

Optimisation de la production des broyeurs tertiaires

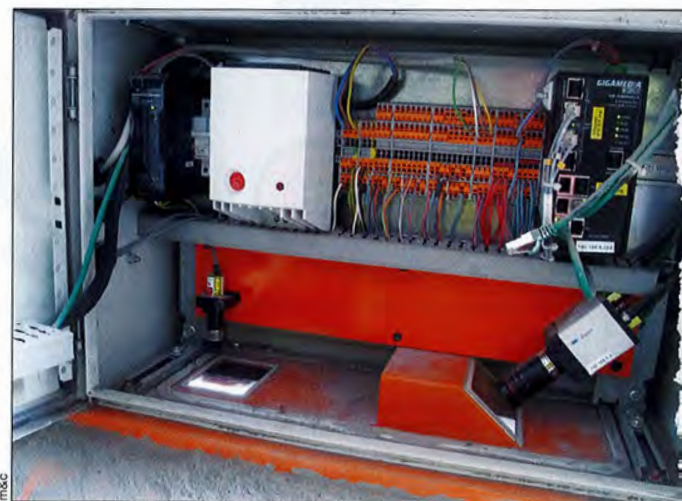
## TAMIssoft affine les courbes

Pour connaître avec précision la courbe granulométrique de ses deux broyeurs tertiaires, la Société Carrières des roches bleues – une société d'Eiffage Route Méditerranée – a fait mettre en service TAMIssoft Process il y a deux ans. Ce système de mesure granulométrique en continu sur bande transporteuse par vision 3D a aussi permis d'identifier la sensibilité des broyeurs à la vitesse de rotation de la table, au débit d'alimentation et à la granulométrie d'alimentation. Désormais, l'exploitant est mieux informé des débits horaires théoriques des produits finis envoyés au criblage tertiaire. Et avec l'ajout d'un logiciel décomposant la courbe des produits, il est informé des pourcentages de matériaux constituant la veine de produits.

**A**utom'Elec est intervenu en juillet 2015 à la Société Carrières des roches bleues (Saint-Thibéry, 34) pour mettre en service son système de mesure granulométrique en continu sur bande transporteuse, TAMIssoft Process. En effet, Charles-Henri Brisse, responsable technique carrières d'Eiffage Route Méditerranée, Jean-Yves Meyer (dirigeant d'Autom'Elec), et TAMIssoft. Le coffret est positionné sur le tapis qui récupère les matériaux des deux broyeurs à axe vertical, après qu'il y ait eu deux chutes de matériaux de manière à avoir une veine homogène de matériaux.

L'exploitant a donc demandé à l'entreprise Autom'Elec de mettre en œuvre TAMIssoft Process à

la sortie des deux broyeurs tertiaires pour connaître avec précision la courbe granulométrique de ces appareils, puisque ces Magotteaux 2700 sont alimentés différemment : l'un prend de préférence les matériaux issus du recyclage, tandis que l'autre reçoit en priorité les matériaux issus d'un Omnicone et cela jusqu'à du 60/120 mm. Les produits obtenus par ces deux broyeurs sont différents (en raison des réglages) et alimentent le même convoyeur. « Il nous fallait un outil permettant de comprendre comment fonctionnent les broyeurs, explique Charles-Henri Brisse, et qui nous aide aussi à connaître leur sensibilité à la vitesse de rotation de la table, au débit d'alimentation, et à la granulométrie d'alimentation. » L'exploitant désirait également connaître les débits horaires théoriques des produits finis envoyés au criblage tertiaire. C'est ce que lui a permis de faire TAMIssoft.

