

ANNEXE 1

Bris du Gr 3 Centrale Menihek

Analyse de la situation et Recommandations

Préparer par : Mario Deschênes, Ing. M.Sc.

Collaborateurs: Berthier Bérubé, Agent Princ.
Vallier Tardif, Tech. Méc.

Date : 2006-02-01

Table des matières

1.	Sommaire	1
2.	Introduction.....	2
3.	Observations.....	3
3.1	Travaux réalisés.....	3
3.1.1	Mise à sec.....	3
3.1.2	Régulateur de vitesse.....	4
3.1.3	Joint d'arbre et palier guide	4
3.1.4	Vannage	4
3.2	Observations.....	5
3.2.1	Régulateur de vitesse.....	5
3.2.2	Joint d'arbre et palier guide	6
3.2.3	Directrices et vannage.....	6
3.2.4	Roue d'eau.....	6
3.2.5	Vannes amont, aval et batardeau.....	6
3.2.6	Drain et pompe de vidange	7
4.	Analyse du bris.....	8
4.1	Séquence des événements.....	8
5.	Bilan de la situation.....	9
5.1	Domages constatés	9
5.1.1	Roue d'eau.....	9
5.1.2	Directrices	9
5.1.3	Manteau de roue et fond inférieur	9
5.1.4	Mécanisme de Vannage	9
5.1.5	Joint d'arbre.....	9
5.1.6	Palier guide	9
5.1.7	Régulateur de vitesse.....	9
5.2	Domages potentiels	10
5.2.1	Moyeu de Roue	10
5.2.2	Joint d'arbre.....	10
5.2.3	Palier guide	10
5.2.4	Palier de butée	10
5.3	Rapports Précédents	10
5.3.1	Audits.....	10
5.3.2	Inspections sous-marine	11
6.	Scénarios possibles.....	12
6.1	Travaux préalables.....	12

6.1.1	Vanne batardeau.....	12
6.1.2	Seuils des vannes amont.....	12
6.1.3	Seuils des vannes aval.....	12
6.1.4	Drain de l'aspirateur et de la bâche.....	12
6.1.5	Drain du puits d'accès à l'aspirateur.....	13
6.2	Réparations des pales.....	13
6.2.1	Travaux à faire.....	13
6.2.2	Échéancier et Coûts.....	14
6.2.3	Risques associés à ce scénario.....	15
6.3	Remplacement de roue.....	16
6.3.1	Travaux à faire.....	16
6.3.2	Échéancier et Coûts.....	16
6.3.3	Risques associés à ce scénario.....	17
6.4	Réfection mécanique.....	17
6.4.1	Travaux à faire.....	17
6.4.2	Échéancier et Coûts.....	18
6.4.3	Risques associés à ce scénario.....	19
7.	Conclusion	20

Annexe A: Photos et dessins, Visite du 05-12-30

Annexe B: Photos et dessins, Visite du 06-01-26

Annexe C: Calendrier des Travaux

1. Sommaire

L'intervention du 23 janvier 2006 à la centrale Menihék visait à remettre en état le régulateur de vitesse, à remettre en état le mécanisme de vannage, à colmater temporairement les fuites au joint d'arbre et à remettre le groupe en marche pour le début de février. La première étape était donc de mettre le groupe à sec et d'inspecter visuellement les directrices et la roue afin de valider qu'il n'y avait pas d'autres dommages.

Après une mise à sec partielle du groupe le 26 janvier, nous avons constaté que la turbine avait subi des dommages importants contrairement à notre hypothèse du 30 décembre 2005. Dans la séquence d'évènement du 23 décembre 2005, le groupe a été soulevé par un coup de bélier qui a suivi une rupture de la colonne d'eau sous la roue. Les dommages importants que nous avons constatés sont la fracture complète d'une pale de la roue, l'étirement de tous les boulons de l'assise du joint d'arbre et l'étirement de tous les boulons du couvercle du palier de butée.

Le bris survenu découle d'un montage erroné de la pince attachant la tringlerie des pales au câble d'asservissement du servomoteur et d'un mauvais ajustement de la course du servomoteur. Le système de guidage du câble a donc subi des efforts importants et s'est désaligné. Le câble s'est donc brisé après une assez longue période de frottement sur les boîtiers et les tuyaux de guidage. Sans signal de positionnement des directrices le groupe a oscillé entre l'ouverture et la fermeture à plusieurs reprises. Un de ces mouvements a généré un coup de bélier sous la roue qui a engendré des dommages importants à la roue et à l'ensemble du groupe.

Trois scénarios ont été envisagés : la réparation de la roue, le remplacement de la roue et la réfection mécanique du groupe. Au fil des ans, plusieurs études ont démontré que la centrale Menihék demeurait la source d'énergie la plus économique pour alimenter Schefferville en électricité. Les derniers travaux de réfection datent de plus de 40 ans et l'entretien a été minimal depuis la fermeture de la mine de IOC. La réparation ou le remplacement de la roue comporte alors une part d'inconnu assez grand et n'améliore pas la durée de vie ou la fiabilité du groupe. Dans ce contexte, la réfection mécanique nous apparaît la solution la plus appropriée malgré les 7 000 000\$ et les 98 semaines estimés.

2. Introduction

Le 23 décembre 2005 bris majeur est survenu sur le groupe 3 de la centrale Menihek. Un câble d'asservissement du régulateur de vitesse était sectionné, 21 des 24 biellettes de rupture du mécanisme de vannage étaient cassées et une des 2 vannes de tête ne pouvaient être fermée complètement. Néanmoins, le groupe était à l'arrêt avec les freins appliqué. Les services du groupe "Appareillage de Production" ont été requis pour établir une procédure sécuritaire de mise à sec du groupe permettant de faire une inspection de la turbine et de faire un premier bilan de la situation.

La visite du 30 décembre a donc permis d'évaluer l'état des vannes batardeaux et des vannes aval, de constater les dommages apparents du groupe et d'établir une procédure sécuritaire de mise à sec, d'inspection et de réparation des dommages constatés. Suite à cette inspection, nous avons établi un plan d'action pour:

- Mettre à sec le groupe;
- Inspecter la roue et les directrices;
- Réparer et ajuster le régulateur de vitesse;
- Réparer et ajuster le mécanisme de vannage;
- Colmater une fuite à la base du joint de charbon;
- Remettre le groupe en marche pour le mois de février, si possible.

Suite à la mise à sec, nous avons constaté des dommages important à la roue d'eau. Une pale était manquante et 2 autres étaient sérieusement endommagées. Il était alors clair qu'il serait impossible de remettre en service le groupe 3 dans les délais et les budgets qui avaient été prévus.

L'envergure des travaux requis pouvait aller de 9 à 18 mois avec un budget de 600k\$ à 6 000k\$. Nous avons donc stoppé les travaux en cours afin de faire un bilan de la situation et d'établir les différentes options permettant la remise en route du groupe.

Ce rapport présente donc une analyse de la situation et des scénarios préliminaires de réfections et de réparation qui permettront à la direction de "Réseaux Autonomes" de faire un choix éclairé en fonction des coûts et des échéanciers de chaque scénario.

3. Observations

3.1 Travaux réalisés

3.1.1 Mise à sec

La semaine précédant notre arrivée les vannes batardeaux ont été mises en place, les vannes amont ont pu alors être fermées complètement et étanchées suffisamment pour abaisser le niveau de la bêche à celui du niveau aval. Les vannes aval avaient été mise en place, mais il n'était toujours pas possible d'abaisser le niveau d'eau dans la bêche en bas du fond inférieur.

Nous avons donc procédé à une inspection des vannes aval. Sur la vanne A (aval gauche) le joint de caoutchouc sur les 3 cotés de la vanne semble en bonne état. On a cependant soulevé le joint pour s'assurer qu'il dépasse les barres de guidages d'environ 6mm. Les lames de ressorts appuyant la porte dans les rainures ne semblent pas exercer une pression suffisante. On a installé des cales de 13mm sous la base des ressorts et recourbé les lames pour améliorer leur efficacité en assurant une compression d'au moins 25mm du ressort. On a ensuite effectué quelques manœuvres pour nettoyer les glissières et le seuil de la vanne. Après la fermeture de la vanne A, on a constaté une baisse du niveau dans la bêche d'environ 4 po.

Nous avons effectué le même travail sur la vanne B (aval droite). Le niveau baisse alors d'un 50mm additionnel mais semble stagner là. On a refait des manœuvres d'ouverture et de fermeture mais le résultat reste le même. On a cependant constaté que la graisse que nous avons installée sur le joint du linteau n'avait pas été déplacée. Il fallait donc conclure que la vanne ne descendait probablement pas jusqu'au fond et que par conséquent le joint ne venait jamais en contact avec le linteau.

On a procédé à la vérification de la pompe de vidange de l'aspirateur. Les valves du système de vidange sont en bonne position et la pompe fonctionne sans trop de bruit. Il y a cependant un bruit de cavitation dans la tuyauterie à la sortie de la pompe. Ce qui pourrait être causé par une forte perte de charge dans le circuit de vidange et un débit nettement inférieur à la normale. Il est alors décidé de faire venir des plongeurs pour effectuer les travaux dans la bêche si on ne parvient pas descendre le niveau suffisamment.

En ajoutant une nouvelle pompe de 4po et en mettant le puisard de la centrale à contribution, on réussit finalement à abaisser le niveau d'eau dans la bêche à seulement 700mm). Le refoulement d'eau par le drain de la bêche nous indique clairement que la pompe de vidange ne suffit pas à combler les fuites aux vannes aval.

En faisant l'inspection de la bêche, on constate que la vanne A amont est suffisamment étanche alors que la vanne B amont présente de forte fuite par le seuil. Ces fuites sont si importantes qu'il paraît difficile d'effectuer des travaux à sec dans la bêche.

