

mines & carrières

N° 218 (extrait)
octobre 2014
159^e année

Autour du conasseur à mâchoires

GUIDE
DE PRÉCONISATIONS
ET DE BONNES PRATIQUES

*Commission poussières minérales de la Sim
Travaux réalisés par le sous-groupe Installations*

Autour du **concasseur** à mâchoires

Sommaire

////////////////////////////////////

1. Utilisation

2. Historique

3. Type de machines en fonctionnement dans les installations actuelles

4. Description des machines et évolution

- Terminologie et détails des machines
- Caractéristiques de réglage
- Évolution des technologies sur les machines actuelles

5. Descriptif de l'environnement d'un poste de concassage primaire

- Amont du concasseur
- Aval du concasseur

6. Choix de conception en fonction des contraintes du projet

- Étude approfondie de l'arrêté préfectoral
- Caractéristiques du gisement
- Choix du poste de concassage
- Technologie de l'appareil
- Rappel des points techniques et mécaniques
- Coûts (investissements, exploitation)

7. Définition de l'installation (cahier des charges)

- Phase de traitement (production)
 - Calcul des charges, structure*
 - Accès et circulation du personnel*
 - Groupe de concassage*
 - Automatisme de commande et de surveillance*
 - Traitements des poussières*
 - Réduction du niveau sonore*
 - Réduction des vibrations*
 - Espace d'intervention pour contrôle pendant l'exploitation*
 - Procédure de débouillage*
 - Cas de pannes*
- Phase de maintenance
 - Sécurité des opérations de maintenance*
 - Niveau de maintenance*
 - Mode d'arrêt de l'installation (purge des matériaux)*
 - Consignations des énergies (potentielle, électrique, hydraulique et pneumatique)*
 - Interventions sur site*
 - Aide à la maintenance*

8. Références CE et normatives

Chaque poste d'une installation, que ce soit le concassage, le broyage, le criblage, le lavage, le chargement, nécessite une réflexion sur la mise en place des appareils qui le composent et de leur environnement direct.

Partir d'une feuille blanche, dans le cadre de l'étude d'une installation neuve, offre plus de latitude que dans une installation existante, mais chaque sujet étudié avec bon sens doit permettre la mise en place de "bonnes pratiques". Ces dernières sont multiples. Elles doivent être en adéquation avec chaque cas d'application.

Quel que soit le matériau traité, la taille de la machine, les contraintes d'exploitation, les niveaux d'automatisme, des solutions existent certainement déjà. C'est en mutualisant nos expériences que nous trouverons pour chaque zone pouvant générer un risque, un danger, une difficulté d'implantation ou d'utilisation, la bonne pratique la mieux adaptée.

C'est dans ces conditions que le groupe de travail de la Sim, avec l'expérience technologique de chacun, a pu recenser les bonnes pratiques qui vont vous être présentées dans ce document.

Si le sujet principal de l'article est le concasseur à mâchoires et son environnement, la démarche doit être la même pour tout type de poste de travail.

Une réflexion dans la conception des postes ou des zones de travail est en effet primordiale. Même si le sujet peut paraître simple, il conviendra toujours de passer en revue l'ensemble des paramètres d'utilisation de la machine, tant en termes de production (installation et maintenance incluse) que de sécurité, l'un n'allant pas sans l'autre.

D'ailleurs, qu'est-ce qu'une bonne pratique ? Comment la définir ? C'est sans doute en matière de conception : faire simple, rationnel et fonctionnel.

La directive Machines à travers les exigences essentielles de sécurité guidera aussi les réflexions.

Tout commence par un plan sur lequel on positionne la machine (groupe de machines) mais aussi, et surtout, tous les éléments qui gravitent autour d'elle : l'armoire électrique, la centrale hydraulique, le compres-



“ Une réflexion dans la conception des postes ou des zones de travail est primordiale. ”

seur, les sondes, les systèmes de traitement des poussières et tous les composants qui, même si leur taille n'est pas significative, font parties intégrantes du poste de travail et nécessitent un positionnement adéquat. Le plan permet la discussion et les échanges d'idées, il matérialise clairement les pensées.

La mise en place de l'ensemble des postes de travail ne s'improvise pas. Ce dossier sera, nous l'espérons, une source de connaissance pour tous et pour le professionnel le fil conducteur pour une bonne organisation de ses réflexions.

Notre document commence par des généralités et un historique.

Les premiers concasseurs à mâchoires ont 200 ans. Le développement des carrières tel que nous les connaissons aujourd'hui a commencé dans les années 1950-1960 et ces machines, bien que devenues familières, restent impressionnantes par la puissance qui s'en dégage.

Utilisation

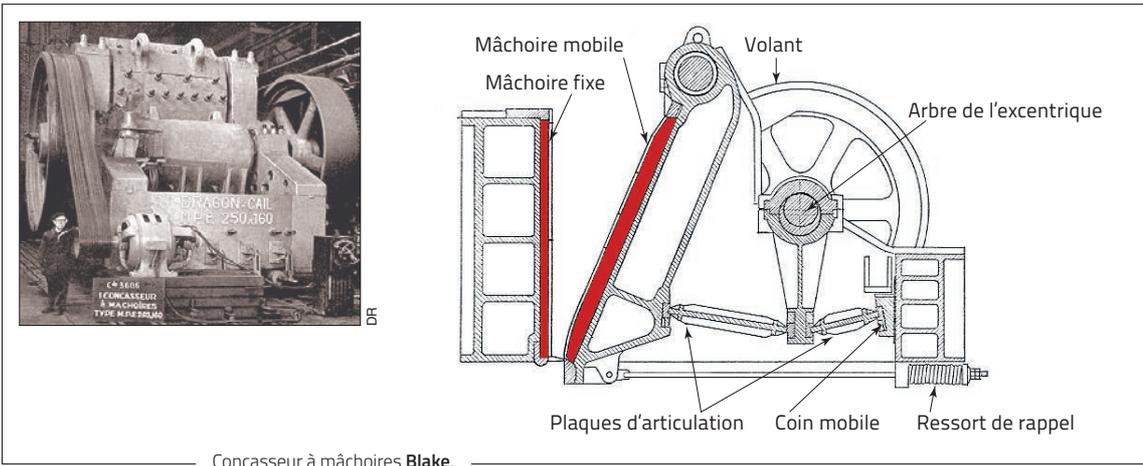
Le concasseur à mâchoires est un appareil très courant sur les sites de production autant en "roches massives" qu'en "roches meubles" ou en "recyclage". Ses caractéristiques techniques font qu'on le trouve dans les ateliers primaires (concasseurs) et secondaires (granulateurs).

En application de concassage primaire :

- en provenance du front de taille, et après un éventuel scalpage, les blocs sont réduits à une dimension de l'ordre de 150 à 300 mm, et suivant le process, mis en préstock.

En concassage secondaire :

- en provenance du concassage primaire, les blocs sont réduits à une dimension de l'ordre de 40 à 80 mm.



Concasseur à mâchoires Blake.

Historique

Dans les années 1950, il était encore courant d'apercevoir sur le bord des routes des personnes agenouillées devant un tas de blocs de pierre, équipées d'une massette (une paire de lunette grillagée était leur seul EPI !) cassant à longueur de journées ces blocs pour les réduire en gravillons d'une taille inférieure à 30 à 40 mm.

