

Année Universitaire : 2020-2021



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

Titre : l'étude et résolution de la problématique de cisaillement des brimbales des vannes batardeaux aval de complexe hydro-électrique ALLAL AL FASSSI

Lieu : L'USINE ALLAL AL FASSI ONEE-BE

Référence : 13 /21-MGI

Présenté par:

ALAOUI CHRIFI RACHID

AMARANI TAHA

✚ Soutenu Le 13 Juillet 2021 devant le jury composé de:

- Mme. RZINE BOUCHRA (encadrant)
- Mr. BAJJI YOUNES (encadrant Société)
- Mr. EL HAMMOUMI MOHAMMED (examineur)
- Mr. HACHEM NABIL (examineur)

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0) 35 60 29 53 Fax : 212 (0) 35 60 82 14

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier tous les membres de nos familles qui nous ont toujours soutenu, et grâce à qui nous avons pu accomplir notre cursus dans de bonnes conditions.

Il nous est très agréable de nous acquitter d'une dette de reconnaissance envers notre encadrante Mme Bouchra RZINE pour son encadrement et ses précieux conseils pendant notre période de stage.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement nos professeurs Mr Mohammed ELHAMMOUMI et Mr Nabil HACHEM, pour nous faire passer leur savoir qui nous a aidé à valoriser ce modeste travail.

On n'oubliera pas de remercier le directeur d'exploitation renouvelable Mr Abdellah SAPHAR, le chef de service d'exploitation NORD-EST Mr Abdellah BELHAOUZI, le cadre technique à l'usine ALLAL AL FASSI Mr Abdeslam ELKHALFI et surtout notre encadrant le chef d'usine ALLAL AL FASSI Mr Younes BAJJI et tous les agents de l'O.N.EE-BE qui nous ont fourni toutes les informations et les connaissances nécessaires très utiles dans notre sujet.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à l'O.N.EE-BE qui nous a donné cette magnifique opportunité pour pouvoir enrichir nos connaissances et développer nos compétences.

SOMMAIRE :

Introduction	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ONEE-BE ET DU PROJET D'USINE AAF.....	
1. PRESENTATION DE L'ONEE-BE :	2
1.1. Présentation de l'ONEE-BE :	2
1.2. Organigramme de l'ONEE-BE :	2
1.3. Situation de l'usine ALLAL AL FASSI :	3
1.4. Disposition générales des OUVRAGES:	3
1.5. Intégration de l'usine dans le réseau ONEE-BE :	4
1.6. Réseau de distribution:	4
2. DESCRIPTION DU PERIMETRE DU PROJET	5
2.1. Définition du batardeau et de système de brimbales :	5
2.2. Cahier de charge :	6
2.3. Outils utilisés:	6
2.4. Etape « définir »	7
CHAPITRE II : ETAPE « MESURER »ET « ANALYSER »	
1. ANALYSE HISTORIQUE DE LA PROBLEMATIQUE	10
1.1. Analyse chronologique de CND (control non destructible) :	10
2. Détermination des causes racines :	12
3. Composants de la brimbale à développer	13
3.1. Structure actuelle de la brimbale :	13
3.2. Composants de la brimbale à développer	16
4. Vérification de résistance de la brimbale actuelle	20
4.1. Vérification de résistance au cisaillement	20
4.2. Vérification de résistance au soudage :	23
CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »	
1. SOLUTION PROPOSEE POUR RESISTER A LA CORROSION.....	26

2.	SOLUTION PROPOSEE POUR RESISTER AU VIBRATION	29
3.	CHOIX DU PROFILE.....	32
	3.1. Définition.....	32
	3.2. Critère de choix	33
	3.3. L'étude économique :	33
	3.4. L'étude mécanique :	34
4.	NOUVELLE CONCEPTION A DEVELOPPER	39
	4.1. Diagramme de pieuvre.....	39
	4.2. Cahier de charge fonctionnel	40
	4.2. La nouvelle conception proposée :	41
	Le tube octal.....	41
5.	ETAPE « CONTROLER » DE CISAILLEMENT	44
	5.1. Pour la brimbale en acier E36 à épaisseur 8 :	44
	5.2. Pour la brimbale en acier E24 à épaisseur 12 :	45
	5.3. Pour la brimbale en acier E36 à épaisseur 12 :	46
	b. Condition à la résistance au cisaillement pour l'acier E36 EP 12 :	47
6.	VALEURS AJOUTEES	48
	Conclusion.....	49

Glossaire

Abréviation	Désignation
AAF	ALLAL AL FASSI
Rpg	Limite pratique au glissement
Reg	Limite élastique au glissement
Re	Limite élastique
DN	Dispatching National
CND	Control non destructif

Liste des tableaux

TABLEAU 1:QOOQCP PHASE 1	8
TABLEAU 2:QOOQCP PHASE 2	9
TABLEAU 3:RESUME DU CND.....	12
TABLEAU 4:DETECTION	16
TABLEAU 5: FREQUENCE	16
TABLEAU 6:GRAVITE	17
TABLEAU 7:CRITICITE	17
TABLEAU 8:AMDEC DE PRODUIT DE LA BRIMBALE	19
TABLEAU 9:CHOIX DE COEFFICIENT DE SECURITE.....	22
TABLEAU 10:RELATION ENTRE R_e ET R_{eg}	23
TABLEAU 11:FAISABILITE DE LA CORROSION	29
TABLEAU 12:FAISABILITE DE LA CHAINE	32
TABLEAU 13:TYPES D'ACIEER.....	33
TABLEAU 14:FAISABILITE DE TYPE D'ACIER	38
TABLEAU 15:TABLEAU D'ANALYSE FONCTIONNEL	40
TABLEAU 16:FAISABILITE DE LA CONCEPTION	44

