

Gestion De Rendement Des Equipements Miniers

Ilunga Yano Yannick, Université de Kolwezi

RÉSUMÉ

Certains pratiquants classifient les délais au cours des opérations dans la classes de temps d'attente, d'autres parlent des temps de changements de poste en terme de standby. Dans cet article nous définissons de manière pratique tous les termes entrant en ligne de compte dans la détermination de la disponibilité, de l'utilisation, du fonctionnement et de l'efficacité des équipements miniers. Nous donnons aussi une méthode très simple d'enregistrement des données nécessaires à leurs déterminations. Nous donnons une brève méthode de traitement accessible à tous et disponible sans trop de peine à tous les pratiquants de l'industrie minière pour la détermination des différents taux nécessaire à la gestion des machines minières.

Mots clés : Disponibilité, Utilisation, fonctionnement, efficacité, maintenance, Taux.

INTRODUCTION

La disponibilité et l'utilisation des engins miniers diffèrent d'un pratiquant à un autre, d'un auteur à un autre, d'un fournisseur à un autre, ainsi que d'un ingénieur à un autre. Vorne définit le temps disponible comme étant le temps planifié de production moins les temps d'arrêt (Vorne, 2018). Il définit les temps d'arrêt comme étant tous les temps durant lesquels l'équipement est supposé fonctionner mais ne l'est pas suite aux arrêts non planifiées (par exemple les pannes) et aux arrêts planifiés (par exemple les changements de poste). Ce qui n'est pas du tout le cas avec Hustrulid, Kutcha, and Martin qui catégorisent les changement des postes dans les temps disponibles, sous les temps de travail et dans la catégorie temps d'attente (Hustrulid, Kutcha, & Martin, 2013)

Dans les lignes qui suivent, nous donnons des définitions que nous prendrons en considération dans cet article. Ces définitions servent à diminuer les confusions qui peuvent exister en prenant en compte plusieurs ouvrages et pratiques dans l'industrie minière.

Définitions

Termes	Définition
Temps totaux	Le total des heures disponibles et des heures d'arrêts. Ceci est égal aux heures programmées pour les opérations.
Temps de disponibilité	C'est le temps durant lequel la machine est capable d'exécuter sa fonction spécifiée. C'est l'ensemble des heures de travail et des heures de veille.
Temps de travail	Heures durant lesquelles un opérateur ou une équipe est affecté sur l'équipement en condition de travail. Il est exprimé en heure et non en termes de service relevé de compteur. Les heures de travail incluent toutes les heures de retard de fonctionnement.
Temps de pause	Cet intervalle de temps de travail durant lequel l'équipement pourrait faire des cycles.
Temps d'efficacité	La partie du temps de fonctionnement que la machine est en mode de production. Pour une pelle, cela comprendrait le temps passé dans la fouille, le levage et le balancement, le déversement, et des actions de retour et de rabaissement.
Temps de retards de fonctionnement	Ce temps comprendrait des retards tels que <ul style="list-style-type: none"> ● temps de déplacement court ● entretien quotidien, carburant, lubrification ● temps d'attente dans le cycle de fonctionnement ● temps perdu en raison des conditions météorologiques
Temps de veille	Temps pendant lequel une machine opérationnelle n'est pas utilisée en raison des conditions météorologiques, de l'horaire de travail, des déplacements longs, etc.
Temps de long déplacement	Temps pendant lequel la machine est opérationnelle mais programmée pour de longs déplacements
Temps non programmés	Portion du nombre total d'heures pendant lesquelles la machine opérationnelle n'est pas programmée pour fonctionner.
Temps d'arrêt	Temps pendant lequel une machine ne peut pas exécuter sa fonction spécifiée. Il comprend les heures de maintenance, les heures de retard d'approvisionnement et les heures administratives.
Temps de maintenance	Temps nécessaire pour la maintenance préventive et corrective
Temps de retards de fourniture	Temps durant lequel les travaux de maintenance ne sont pas possible due au manque de disponibilité immédiate des pièces de rechange et du matériel nécessaire à l'exécution de la maintenance
Temps administratif	L'ensemble des arrêts moins le temps de maintenance et les retards de fourniture. Le temps administratif représente le temps nécessaire pour reporter une panne, de donner les directions à la maintenance, etc.
Temps de maintenance supplémentaire	Les heures de maintenance supplémentaires représentent la maintenance effectuée pendant les heures où la machine n'aurait pas été programmée pour fonctionner. Pour une journée de travail