Au moment de réaliser ce dossier, ayons une pensée pour tous ces travailleurs anonymes qui ont participé à la création de ce réseau de communication ayant permis par plaines et monts le rapprochement des villes, des villages et des hameaux.

Les principes de fonctionnement des différentes machines existantes n'ont guère évolué. Les machines de concassage de ce début du XXI^e siècle sont le résultat de 200 ans d'évolution. L'amélioration des qualités des aciers utilisés (bâtis et pièces d'usure), l'optimisation des profils, une meilleure qualité des produits de graissage, un contrôle et un réglage de tous les paramètres grâce à l'automatisation et à l'informatique ont permis d'atteindre des niveaux de performance élevés [1].

CONCASSEUR À MÂCHOIRES BLAKE (1858)

Cet appareil à double volet comprend une mâchoire suspendue. L'ouverture d'entrée est une donnée de construction, seule l'ouverture de sortie est réglable par

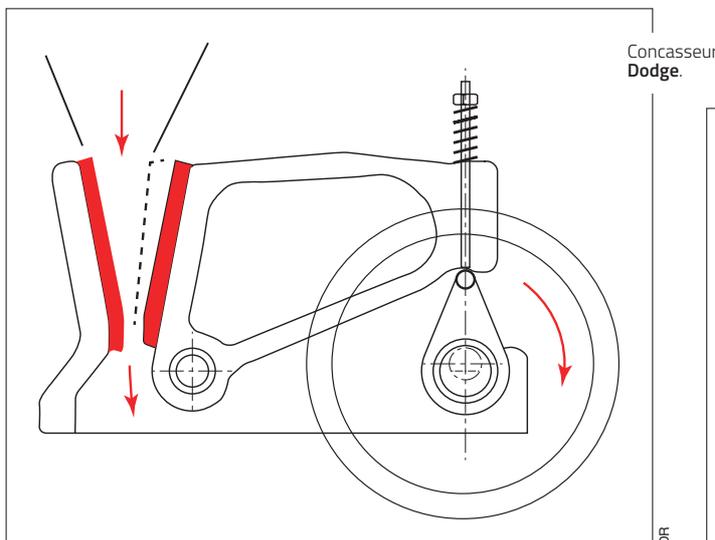
le déplacement du volet d'articulation. Les machines dérivées du procédé de Blake, que l'on appelle communément à double effet eu égard à leur poids (et donc à leur prix), ne sont actuellement utilisées que pour la fragmentation de matériaux très abrasifs.

CONCASSEUR À MÂCHOIRES DODGE

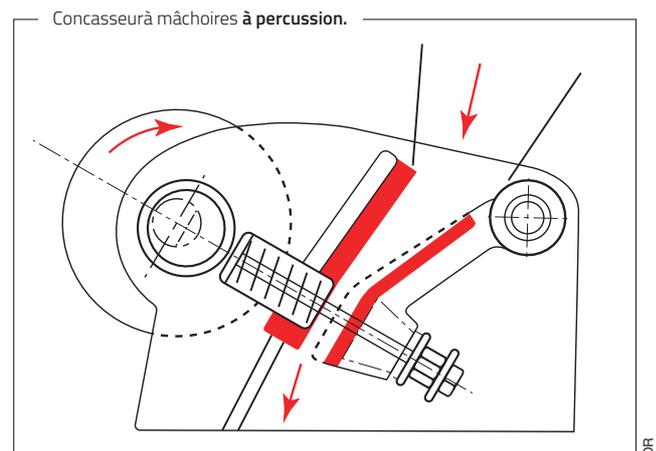
De type bielle inversée, la mâchoire mobile a la forme d'un triangle pivotant autour d'un axe situé à son extrémité inférieure. L'amplitude maximale est située à l'alimentation du concasseur. Ces appareils génèrent moins d'attrition (glissement), mais ils ont une production plus faible que le précédent et ne sont pratiquement plus utilisés.

CONCASSEUR À MÂCHOIRES À PERCUSSION

Ce type d'appareil possède plusieurs caractéristiques qui n'existent pas dans les autres machines : la mâchoire supérieure est fixe et inclinée selon un angle de 55°. La mâchoire inférieure mobile oscille autour d'un arbre et, à sa partie basse, est reliée à un arbre à excentrique grâce à deux tirants placés à l'extérieur. À l'entrée, l'angle de la mâchoire mobile est de 40°. En sortie, les deux mâchoires forment un angle de l'ordre de 60°. Comme les concasseurs à mâchoires Dodge, ces appareils sont peu utilisés.



Concasseur Dodge.



Concasseur à mâchoires à percussion.

Type de machines en fonctionnement dans les installations actuelles

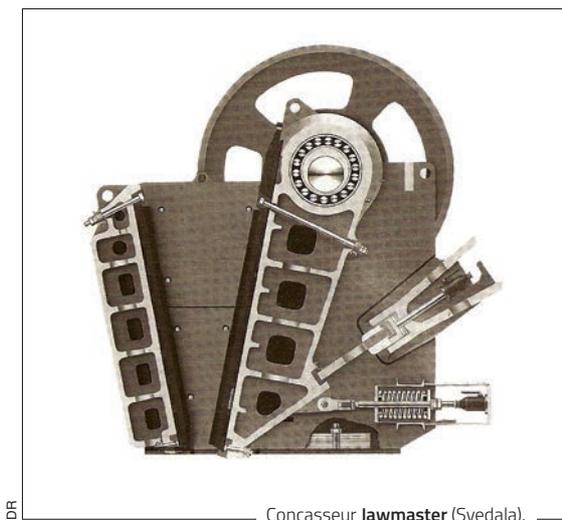
Les concasseurs à mâchoires classiques à simple volet représentent la très grande majorité du parc, le double effet (volet) étant exceptionnellement utilisé.

Même si dans les matériaux tendres (calcaire) où les appareils à percussion ont leur place, le concasseur à mâchoires à simple effet est l'appareil le plus communément utilisé en tête des installations dans les roches abrasives ainsi que dans les gravières.

Sur les appareils à double volet, de par leur mouvement, la mâchoire mobile n'engendre pas de frottement sur le matériau, ce qui le rend particulièrement bien adapté au concassage des produits très abrasifs. Il comporte néanmoins un certain nombre d'inconvénients :

- à ouverture d'admission équivalente, son prix est près du double de celui d'un concasseur à simple volet ;
- le mouvement en tête de la mâchoire est très faible, et pour qu'un bloc soit absorbé correctement, il doit avoir une dimension inférieure de 20 à 30 % à la dimension nominale de l'ouverture ;
- la masse de cet appareil interdit son installation sur groupe mobile dès qu'il s'agit d'un appareil important.

Pour ces raisons, les constructeurs ont fait de gros efforts pour pallier les inconvénients des appareils à simple effet. En remontant verticalement le point d'articulation du volet, on accroît son inclinaison, ce qui a pour résultat de donner un mouvement elliptique à la mâchoire mobile, de diminuer son glissement alternatif (source d'usure) et d'augmenter sa course horizontale. Ces adaptations permettent d'accroître le débit, mais augmentent la fatigue imposée au mécanisme ainsi que la puissance absorbée.