3.1.2 Régulateur de vitesse

Lors du bris, quelques composantes du régulateur avaient été endommagées. Nous avons d'abord procédé au remplacement de ces composantes. Ainsi :

- Le câble d'asservissement du servomoteur a été remplacé, mais n'a pas été ajusté;
- Les leviers (2) endommagés et leurs roulements à billes ont été remplacés;
- Le roulement à billes de la tige de commande des cames a aussi été remplacé;
- La poulie d'attache du câble d'asservissement a été repositionnée sur son axe;
- La poulie de guidage du câble et son boîtier ont été remplacés.

D'autres composantes ont été vérifiées. Ainsi :

- Les temps de manœuvre des servomoteurs ont été mesurés;
- L'ajustement du statisme permanent a été vérifié et il paraissait correct;
- Les leviers et le moteur des masselottes sont en bonne état;
- Le comportement du petit piston de l'amortisseur (dashpot) paraît correct
- Le temps de relaxation n'a cependant pas été vérifié.

L'ajustement complet du régulateur pourra être fait lorsque le cercle de vannage sera de nouveau en service.

3.1.3 Joint d'arbre et palier guide

Une fois le niveau d'eau suffisamment bas dans la bêche spirale, il a été possible de vidanger et de nettoyer complètement le puits de turbine.

Tous les boulons qui attachent le joint d'arbre au fond supérieur ont été sondés. Tous les boulons étaient lâches; ce qui confirme l'hypothèse du soulèvement du groupe et la forte probabilité de dommage sur le joint.

Similairement, les boulons du couvercle du palier guide ont été sondés et le résultat est le même; tous les boulons sont lâches. Considérant les dommages à la roue, il est fort probable que le palier est subit des efforts très important et qu'il soit sérieusement endommagé.

3.1.4 Vannage

Avant notre arrivée, l'ensemble des biellettes cassées a été démonté. De nouvelles biellettes de rupture en acier 44W ont été fabriquées à partir des plans d'origine. La limite de rupture de cet acier est environ 2 fois supérieure à celle du matériel originale, la fonte A48 classe 30. Pour utiliser ces biellettes il sera nécessaire de réaliser une amorce de rupture dans le plan de symétrie de la biellette. Un calcul préliminaire indique qu'une rainure d'environ 2mm de large sur 3 de profond serait suffisante. Néanmoins dans le contexte actuel, il est préférable de refaire de nouvelle biellette en fonte telle que spécifiée aux dessins.

La plus part des directrices ont pu être remises en position à partir des leviers dans le puits de turbine. Ces dernières sont pratiquement déplaçables à la main. Cependant la directrice retournée c'est avérée plus difficile. Un levier temporaire a été fabriqué pour remplacer le levier cassé et

tenter de remettre en place cette directrice. Basé sur la longueur du levier, nous avons évalué qu'il ne faudrait pas dépasser un effort de 10 tonnes. L'inspection de la bêche a révélé que la directrice était coincée sur toute la longueur, qu'elle avait tournée de plus de 180 ° et que nous forçons dans la même direction que le coincement. D'après les traces de frottement, on doit tourner la directrice dans le sens horaire si l'on veut la décoincer.

3.2 Observations

3.2.1 Régulateur de vitesse

On note en premier lieu que le câble d'asservissement était rompu au-dessus du point d'attache des pales. Plusieurs torons étaient repliés et tordus. Le boîtier guidant le câble comportait des traces de frottement du câble. Un des emboîtements filetés du boîtier était casé. On a aussi noté que le tuyau de guidage était déchiré sur 0.5po. On peut donc en déduire que le câble a cédé après un frottement prolongé sur le boîtier et le tuyau.

Un poids additionnel de près de 100 lbs a été ajouté aux contrepoids habituels du câble d'asservissement. Bien que ce poids ne soit pas la cause de la rupture du câble, il s'agit tout de même d'un effort additionnel qui aura augmenté la force de recule lors du bris du câble. C'est cette force qui, au moment du bris du câble, a déformé 2 leviers de raccords et fait sortir de son axe un 3°.

D'après les dessins d'origine, la course du servomoteur aurait été changée lors de la réparation en 1998 ou 2000. La course originale était de 28¼" alors qu'elle est actuellement de 29". On a donc une course plus longue de ¾". La tige guide, sur laquelle est attaché le mécanisme d'asservissement des pales de roue, dispose d'une course de 28" à l'intérieur des tuyaux guides. Cette course était donc insuffisante pour couvrir le déplacement complet du servomoteur et engendrait forcément des efforts importants sur toute la tringlerie du câble d'asservissement. De plus, les 2 cornières (fer angle) au-dessus du point d'attache des pales sont posées à l'envers et ne permettent pas de soutenir correctement la tringlerie.

On a aussi noté quelques désajustements du régulateur qui ne sont pas liés directement au bris.

Ainsi la poulie d'attache du câble, à l'intérieur du régulateur de vitesse, était décalée sur son axe. La vis d'ajustement de l'amplification entre la valve pilote et le distributeur principal est désajustée. Le contre écrou n'étant pas serré, le tiroir principal est instable et génère l'instabilité de la turbine. Les vis d'ajustement de la vitesse d'ouverture et de fermeture du servomoteur ne sont pas serrées. En conséquence, les temps de manœuvre du servomoteur peuvent changer, ce qui pourrait avoir de conséquence importante sur l'intégrité de la turbine et du tiroir principal. La valve pilote semble avoir des fuites importantes.

Au cours de notre séjour, nous avons constaté que les régulateurs de vitesse des groupes 1 et 2 ne répondent pas correctement aux variations de charge. Nos discussions avec le personnel de maintenance et d'exploitation confirment un besoin de formation sur les notions de base de l'exploitation, de la maintenance et des réglages des régulateurs de vitesse.

On a retrouvé dans l'atelier plusieurs cames de conjugaison identifiées par des nombres; 35, 38 et 40. Les rapports consultés à la centrale nous confirment que ces nombres identifient la chute. Le dispositif de montage de la came ne comporte pas de mécanisme d'ajustement pour la chute. Ce qui est cohérent avec le fait d'avoir des cames pour chaque chute. Deux dessins, disponible à la centrale, indiquent comment faire le montage et l'ajustement de la tringlerie d'asservissement des pales.

3.2.2 Joint d'arbre et palier guide

Suite au bris de décembre, on a constaté des fuites à la base du joint d'arbre. Après la mise à sec du groupe et le nettoyage du puits, on a pu constater que tous les boulons du joint étaient lâches. Il en est de même pour tous les boulons du couvercle du palier guide turbine. En effet, la coupe machine nous montre que le soulèvement du groupe entraîne des efforts importants sur ces composantes qui ne sont pas conçues pour de tel charge.

3.2.3 Directrices et vannage

La première constatation fut que 21 biellettes de rupture et 1 levier de directrice étaient cassés. La directrice dont le levier était cassé, était renversée d'environ 270 degrés. Toute la base de la directrice était coincée dans le fond inférieur. Plusieurs blocs de butée des directrices, qui étaient fixés au fond supérieur, ont été arrachés. On note aussi des tracées de métal éraflé sur plusieurs directrices. Il s'agit forcément de dommages causés par l'impacte de la pale cassée qui a probablement fait plusieurs rebond dans le distributeur avant de tomber dans l'aspirateur.

3.2.4 Roue d'eau

Lors de l'inspection de la bêche, nous avons constaté qu'une pale était manquante. Elle était entièrement près de la jonction avec le tourillon. Une seconde pale est déchirée sur 4po au bord d'attaque près de la ceinture. Une autre pale est fracturée au bord d'attaque près de la ceinture. La pièce manquante fait environ 6po par 2po.

3.2.5 Vannes amont, aval et batardeau

Les fuites au seuil de la vanne amont 3B étaient très importantes. On doit en conclure, que des saletés, une corrosion importante ou des défauts importants aux faces d'étanchéité empêche la vanne de s'appuyer correctement et d'offrir un environnement suffisamment sec pour réaliser des travaux dans la bêche. Il en est de même pour la vanne aval 3B qui semblait aussi ne pas s'appuyer correctement sur ces faces d'étanchéité. La structure des vannes batardeau est dans un état acceptable. Cependant les pièces de bois servant à faire l'étanchéité entre les sections sont en très mauvais état. Les fuites sont si importantes qu'il ne serait pas possible de faire des travaux à sec à la prise d'eau.

3.2.6 Drain et pompe de vidange

La première chose constatée, fut que le drain du puits d'accès, dans lequel se trouve la pompe de vidange des 3 groupes, est bouché. En conséquence, le puits se noie et la pompe peut être submergée pendant de longue période. Cette condition doit absolument être corrigée afin d'assurer le fonctionnement adéquat de la pompe en tout temps. Lors de l'inspection de janvier dernier, la pompe fonctionnait, mais le débit fourni semblait faible. Des photos de l'inspection sous-marine de 2005 montrent que la grille du drain du groupe 3 est presque entièrement colmatée par le calcaire et la corrosion. Cette situation devra aussi être corrigée.