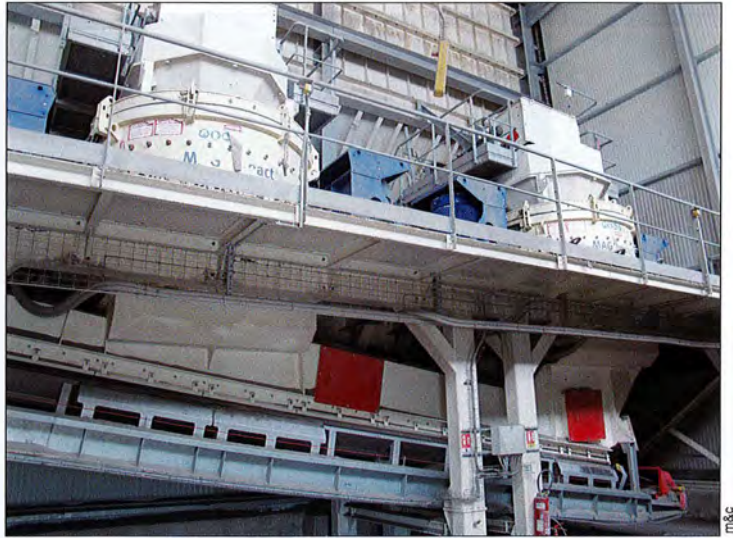


Intérieur du coffret TAMIssoft : le laser éclaire la veine de produit, tandis que la caméra – placée dans le sens circulant de la veine – récupère les rayons lumineux émis par les matériaux. La troisième dimension de la triangulation est obtenue par le déplacement de la bande. Une quantité importante de photos est prise dès l'arrivée de la bande (au moins 40 par seconde) afin de recomposer le matériau et de déterminer sa forme et sa dimension.

## Le basalte, un matériau à vocation routière

Le matériau extrait est un basalte provenant d'un volcan jouxtant l'exploitation, le mont Ramus. Il est extrait sur un site proche, celui de La Vière ouvert en 2007, après que le gisement historique de Naffrie ait été épuisé. Le matériau est abattu à l'explosif, avec un minage assez serré et une double détonation (détonateurs électroniques) pour limiter l'impact vibratoire dans l'environnement. Un groupe mobile primaire déplaçable traite sur le front de taille le tout-venant (0/1 000) et envoie le matériau traité (0/300) vers l'installation de traitement, située de l'autre côté de la RD13, vers les installations de scalpage et de traitement secondaire-tertiaire. Les matériaux sont transférés par bandes transporteuses.

De l'autre côté de la départementale, le traitement prévoit un passage dans un premier atelier où le 0/300 mm est scalpé, puis le 100/300 récupéré est orienté dans un silo de stockage servant à alimenter les postes secondaire-tertiaire. Le produit de scalpage (0/100 mm) reçoit un pourcentage de chaux (entre 0,5 et 1 % selon la qualité du gisement) puis est malaxé et criblé pour sortir un 0/6 ou un 0/10, voire un 0/20 mm. La fraction supérieure (D/100 mm) est réintégrée dans le silo de stockage secondaire-tertiaire. Le 20/300 mm stocké en silo (3 000 tonnes utiles) est repris par des extracteurs en tunnel et envoyé pour traitement dans l'installation secondaire-tertiaire. Un premier broyeur à cône (Omnicon 1352 SX) sort un



Les deux broyeurs Magotteaux 2700 : l'un prend avec préférence les matériaux issus du recyclage, l'autre reçoit ceux issus de l'Omnicon. Les produits obtenus par ces deux broyeurs sont différents et alimentent le même convoyeur.