	programmée sur une machine, cela décrirait la maintenance effectuée sur une autre équipe.
Temps de maintenance quotidienne	Temps nécessaire pour effectuer la maintenance quotidienne. Il est inclus dans les heures de travail. Selon la définition stricte du domaine de l'ingénierie de la fiabilité, les heures de maintenance quotidiennes devraient être incluses dans les heures de maintenance. Ici, cependant, il est inclus dans les heures de travail en tenant compte des pratiques courantes dans l'industrie minière.
Temps moyen entre les pannes (TMEP)	Valeur moyenne du temps de fonctionnement entre les défaillances successives d'un produit, d'un appareil, d'un composant ou d'une pièce.
Temps moyen de réparation (TMDR)	Durée moyenne nécessaire pour réparer une panne. Il ne comprend pas les heures de délai d'approvisionnement ou les heures administratives, car il suppose que la réparation est effectuée dans un environnement de support idéal.

Organigramme de distribution de temps

La figure 1 montre la distribution de temps total. C'est une série de nœuds desquels le temps est divisé en flots productif et non-productif d'un point de vue production.

Le rapport entre le flot productif sortant d'un nœud et le flot total entrant dans un nœud est le ratio d'efficacité du nœud ou ratio d'efficacité, nous pouvons également l'appeler le taux d'efficacité du nœud.

Nœud 1 : Taux de disponibilité

Équation 1. Disponibilité

$$\text{taux de disponibilité} = TD = \frac{\text{Temps disponibles}}{\text{Temps totaux}}$$

C'est le rapport entre les temps productifs découlant du temps total auquel les arrêts sont enlevés. Pratiquement, c'est le temps durant lequel la machine est à la disposition du département de production.

Nœud 1* : Taux de disponibilité mécanique

Équation 2. Disponibilité mécanique

$$\text{Taux de disponibilité mécanique} = TDM = \frac{\text{Temps de marche}}{\text{Temps de marche} + \text{Temps d'arrêt}}$$

Pratiquement, ce taux représente la disponibilité d'un point de vue du département de maintenance. Les temps d'attente sont enlevés du temps disponible.