Description des machines et évolution

Les appareils sont caractérisés par la largeur et la profondeur de leur ouverture au niveau de l'alimentation. Ces dimensions exprimées en dm ou en mm déterminent la taille de la machine. Par exemple : 13 x 11 signifie 1 300 mm x 1 100 mm.

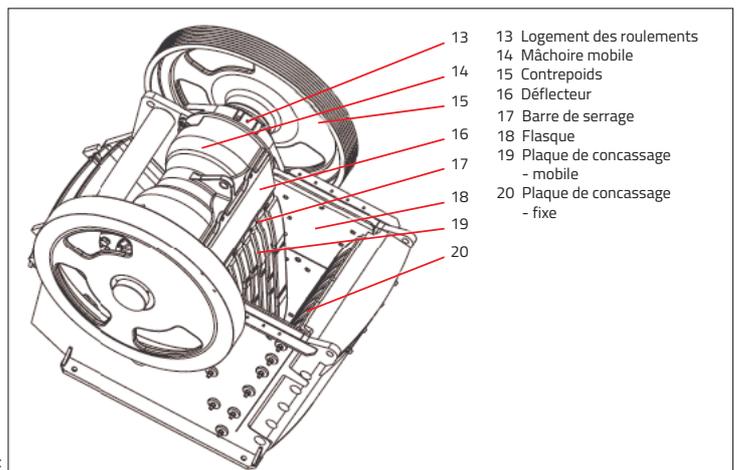
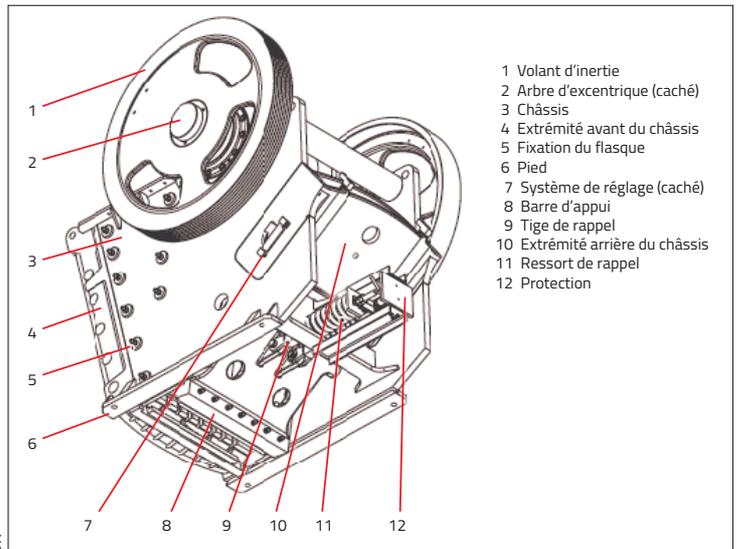
La profondeur est une dimension essentielle. C'est elle qui détermine la taille maximum des blocs que peut accepter le concasseur. Pour un fonctionnement correct, cette taille ne doit pas dépasser 80 % de la profondeur d'ouverture.

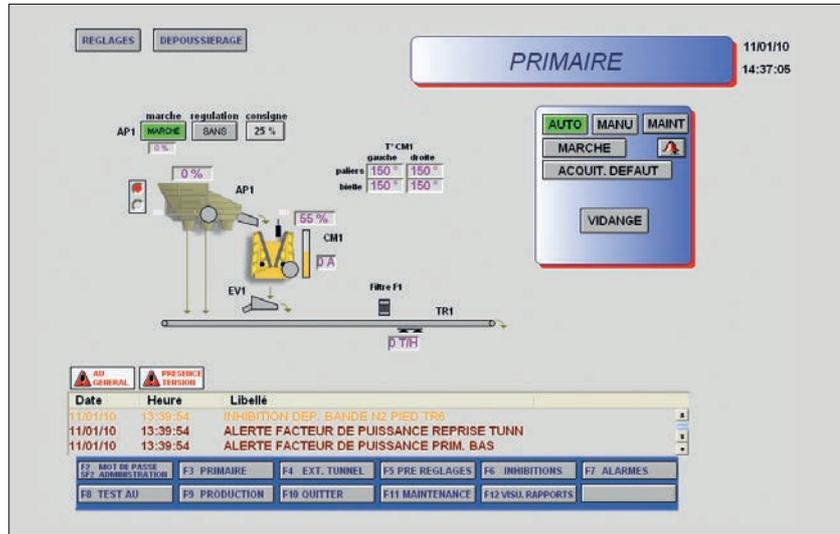
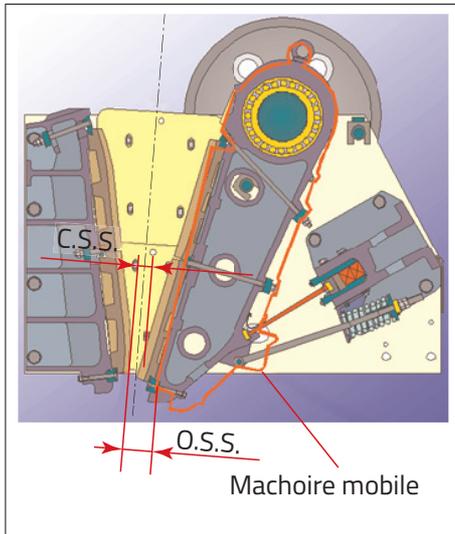
TERMINOLOGIE ET DÉTAILS D'UN CONCASSEUR À MÂCHOIRES

Chaque fournisseur ayant sa propre dénomination, bien souvent issue d'une traduction linguistique, il nous a semblé pertinent de lister les terminologies principales couramment utilisées :

- gueulard
- bâti
- traverse arrière
- volants d'inertie
- arbre
- bielle
- mâchoire mobile
- mâchoire fixe
- volet d'articulation
- tige et ressort de rappel

Vue du haut et du bas d'un concasseur à mâchoires.





Concasseur à l'arrêt.

À droite : Installation primaire fixe.

CARACTÉRISTIQUES DE RÉGLAGE

L'OSS (Open Side Setting) correspond en général à l'écartement des mâchoires, concasseur à l'arrêt. Le CSS (Closed Side Setting). La différence entre le CSS et l'OSS est appelée la course.

ÉVOLUTION DES TECHNOLOGIES SUR LES MACHINES ACTUELLES

Électronique et informatique

Ils permettent un suivi permanent des paramètres liés à la production, alertent des défauts de fonctionnement, et réduisent considérablement le travail de surveillance.

Serrage hydraulique et vérin de rappel hydraulique à la place des ressorts

Réglage hydraulique.



Graissage centralisé

Sur les machines, le graissage centralisé est une option. La bonne pratique, pour la sécurité des intervenants et la durée de vie de la machine, est l'installation d'un ensemble centralisé au moins pour les 4 paliers de bâti et de bielle.

Surveillance en continu de la température des roulements par sondes

Des sondes de contrôle des températures sont préconisées. Au-delà d'un seuil de température (80 °C en général), l'arrêt de la machine est programmé. Il réduit le risque de détérioration des paliers. La réalisation d'un contrôle annuel par caméra thermique est une sécurité supplémentaire et permet de vérifier le bon étalonnage des sondes, mais aussi la bonne portée du volet d'articulation sur les grains.