Liste des figures

FIGURE 1:ORGANIGRAMME DE L'ONEE-BE.....	2
FIGURE 2:DISPOSITION GENERAL DES OUVRAGES DE L'ONE-BE	4
FIGURE 3:OUVRAGES DU COMPLEXE AAF.....	4
FIGURE 4:BRIMBALE	5
FIGURE 5:VANNE DE GARDE	5
FIGURE 6:BATARDEAU	6
FIGURE 7:EXEMPLE DE CND	10
FIGURE 8:FISSURE SUR LA BRIMBALE.....	11
FIGURE 9:METHODE ISHIKAWA DE LA PROBLEMATIQUE.....	12
FIGURE 10:STRUCTURE DE LA BRIMBALE	13
FIGURE 11: TUBE CARRE DE LA STRUCTURE BRIMBALES.....	13
FIGURE 12:CHAPE DOUBLE	14
FIGURE 13:CHAPE SIMPLE	14
FIGURE 14: AXES DE LIAISON ENTRE LES BRIMBALES.....	15
FIGURE 15: PLAQUES DE FIXATIONS	15
FIGURE 16:BRIMBALE	15
FIGURE 17:SCHEMA ARBORESCENT DE LA BRIMBALE	16
FIGURE 18:CISAILLEMENT DE LA BRIMBALE	20
FIGURE 19 : COURBE CONTRAINTE/DEFORMATION DANS UN ESSAI DE CISAILLEMENT	20
FIGURE 20:SOUDURE CHAPE DOUBLE	23
FIGURE 21: SOUDURE TUBE CARRE	24
FIGURE 22:ELEMENTS DE SOUDAGE	24
FIGURE 23:CORROSION DE LA BRIMBALE	26
FIGURE 24:TUBE GALVANISEE DE NICKEL.....	26
FIGURE 25: TUBE GALVANISEE DE ZINC.....	27
FIGURE 26: LES PLAQUES DE ZINC UTILISEES AU SYSTEME.....	27
FIGURE 27:ANODE SACRIFICIELLE	28
FIGURE 28:OXYDATION DE LA PLAQUE ZINC	28
FIGURE 29:PRINCIPE DE L'HYDROELASTIQUE.....	29
FIGURE 30:CHAINE METALLIQUE CONTRE LA VIBRATION.....	30
FIGURE 31:PROPRIETEE MECANIQUE DE LA CHAINE METALLIQUE.....	31
FIGURE 32:PROPRIETE DE LA BRIMBALE E24 EP 8.....	37
FIGURE 33:PROPRIETE DE LA BRIMBALE E36 EP 12.....	38

FIGURE 34:DIAGRAMME DE PIEUVRE DE LA PROBLEMATIQUE	39
FIGURE 35: NOUVELLE FORME OCTALE.....	41
FIGURE 36:NOUVEAU SUPPORT DE BUTEE	42
FIGURE 37:VUE DE FACE DE LA BRIMBALE	43

Introduction

Dans le cadre d'assurer la production d'électricité sans problèmes et rendre le réseau électrique à la disposition de ses clients, l'ONEE-BE cherche toujours d'intégrer des méthodes évolutionnistes et un développement continu pour qu'il puisse éviter l'écart de fréquence entre la production et la consommation des différents sites, en gardant leurs récepteurs en bon fonctionnement et avoir la confiance durable au niveau national.

L'ONEE-BE a toujours constitué un pôle de compétences industrielle et économique du pays, il a toujours intégré les évolutions et les concepts technologiques innovants dans ses programmes de développement afin de jouer son rôle de leader dans le domaine d'énergie électrique au Maroc. Par ailleurs, la direction de production et conformément à son plan stratégique de développement ambitieux, continue à consolider ses actions pour renforcer son avantage concurrentiel et améliorer la crédibilité de ses installations et ses ressources.

Le sujet, qui nous a été confié a pour objectif de proposer une correction applicable et fiable du système d'ouverture et de fermeture du batardeau de complexe ALLAL AL FASSI, qui est guidée et contrôlée par un système hydraulique, en évitant le problème de cisaillement des brimbales accompagné. Pour se faire, nous allons effectuer une étude mécanique, économique du système et proposer des solutions adéquates.

Le travail suivant va contenir trois chapitres, le premier va cerner une présentation globale de l'usine ALLAL AL FASSI, ses composants et les outils que nous avons utilisés pour définir et résoudre la problématique, puis le deuxième chapitre va se baser sur l'analyse historique du CND des années précédentes de cisaillement des brimbales, ses causes racines et la criticité de chaque composant de cette structure métallique. En plus, nous allons présenter la structure actuelle de la bimbale, sa vérification de cisaillement et de soudage. En fin, le troisième chapitre va regrouper les solutions proposées et vérifie la résistance au cisaillement des suggestions données.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ONEE-BE ET DU PROJET D'USINE AAF

1. PRESENTATION DE L'ONEE-BE :

1.1. Présentation de l'ONEE-BE :

Au cœur d'un service public stratégique et essentiel pour la compétitivité du pays, l'Office National de l'Electricité est l'opérateur de référence du secteur électrique au Maroc.