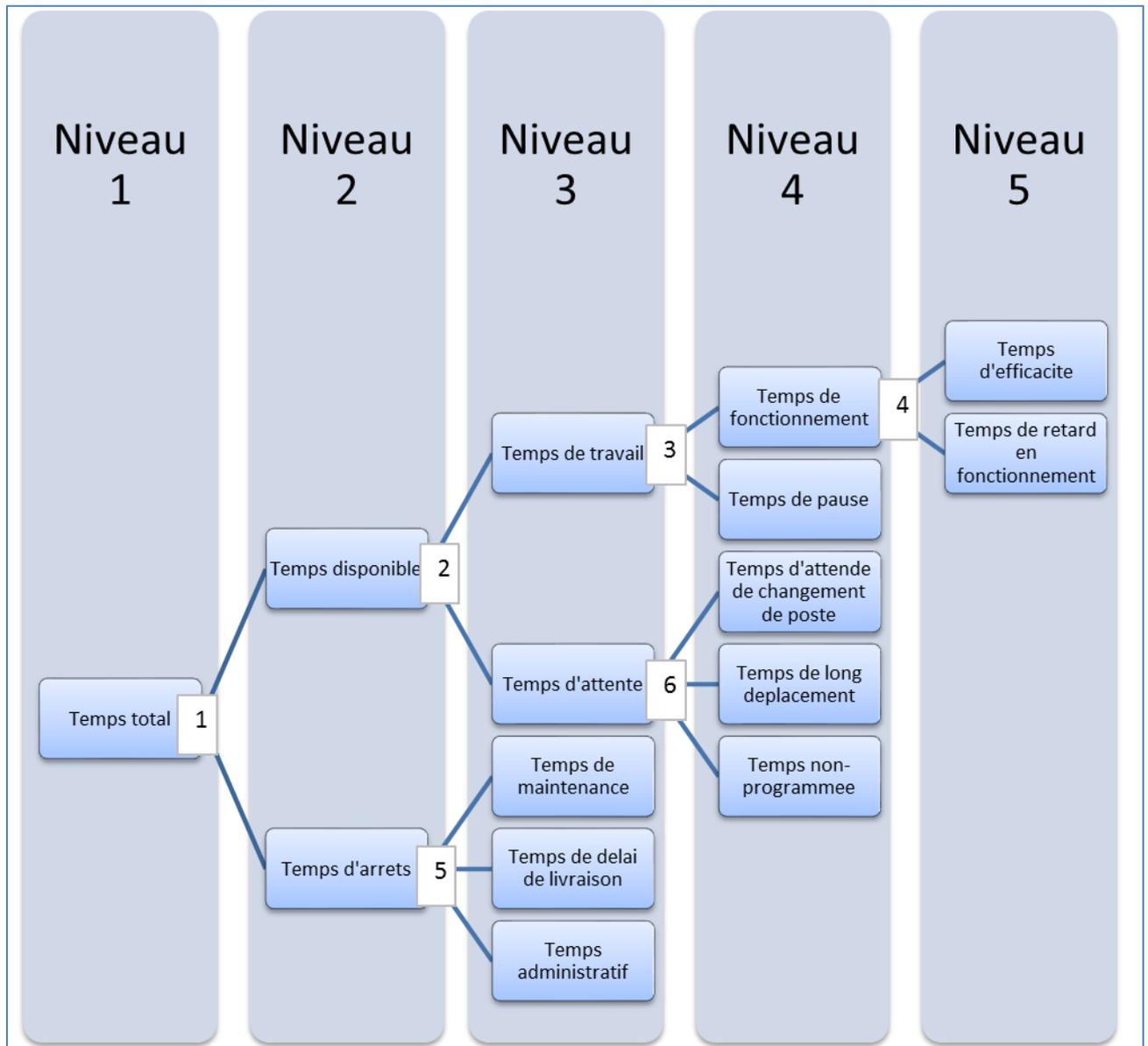
Nœud 2 : Taux d'utilisation

Équation 3. Utilisation

$$\text{Taux d'utilisation} = TU = \frac{\text{Temps de marche}}{\text{Temps disponibles}}$$

Pratiquement, ce taux donne une valeur du temps productif découlant de la disponibilité à laquelle les attentes sont extraites.

Figure 1. Distribution du temps total



Nœud 3 : Taux de fonctionnement ou efficacité de marche

Équation 4. Efficacité de marche

$$\text{Taux de fonctionnement} = TF = \frac{\text{Temps d'operations}}{\text{Temps de marche}}$$

Le temps de travail dispose des pauses réglementaires, tel que pour le déjeuner, le souper, etc.

Nœud 4 : Taux d'efficacité ou efficacité de travail

Équation 5. Efficacité de travail

$$\text{Taux d'efficacite} = TE = \frac{\text{Temps efficaces}}{\text{Temps d'opération}}$$

Durant les cycles des opérations, les attentes suite à des mauvaises dispositions sont inévitables. C'est le cas lorsque une pelle a plusieurs bennes qui lui sont affectées au de la saturation. La pelle n'aura pas de retard de fonctionnement, mais les bennes si.

Nœud 5: Taux de maintenance

Équation 6. Efficacité de la maintenance

$$\text{Taux de maintenance} = TM = \frac{\text{Temps de maintenance}}{\text{Temps d'arrêts}}$$

Pour avoir une valeur du taux de rendement absolu, il faut multiplie les différents taux :

Rendement absolu des machines minières

Équation 7. Taux de rendement absolu

$$\text{Taux de rendement Absolu} = TRA = TD * TU * TF * TE$$

SOURCES D'INFORMATION POUR LES CALCULS

Dans la pratique, nous disposons de plusieurs sources pour la collecte des informations sur les performances des opérations et de la maintenance : le compteur dans la cabine de l'opérateur, la fiche de travail de l'opérateur, et les enregistrements du dispatch, les enregistrements automatiques des fournisseurs tel que VIMS de Caterpillar, etc.

Weibull.com (2018) propose plusieurs sources dépendant du type de disponibilité recherchée, en parlant de la disponibilité opérationnelle qui la mesure de la moyenne de disponibilité réelle durant une période de temps incluant toutes les sources rencontrées d'arrêts comme les arrêts administrés, les arrêts de logistiques, etc. (Équation 1).

Bien que plusieurs outils informatiques rendent faciles le traitement des informations, tel est le cas avec VIMS chez Caterpillar, les fiches de travail s'avère d'une importance capitale et sont les sources les plus fiables à un cout extrêmement faible.

Voici une description des deux premières sources d'information :

1. **Le compteur dans la cabine de l'opérateur** : Il est un outil indispensable dans la gestion de temps de travail des engins miniers. Il n'est pas cependant trop fiable puisqu'il ne donne pas les détails sur les différentes étapes dans les opérations. Il donne juste la différence de temps entre le démarrage en début de poste de travail, et l'arrêt en fin de poste de travail. Les différents retards sur le lieu de travail, les pannes ne nécessitant pas l'arrêt du moteur, les temps de long déplacement, etc. ne peuvent être enregistrées au compteur de temps de la machine.