Accessoires de levage des pièces d'usure

En conformité avec la directive européenne sur les machines neuves, tous les outils et équipements de manutention et d'intervention doivent être fournis avec la machine. Les accessoires de levage doivent indiquer une charge maximum d'utilisation (CMU) et doivent faire l'objet d'une vérification périodique.

Descriptif de l'environnement d'un poste de concassage primaire

AMONT DU CONCASSEUR

Trémie d'alimentation

Les produits à concasser en provenance du front de taille, transportés par les tombereaux, sont vidés dans la trémie de réception.

Alimentation du broyeur (alimentateur, scalpeur, alimentateur scalpeur, scalpeur à disques)

Disposé sous la trémie ou en sortie, un alimentateur permet de réguler l'alimentation du broyeur. Un scalpage permet d'éliminer la partie fine, de réduire les risques de bourrage et d'augmenter la production via le débit traversant du broyeur.

AVAL DU CONCASSEUR

L'évacuation des produits est normalement faite par un transporteur à bande. Des caisses à pierres permettent d'absorber les chocs, de protéger la bande et d'obtenir une alimentation correctement centrée. L'installation d'un alimentateur vibrant est préconisée.



DR



DR

Choix de conception en fonction des contraintes du projet

ÉTUDE APPROFONDIE DE L'ARRÊTÉ PRÉFECTORAL

Dans la pratique, il est intéressant de réaliser l'étude complète de l'installation dans le cadre de l'obtention de l'arrêté préfectoral. Celui-ci indique les principales contraintes à respecter et oriente naturellement la conception de l'installation.

Durée d'autorisation

Cette notion de temps définira la nécessité d'un investissement ou d'une solution en location, et le type du matériel à envisager : fixe, semi-fixe, déplaçable ou mobile.

Capacité maximale d'extraction

En relation avec la durée de l'autorisation, c'est le paramètre qui va définir la bonne adéquation matériel/production. Le montant des investissements d'une installation est loin d'être négligeable. C'est une obligation de bien "cadrer" la taille des appareils. Une erreur à ce stade et ce sont les coûts de production qui en pâtissent et, pour les intervenants, c'est la "galère" assurée pour des années !

Étude d'impact

Dans bien des cas, c'est le carrier qui a fixé les engagements. Il conviendra donc de les respecter, avec :

- le poste de traitement confiné en bâtiment ou pas ;
- le capotage des convoyeurs ou pas ;
- la pulvérisation d'eau ;
- le système d'aspiration localisé ou centralisé ;
- le mode de stockage.

Bruits

Les prescriptions relatives aux émissions sonores des installations sont fixées par l'arrêté du 23 janvier 1997. Elles fixent les niveaux sonores en limite de site ainsi que les valeurs dans les zones à émergences. Cela peut conduire l'exploitant à mettre en place des dispositifs d'atténuation des bruits comme des bardages double peau, des revêtements caoutchouc dans les tôleries ou des équipements caoutchouc ou polyuréthane sur les cribles.

Poussières

L'arrêté préfectoral rédigé à partir des arrêtés types (arrêté du 22 septembre 1994 en cours de révision) prescrit les valeurs limites en termes d'empoussiérement et d'empoussièrem. L'exploitant devra donc mettre en place les dispositifs nécessaires pour atteindre les valeurs fixées : capotage, confinement, aspiration, arrosage, etc.

Vibrations

Il est courant de rencontrer des problèmes de vibration, en régime de production comme en phase de mise en route des installations. Ceux-ci ne se limitent généralement pas seulement aux structures, mais peuvent aussi s'étendre au voisinage. Résoudre ces phénomènes n'est pas chose simple. Les fabricants et les intégrateurs doivent tenir compte d'hypothétiques désordres et, si nécessaire, utiliser les compétences de cabinets spécialisés.

Puissance autorisée

C'est un élément important qu'il ne faut pas sur ou sous-estimer. L'arrêté préfectoral ne fait que reprendre le chiffre communiqué par l'exploitant. Attention à ne pas annoncer un chiffre qui ne soit pas en relation avec les besoins réels.

Aspect visuel dans le paysage

Aspect spécifique selon l'arrêté (couleur, hauteur, positionnement...).

Autorisation de production

Tonnage annuel autorisé, horaires d'ouverture, fermeture...

CARACTÉRISTIQUES DU GISEMENT

Le choix du broyeur et de son environnement tiendra compte :

- du marché (type de granulats, segmentation en béton ou en travaux publics) ;
- de la caractéristique mécanique de la roche à concasser (Los Angeles, MDE, abrasivité, broyabilité, fragmentation dynamique).

À gauche :
Scalpeur.

À droite :
Évacuation
des matériaux
du concasseur.



DR



CHOIX DU POSTE DE CONCASSAGE

L'intégration du concasseur à mâchoires ne peut donc pas se dissocier de l'étude globale de son environnement et, en premier lieu, du plan de phasage de l'exploitation.

La fonction des postes fixes et mobiles étant identique, ils comportent les mêmes machines. Leur conception est toutefois différente. Sur les mobiles, la notion d'espace, d'encombrement et de gain de poids est un paramètre qui est pris en compte pour permettre un déplacement rapide.

Un poste mobile peut être utilisé en fixe, et il arrive qu'un poste fixe soit déplacé plus ou moins régulièrement. C'est pourquoi, on distingue en général par une notion de temps les installations fixes et mobiles : un concassage primaire se fera ainsi en "mobile" lorsque le chantier n'excède pas quelques mois et qu'il est nécessaire que ce premier concassage soit fait au plus près des zones à traiter.

Dès lors que la durée de production est supérieure à 6 mois de traitement (se référer à l'arrêté du 26 novembre 2012), une installation fixe sera privilégiée. Par contre, en cas de faible épaisseur du gisement de matériaux à traiter, l'installation fixe sera conçue pour être déplacée afin de conserver une distance au gisement équivalente mois après mois.

Les postes fixes se décomposent en deux groupes :

- les postes fixes installés pour de nombreuses années (voir des dizaines d'années). Ils nécessitent une infrastructure en génie civil importante : massifs et dalles en béton, câblage enterré, canalisations d'alimentation et d'évacuation des eaux, aire de stockage importante, pistes de circulation aménagées ;
- les postes semi-fixes (déplaçables). Ils ont peu de génie civil, une structure métallique (y compris la trémie de réception) démontable. Le soutènement est généralement réalisé par des merlons et des blocs de pierre. L'installation semi-fixe aura donc été conçue avec les points d'ancrage nécessaires à son levage et dispose aussi d'équipements (passerelles, escaliers, outils...) démontables simplement. Le

déplacement d'une installation semi-fixe se fait à l'aide de moyens externes (grues, camions, remorques...). Ce déplacement peut durer quelques jours contrairement à celui d'une installation mobile qui durera au plus quelques heures.

L'installation mobile (ou un ensemble de groupes mobiles) est donc caractérisée par son déplacement rapide sur la zone de traitement (montée simplement sur remorque à roues ou automoteurs à chenilles). Pour des raisons d'encombrement, elle dispose de moins d'accès pour les opérations d'entretien. Elle est largement utilisée sur les chantiers temporaires, en dépannage et sur les chantiers de recyclage.

TECHNOLOGIE DE L'APPAREIL

Le choix du concasseur est conditionné par la nature du matériau, l'objectif de réduction et le débit de production :

- abrasivité du matériau à traiter.