4. Analyse du bris

4.1 Séquence des événements

Basé sur les dommages observés aux différents équipements et sur les discussions avec le personnel de la centrale, on peut établir la séquence des événements comme suit :

- 1- Il y a eu au fil des ans au mauvais ajustement du câble d'asservissement des pales. Le montage réalisé réduisait la course du câble d'asservissement.
- 2- Lors de la réparation du servomoteur il y a quelques années, la course n'a pas été ajustée correctement. La course actuelle du servomoteur est trop grande d'environ $\frac{3}{4}$ po.
- 3- Le déplacement trop grand du servomoteur induit des efforts importants dans tringlerie du câble d'asservissement.
- 4- Le câble sort de ses poulies et frotte sur les boîtiers et les tuyaux qui servent de guides
- 5- Le câble se brise après plusieurs heures ou même plusieurs jours de frottement répété
- 6- Le groupe n'ayant plus de signal de position des directrices se met à osciller.
- 7- Ces oscillations ont engendré une ou plusieurs fermetures rapides des directrices.
- 8- La fermeture rapide crée un bris de la colonne d'eau sous la roue qui sera suivi d'un coup de bélier très important et du soulèvement du groupe.
- 9- Il semble que la puissance du coup de bélier ait été suffisante pour fracturer une pale.
- 10- Cette pale a été soulevée et est entrée en collision à plusieurs reprises avec les directrices et les autres pales.
- 11- Suite à ces chocs, les 21 biellettes et 1 levier ont été fracturés.
- 12- Au bout d'un certain temps, la pale fracturée a fini par tomber au fond de l'aspirateur.
- 13- Au bout de 12 à 15 minutes le groupe a finalement été arrêté manuellement. Au cours de ces 15 minutes, le graphique de production de la centrale indique que le groupe d'un extrême à l'autre en fréquence. Ce qui confirme l'hypothèse d'ouverture et de fermeture répétée des directrices.

5. Bilan de la situation

5.1 Dommages constatés

5.1.1 Roue d'eau

1 pale entièrement cassée près du tourillon.

1 pale avec un coin cassé.

1 pale déchirée sur 4 pouces à partir du bord d'attaque.

5.1.2 Directrices

Marques d'impact et d'éraflure sur plusieurs directrices.

1 directrice retournée et coincée.

5.1.3 Manteau de roue et fond inférieur

Marques d'impact et d'éraflure en plusieurs endroits.

5.1.4 Mécanisme de Vannage

21 biellettes de rupture fracturées.

1 levier de directrice cassé.

5.1.5 Joint d'arbre

Tous les boulons du support du joint d'arbre sont étirés.

5.1.6 Palier guide

Tous les boulons du couvercle du palier sont étirés.

5.1.7 Régulateur de vitesse

Le bris a causé des dommages mineurs à quelques composantes du régulateur. La plupart de ces pièces ont déjà été remplacées. Cependant l'état des différents ajustements du régulateur est plus inquiétant. Une révision complète du régulateur devrait néanmoins corriger la situation.

5.2 Dommages potentiels

5.2.1 Moyeu de Roue

- Les efforts subits par les pales pourraient avoir causé des dommages à des composants du mécanisme interne de la roue.
- Les derniers travaux sur la roue remontant à 1962, il est probable que les pièces de frottement et d'usures soit à remplacer.
- Considérant la date des derniers travaux, on peut s'attendre à trouver des fissures sur le moyen.

5.2.2 Joint d'arbre

- Considérant les efforts subits lors du soulèvement et son age, il est fort possible que le joint soit à remplacer. D'autant plus que nous n'avons pas de pièces de rechange ni de dessin du joint.

5.2.3 Palier guide

- Considérant le soulèvement du groupe, les chocs multiples pendant le bris et le débalancement tant mécanique qu'hydraulique, il est fort probable que le palier guide est subit des dommages importants.

5.2.4 Palier de butée

- Le palier de butée étant plus loin de la zone fortement secouée lors du bris, il est moins susceptible d'avoir subit des dommages importants. Néanmoins, il a probablement un niveau assez élevé de vibration et de charge dans les 15 minutes qui ont suivi le bris du câble d'asservissement. On doit inspecter le palier et s'attendre à quelques travaux de réparation.

5.3 Rapports Précédents

Plusieurs rapports ont déjà été produits sur la centrale Menihek. Il renferme suffisamment d'information pour faire le point sur l'état de la centrale et faire les choix qui s'imposent

5.3.1 Audits

Deux évaluations globales ont été préparées par HQ Distribution en 92 et en 98. Dans chacune d'elle, il ressort assez clairement que la centrale Menihek demeure la source d'approvisionnement en électricité la plus économique pour alimenter Schefferville.

En 2001, RSW produit une étude exhaustive sur l'état de la centrale et sur les travaux de réfection requis.

En 2002, HQ Production reprend une étude similaire et remet un rapport d'audit indiquant les investissements minimaux pour maintenir la pérennité de la centrale.

Le rapport actuel ne fait que confirmer l'état de la situation et démontré les conséquences d'un entretien minimaliste sur une trop longue période de temps.

5.3.2 Inspections sous-marine

On dispose aussi de 2 rapports d'inspection sous-marine. Un fait par HQ en 2005 et un autre par une firme privée en 1998. Les 2 rapports mettent en évidence les mêmes problèmes. Dans les 7 années qui séparent les 2 rapports aucun correctif n'a été apporté. Des photos et des dessins identifient les zones endommagées et les travaux correctifs à faire. Certaines situations peuvent causer des dommages à la turbines ou rendre inopérants certains organes de la centrale comme les vannes ou les pompes de drainage.

5.3.3 Références

Audit de la centrale Menihek et des réseaux associés; Hydro-Québec Production, Appareillage de Production, Montréal 2002

Étude sur la centrale Menihek et ses réseaux de transport et distribution, Rapport préliminaire – Volet 1 : Projection de la demande et bilan énergétique; RSW inc., Montréal 2001 (P44 0086E-032)

Étude sur la centrale Menihek et ses réseaux de transport et distribution, Rapport final – Volet 2 : Étude sur l'état de la centrale Menihek et ses réseaux de transport et distribution; RSW inc., Montréal 2001 (P44 0086E-017)

Étude sur la centrale Menihek et ses réseaux de transport et distribution, Rapport préliminaire – Volet 3 : Programme d'investissement et d'entretien; RSW inc., Montréal 2001 (P44 0086E-025)

Évaluation Économique des différents scénarios d'alimentation en électricité des communautés de Shefferville, Matimkosh et Kawawachikamach: Rapport d'étapes. Hydro-Québec, Ressources énergétiques et analyse économique, Montréal 1998.

Évaluation des actifs de production, de transport et de distribution des compagnies Menihek Power Development et Schefferville Power Company: Rapport Final; RSW inc, Montréal 1992

Installation de Menihek Power Development et Schefferville Power Company, Rapport sur l'évaluation globale effectuée en octobre 1992; Hydro-Québec Production, Service Production et Réfection, Montréal 1992

6. Scénarios possibles

6.1 Travaux préalables

Ces travaux sont un minimum pour réussir une réparation ou une réfection mécanique du groupe. Il ne constitue pas une remise en état de ces équipements. Néanmoins, selon les disponibilités dans l'échéancier, une réfection de ces ouvrages devrait être envisagée.

6.1.1 Vanne batardeau

Remise en état ou modification des poutres pour assurer une bonne étanchéité

Nettoyages des seuils et des rainures (plongeurs)

6.1.2 Seuils des vannes amont

À sec si les batardeaux le permettent

Avec plongeurs si les fuites sont trop grandes

Gratter les seuils et les rainures pour minimiser les fuites

Faire un relevé dimensionnel des seuils des rainures et des linteaux (true edge ou laser)

Corriger les défauts si possible.

6.1.3 Seuils des vannes aval

Avec plongeurs, vanne amont en place et étanche

Inspecter les faces d'étanchéité des vannes et corriger les défauts si possible

Gratter les seuils et les rainures pour minimiser les fuites

Faire un relevé dimensionnel des seuils des rainures et de linteaux (true edge ou laser) et corriger les défauts si possible.

6.1.4 Drain de l'aspirateur et de la bâche

Nettoyer et dégager complètement les tuyaux et les grilles des drains de la bâche et de l'aspirateur.

Remplacer les grilles si le nettoyage est impossible

Valider l'efficacité de la pompe de vidange

6.1.5 Drain du puits d'accès à l'aspirateur

Nettoyer et dégager complètement les tuyaux et les grilles des drains entre le puits d'accès de l'aspirateur et les puisards de la centrale.

Ce puits renferme la pompe de vidange. Il sera de plus nécessaire pour accéder à la roue au moyen d'une plate-forme maison.

6.2 Réparations des pales

6.2.1 Travaux à faire

- Déterminer l'envergure des travaux à réaliser;
- Trouver ou refaire les dessins requis;
- Établir les dessins d'ingénierie et les devis requis pour les travaux à faire;
- Planifier les ressources nécessaires;
- Démonter les pales et les envoyer en usine pour inspection;
- Réparer les pales ou en faire couler de nouvelle;
- La réparation implique de récupérer la pale au fond de l'aspirateur et qu'elle soit en bon état. Il est cependant possible de machiner le bout manquant à partir d'une plaque d'acier.
- Inspecter le moyeu en place;
- Envoyer les pièces démontables en usine pour inspection et réparation;
- Prévoir le remplacement des coussinets et des plaques d'usure. Dessins KMW 67033, 67034, 67035, 67036, 341122 et 355406;
- Mesurer, dessiner, fabriquer et installer un nouveau joint d'arbre et une nouvelle chemise. Prévoir des pièces de rechange;
- Mesurer, dessiner et réparer le palier guide;
- Inspecter le palier de butée de l'alternateur et réparer au besoin. Selon les dessins, il est peut probable que le soulèvement ait causé des dommages. Cependant les charges subies lors du bris de la pale peuvent avoir été importantes. L'utilisation à charge partielle depuis 1982 peut aussi avoir généré une usure prématurée du palier. Les mesures de vibration par GE en 1998 indiquaient des niveaux élevés (0.015po) à faible charge (< 2 MW).
- Vérifier, selon les plans si d'autres composantes situées tout au long de la ligne d'arbre auraient pues subir des dommages suite au soulèvement du groupe. (Alternateur, excitatrice,

Système hydraulique des pales, etc...). Bien que nous n'ayons rien constaté à prime abord, il est nécessaire de revoir les dessins pour être sur que rien n'a été oublié.