L'ONEE, né du regroupement en 2012 de l'Office National de l'Électricité (ONEE) créée en 1963 et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) créée en 1972, s'investit pleinement dans de grands projets structurants pour le Maroc, le dotant d'infrastructures de production, transport et de distribution d'électricité et d'eau ainsi que d'épuration des eaux usées indispensables au développement durable du pays.

- Satisfaire la demande en électricité du pays en énergie électrique dans les meilleures conditions de coût et de qualité de service.
- Gérer et développer le réseau de transport.
- Planifier, intensifier et généraliser l'extension de l'électrification rurale.
- Développer les énergies renouvelables.
- Gérer la demande globale d'énergie électrique du Royaume.

1.2. Organigramme de l'ONEE-BE :

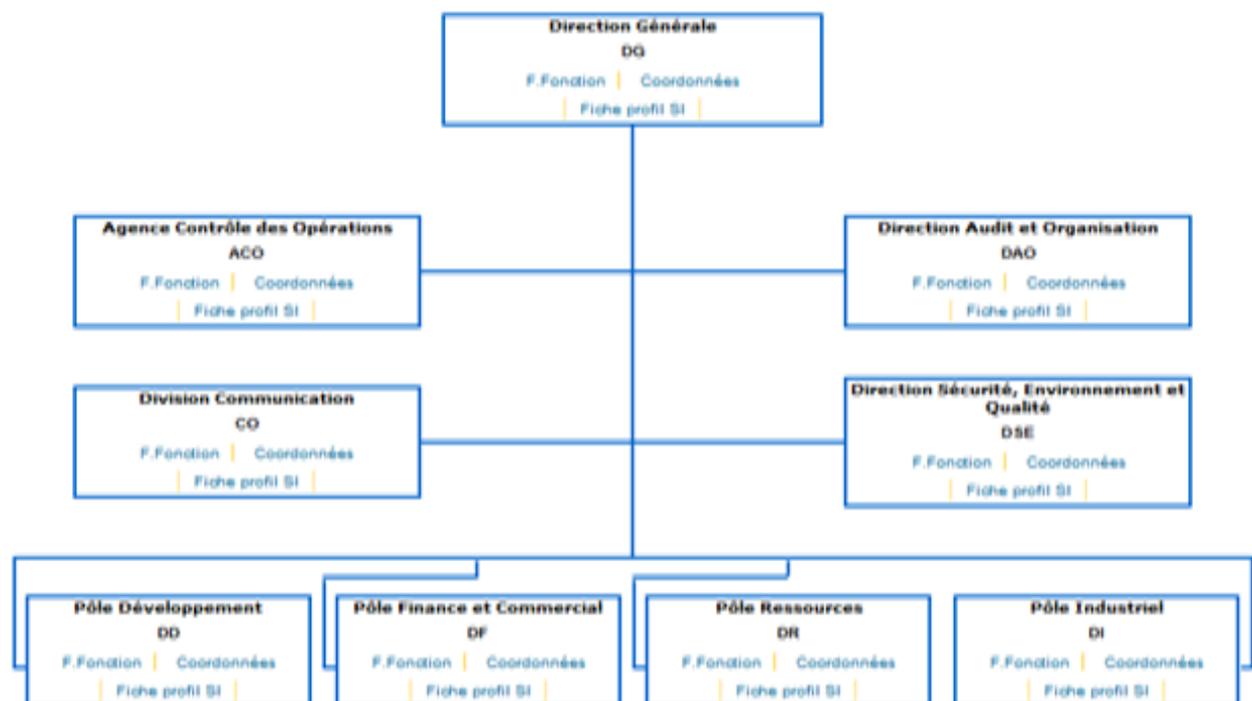


FIGURE 1:ORGANIGRAMME DE L'ONEE-BE

1.3. Situation de l'usine ALLAL AL FASSI :

L'aménagement hydraulique est situé au sud du Rif, entre les territoires des provinces de Séfrou et TAOUNATE. L'usine est située à environ **60Km** de Fès par la route principale N°1 Fès Oujda. La chute hydroélectrique AAF constitue des éléments de l'aménagement du haut Sebou qui fait lui-même partie de l'aménagement intégré de l'ensemble Sebou – INAOUENE - OUERGHA, conçu pour satisfaire principalement les besoins en eau d'irrigation et des besoins énergétique.

1.4. Disposition générales des OUVRAGES:

L'ouvrage AAF utilise la dénivellation de **200m** environ existante entre le cours du Sebou et celui de L'INAOUENE, dérivant l'eau de la retenue d'AAF vers l'usine et la restituant dans la retenue du barrage Idriss 1^{er}. Les ouvrages de la chute comportent de l'amont à l'aval :

- Une prise d'eau sur le Sebou en rive droite, dans la retenue du barrage D'AIT YOUB, munie des équipements de protection, fermeture et réglage des débits.
- Une galerie d'amenée à écoulement libre de **5 500m** de longueur et de **4m** de diamètre.
- Un bassin de modulation, d'une capacité **151 000m³** alimenté à l'amont par la galerie d'amenée.
- Une prise d'eau située dans la partie aval de bassin de modulation avec grille de protection et vanne de garde.
- Une conduite d'amenée en acier de longueur **3876m** et de diamètre variant entre **7.20** et **6m**.
- Une cheminée d'équilibre, de **94m** de haut hors sol, en béton précontraint pour protéger les conduites.
- Une conduite forcée de **620 m** de longueur et de diamètre variant de **6** à **5,20 m** protégée par une vanne de garde terminée par trois branches de **3 m** de diamètre prenant naissance à partir d'un répartiteur
- Une usine équipée de trois groupes, de **240 MW** de puissance installée.
- Trois galeries de restitution, de longueur **350 m** environ et de diamètre **5,70 m**, convergeant vers l'ouvrage de restitution équipé de **3** vannes batardeaux.