Pour un réglage récurrent, un appareil disposant d'un système à commande électrique ou électrohydraulique sans intervention manuelle sera préféré à un appareil à réglage par adjonction de cales.

- résistance à la compression du matériau à traiter.

Dans le cas d'une forte résistance, la machine doit avoir une conception adaptée ou nécessiter un concasseur à double effet.

- la taille du concasseur.

Il conviendra de considérer la bonne adéquation entre la blocométrie obtenue par l'abattage de la roche et le débit à réaliser.

RAPPEL DES POINTS TECHNIQUES ET MÉCANIQUES

Même si aujourd'hui la tendance est à l'achat d'un "ensemble clé en main", d'une machine associée à des garanties, il nous semble important que la connaissance mécanique de l'appareil continue à faire partie de notre culture.

Les principales caractéristiques à connaître sont :

- les masses des trois principaux éléments (bâti, bielle, volants) ;

- la prise réelle (en général 80 % de la profondeur d'ouverture) ;
- le diamètre de l'arbre, son excentricité, sa matière, sa vitesse de rotation ;
- le type et la marque des roulements, leur graissage ;
- la course en pied de la mâchoire mobile ;
- l'angle du volet d'articulation ;
- l'angle des mâchoires ainsi que la hauteur de la chambre de concassage ;
- le réglage mini ;
- la puissance installée ;
- la capacité à redémarrer en charge ;
- le type de moteur (rotor bobiné ou cage d'écureuil) ;
- les différents profils de mâchoires acceptés par la machine ;
- la procédure de remplacement des pièces d'usure en sécurité.

COÛTS (INVESTISSEMENTS, EXPLOITATION) D'UN CONCASSEUR À MÂCHOIRES ET DE SON ENVIRONNEMENT

Coûts d'investissement

Le coût de l'investissement est directement lié aux contraintes de l'arrêté préfectoral, au choix et à la taille des équipements, à la durée de l'exploitation et aux conditions de restitution du site.

Coût d'exploitation (production et maintenance)

Il est directement lié :

- au choix adéquat des investissements réalisés ;
- au fait d'avoir bien pris en compte la granulométrie.

Le groupe de concassage n'est qu'un des éléments entrant en compte dans le coût d'exploitation. Il faut aussi prendre en considération :

- son positionnement par rapport au site d'extraction ;
- les moyens d'approvisionnement (tombereaux, chargeuses transporteurs à bande).

Définition de l'installation (cahier des charges)

Nous ne nous le répéterons jamais assez : le bon fonctionnement n'est pas forcément dans la pièce maîtresse, le concasseur, mais dans tout ce qui gravite autour d'elle et qui contribue grandement au résultat global.

Les études de réalisation seront conduites en tenant compte des exigences de la directive machines 2006/42 CE, de l'arrêté préfectoral ainsi que des contraintes de site et des risques associés.

Lors de l'étude des différentes phases d'installation, d'exploitation et de maintenance, il convient de prendre en compte pour chaque opérateur : le poste de travail, l'accès en sécurité à ce poste, l'approvisionnement de ce poste...

PHASE DE TRAITEMENT (PRODUCTION)

Calcul des charges, structure

Le constructeur est tenu de fournir les notes de calcul des structures ainsi que les descentes de charges. Les passerelles et paliers doivent prendre en compte les

surcharges pendant les phases de traitement (production) et de maintenance.

Dans tous les cas, les installations évoluant dans le temps, les structures seront largement dimensionnées afin de supporter d'éventuelles modifications et adjonctions de matériels.

En termes de conception, on favorisera des charpentes aérées minimisant le nombre de profilés. Un calcul spécifique pour le supportage du bras hydraulique sera effectué.

Si le dépoussiérage est traité par un système d'aspiration centralisé, on aura pris soin de tracer le passage des tuyauteries dont le diamètre est souvent très encombrant.

Accès permanents et circulation du personnel

Les accès permanents et les passerelles sont destinés aux phases de contrôle, de réglage, d'entretien et de maintenance. L'installation de capteurs et de caméras réduit le besoin de circulation en phase de traitement (production).

Les passerelles seront donc définies en fonction des nécessités d'intervention pour la maintenance et en respect des normes en vigueur. Elles doivent permettre le déplacement aisé des opérateurs munis de leur outillage, leur cheminement à travers l'installation doit être étudié avec attention. Les revêtements de planchers devront faciliter le nettoyage et devront tenir compte des surcharges d'exploitation (débordement de produits) et du poids de composants lors de leur remplacement.

Une attention toute particulière sera apportée aux équipements de levage, à leur capacité, à leur zone de couverture et à leur moyen de commande.

Chute et projection des matériaux

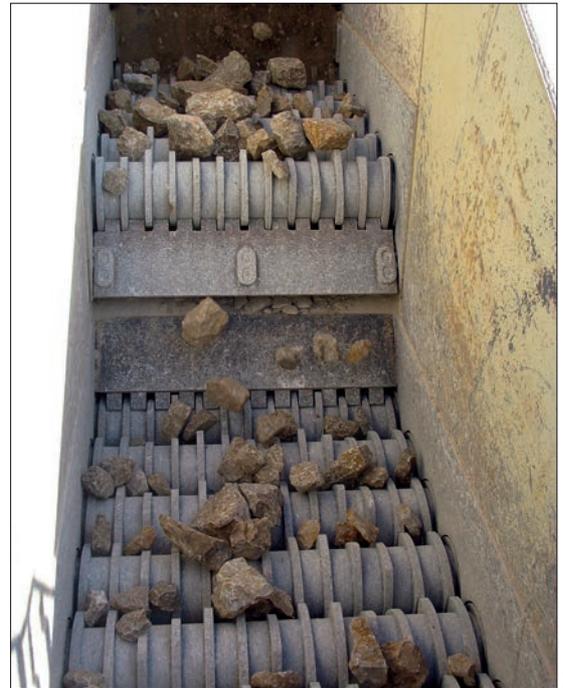
Un soin particulier doit être apporté à toutes les liaisons appareils/tôleries, dans le but de bien canaliser le flux et interdire toute chute ou projection. Ce qui implique la mise en place de :

- rideaux de chaînes en sortie de trémie, d'alimentateur ou de scalpeur ;
- zones de passage piéton matérialisées avec le plan de circulation du site ;
- tôleries de guidage avec rehausses sur scalpeur ;
- le dimensionnement du gueulard ;
- une protection sur la goulotte d'alimentation du broyeur.

Groupe de concassage

Trémie d'alimentation

La rampe d'accès à la trémie doit permettre une approche aisée du tombereau, et l'aire d'évolution doit être suffisante pour manœuvrer dans de bonnes conditions. Le recul du tombereau doit se faire sur une pente montante vers la trémie qui sera équipée d'un butoir dont la hauteur sera à adapter à la taille des roues et à la charge des tombereaux. Prendre en compte le démarrage du tombereau, benne levée, pour éviter tout contact entre la benne et le butoir. On évi-



tera de reporter les efforts subits par le butoir vers la structure du poste primaire.

En vue d'une reprise ultérieure par une chargeuse, une aire de préstockage peut être envisagée à proximité de la trémie pour limiter le temps d'attente des tombereaux.

La trémie d'alimentation sera correctement dimensionnée (minimum 1,5 fois la capacité du plus gros tombereau).