- Vérifier tous les boulons d'accouplement des arbres turbine et alternateur. Ce risque très faible considérant le type de charge subit mais la vérification est simple.
- Vérifier tous les boulons d'assemblage du fond supérieur intérieur et extérieur. Ce risque très faible car on n'a pas constaté de fuite par les fonds. Néanmoins cette vérification est primordiale ce sont les premières pièces mécaniques à subir la pression du coup de bélier.

6.2.2 Échéancier et Coûts

Description des travaux	Durée (semaine)	Durée (parallèle)	Coûts (k\$)
Ingénierie, Devis critiques	1		10
Travaux préalables	7		135
Ingénierie, Devis non critique	0	3	60
Ingénierie, Suivi des travaux et gestion de projet	0	4	60
Démontage des pales (porte d'accès 2 jrs, pale 1jrs x 4)	1		50
Expédition des pales	2		30
Mesures des pales existantes 20k\$ 2 jrs mesure + 3 jrs traitement	1		20
Réparation d'une pale (20k\$ difficulté de soudage + contrôle dim.)	1		40 à 60
Réparation 2 autres	.5		20
Transport des différentes composantes à Menihék	2		50
Remontage des pales	1		50
Réparation du mécanisme des pales		5	40
Remplacement du joint d'arbre		14	65 à 90
Réparation du palier guide		6	25
Inspection du palier de butée		6	30
Alignement	.5		20
Équilibrage	.5		20
Essais à sec	.5		20
Mise en route	1		50
Transport (environ 10 sem)			110
Hébergement (environ 10sem x 6prs à 1820\$/prs-sem)			110
Location d'équipement			50
Matériel divers			75
Projet Total (précision d'environ 30%)	19		1 185

6.2.3 Risques associés à ce scénario

Impossibilité de réparer la pale ou de retrouver la pale manquante. Il faudrait alors machiner la partie manquante à partir d'une plaque d'acier inox selon les relevés des autres pales. Une plaque machinée pourrait ajouter 2 semaine au travaux et 10k\$ aux coûts. Probabilité <50%, la pièce cassée a subit plusieurs choc ou les turbulences pourraient l'avoir retournée dans le canal de fuite.

Impossibilité de récupérer la géométrie d'origine, il faudra couler de nouvelles pales. De nouvelle pale pourrait ajouter 16 semaines à l'échéancier et 100k\$ par pale. Probabilité <25%, la 4^e pale ne semblait pas endommagée.

Domage à la surface de contact du palier guide sur l'arbre. Pourrait impliquer un usinage sur place avec de l'outillage fait sur mesure. Ajout de 4 semaines et 100k\$. Probabilité <5%, pas de signe de brûlure du régule ou de l'huile

Domage important au palier de butée. Pourrait impliquer un démontage groupe car le collet de butée est partie intégrante de l'arbre. Ajour de 26 semaines et 500k\$. Probabilité <5%, les dommages origine de la turbine, c'est donc le palier guide qui devrait avoir subit les pires dommages et il n'y pas d'évidence d'échauffement critique du palier.

Domage sur les parties intérieur du moyeu. Impliquerait un démontage du groupe et la réparation des éléments du moyeu et sensiblement les mêmes coûts que pour sortir le collet de butée. Probabilité <5%, Ce risque est faible considérant la grosseur des pièces et la robustesse du mécanisme d'orientation des pales par rapport à l'épaisseur de la pale.

Description des risques	Durée (semaine)	Coûts (k\$)	Probabilité (%)
Impossibilité de réparer la pale ou de retrouver la pale manquante	2	10	<50
Impossibilité de récupérer la géométrie d'origine	16	400	<25
Domage à la surface de contact du palier guide sur l'arbre	4	100	<5
Domage important au palier de butée	26	500	<5
Domage sur les parties intérieur du moyeu	26	500	<5
Domage sur les parties extérieure du moyeu	1	25	>50
Ceinture de roue	1	25	<50
Fond supérieure	2	50	<10

6.3 Remplacement de roue

6.3.1 Travaux à faire

Même que 6.2 à la base

On ajoute le démontage et le remontage du groupe.

Le fond supérieur extérieur pourrait ne pas être démonté si on installe les pales par l'accès de la bêche.

Cette procédure éviterait de toucher aux directrices qui ont probablement un jeu si important qu'il serait difficile de les remonter sans remplacer les coussinets.

6.3.2 Échéancier et Coûts

Description des travaux	Durée (semaine)	Durée (parallèle)	Coûts (k\$)
Ingénierie, Devis critiques	4		40
Travaux préalables		7	135
Ingénierie, Devis non critique	0	3	60
Ingénierie, Suivi des travaux et gestion de projet	0	6	80
Appel d'offre pour une nouvelle roue	4		10
Fourniture d'une nouvelle roue	37		2 625
Réception	4		50
Remontage	4		40
Remplacement du joint d'arbre		14	65
Réparation du palier guide		6	25
Inspection du palier de butée		6	30
Alignement	.5		20
Équilibrage	.5		20
Essais à sec	.5		20
Mise en route	1		50
Transport (environ 15 sem)			165
Hébergement (environ 15sem x 6prs à 1820\$/prs-sem)			165
Location d'équipement			50
Matériel			75
Projet Total (précision d'environ 30%)	55		3,600

Les changements par rapport à la réparation sont grossièrement:

- 9 à 12 mois suite à la commande
- 1 à 3 mois pour devis et soumission
- 1 à 3 mois pour remontage et mise en route
- Une nouvelle roue serait de l'ordre de 2.625k\$.
- Les coûts de démontage augmentent d'environ 40k\$
- Les coûts de mise en route augmentent d'environ 40k\$

6.3.3 Risques associés à ce scénario

Même que 6.2 à la base sauf pour les risques de dommages au moyeu qui sont éliminés.

La durée total du projet (55 sem) ne permet pas de passer la pointe 2007

Considérant la demande de production actuelle à Schefferville, le gain de puissance ou de rendement est inutile.

Ce scénario n'apparaît pas souhaitable.

6.4 Réfection mécanique

6.4.1 Travaux à faire

Même que 6.2 à la base mais en plus de remplacer ou réparer les pales, on fait une inspection complète et une réfection de toutes les composantes du moyeu.

On ajoute donc un démontage et un remontage complet du groupe.

Les fonds sont entièrement démontés pour être usinés et pour remplacer les pots de directrice.

Les servomoteurs de pales sont aussi inspectés et réfectionnés au besoin.

Pratiquement toutes les composantes mécaniques sont inspectées et réfectionnées si requis.

6.4.2 Échéancier et Coûts

Description des travaux	Durée (semaine)	Durée (parallèle)	Coûts (k\$)
Ingénierie, Devis critiques	4		40
Travaux préalables		7	135
Ingénierie, Devis non critique	0	6	120
Ingénierie, Suivi des travaux et gestion de projet	0	6	90
Appel d'offre pour la réfection mécanique	6		10
Démontage	6		294
Expédition	4		75
Inspection et réfection mécanique du groupe	52		5 000
Réception	4		75
Remontage	6		392
Alignement	.5		20
Équilibrage	.5		20
Essais à sec	.5		20
Mise en route	1		50
Transport (environ 15 sem)			268
Hébergement (environ 15sem x 10prs à 1820\$/prs-sem)			273
Location équipement			100
Matériel			150
Projet Total (précision d'environ 30%)	98		7 132

Les changements par rapport à la réparation sont grossièrement:

- 12 mois suite à la commande
- 1 à 3 mois pour devis et soumission
- 3 mois pour remontage et mise en route
- RSW estimait la réfection à 3 500 k\$ en 2001. Considérant que certaine augmentation importante ont eu lieu dans les matériaux depuis 5 ans, un coût actualiser à 5 000k\$ me semble raisonnable.
- Les coûts de démontage augmentent d'environ 60k\$
- Les coûts de mise en route augmentent d'environ 60k\$

6.4.3 Risques associés à ce scénario

La plupart des risques sont éliminés car la réfection couvre l'ensemble des composantes mécaniques.

L'envergure de certains travaux pourrait dépasser les coûts habituels si le groupe présentait une détérioration plus grande que la moyenne des centrales de cet âge. C'est excédant de coûts ou de délais devraient cependant demeurer à l'intérieur de l'incertitude des calculs

Si ce scénario est mis de l'avant, on devrait envisager la réfection des alternateurs simultanément.

7. Conclusion

Après une mise à sec partielle du groupe nous avons constaté que la turbine avait subi des dommages trop importants pour permettre de remettre le groupe en marche pour la fin de la période de pointe hivernale.

Nos observations nous amènent à conclure que le bris survenue découle d'un mauvais montage erroné de la pince attachant la tringlerie des pales au câble d'asservissement du servomoteur et d'un mauvais ajustement de la course du servomoteur.

Suite à ces constatations, 3 scénarios ont été envisagés : la réparation de la roue, le remplacement de la roue et la réfection mécanique du groupe. Au fil des ans, plusieurs études ont démontré que la centrale Menihek demeurait la source d'énergie la plus économique pour alimenter Schefferville en électricité. Les derniers travaux de réfection datent de plus de 40 ans et l'entretien a été minimal depuis la fermeture de la mine de IOC. La réparation ou le remplacement de la roue comporte donc une part d'inconnu assez grand et n'améliore pas la durée de vie ou la fiabilité du groupe. Dans ce contexte, la réfection mécanique nous apparaît la solution la plus appropriée malgré les 7 000 000\$ et les 98 semaines estimés.