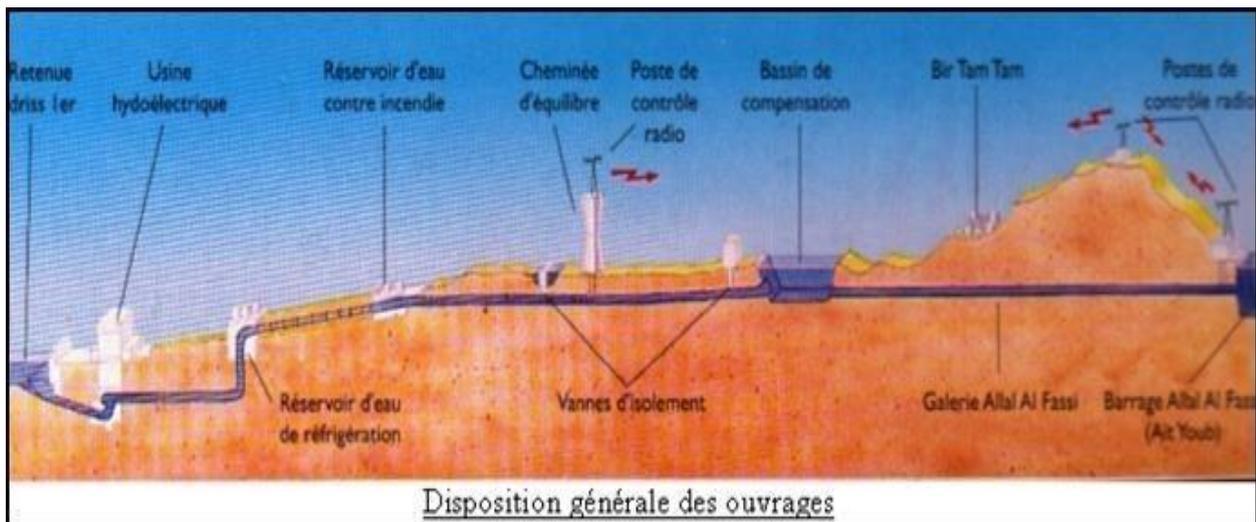


FIGURE 2:DISPOSITION GENERAL DES OUVRAGES DE L'ONEE-BE

1.5. Intégration de l'usine dans le réseau ONEE-BE :

Nous allons présenter les différents ouvrages de l'usine ALLAL AL FASSI. (Figure 3)

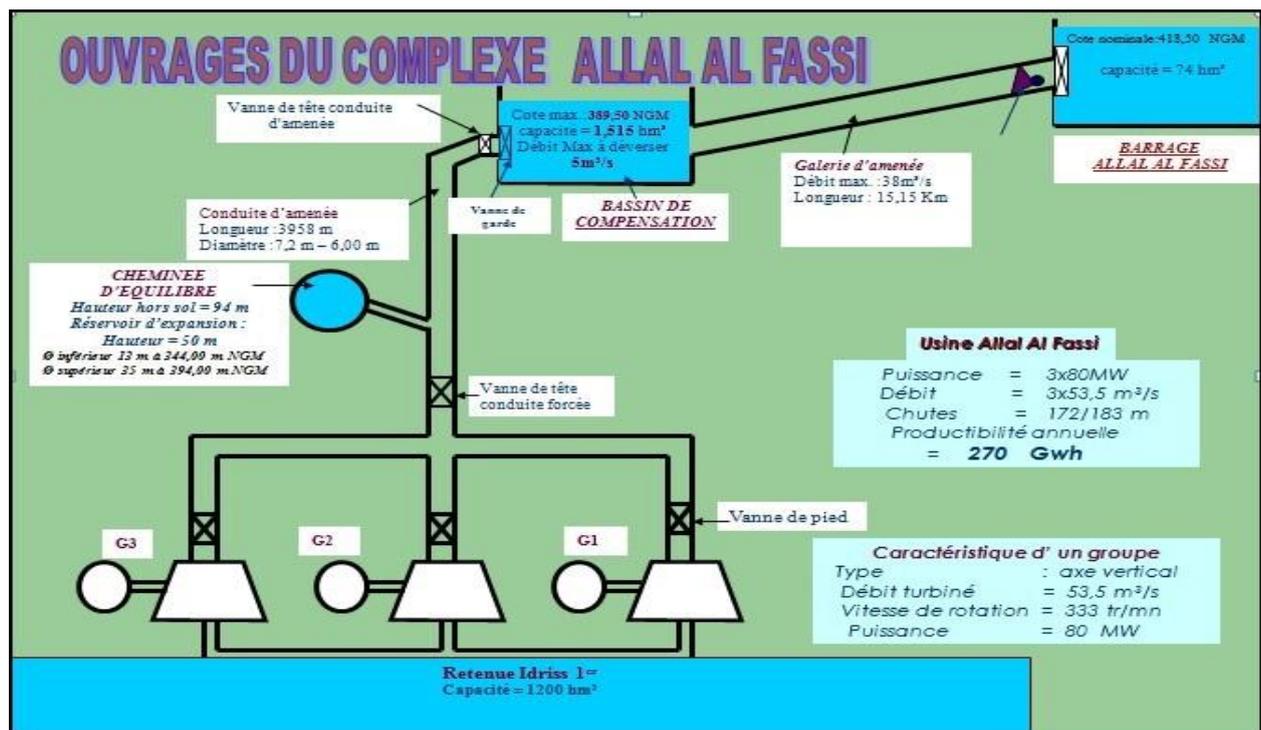


FIGURE 3:OUVRAGES DU COMPLEXE AAF

1.6. Réseau de distribution:

Les réseaux de distribution alimentent directement les consommateurs soit sous basse tension pour les utilisations domestiques ou artisanales, soit sous moyenne tension pour les usagers industriels demandant des puissances plus importantes. Les réseaux de transport transigent les énormes puissances fournies par les centrales, ce qui leur fait jouer un, ou souvent