Un rideau de retenue en sortie de trémie permettra de limiter les projections lors du bennage et participera aussi à la régulation d'alimentation.

La trémie pourra recevoir un blindage caoutchouc ou une couverture si des contraintes environnementales l'imposent.

À ce niveau de l'installation, un système de pulvérisation d'eau limitera les envolées de poussières.

Alimentateur et scalpeur adaptés au tout-venant

Quel que soit le type d'appareil, sa largeur devra être correctement adaptée à l'ouverture du concasseur.

Toujours en fonction de la qualité du gisement, du cas d'application, l'exploitant choisira la solution qui répond le mieux à son besoin.

- alimentateur/scalpeur : elle est la solution économique qui allie les deux fonctions et ceci pour des matériaux conventionnels ;
- alimentateur et scalpeur séparé : c'est la solution usuelle pour une bonne efficacité (débit, qualité, usure...) ;
- alimentateur vibrant, alimentateur à tiroir ou alimentateur à tablier métallique ;
- scalpeur vibrant ou scalpeur à disques.

Concasseur à mâchoires

- Adaptation correcte à la blocométrie des tirs (taille moyenne maximale de 80 % de la profondeur d'ouverture).

- Conception et positionnement du gueulard (pente d'entrée, trajectoire des matériaux).

- Réglage de l'ouverture des mâchoires : un système hydraulique facilitera un réglage hebdomadaire (fréquence en fonction de la dureté et de l'abrasivité des produits) et permettra également de favoriser le redémarrage en charge par un écartement rapide des mâchoires.

- Redémarrage en charge : un moteur à rotor bobiné sera préférable à un système moteur à rotor à cage d'écureuil associé à un démarreur électronique.

- Après avoir défini le type et la taille du concasseur sur les aspects mécaniques et performances, on ne manquera pas de se pencher sur les points qui conditionnent la maintenance :

- dimensionnement et démontage du gueulard ;
- mode de remplacement des pièces de broyage, leur masse ;
- mode de remplacement des blindages, leur masse ;
- mode d'extraction de l'appareil en cas de démontage complet ;
- mode de démontage de certains éléments pour les accès liés à la maintenance ;
- mode de graissage ou de lubrification ;
- emplacement, conception, dimension d'éventuelles trappes de visite ;
- conception des carters et du mode de contrôle des courroies.

Bras hydraulique

Cet équipement est un prérequis incontournable pour réaliser les débouffrages en toute sécurité. Il remplace les systèmes à crochets, dents de pelles... qui sont aujourd'hui à proscrire complètement.

Il contribue également au rendement de l'installation en limitant les temps d'arrêt. Sa fonction est le débouffrage du concasseur en cas de passage de gros éléments ou de problème de voûtes.



DR



DR

Sa zone d'intervention est la chambre de concassage et le scalpeur.

Une attention particulière sera apportée à la zone d'évolution du bras hydraulique ainsi qu'à la position de commande de l'opérateur. Il y a un risque de projection de matériau si l'opérateur est trop près de la chambre de concassage. Une bonne solution est l'utilisation d'une télécommande avec caméra à partir de la salle de commande.

Deux possibilités d'implantation sont envisageables :

- sur un support en dehors des structures (aucun risque de vibration) ;
- rattaché à la trémie d'alimentation ou aux charpentes voisines (attention aux vibrations).

Position des équipements associés

- Armoire électrique.
- Centrale hydraulique.
- Centrale de graissage automatique.
- Bras support de sondes.
- Éclairage, y compris éclairage de secours.
- Zone de rangements des plaques de réglage.

Automatisme de commande et de surveillance (organes de sécurité, capteurs et actionneurs)

Sauf matériau difficile ou contraintes particulières, les postes primaires sont aujourd'hui automatisés et ne nécessitent pas la présence d'opérateur. La surveillance est généralement assurée par le pilote d'installation et les conducteurs de tombereaux.

L'autorisation de bennage des tombereaux est régulée par un système de feux rouge et vert commandés par une sonde de niveau sans contact située au-dessus de la trémie. Cette sonde sert également à assurer un niveau minimum de matériaux afin de protéger l'alimentateur. Les informations de marche sont reportées sur la supervision générale de l'installation, et des caméras contrôlent à distance le fonctionnement global du poste.

Des sondes de niveau, des capteurs d'intensité et des mesures de débit régulent le flux des matériaux.

Un contrôle automatique de granulométrie installé sur le convoyeur d'évacuation pourra parfaire l'ensemble.

Le concasseur pourra être équipé de sondes de température montées au niveau des roulements.

Évacuation des matériaux sous le concasseur

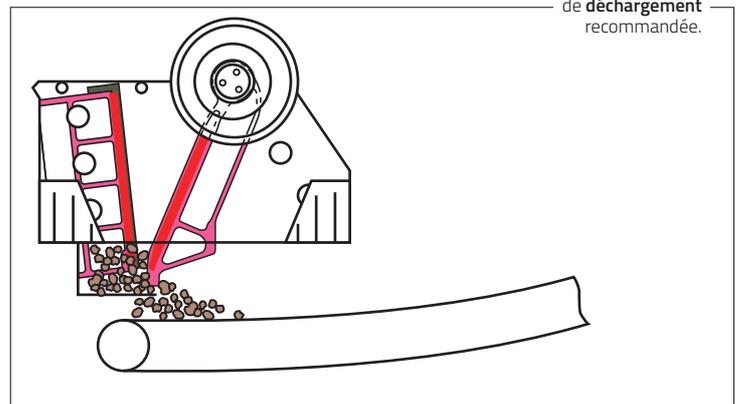
Des goulottes correctement dimensionnées, bien orientées (utilisation de caisses à pierres) et disposant de trappes de visite, faciliteront les interventions de nettoyage et de maintenance.

Prévoir la réalisation d'une étanchéité efficace à la chute des matériaux, en sortie de concasseur.

Préconiser un alimentateur extracteur vibrant pour protéger la bande transporteuse.

Dimensionner le transporteur d'évacuation avec une largeur en correspondance avec l'ouverture du concasseur. En général, on prend comme valeur minimale la profondeur de l'ouverture d'alimentation du concasseur (le deuxième chiffre de la dénomination du concasseur). Ainsi, pour un concasseur 1 200 x 1 000 mm, on installera un convoyeur de sortie d'une largeur minimale de 1 000 mm.

Disposition de **déchargement** recommandée.



DR



À gauche :
Abattage des poussières
du déchargement
des matériaux
dans la trémie
primaire.

À droite :
**Confinement
des poussières**
en sortie
de concasseur

Traitement des poussières

Il doit se faire au plus près possible du lieu d'émission. Les différentes techniques (voie humide et voie sèche) peuvent être complémentaires :

- abattage des poussières au déchargement des tombereaux dans la trémie primaire (plutôt en voie humide) ;
- abattage des poussières au niveau du gueulard (plutôt en voie humide) ;
- confinement de la goulotte de sortie du concasseur, du transporteur sous le concasseur et mise en dépression par un débit d'air de l'ordre de 2 500 à 3 000 m³/h par mètre de largeur de transporteur avec, au minimum, des vitesses d'air dans les surfaces ouvertes du confinement supérieures à 1 m/s, et traitement des poussières par voie sèche.