Appareillage de Production
Vice-présidence Exploitation des Équipements de Production – Direction E



Annexe A

Inspection du l'unité 3 Photo et dessins

Vendredi le 30 décembre 2005



Figure 1: Point d'attache de la consigne des pales



Figure 2: Câble de rétroaction sectionné



Figure 3: Tuyau de guidage de câble au point de rupture



Figure 4: Boîtier de poulie endommagé



Figure 5: Dommage au boîtier de poulie, bris précédent du câble



Figure 6: Dommages au tuyau de guidage, bris précédent du câble



Figure 7: Logement des contrepoids

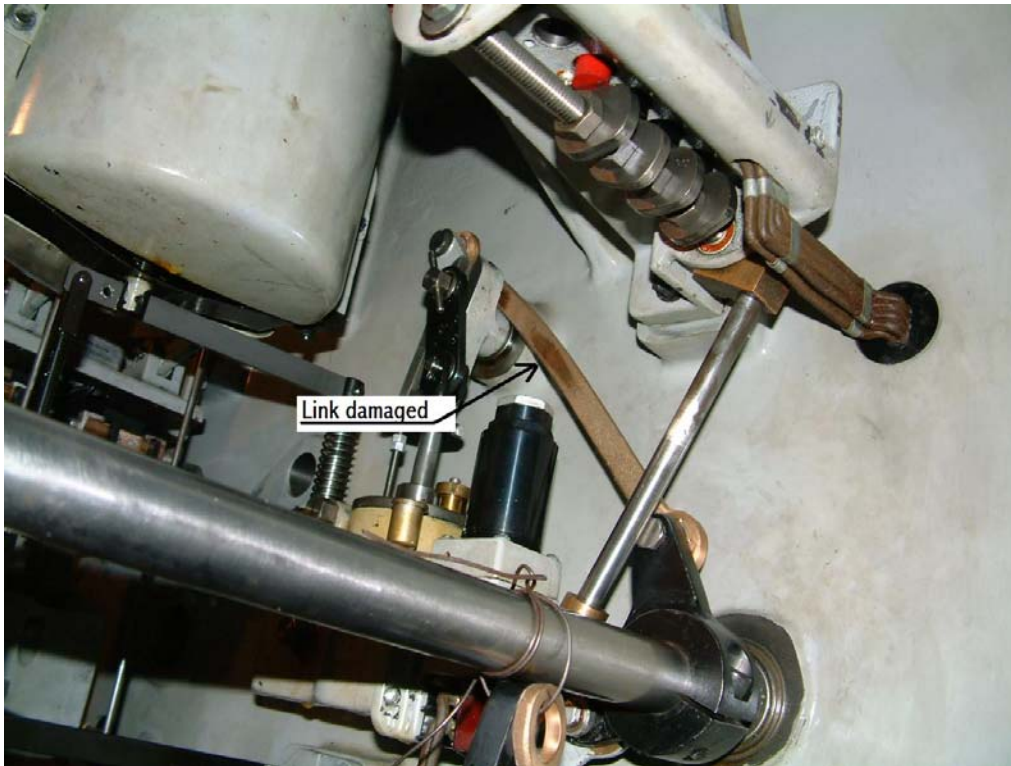


Figure 8: Dommages aux leviers du régulateur

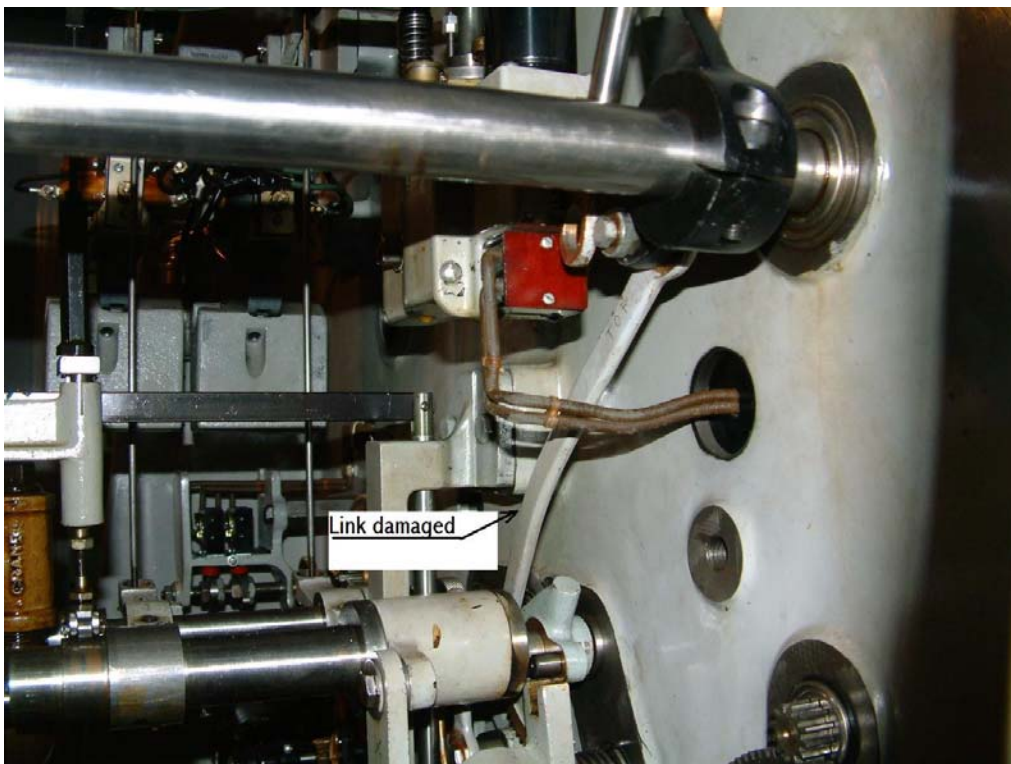


Figure 9: Dommages aux leviers du régulateur

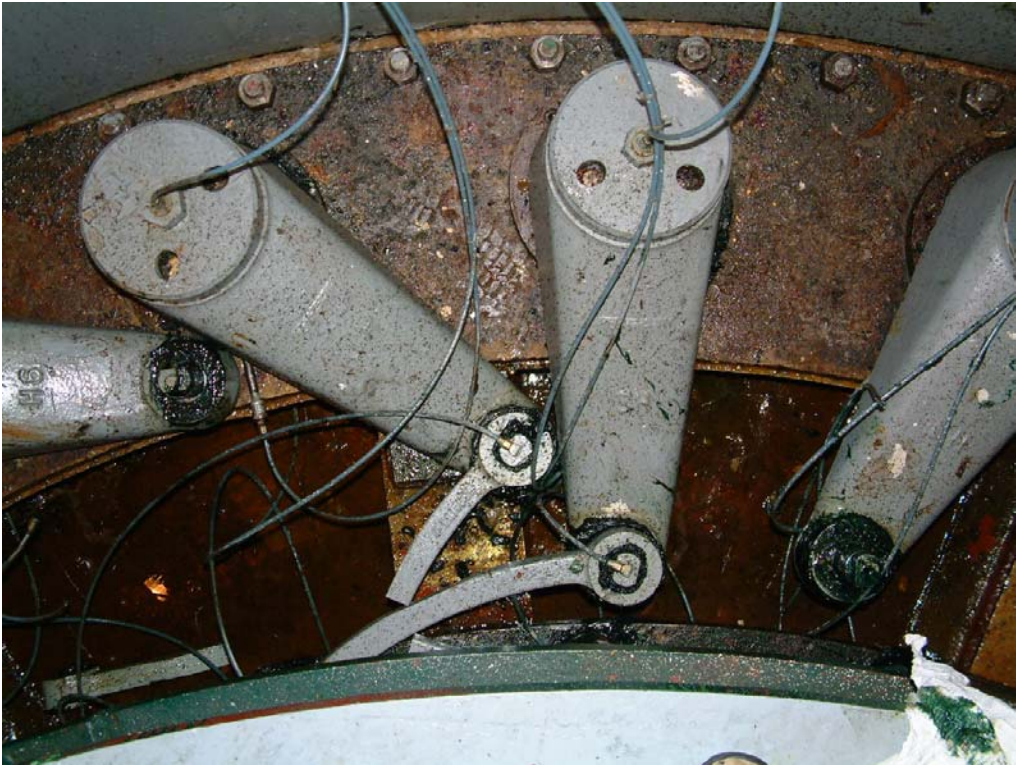


Figure 10: Billettes fusibles sectionnées



Figure 11: Leviers et biellettes en position fermée (avant le bris)

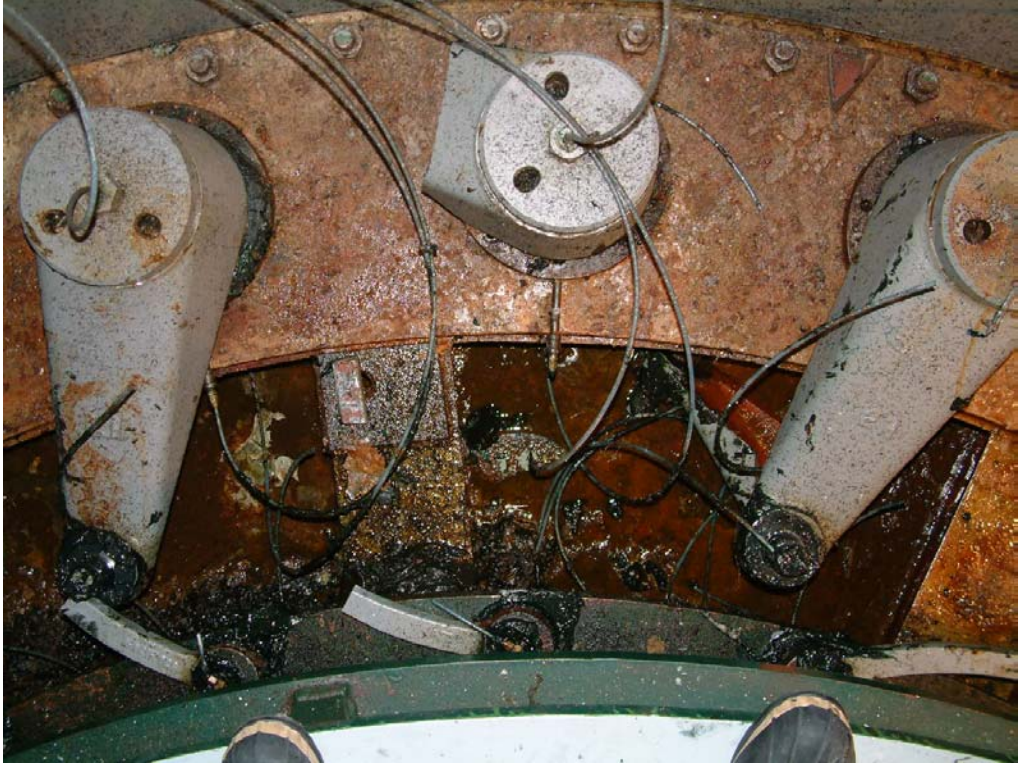


Figure 12: Levier de directrice cassé



Figure 13: Bride d'accouplement du joint d'arbre (sous l'eau)