plusieurs, des trois rôles suivants : transport proprement dit entre deux points, répartition à l'intérieur d'une zone de consommation, interconnexion entre deux réseaux qui trouvent ainsi des secours réciproques pour les situations difficiles.

2. DESCRIPTION DU PERIMETRE DU PROJET

2.1. Définition du batardeau et de système de brimbales :

Nous allons marquer les différents composants du batardeau aval du complexe ALLAL AL FASSI.

La brimbale : est un système enchainé des pièces mécaniques tels que (le tube carré, l'axe, le flasque, la chape simple, la chape double), en vue d'assure un support solide de la vanne, ce dernier fait la connexion entre le système hydraulique et le support de la vanne immergée d'ouverture et de fermeture. Ensuite ce système semble important pour le montage et le démontage via le système hydraulique. (Figure 4)



FIGURE 4:BRIMBALE

La vanne : est une grande plaque métallique qui fait l'ouverture et la fermeture de la conduite du système hydro-électrique. (Figure 5)



FIGURE 5:VANNE DE GARDE

Le batardeau : Les brimbales, la vanne et le verrou hydraulique, forment la structure en aval de l'usine AAF. (Figure 6)



FIGURE 6:BATARDEAU

2.2. Cahier de charge :

Nous allons présenter le cahier de charge exprimant le besoin de maintenir la production.

Cahier de charge :

Contexte et définition du problème : L'usine ALLAL AL FASSI a connu un cisaillement mécanique au niveau de la 4^{ème} brimbale du groupe 3, cela pose des problèmes : la chute de la vanne et l'arrêt de la production d'électricité.

Description fonctionnelle des besoins : Eviter la chute de la vanne, la panne du groupe et maintenir la production.

Périmètre de projet : Les brimbales de l'usine de production ALLAL AL FASSI.

Objectif du projet : Etude et résolution de cisaillement de brimbale des vannes batardeaux aval des groupes de complexe usine ALLAL AL FASSI.

Enveloppe budgétaire : 500 KDH (50 Millions centimes)

Date de réalisation attendue : 2023

2.3. Outils utilisés:

Démarche DMAIC : Il s'agit d'une méthode scientifique de résolution de problèmes découpée en 5 étapes dont « DMAIC » est en fait l'acronyme : Définir / Mesurer / Analyser / Innover (au sens Améliorer) et Contrôler.

Les 5 étapes de la méthode DMAIC sont les suivantes :

Définir : pour poser le problème en définissant les symptômes.

Mesurer : pour quantifier l'ampleur du problème.

Analyser : pour déterminer les causes du problème.

Innover / Améliorer : pour identifier la ou les solution(s) au problème.

Contrôler : pour vérifier et maintenir l'amélioration dans le temps.

Méthode QQQQCP : Cette technique d'analyse permet de comprendre une situation, de cerner un problème en scrutant tous ses aspects. Cette méthode QQQQCP apporte les informations qui permettent de mieux connaître, cerner, clarifier, structurer, cadrer une situation car elle explore toutes les dimensions sous différents angles.

Diagramme ISHIKAWA : le diagramme causes-effets d'Ishikawa en référence à son concepteur promoteur, aussi appelé diagramme arête de poisson en raison de sa graphie, est un outil qualité utilisé pour identifier les causes d'un problème.

Le diagramme Ishikawa est aussi fort utile pour tout autre type de réflexion fondée sur l'identification du cheminement causes effets.

AMDEC de produit : consiste à analyser la conception d'un produit dans le but d'améliorer sa qualité et sa fiabilité prévisionnelle.

Tableau d'analyse fonctionnelle : capitalise les résultats de l'analyse technique du fonctionnement d'un composant dans son environnement fonctionnel. La démarche conduit tout naturellement à définir les caractéristiques que doivent vérifier les composants pour que chaque fonction technique élémentaire soit satisfaite.

Logiciel Catia : logiciel qui permet de faire une simulation des pièces mécaniques préconçues et leur assemblage.

2.4. Etape « définir »

Pour bien définir la problématique, nous allons utiliser la méthode QQQQCP en deux phases :

Phase 1:

Qui : Qui est concerné par le problème ?

Quoi : Quel est le problème ?

Où : Où apparaît le problème ?

Quand : Quand apparaît le problème ?

Comment : Comment se manifeste problème ?

Pourquoi : Pourquoi faut-il résoudre le problème ?

QUI	-Bureau d'étude -Equipe maintenance
QUOI	-Le cisaillement des brimbales
Où	-Batardeau de complexe AAF
QUAND	-2008
COMMENT	-l'arrêt de la production
POURQUOI	-Pour assurer la production d'électricité -Pour assurer la sécurité du personnel à l'intervention -Pour assurer l'ouverture et la fermeture de la vanne -pour assurer les travaux de maintenance des groupes

TABLEAU 1:QOQCP PHASE 1

Phase 2 :

QUI ?