## Caractéristiques du basalte

.....  
**Densité en place** : 3 t/m<sup>3</sup>

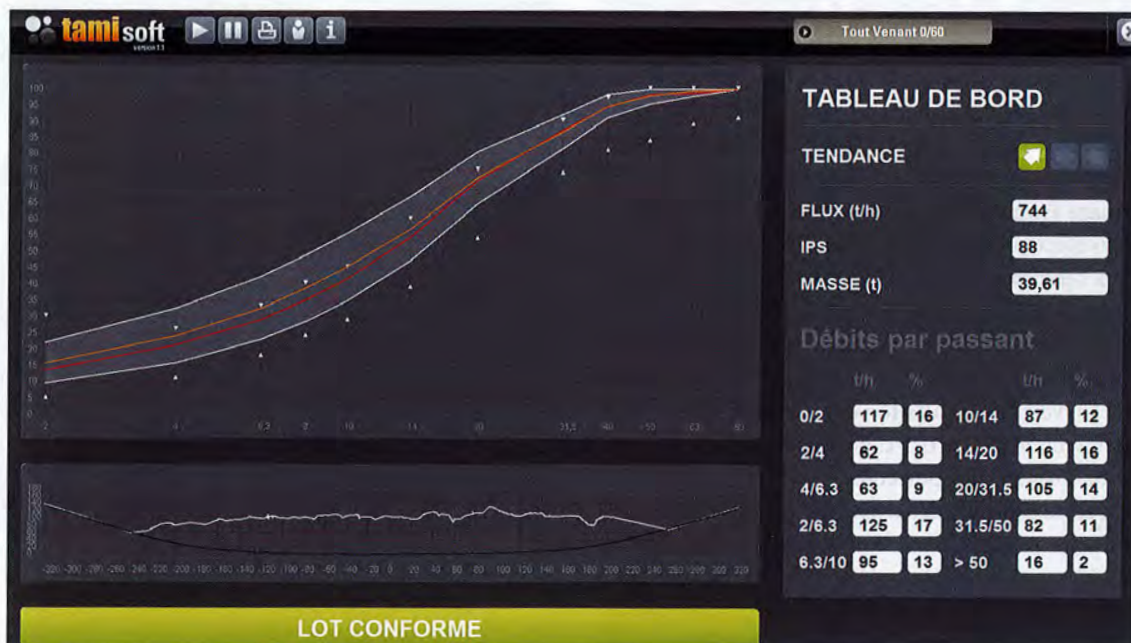
**Taux d'abrasivité** : 1 400 à 1 800 g/t

**MDE** : 9

**Los Angeles** : entre 11 et 14

**PSV** : de 53 à 55

Interface TAMIssoft montrant les débits et les pourcentages par passant.



0/60 mm qui est envoyé sur un crible secondaire Chauvin haute énergie (12 m<sup>2</sup> Trirol). Ce crible effectue une coupure à 50 mm pour diriger le > 50 mm dans l'Omnicône qui travaille en circuit fermé, une autre coupure à 20 mm pour que le 20/50 mm soit dirigé vers les broyeurs tertiaires, et une coupure à 8 mm pour envoyer le 0/8 mm et le 8/20 mm sur la chaîne tertiaire ou en trémie. L'exploitant se laisse la possibilité de sortir un 0/8 ou un 0/20 secondaire, voire de les intégrer directement dans la chaîne tertiaire pour en faire des produits tertiaires.

La chaîne tertiaire est composée de trois cribles Chauvin Trirol de 16 m<sup>2</sup> pour effectuer une répartition de la production sur deux broyeurs Magotteaux 2700. Les coupures obtenues (0/2 – 2/4 – 2/6 – 4/6 – 6/10 – 10/14 – 14/20 – 31,5/50) sont stockées en trémies. Un tapis de recyclage (passant sous le chariot des cribles) parcourt la ligne tertiaire afin de reprendre tout ou partie des produits non stockés en trémie (ils sortent par débordement) afin de les recycler.

Cette installation secondaire tertiaire, positionnée en ligne avec les 4 cribles, est posée sur un bloc de 8 trémies. Ces dernières peuvent être déstockées par tombereaux. Un convoyeur passe sous ces trémies pour récupérer les produits et alimenter une ligne de chargement-vente. La ligne sert à la recombinaison ainsi qu'à charger les clients en coupures gravillonnaires d'enrobés.

L'autorisation est accordée pour une production de 750 000 t/an.

### Multiplier les points de mesure

Pour cette application, Autom'Elec a fait évoluer le logiciel TAMIssoft afin de pouvoir décomposer la courbe des produits sortant des broyeurs tertiaires. L'outil est capable de mesurer les débits de produits fins et le pourcentage qu'ils représentent dans la veine, en 0/2, 2/4, 4/6 et 6/10. C'est sur la base des informations recueillies que l'exploitant a pu réaliser un plan

d'expérience de production en fonction des paramètres et des réglages choisis sur les broyeurs<sup>1</sup> (vitesse de travail, débit d'alimentation) « afin de maximiser le débit d'un produit ou de le minimiser, de maximiser le pourcentage d'un produit dans la veine, et surtout pour trouver le meilleur couple de réglage des broyeurs en production », précise Charles-Henri Brisse.