De ce fait, le compteur de temps ne sert qu'à donner le temps de marche du moteur, pas le temps de travail de la machine. Et nous déconseillons d'utiliser les enregistrements provenant du compteur de temps des machines minières pour la gestion des performances des engins miniers. Il peut arriver que des utilisateurs, et surtout des contracteurs sachant que le paiement des factures se fait sur base des heures prises des compteurs utilisent leurs équipements sans arrêts du moteur de leurs machines. Ce qui donne des valeurs erronées comme référence de tarification.

2. **La fiche de travail de l'opérateur** : Du fait que le compteur de temps des machines minières ne sont pas fiables pour la gestion, les opérateurs d'engins miniers doivent être équipés d'une fiche de travail qui détaille les différents mouvements des machines. Du début de poste jusqu'à l'arrêt de la machine en fin de poste, tous les mouvements doivent être enregistrés. Le superviseur doit vérifier au courant du poste et à la fin du poste les enregistrements sur les fiches de travail des opérateurs. Les enregistrements sont du type :



FICHE DE TRAVAIL

Entreprise : Heure de fin de Travail :
 Date : Index du Compteur d'heure au départ :
 Poste : Index du Compteur d'heure à la fin :
 Type de machine : Kilomètre de départ :
 Préfixe et Numéro de la Machine : Kilomètre de fin :
 Affectation : Détails de travail :
 Heure de début de travail : Index Compteur A ... H ...
 Ravitaillement en carburant : litres

...

N	De	A	Temps	Détails
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
Total				

Détails des opérations :

N	Type	Nombre
1		
2		
4		
5		
Total		

Autres Commentaires :

.....
.....

Prénom, Nom, Post nom de l'opérateur :

Signature de l'opérateur :

Prénom, Nom, Post nom du Superviseur :

Signature du superviseur :



N	Engin de Chargement	Temps au Chargement	Matériel
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			

35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
	Total		

TRAITEMENTS DES INFORMATIONS

Toutes les fiches de travail sont déposées au centre de traitement qui peut être le département de statistique du dispatche. À chaque temps enregistré sur la fiche on attribue un code comme suit :

N	Temps	Code
1		10000
2	Temps disponible	11000
3	Temps d'arrêts	12000
4	Temps de travail	11100
5	Temps d'attente	11200
6	Temps de maintenance	12100
7	Temps de délai de livraison	12200
8	Temps administratif	12300
9	Temps de fonctionnement	11110
10	Temps de pause	11120
11	Temps de changement de poste	11210
12	Temps de long déplacement	11220
13	Temps non-programmée	11230
14	Temps d'efficacité	11111
15	Temps de retard en fonctionnement	11112

FICHE DE TRAVAIL (complétée par un opérateur)

 Entreprise : **GBO**

 Date : **25/08/2018**

 Poste : **1**

 Type de machine : **Arroseuse**

 Préfixe et Numéro de la Machine : **WB 01**

 Affectation : **Nyoka Pit**

 Heure de début de travail : **07 :00**

 Heure de fin de Travail : **19 :00**

 Index du Compteur d'heure au départ : **1020**

 Index du Compteur d'heure à la fin : **1022**

 Kilomètre de départ : **324**

 Kilomètre de fin : **350**

 Détails de travail : **Arrosage des pistes**

Ravitaillement en carburant : 225 litres

Index Compteur ...1017... À 10 H 22...

N	De	A	Temps	Détails	Code
1	07 :00	07 :30	00 :30	Réunion de sécurité	11200
2	07 :30	07 :45	00 : 15	Prise en charge	11120
3	12 :00	13 :00	01 : 00	Pause	11120
4	14 :05	14 :25	00 : 20	Panne : Frein de service	12100
5	16 :00	17 :00	01 : 00	Minage	11120
6					
7					
Total			03 :05		

Détails des opérations :

N	Lieu arrosé	Nombre
1	Nyoka Pit	2
2	Alimentation	2
4	Chemin Publique	1
5	Route Musonoie	1
Total		6

Autres Commentaires :

.....

.....