Qui a relevé le problème ?	Equipe maintenance
Qui est le responsable du projet ?	Entreprise allemand ABB
Qui est à l'origine du problème ?	Bureau d'étude
Qui est impacté ?	Réseau national
Qui a besoin de réponse ?	Usine ALLAL AL FASSI
Qui contacter ?	Equipe maintenance et bureau d'étude

QUOI ?

De quoi s'agit-il précisément ?	Cisaillement de la 4eme brimbale du groupe 3
Quelle est la situation actuelle ?	Revêtement de la brimbale
Quelles sont les conséquences ?	Le fléchissement de la vanne Arrêt de la production d'électricité du groupe 3 pendant 36 heures

Quels sont les risques ?	Un manque à gagner de 45 Millions centimes
Qu'est ce qui a été mis en place pour régler le problème ?	Instauration de politique des maintenances préventive Mis à jours du plan de maintenances Basé sur les CND annuellement des brimbales
Quels sont les retours ?	Maintenir la production de l'usine AAF
Qu'est ce qui n'a pas répondu aux attentes initiales ?	Le dysfonctionnement de la brimbale

Où ?

Où ?	Au batardeau
A quelle étape la difficulté apparait elle ?	La visualisation des micros fissures Et des piqûres au niveau de la brimbale
L'endroit où se situe le problème est-il accessible ?	Les brimbales de batardeaux Il y a des brimbales immergées

Quand ?

Quand ?	2008
Qui est le responsable du projet ?	L'entreprise allemande ABB
Depuis combien de temps le problème ?	A partir de la chute de la vanne immergée
Le problème se produit il régulièrement ?	Non

COMMENT ?

Comment se manifeste le problème ?	Le cisaillement de la 4eme brimbale, visualisation des fissures
Quelles procédures sont mises en place ?	Le soudage, le chargement de matière pour remplir les fissures ou bien remplacement totale

TABLEAU 2:QQOQCP PHASE 2

CHAPITRE II : ETAPE « MESURER » ET « ANALYSER »

Nous allons utiliser dans ce chapitre les deux étapes « **analyser** » et « **mesurer** » de la démarche **DMAIC**, la première va se baser sur l'analyse historique de la problématique et la deuxième va permettre de faire un calcul de vérification de cisaillement de la brimbale actuelle.

1. ANALYSE HISTORIQUE DE LA PROBLEMATIQUE

L'historique de l'usine ALLAL AL FASSI est indispensable pour trouver les causes responsables qui se manifestent à long terme dans les différentes parties de la structure étudiée.

1.1. Analyse chronologique de CND (control non destructible) :

Le CND est un control qui caractérise l'état d'intégrité de structure industriel et consiste à monter d'une manière chronologique les anomalies des brimbales. (Figure 7)

		RAPPORT DE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPIE		
		Rapport N° : EA MT 07/15	Affaire :	Page : 1 / 4
Client : ONEE ALLAL ELFASSI		projet: Batardeau G2		
DOCUMENT DE REFERENCE POUR LE CONTROLE				
SPECIFICATION DE CONROLE : NF EN 1290				
IDENTIFICATION		DONNEES TECHNIQUE		
Appareil BRIMBALE 1	Appareil : MAGNETIC PARTICLE		N° Série : 681780	
	Modèle : sofranel CEY240		Type : Mobile <input checked="" type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/>	
Pièce contrôlée Soudures	Révélateur : Liquide <input checked="" type="checkbox"/> Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent <input type="checkbox"/>			
	Méthode de Magnétisation			
Repère		Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ <input type="checkbox"/> Electro-aimant <input checked="" type="checkbox"/>		
Surface Préparée		Nature du Courant		
Méthode prépa. Brossage		Alternatif <input checked="" type="checkbox"/> Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>		
Date du contrôle 30/ 04/2015	Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD <input type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/>			
	Paramètres : Intensité mesurée du courant : 280 à 400 Amp. Durée de passage du courant : 15 Sec.			
	Séquences d'examen			
		2Diréctions Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> 1Diréction <input type="checkbox"/> Enroulement <input type="checkbox"/>		
		Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>		
		Eclairage : Ultra-violet <input type="checkbox"/> Blanche artificielle <input checked="" type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>		
Résultats	Sans indication notable <input type="checkbox"/> Défaut sur la pièce <input checked="" type="checkbox"/>			
Nature du défaut	Défauts linéaires			
Taille du défaut	Voir photos			
Repérage	// //			
Verdict (A / NA)	NA			
S2G TI		Contractant		Client
DATE : 30/04/2015 Nom : A.KHIRI Visa :		DATE : Nom : Visa :		DATE : Nom : Visa :

FIGURE 7:EXEMPLE DE CND

Le rapport ci-dessus, qui date le 30/04/2015, montre un contrôle qui a été déjà fait au sein du groupe 2 sur la 1^{ère} brimbale, en utilisant l'appareil MAGNETIC PARTICLE, un révélateur liquide et un soudage avec l'électro-aimant.