Réduction du niveau sonore

Dans la phase d'étude, il est important de prendre en considération le flux des matériaux et leurs impacts sur les goulottes qui sont les principales sources de bruit :

- installation de bardage ;
- et caoutchoutage de la benne des tombereaux et de la trémie primaire.

Réduction des vibrations

Comme nous l'avons signalé précédemment (choix de conception de l'installation), l'étude devra tenir compte des risques de propagation des vibrations. Des absorbeurs de vibration disposés entre le concasseur, les machines vibrantes et leurs supports permettront également d'améliorer l'isolement et l'absorption de ces vibrations.

Espace d'intervention pour le contrôle du concasseur et de ses équipements pendant l'exploitation

- Groupe de commande.
- Graissage de l'appareil.
- Alimentation du concasseur.



- Goulotte sous concasseur.
- Évacuation des produits concassés.
- Contrôle de la granulométrie de sortie et réglage de l'appareil.
- Remplacement des pièces de broyage.

Cas de pannes

- Passer l'installation en mode arrêt de sécurité (consignations).
- Recherche et diagnostic de la panne.
- Analyse de la panne.
- Organisation et planification des réparations.

PHASE DE MAINTENANCE

La sécurité des opérations de maintenance est liée à 3 facteurs

- La conception du matériel et la configuration de l'espace qui l'entoure (conception permettant d'intervenir en toute sécurité, disposition permettant une accessibilité sécurisée du personnel et une approche aisée des pièces de rechange) ;
- La formation du personnel (connaissance de la machine, utilisation de l'outillage nécessaire et adapté) ;
- L'organisation de l'entreprise (les interventions planifiées de maintenance préventive sont réalisées avec moins de contrainte de temps que les interventions de maintenance correctives qui ne sont pas planifiées par définition).

NIVEAU DE MAINTENANCE

En référence à la norme FDX 60 000, les opérations de maintenance sur les concasseurs à mâchoires et leurs équipements peuvent être classées en 4 niveaux.

- Premier niveau : elles concernent les opérations de maintenance simples effectuées sur l'ensemble du groupe de concassage. Ces tâches sont caractérisées par une détection aisée des défaillances, des dégradations et un ajustement ou un remplacement simple, sans démontage des éléments avoisinants (surveillance et contrôle visuel, réglages, remplacements de consommables, graissages...). Elles seront généralement effectuées (après formation) par les opérateurs responsables, à ce poste, de la production.
- Deuxième niveau : elles concernent les opérations de maintenance réalisées sur site, tel que le remplacement de composants ou de sous-ensembles, le remplacement des pièces d'usure nécessitant des moyens de manutention et de levage (tôles d'usure, mâchoires mobiles et fixes...). Ces opérations seront effectuées par des équipes spécialisées de l'utilisateur, du constructeur ou de sociétés extérieures.
- Troisième niveau : elles concernent les contrôles intrusifs, les visites et examens des parties internes d'un matériel et les opérations de maintenance majeures réalisées sur site et qui ne peuvent être effectuées que par des équipes spécialisées soit de l'utilisateur, du constructeur ou de sociétés extérieures. Elles s'appliquent en particulier aux ensembles remplaçables (volets, grains de butée, bagues...).
- Quatrième niveau : elles concernent les opérations de maintenance et de remise en conformité ne pouvant être effectuées que dans des ateliers (généralement chez le constructeur) possédant les équipements adaptés (roulements de bielle...) [2].

Tout sera mis en œuvre pour favoriser, simplifier et minimiser les opérations de maintenance.

La rédaction des procédures de maintenance est un élément essentiel. Même si les notices techniques des constructeurs et des intégrateurs évoluent favorablement, il conviendra pour chaque opération de se remettre dans les conditions particulières de l'installation.

Les procédures reprendront les informations des notices techniques des constructeurs et des intégrateurs, mais tiendront compte notamment des moyens d'accès, de levage et autres particularités de la zone d'intervention.

Si la conception commence par le plan, la maintenance commence par la consignation de la zone concernée et par un mode arrêt programmé permettant purge et vidange des appareils.

Certains aménagements, comme la mise en place de panneaux métalliques, éviteront la chute de matériaux impossibles à évacuer de manière naturelle.

Une barrière, en avant de la trémie d'alimentation, interdira clairement le déversement de matériaux.

Au-delà des opérations de graissage, tension des courroies et vérification de certaines fixations, ce sont le remplacement des mâchoires, des blindages latéraux, du volet d'articulation ainsi que le réglage de l'appareil par adjonction de cales qui nécessitent le maximum de vigilance sur un concasseur à mâchoires.



DR

Mode d'arrêt de l'installation (purge des matériaux)

- Vidange complète de la trémie en forçant la sonde de niveau bas mini.
- Mise en place d'une barrière articulée bien visible et cadenassable interdisant l'accès des tombereaux à la trémie.

Consignations des énergies (potentielle, électrique, hydraulique et pneumatique) en amont et aval du concasseur

Potentielle ou gravitaire

- Installation d'une guillotine en sortie de trémie.
- Mise en place de repères visuels pour vérifier la position bielle en point bas.

Attention ! Normalement, la position naturelle et stable de la bielle du concasseur à l'arrêt est au point mort bas. Toutefois, avant toute intervention, il est impératif de vérifier qu'elle se trouve bien dans cette position.

Électrique

Il est souhaitable de pouvoir faire une consignation "arrêt" globale de toute la zone incluant tous les éléments en amont et en aval de la machine, à l'exception des éléments d'aide à la maintenance (palans, éclairage, prises de courant). Cette configuration doit être prévue lors de la conception.

Il y a deux types de consignation :

- pour les travaux d'ordre non électrique (remplacement d'une courroie) ;
- pour les travaux d'ordre électrique (remplacement d'un moteur).

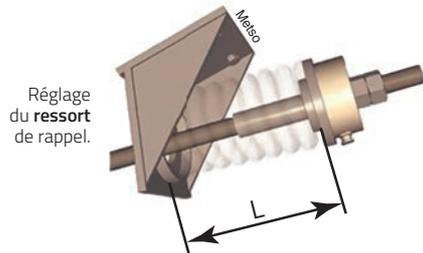
Hydraulique et pneumatique

L'idéal est que par conception, lors d'une consignation arrêt, il ne puisse y avoir de pression résiduelle dans l'ensemble des circuits. Par exemple : système d'électrovannes avec purge automatique couplé avec le sectionneur de puissance de la zone. Sinon, il est impératif d'installer des vannes manuelles à 3 voies cadenassables avec purge automatique.

Barrière articulée interdisant l'accès à la trémie.



Réglage manuel par coin du concasseur à mâchoires.



Réglage du volet automatique.



Intervention sur site

Premier niveau

- Contrôle journalier.
- Graissage (hors graissage automatisé).
- Petites interventions au niveau du poste (bavettes, remplacement d'ampoules...).

Deuxième niveau

Intervention réalisée par des professionnels expérimentés ayant reçu une formation et bien au fait des risques encourus. Le deuxième niveau nécessite une consignation, des équipements de manutention, du matériel adapté et des moyens d'accès amovibles, etc. Exemple : réglage du volet, remplacement des pièces d'usure, des courroies...

- Réglage du volet : manuel (barre de tension avec ressort de rappel...). Obligation d'un protecteur dans la trajectoire du ressort et de la tige de rappel qui ne seront démontés que lorsque la tension par système vis écrou sera supprimée.