Dans cette exploitation, le produit phare est le 6/10 et c'est sur lui que l'exploitant concentre ses efforts en raison d'une forte demande régionale.

« Grâce à TAMIssoft, il a été possible de réaliser de nombreux points de mesure en renouvelant à plusieurs reprises le pourcentage et le débit de 6/10 pour s'assurer qu'on avait une valeur fiable », admet l'exploitant. L'outil a permis d'effectuer des centaines de mesures, un travail impossible à réaliser en laboratoire en raison des prélèvements à effectuer sur 1 mètre de bande. Par la suite, le plan d'expérience a aidé à déterminer le paramètre optimal pour le premier broyeur dans la production de 6/10. Le même travail a été réalisé pour le deuxième appareil, ce qui a servi à définir un couple de paramètres maximisant la production de 6/10 sur l'ensemble de la chaîne, y compris sur les mailles du crible secondaire de manière à améliorer le circuit fermé du broyeur secondaire et à le faire travailler en charge maximale.

### Mesurer la consommation d'énergie en fonction des produits élaborés

Dans le cadre de la démarche de certification ISO 50001, l'exploitant a mené un travail de revue énergétique, avec la réalisation d'un bilan énergétique de la consommation du site (en gazoil et électricité, dans la production, dans les bureaux, etc.). L'ISO 50001 a fait apparaître que l'outil de production devait être doté

1. Ces mesures ont pu être prises car les broyeurs Magotteaux sont équipés d'un variateur de fréquence qui module la vitesse de la table.

d'une gestion technique centralisée (appelée GTC) pour mesurer la consommation d'énergie en fonction des produits élaborés, et mener des actions visant à abaisser cette consommation afin de mieux la piloter. En 2014, l'exploitation a été la première à être certifiée ISO 50001 en métropole, et elle a été renouvelée en 2015. Pour mettre en place cette GTC, l'exploitant a eu recours à Biks (développé par Kayousoft), un outil servant à capter des informations dans le procédé de production : les informations sont enregistrées de manière continue. Il s'agit de la consommation des broyeurs, des débits instantanés, des niveaux de trémie, de la vitesse d'extraction, etc. Or « *il y avait un problème sur la partie secondaire-tertiaire puisque l'exploitant ne connaissait pas les débits précis des produits finis. Un des objectifs de TAMIsoft a été d'amener cette information pour la GTC* », explique Jean-Yves Meyer, le dirigeant d'Autom'Elec. Et aussi de déterminer plus finement la consommation énergétique au lieu de donner uniquement celle des installations secondaire-tertiaire. Ce travail a servi à donner un ratio kW/t plus réaliste par coupure produite.

### Réduction de la charge circulante dans les broyeurs

Au secondaire, l'exploitant travaille avec un Omnicône, un outil classique pour traiter des matériaux durs et abrasifs. Il admet avoir toujours travaillé avec des broyeurs à axe vertical car « *cette technologie pré-*

*sente l'avantage de garantir une forme, qu'il s'agisse de gravillons ou de ballast* », commente le responsable technique. Il a maintenu ce choix pour le poste tertiaire lorsque les installations ont été renouvelées en 2014. « *Or ces machines sont énergivores, présentent un rapport de réduction relativement faible, et génèrent un taux de charge circulante élevé, voisin de 50 % dans l'installation, voire de 60 %* », poursuit-il.

Selon lui, « *cette charge circulante était très pénalisante car elle ajoutait de la charge sur les convoyeurs, et limitait la production de l'installation puisqu'il ne s'agissait pas de produits finis.* »

« *En utilisant TAMIsoft, on s'est aperçu qu'on avait tendance à gaver les axes verticaux, ce qui avait pour effet de faire chuter le taux de réduction. En alimentant trop les broyeurs, le rapport entre le débit d'alimentation et la granulométrie des matériaux entrants faisait chuter le taux de réduction* », se rappelle l'exploitant. « *Si on alimentait avec un matériau assez grossier et selon un débit élevé, le rapport de réduction était bien moins important que si le débit d'alimentation était réduit.* »