La photo du CND suivante indique des fissures au niveau de soudage de la chape simple et le tube carré. (Figure 8)



FIGURE 8:FISSURE SUR LA BRIMBALE

Nous allons présenter le tableau suivant qui résume les différentes dates du control non destructif, pour analyser les anomalies existantes dans les brimbales : (Figure 3)

Date	Groupe	Brimbale	Verdict
2008	3	4	Cisaillement
21/02/2013	2	1, 2	Cavité de corrosion sur le tube carré
		3, 4, 5	Conforme
29/12/2014	3	1	Fissure au contact de la butée et le tube carré
		2, 3, 4, 5	Conforme
30/04/2015	2	1	Fissure au contact de: -La butée et le tube carré -Chape simple et tube carré
		3	Cavité de corrosion sur le tube carré
		2, 4, 5	Conforme
07/05/2015	1	1	Fissure au contact de: -La butée et le tube carré

			-Chape simple et tube carré
		2, 3, 4, 5	Conforme
21/05/2015	1	1, 2, 3, 4, 5	Conforme
	2	1, 2, 3, 4, 5	

TABLEAU 3:RESUME DU CND

Depuis cette historique, nous avons pu constater que la 1ère, la 2ème et parfois la 3ème brimbale sont les plus exposées aux anomalies, comme les fissures de corrosion et les piqures de soudage, or la 4ème et la 5ème brimbale supportent la haute charge ce qui a provoqué le cisaillement de la 4ème en 2008.

2. Détermination des causes racines :

Pour continuer l'étape « analyser » de la démarche DMAIC, nous allons appliquer la méthode ISHIKAWA qui permet de déterminer les causes racines de cisaillement de la brimbale. (Figure 9)

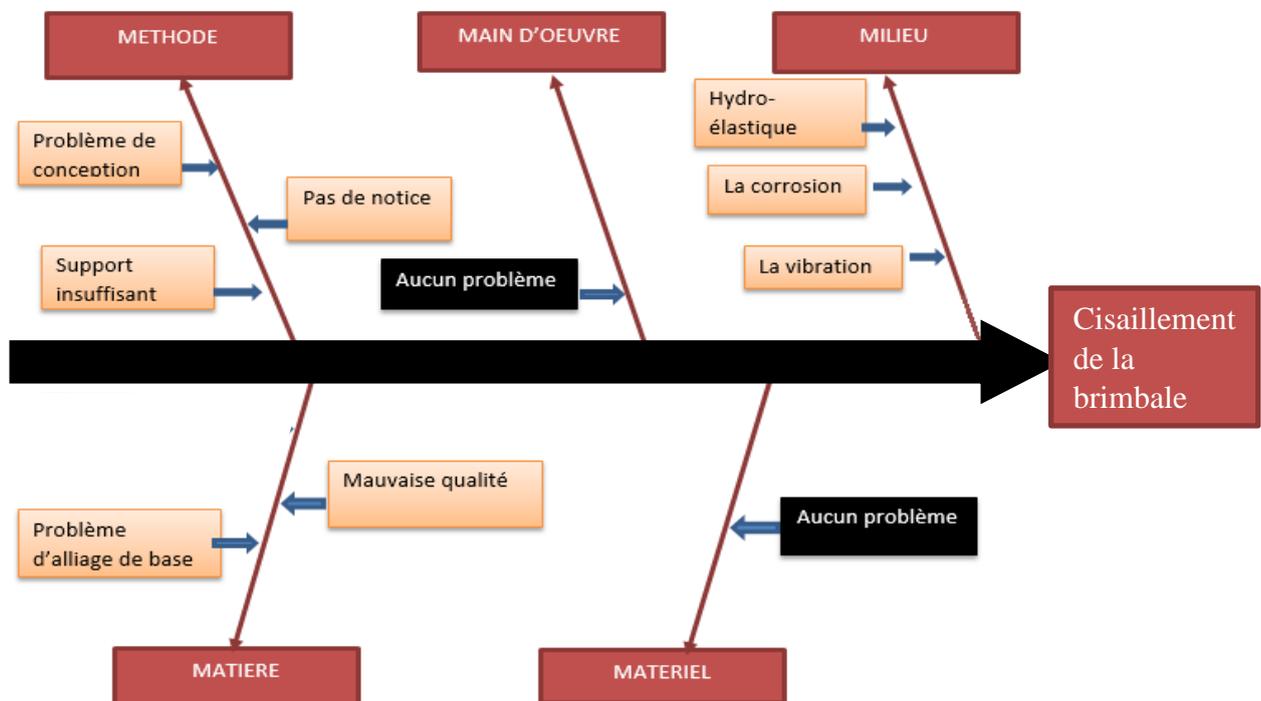


FIGURE 9: METHODE ISHIKAWA DE LA PROBLEMATIQUE

Ce diagramme, nous a permis d'extraire les différentes causes racines de la problématique par exemple, le problème de conception, l'alliage de base, la vibration et la corrosion.

3. Composants de la brimbale à développer

3.1. Structure actuelle de la brimbale :

Nous allons indiquer le DRAFTING de la brimbale actuelle. (Figure 10)