Prénom, Nom, Post nom de l'opérateur : Ilunga Mutombo Jean

Signature de l'opérateur : IlmutJ

Prénom, Nom, Post nom du Superviseur : Kasongo Ngoie Bibiche

Signature du superviseur : KasNgB

N	Lieu de remplissage	Heure au remplissage	Destination
1	Kabong o	08 :20	Nyoka Pit
2	Kabong p	09 :20	Nyoka Pit
3	T17	10 :40	Chemin publique
4	KOV	12 :00	Route Musonoie
5	T17	13 :00	Alimentat ion
6	Kabong o		Alimentat ion
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			

30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
	Total		6

Pour le traitement de fiche de travail, le secrétaire technique ou le statisticien procède comme suit :

1. Enregistrement des données générales situées dans l'en-tête :

Table 1. Enregistrement des données générales

Date	Prefixe	N	Debut de travail	Fin de travail	debut compteur	Fin compteur	Kilometre depart	Kilometre Fin	Fuel	Index Fuel	Time Fuel
25/08/2018	WB	1	7:00	19:00	1020	1022	324	350	225	1017	10:22

2. Enregistrement des temps d'arrêts

Table 2. Enregistrements des temps d'arrêts

Date	De	A	Duree	Details	Catergorie	Code
25/08/2018	7:00	7:30	0:30	Reunion de securite	Temps de veille	11120
25/08/2019	7:30	7:45	0:15	Prise en charge	Temps de veille	11120
25/08/2020	12:00	13:00	1:00	Pause pour dejeuner	Temps de veille	11120
25/08/2021	14:05	14:25	0:20	Panne de frein de service	Temps de maintenance	12100
25/08/2022	16:00	17:00	1:00	Minage	Temps d'attente	11200

3. Déterminations des différents taux

Table 3. Détermination des temps

Date	25/08/2018	
Prefixe	WB	
N	1	
Rubrique	Code	Valeur
Temps total	10000	12:00
Temps disponible	11000	11:40
Temps d'arrêts	12000	0:20
Temps de travail	11100	10:40
Temps d'attente	11200	1:00
Temps de maintenance	12100	0:20
Temps de délai de livraison	12200	0:00
Temps administratif	12300	0:00
Temps de fonctionnement	11110	8:55
Temps de pause	11120	1:45
Temps de changement de poste	11210	0:00
Temps de long déplacement	11220	0:00
Temps non-programmée	11230	0:00
Temps d'efficacité	11111	8:55
Temps de retard en fonctionnement	11112	0:00

Table 4. Détermination des différents taux.

Rubrique	Valeur
Taux de disponibilité	97.22%
Taux d'utilisation	91.43%
Taux de fonctionnement	83.59%
Taux d'efficacité	100.00%
Taux de rendement General	74.31%

LIMITATIONS ET SUGGESTION

Tel que défini dans cet article, les différents taux ou efficacité sont obtenus par la communication entre l'opérateur, son superviseur, et le dispatch. Il est du devoir du gestionnaire de former les différents opérateurs sur la rédaction des différents temps dans le déroulement des travaux. Le superviseur doit faire le suivi et s'assurer que les enregistrements écrits par les opérateurs ou le dispatch sont corrects.

Pour cela, nous recommandons aux opérateurs miniers d'utiliser des outils de traitement automatiques des informations tel que VIMS de Caterpillar.

Nous travaillons sur un modèle de traitement automatique de gestion des machines minières qui sera automatiques et universelles, pouvant être utilisées sur toutes les machines de quelques marques que ce soit.

CONCLUSION

La gestion des machines minières se fait à travers la détermination des différents taux ou efficacité. Cinq taux sont disponibles pour le gestionnaire et donnent des lieux d'amélioration sur lesquels il doit se pencher pour améliorer la rentabilité, la production, et la productivité de ses machines minières. Un système idéal a un taux de rendement absolu de 100 %. Tout écart de cette valeur illustre une déviation qui, quand elle est cernée, donne lieu aux démarches d'amélioration du système.

Le système le plus simple de gestion comporte une fiche de travail sur lequel les opérateurs écrivent les différentes déviations par rapport aux cycles d'Operations. Ces informations sont traitées et ressortent les différents taux qui sont le taux de disponibilité, d'utilisation, de fonctionnement, et d'efficacité, qui multipliées donnent le taux de rendement absolu.

Bibliographie

Elevli, S., & Elevli, B. (2010). Performance Measurement of Mining Equipments by Utilizing OEE. *Acta Montanistica Slovaca*, 95-101.

Hustrulid, W., Kutcha, W., & Martin, R. (2013). *Open Pit Mine Planning and Design*. London, New York: CRC Press.

Mohammadi, M., Rai, P., & Gupta, S. (2015, July). Performance Measurement of Mining Equipment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5(7).

Vorne. (2018). *Calculate OEE*. Itasca IL: Vorne Industries Inc. Récupéré sur <https://www.oeec.com/calculating-oeec.html>



Weibull.com. (2018). *Reliability hot wire*. Récupéré sur Weibull:

<https://www.weibull.com/hotwire/issue79/relbasics79.htm>