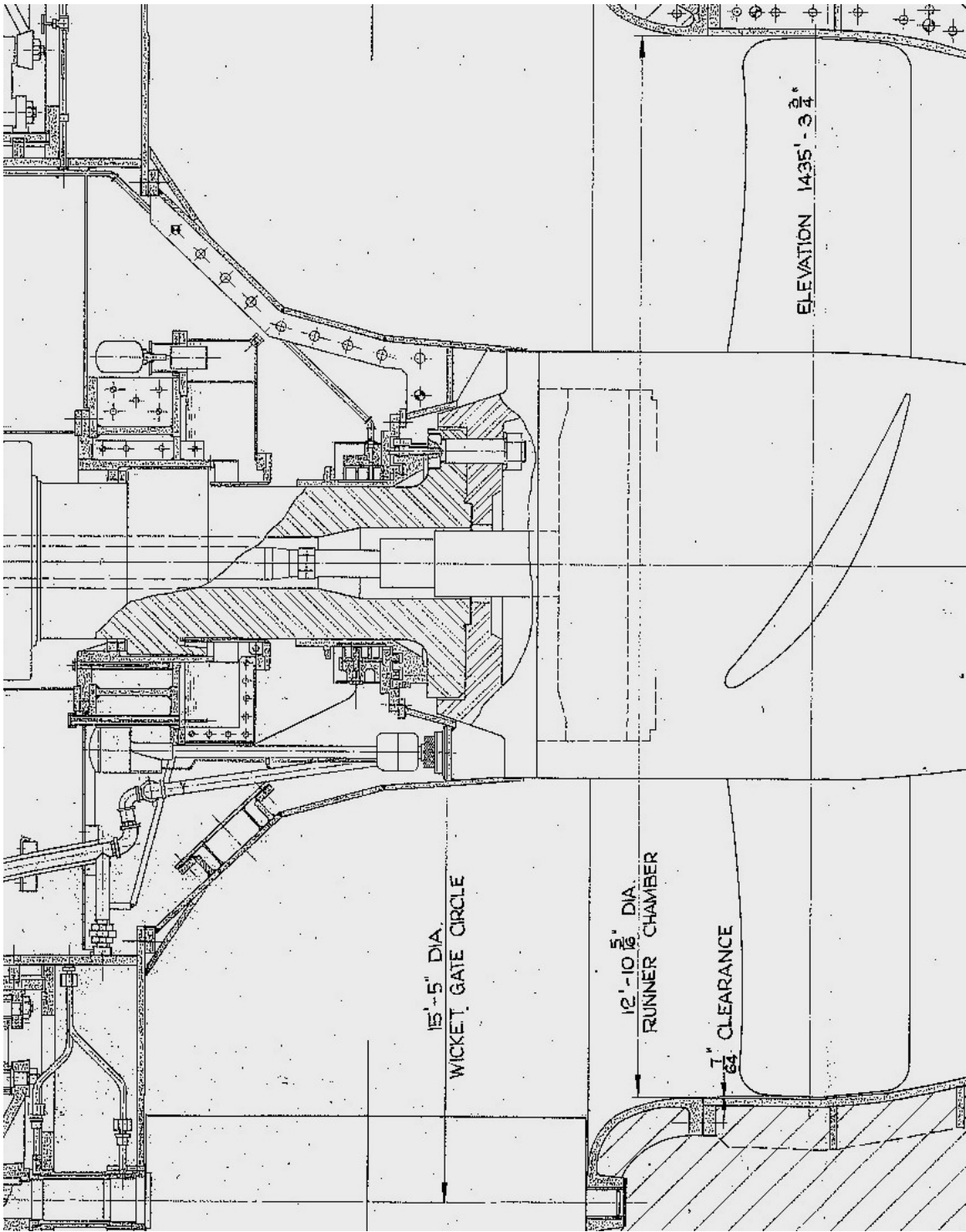


Figure 15: Junction turbine – covercle



Figure 16: Course des tiges guides au point d'attache de la consigne des pales

Annexe B

Calculs de Validation

Débit de fuite de la vanne 3B
Efforts dans le câble

Vendredi le 30 décembre 2005

Annexe B

Inspection du l'unité 3 Photos et dessins

Vendredi le 26 janvier 2006



Figure 1: Vue de la centrale et des vannes aval



Figure 2: Directrice retournée, coincement sur le fond inférieur



Figure 3: Directrice retournée, coincement sur le fond supérieur



Figure 4: Trace d'impacts sur les directrices et le manteau de roue.



Figure 5: Bloc de butée des directrices

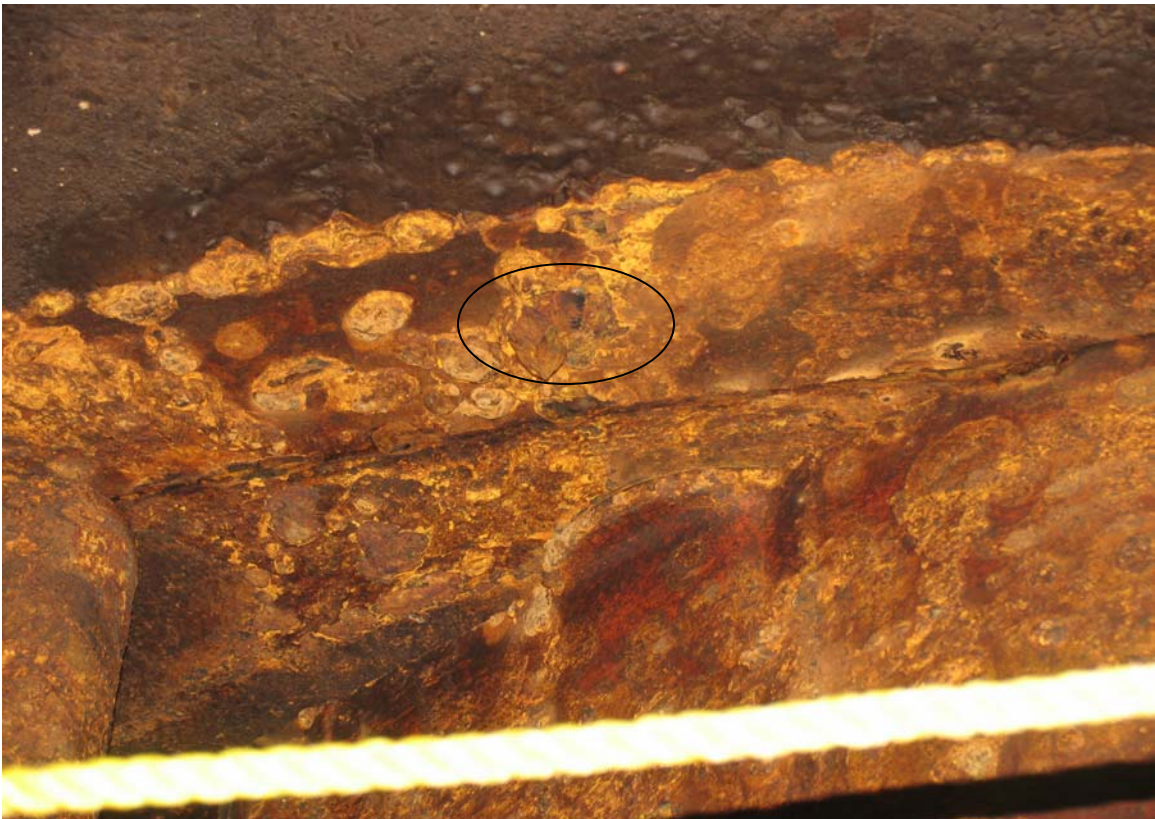


Figure 6: Bloc de butée de directrice, bloc partiellement arraché.



Figure 7: Levier de directrice cassé.

