermiques et hybrides, mis en service sur le continent africain pour des clients miniers, des compagnies nationales d'électricité et des compagnies pétrolières. Ses équipes assurent également le support après-vente de ces installations, y compris l'exploitation et la maintenance complète par ses filiales africaines.

#### A propos de SPIE ([www.spie.com](http://www.spie.com))

L'intégration d'une importante centrale photovoltaïque sur le réseau HTA de la mine a nécessité la mise en place d'un outil de gestion des moyens de production mais aussi d'outils de prévision météorologique et de suivi des nuages. Ceux-ci ont été développés par SOLAÏS et intégrés par SPIE dans l'architecture globale du site par des liens de communication dédiés et prioritaires. La coopération entre SOLAÏS et SPIE a été essentielle à la réussite de ce projet. Les compétences spécifiques de SOLAÏS ont permis de réaliser des systèmes uniques et fiables. Les outils d'exploitation développés sont une aide à la décision pour le client qui a ainsi la possibilité de planifier ses interventions sur la centrale thermique.

#### A propos de O.I.E. / MINES Paris - PSL / ARMINES ([www.oie.minesparis.psl.eu](http://www.oie.minesparis.psl.eu))

Le Centre "Observation, Impacts, Energie" (O.I.E.) est une équipe de recherche du Département Energie et Procédés de MINES Paris - PSL, dont les activités se situent au carrefour de l'énergie, de l'environnement et de l'observation de la Terre, incluant le satellite, le modèle numérique météorologique et les capteurs in-situ. Le centre étudie et modélise les ressources en "énergies renouvelables" et les impacts environnementaux liés à leur exploitation, en s'appuyant sur les disciplines scientifiques fondamentales et appliquées (sciences des données, métrologie, physique, environnement) et les technologies de l'information et de la communication. Plus particulièrement, le centre O.I.E. a une longue expérience internationale en matière de modélisation, d'évaluation et de prévision du rayonnement solaire en utilisant des systèmes d'observation de la Terre et des techniques avancées de science des données. Le centre contribue notamment au programme PVPS (Photovoltaic power systems) de l'Agence internationale de l'énergie, en tant que responsable de la tâche 16 "Solar Resource for High Penetration and Large-Scale Applications".

#### À propos de Solaïs ([www.solais.fr](http://www.solais.fr))

SOLAÏS est une société indépendante basée en France et spécialisée depuis 2008 dans l'ingénierie et le conseil en photovoltaïque, se positionnant sur le marché des professionnels (investisseurs, industriels, énergéticiens et collectivités locales). SOLAÏS conseille et accompagne ses clients sur l'ensemble des problématiques : techniques, économiques, financières, assurantielles, juridiques, fiscales, etc. pour assurer la conception, le développement, le financement, la réalisation et l'exploitation de leurs installations photovoltaïques. Depuis 2009, SOLAÏS mène ou participe à de nombreux projets de recherche en collaboration avec les laboratoires de recherche O.I.E. et PERSEE de MINES Paris - PSL / ARMINES sur la caractérisation de la ressource solaire, la prévision de la ressource solaire et de la production photovoltaïque, la gestion du stockage et la participation au marché de l'énergie EPEX SPOT.

Plus d'informations : [sebastien.pitaval@solais.fr](mailto:sebastien.pitaval@solais.fr)