Le système de réglage manuel par coin est plus rapide et plus sécurisé que les anciens systèmes de réglage par cale.

Le réglage du ressort de rappel : quel que soit le réglage du concasseur, le ressort doit garder la même longueur.

- Réglage du volet : automatique. Suivre la procédure du constructeur pour libérer la pression dans les vérins de rappel

Le système de réglage hydraulique par coin permet de modifier les réglages en quelques secondes même lorsque le concasseur est au ralenti.

- Remplacement des pièces de broyage (mâchoires) et blindages latéraux

Mesures de prévention lors du remplacement des mâchoires et des pièces d'usure. Si les concasseurs de petite taille sont relativement faciles d'accès, il n'en est pas de même pour les appareils à partir de 1 000 x 800. En effet, à partir de cette taille, les hauteurs de mâchoires sont conséquentes et intervenir dans une zone exiguë n'est pas sans risque. Retirer les fixations boulonnées des plaques de concassage, fixer les outils d'accrochage et d'élingage demande aux opérateurs de nombreux aller-retour dans la chambre de concassage et nécessite une attention particulière en matière de procédure.

- Dépose et mise en place des pièces d'usure.



DR



DR

Outil de levage des mâchoires (à gauche) et intervention entre les mâchoires.

- Les risques :
 - chute de hauteur, écrasement des intervenants...
 - chutes des mâchoires ;
 - chutes de pièces d'usure périphériques ;
 - chute du volet d'articulation.
- Les mesures de prévention :
 - respect des dispositions contenues dans la notice d'instruction rédigée par le constructeur et accompagnant chaque appareil ;
 - formation des opérateurs ;
 - les postes des opérateurs et les accès aux points d'intervention sont définis, sécurisés et totalement libres ;
 - la plateforme de travail, avec accès au niveau du gueulard, est bien en place ;
 - les accès aux points d'attache et de décrochage des élingues sont prévus (postes stables et protégés) ;
 - les principales masses à déplacer sont identifiées, leurs acheminements définis ;
 - les équipements et les accessoires de levage des mâchoires (fourniture constructeur), l'outillage (nécessaire et adapté) sont prêts ;
 - pour la désolidarisation des éléments du bâti, l'opérateur se trouvant entre les mâchoires doit être sur un plan de travail stable (genre caillebotis ou plateforme) ;
 - la procédure de fixation des éléments au bâti du concasseur est précisée (exemple : méthode de passage des boulons de fixation à travers les plaques de blindage et leurs supports, l'espace entre mâchoires fixe et mobile étant restreint).
- Groupe de commande
 - Tension des courroies ;
 - carter de protection des poulies et du balourd.

Troisième niveau (grosses réparations)

Intervention réalisée par des spécialistes. Ce troisième niveau nécessite une consignation du matériel adapté, des moyens d'accès et selon le cas des équipements de manutention.

- démontage des volants ;
- démontage de la bielle.

La procédure de maintenance pour les opérations lourdes doit être à la disposition des intervenants.

Quatrième niveau

Le quatrième niveau est réalisé en atelier. Il n'est pas traité dans ce document.

Aide à la maintenance

- Notice d'instructions et conditions d'utilisation

Le fabricant ou le concepteur doit fournir des informations détaillées, rassemblées dans une notice d'instruction rédigée en français, précisant les conditions d'utilisation et les limites d'emploi (cf. annexe I définissant les règles techniques prévues par l'article R. 4312-1 du Code du travail). Ce document essentiel à la mise sur le marché fournit les informations nécessaires à l'installation, à la mise en service, à l'utilisation, et à toutes les opérations de réglage et de maintenance. Ces instructions doivent être réalistes, en tenant compte du contexte d'emploi et de ses contraintes, ainsi que des situations anormales prévisibles. Lorsque des risques résiduels subsistent, le fabricant doit en avertir l'utilisateur de façon explicite. Il doit apposer les avertissements appropriés sur la machine, il peut notamment utiliser des pictogrammes compréhensibles par tous. Le cas échéant, il indique dans la notice d'instruction quels EPI sont nécessaires. Ces informations doivent permettre à l'utilisateur de bien connaître les risques présentés par l'équipement de travail et ainsi l'aider à mettre en œuvre des mesures de prévention adaptées, quelles que soient les opérations à effectuer.

Références CE et normatives

- Directive machines 2006/42/CE et guide d'application (deuxième édition de juin 2010) ;
- NF EN 12100 "Sécurité des machines – principes généraux de conception – appréciation et réduction du risque" ;
- FD X 60 000 ; maintenance industrielle – fonction maintenance ;
- NF EN 13306 Maintenance - terminologie de la maintenance.

Les protecteurs devront être conçus et réalisés conformément aux exigences normatives/réglementaires suivantes :

- RGIE (règlement général des industries extractives). Titre équipement de travail ;
- Normes :
 - NF EN 953 protecteurs ;
 - NF EN ISO 13857 Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses ;
 - NF EN 1088 Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs ;
 - NF EN 349 Écartements minimaux pour prévenir les risques d'écrasement de parties du corps humain.

Les installations électriques devront être conçues et réalisées conformément aux exigences normatives/ réglementaires suivantes :

- Directives européennes :
 - Directive n° 2006/95/CE concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension dite directive "basse tension" ;
 - Directive n° 2004/108/CE relative au rapprochement des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique ;
 - Directive machines n° 2006/42/ CE relative aux machines.
- Lois et règlements :
 - RGIE titre électricité ;
 - Code du travail, articles R.4215-1 à R. 4215-17 conception et réalisation des installations électriques ;
- Normes :
 - NF C15-100 installations électriques à basse tension ;
 - NF C 13-100 postes de livraison ;
 - NF C13-200 installations électriques à haute tension ;
 - NF EN 61140 protection contre les chocs électriques ;
 - NF EN 60529 degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP) ;
 - NF EN 1037 prévention de la mise en marche intempestive ;
 - NF EN 60204-1 équipement électrique des machines – sécurité ;
 - NF EN ISO 13850 arrêt d'urgence ;
 - NF EN 981 signaux auditifs et visuels de dangers et d'information.

Les moyens d'accès et plateformes de travail devront être conçus et réalisés conformément aux exigences normatives/réglementaires suivantes :

- Directive : directive n° 2006/42/CE relative aux machines ;
- Lois et règlements :
 - RGIE Titre Travail et circulation en hauteur ;
 - Code du travail, articles R. 4321-1 à R. 4321-53 : utilisation des équipements de travail et des moyens de protection ;
- Normes
 - Pour les machines, les caractéristiques des moyens d'accès et plates-formes de travail sont définies dans la série de normes NF ISO 14122 parties 1 et 4 ;
 - Pour les équipements fixes (bâtiment, locaux techniques), les normes suivantes peuvent être prises en référence : NF E 85-013, NF E 85-014, NF E 85-015, NF E 85-016. ■

Bibliographie

[1] Préparation mécanique et concentration des minerais par flottation et sur liqueurs denses Horace HAVRE 1952 – La valorisation des minerais Pierre Bazy 1970 ; Les techniques de l'industrie minières n° 4 1999.

[2] Documents de l'INRS et du groupe matériel de la Sim.