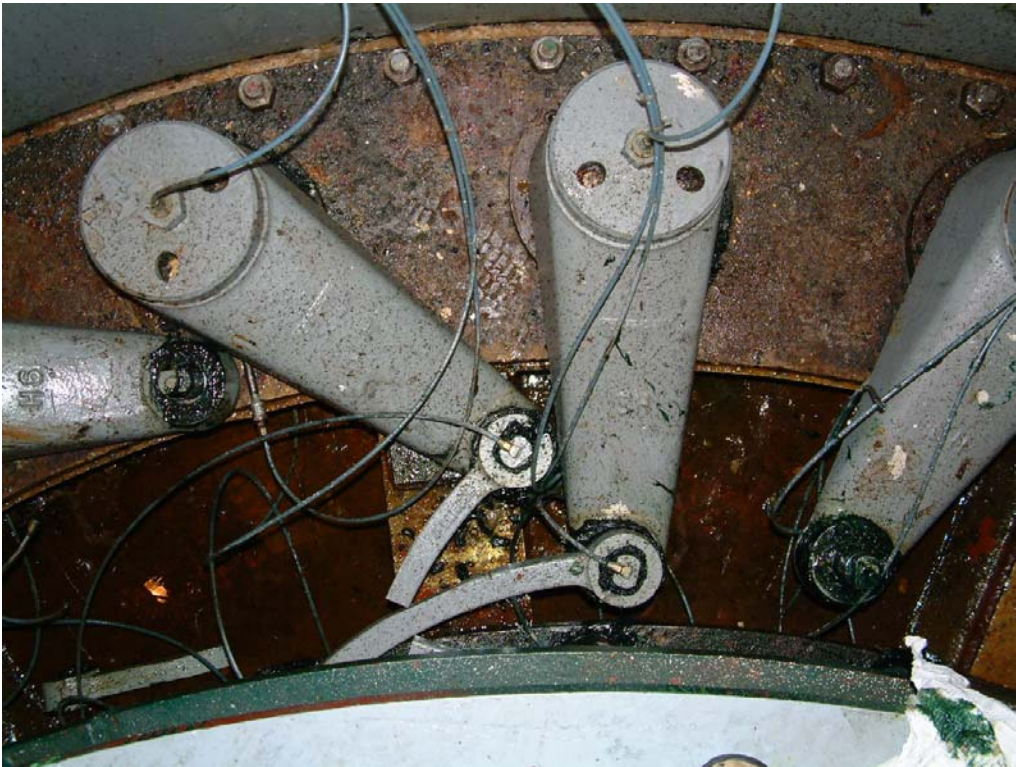


Figure 8: Billettes de rupture sectionnées



Figure 9: Pale de roue manquante



Figure 10: Pale déchirée au bord d'attaque



Figure 11: Pale cassée au bord d'attaque.



Figure 12: Seuil de la vanne amont 3A



Figure 13: Jonction turbine – couvercle

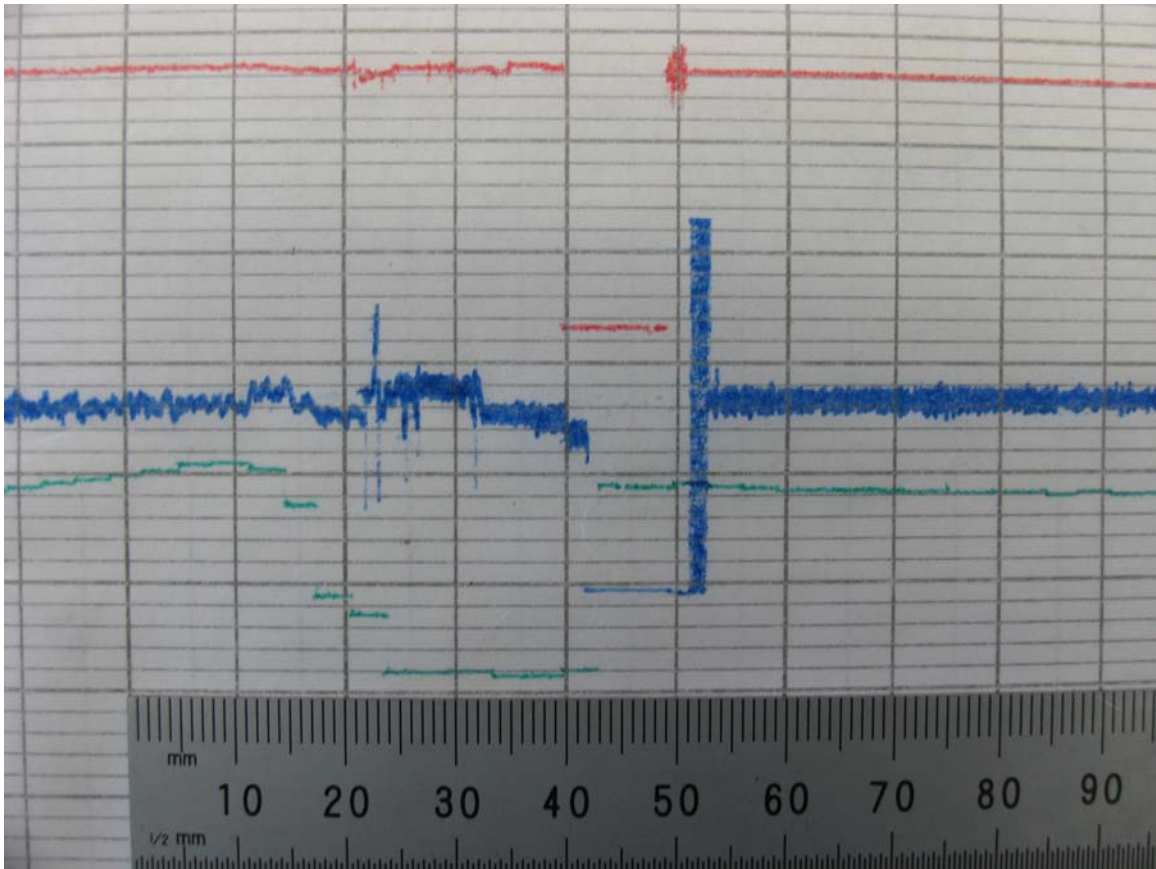


Figure 14: Enregistrement graphique de la centrale au moment du bris.

Rouge: Tension

Vert: Puissance

Bleu: Fréquence

Le temps se déroule de droite à gauche à la vitesse d'environ 1 carreau par heure.