Lors des tests du plan d'expérience, trois valeurs ont été mesurées sur le 6/10 : le débit de 6/10 en tonnes/heure, le pourcentage de 6/10 dans la veine, et le pourcentage de > 10 mm dans cette même veine, qui représente la charge circulante car l'exploitant ne produit à ce stade qu'un 0/10 (80 % du temps), le > 10 étant recyclé. L'exploitant a ensuite sélectionné les paramètres lui permettant de maximiser le pourcen-

tage de 6/10 sans pénaliser le débit de cette coupure, en abaissant la charge circulante. Cette recherche d'optimisation a amené à moins alimenter le premier Magotteaux et, de fait, à alimenter un peu plus le second broyeur Magotteaux (celui qui reçoit des matériaux plus fins). Les tests ont aussi permis d'abaisser la vitesse des machines, car plus les broyeurs travaillent vite, plus ils consomment.

### Améliorer les productions sortant de l'ordinaire

« TAMIssoft sert à améliorer la production lorsque l'on souhaite sortir des produits spécifiques », reconnaît l'exploitant. Si le silo est alimenté en 100/300 au lieu de l'être en 20/300, le pilote de l'installation change ses réglages et voit directement l'évolution de la courbe des matériaux qu'il est en train de produire, avec le pourcentage de 6/10, la vitesse et le débit de cette coupure. Il ne recourt plus aux services du laboratoire, et permet de réaliser des plans d'expérience avec plus de points de mesure.

« On a gagné beaucoup de temps et appris pas mal de choses avec TAMIssoft pour le réglage précis des installations, commente Charles-Henri Brisse, surtout aujourd'hui où chacun souhaite trouver les moyens d'économiser son gisement, et ne pas produire des matériaux invendables. Il y a donc un grand intérêt à savoir comment fonctionnent nos outils de production, et TAMIssoft nous l'autorise en présentant ce qui se déroule dans le broyeur tertiaire. »

Être titulaire de la norme ISO 50001 impose de constituer une "équipe énergie" sur le site, ce qu'a fait l'exploitant pour surveiller chaque mois les indicateurs restitués par l'outil Biks (Kayousoft). L'équipe se fixe des objectifs de consommation, de taux de rendement synthétique, de taux rendement général de l'installation, etc. Avec les données récupérées par TAMIs-

soft, elle peut mesurer les impacts des actions menées précédemment.

### Plus de 20 % de 6/10 produits à débit entrant inchangé

Depuis la mise en service de TAMIssoft Process, il y a plus de deux ans, l'exploitant a enregistré un gain de 20 % sur la production de 6/10 à débit égal entrant dans les installations secondaire-tertiaire, à savoir qu'il y a eu davantage de production mais à débit entrant inchangé, et cela au détriment du 2/6 et du 0/2.

Sur le premier broyeur Magotteaux, qui travaillait à 350 t/h avec une vitesse en bout de table à 55 m/s (avant la mise en service de TAMIssoft), le plan d'expérience a permis de descendre à 250 t/h avec une vitesse en bout de table à 52 m/s. La vitesse de travail du broyeur a donc été réduite, comme le débit d'alimentation d'ailleurs, mais avec une production améliorée car la surcharge de débit n'était autre que la charge circulante envoyée dans le deuxième broyeur Magotteaux. En définitive, comme le résume Charles-Henri Brisse, « il faut qu'un maximum de matériaux entrent en contact avec la table, les éjecteurs et les enclumes de manière à garantir la réduction souhaitée. »

Automatiser le réglage des broyeurs tertiaires ? Pas certain. « Connaissant les débits par passant, la vitesse des broyeurs, et leur vitesse d'alimentation, il serait possible de gérer automatiquement le réglage des broyeurs au lieu de déléguer cette tâche au pilote car ce dernier travaille avec le débit par passant », explique Jean-Yves Meyer. Mais il faudrait que « le pilote s'implique et comprenne bien le sens de ce qu'il entreprend en termes de réglage, car laisser cette tâche à la machine ou à un automate aurait pour conséquence de perdre en connaissance du réglage machine, et au final à la qualité des matériaux produits », conclut Charles-Henri Brisse. ■

Jean-Pierre Le Port

Installation de traitement secondaire-tertiaire de la Société des Carrières des roches bleues, et, au fond, la zone d'extraction sur le site de La Vière (34).