Les plumes sont décalées dans le temps d'environ 15 minutes

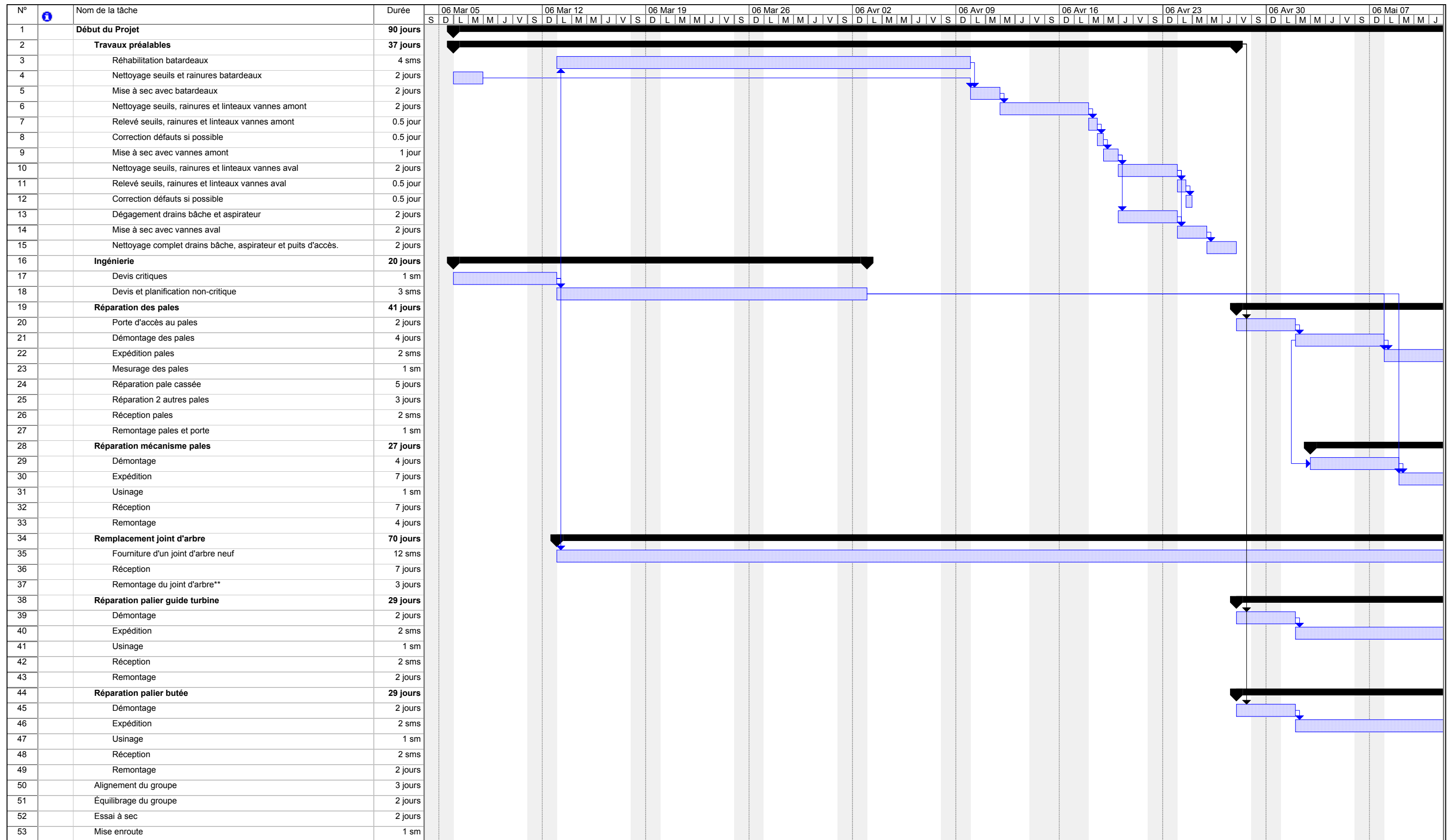
Annexe C

Calendrier des Travaux

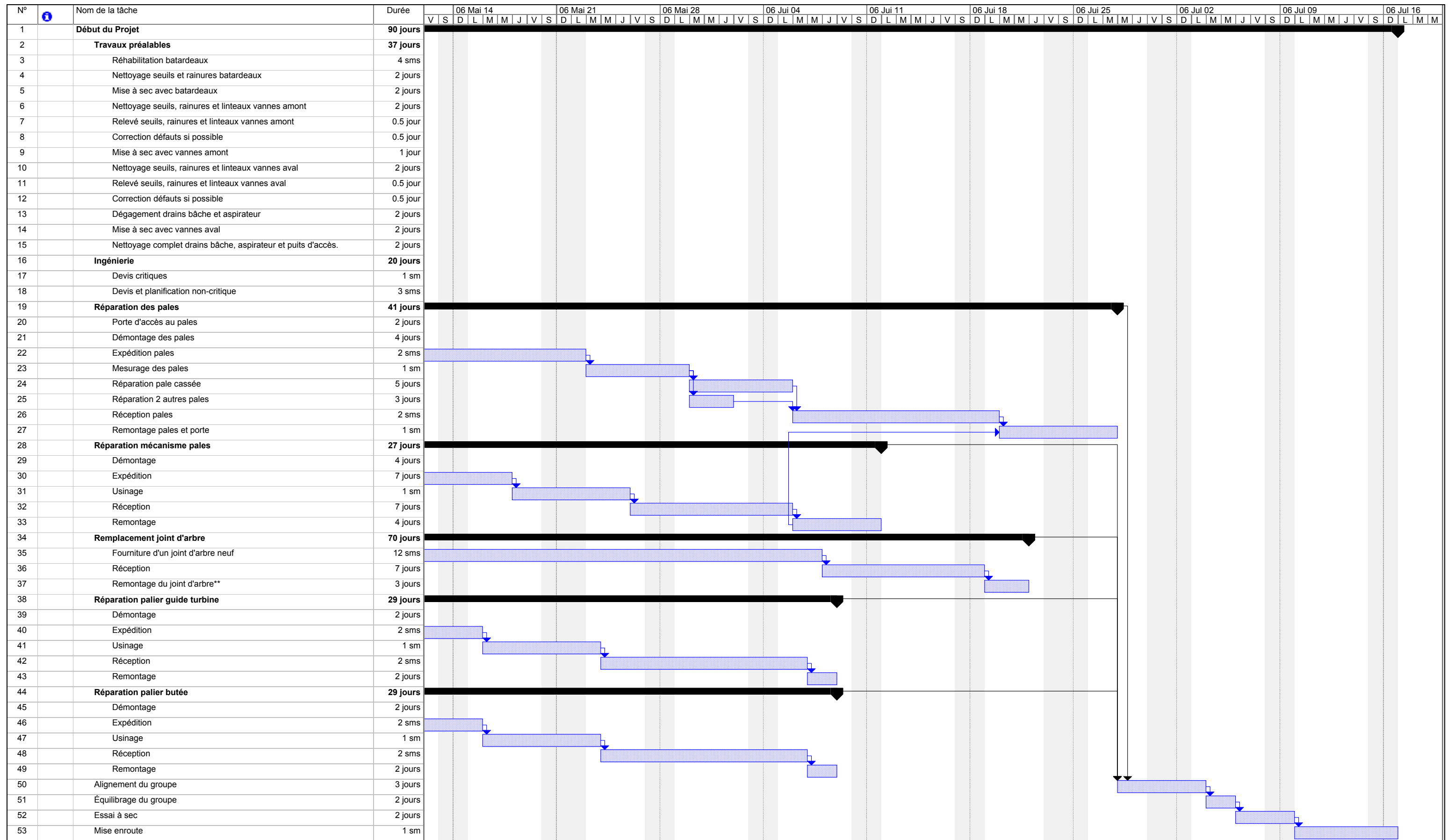
Réparation de la roue

Remplacement de la roue

Réfection Mécanique



Projet : ReparationRoue Date : Lun 06-02-06	Tâche Avancement Fractionnement Jalon	Récapitulative Récapitulative de projet	Tâches externes Jalons externes	Échéance
--	--	--	------------------------------------	--------------



Projet : ReparationRoue
Date : Lun 06-02-06

Tâche : [Barre grise] Avancement
Fractionnement : [Barre pointillée] Jalon

[Barre noire] Récapitulative
[Barre noire avec losange] Récapitulative de projet

[Barre grise avec losange] Tâches externes
[Barre grise avec losange] Jalons externes

[Barre grise avec losange] Échéance

[Flèche verte] ↓

N°	Nom de la tâche	Durée	06 Déc 03	06 Déc 10	06 Déc 17	06 Déc 24	06 Déc 31	07 Jan 07	07 Jan 14	07 Jan 21	07 Jan 28	07 Fév 04	07 Fév 11	07 Fév 18	07 Fév 25	07 Mar 04	07 Mar 11	07 Mar 18	07 Mar 25	07 Avr 01	07 Avr 08	07 Avr 15																																					
			DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM	J	V	S	DL	MM
1	Début du Projet	277 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
2	Travaux préalables	52 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
3	Réhabilitation batardeaux	4 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
4	Nettoyage seuils et rainures batardeaux	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
5	Mise à sec avec batardeaux	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
6	Nettoyage seuils, rainures et linteaux vannes amont	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
7	Relevé seuils, rainures et linteaux vannes amont	0.5 jour	[Barre noire horizontale]																																																								
8	Correction défauts si possible	0.5 jour	[Barre noire horizontale]																																																								
9	Mise à sec avec vannes amont	1 jour	[Barre noire horizontale]																																																								
10	Nettoyage seuils, rainures et linteaux vannes aval	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
11	Relevé seuils, rainures et linteaux vannes aval	0.5 jour	[Barre noire horizontale]																																																								
12	Correction défauts si possible	0.5 jour	[Barre noire horizontale]																																																								
13	Dégagement drains bâche et aspirateur	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
14	Mise à sec avec vannes aval	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
15	Nettoyage complet drains bâche, aspirateur et puits d'accès.	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
16	Ingénierie	40 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
17	Devis critiques	4 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
18	Devis et planification non-critique	3 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
19	Gestion de projet et suivi des travaux	8 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
20	Réparation des pales	41 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
21	Porte d'accès au pales	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
22	Démontage des pales	4 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
23	Expédition pales	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
24	Mesurage des pales	1 sm	[Barre noire horizontale]																																																								
25	Réparation pale cassée	5 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
26	Réparation 2 autres pales	3 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
27	Réception pales	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
28	Remontage pales et porte	1 sm	[Barre noire horizontale]																																																								
29	Remplacement de la roue	245 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
30	Appel d'offre	4 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
31	Fourniture d'une roue neuve	37 sms	[Barre bleue horizontale]																																																								
32	Réception	4 sms	[Barre bleue horizontale]																																																								
33	Remontage	4 sms	[Barre bleue horizontale]																																																								
34	Remplacement joint d'arbre	70 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
35	Fourniture d'un joint d'arbre neuf	12 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
36	Réception	7 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
37	Remontage du joint d'arbre**	3 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
38	Réparation palier guide turbine	29 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
39	Démontage	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
40	Expédition	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
41	Usinage	1 sm	[Barre noire horizontale]																																																								
42	Réception	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
43	Remontage	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
44	Réparation palier butée	29 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
45	Démontage	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
46	Expédition	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
47	Usinage	1 sm	[Barre noire horizontale]																																																								
48	Réception	2 sms	[Barre noire horizontale]																																																								
49	Remontage	2 jours	[Barre noire horizontale]																																																								
50	Alignement du groupe	3 jours	[Barre bleue horizontale]																																																								
51	Équilibrage du groupe	2 jours	[Barre bleue horizontale]																																																								
52	Essai à sec	2 jours	[Barre bleue horizontale]																																																								
53	Mise en route	1 sm	[Barre bleue horizontale]																																																								

Projet : RemplacementRoue
Date : Mar 06-02-07

Tâche [Barre bleue] Avancement [Barre noire] Récapitulative [Barre noire avec triangle] Tâches externes [Barre grise] Échéance [Barre grise avec triangle]

Fractionnement [Barre bleue pointillée] Jalon [Barre noire avec triangle] Récapitulative de projet [Barre noire avec triangle] Jalons externes [Barre grise avec triangle]

N°	Nom de la tâche	Durée	Jul 30	06 Aoû 06	06 Aoû 13	06 Aoû 20	06 Aoû 27	06 Sep 03	06 Sep 10	06 Sep 17	06 Sep 24	06 Oct 01	06 Oct 08	06 Oct 15	06 Oct 22	06 Oct 29	06 Nov 05	06 Nov 12	06 Nov 19	06 Nov 26	06 Déc 03	06 Déc 10	06 Déc 17	06 Déc 24		
			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
1	Début du Projet	410 jours																								
2	Travaux préalables	52 jours																								
3	Réhabilitation batardeaux	4 sms																								
4	Nettoyage seuils et rainures batardeaux	2 jours																								
5	Mise à sec avec batardeaux	2 jours																								
6	Nettoyage seuils, rainures et linteaux vannes amont	2 jours																								
7	Relevé seuils, rainures et linteaux vannes amont	0.5 jour																								
8	Correction défauts si possible	0.5 jour																								
9	Mise à sec avec vannes amont	1 jour																								
10	Nettoyage seuils, rainures et linteaux vannes aval	2 jours																								
11	Relevé seuils, rainures et linteaux vannes aval	0.5 jour																								
12	Correction défauts si possible	0.5 jour																								
13	Dégagement drains bâche et aspirateur	2 jours																								
14	Mise à sec avec vannes aval	2 jours																								
15	Nettoyage complet drains bâche, aspirateur et puits d'accès.	2 jours																								
16	Ingénierie	50 jours																								
17	Devis critiques	4 sms																								
18	Devis et planification non-critique	6 sms																								
19	Gestion de projet et suivi des travaux	6 sms																								
20	Réfection mécanique	346 jours																								
21	Appel d'offre pour la réfection mécanique	6 sms																								
22	Démontage	6 sms																								
23	Expédition	4 sms																								
24	Inspection et réfection mécanique du groupe	52 sms																								
25	Réception	4 jours																								
26	Remontage	6 jours																								
27	Alignement du groupe	3 jours																								
28	Équilibrage du groupe	2 jours																								
29	Essai à sec	2 jours																								
30	Mise en route	1 sm																								