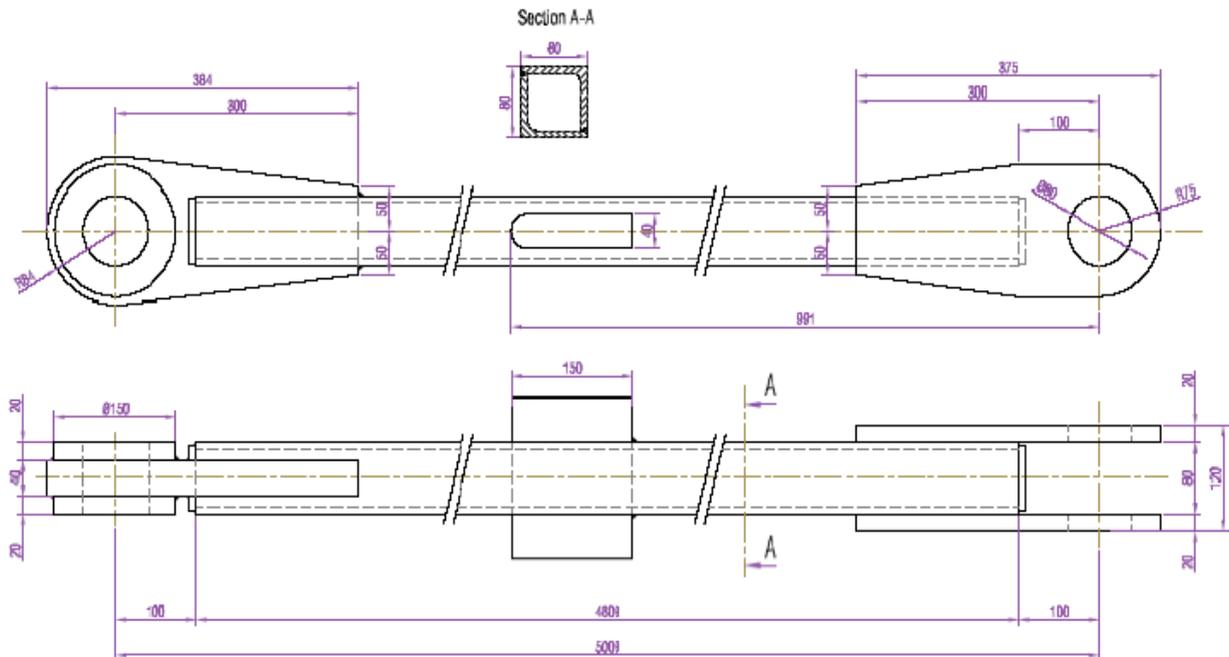


FIGURE 10: STRUCTURE DE LA BRIMBALE

Tube carré :

Il s'agit d'une structure métallique creuse de type acier E24 de 80mm carrée et d'épaisseur 8mm (80X80X8).

Pour chaque vanne batardeaux il y'a 5 tube carré, celui lié directement à la vanne est de longueur de 2,8m et pour le reste ils sont de longueur de 4,809m. (Figure 11)

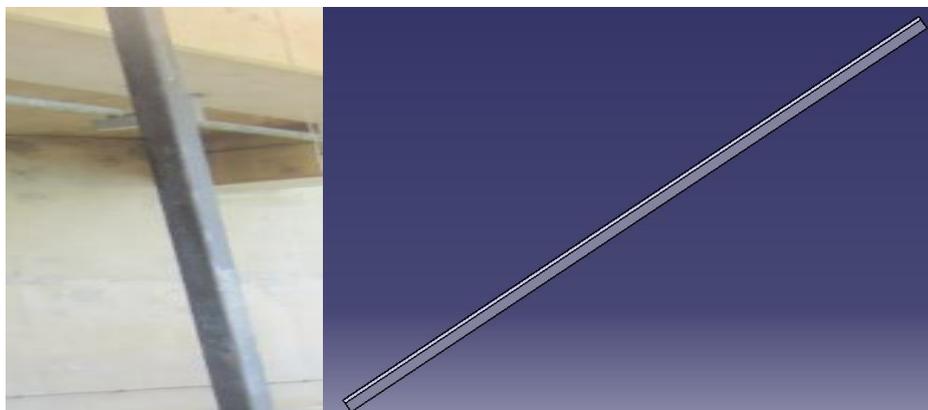


FIGURE 11: TUBE CARRE DE LA STRUCTURE BRIMBALES

Chape double :

Il s'agit d'une pièce métallique de type acier E24-3 d'épaisseur de 20mm, de largeur de 150mm et de longueur de 384mm, pour chaque chaîne brimbale on trouve 10 chapes simples donc 10 chapes pour une vanne batardeaux. (Figure 12)

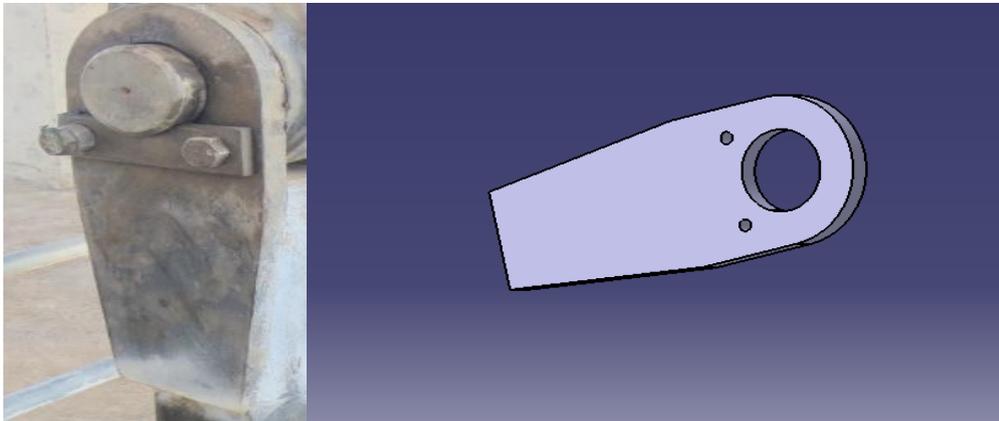


FIGURE 12:CHAPE DOUBLE

Chape simple :

Il s'agit d'une pièce métallique de type acier E36 d'épaisseur de 40mm, de largeur de 150mm et de longueur de 384mm, pour chaque chaîne brimbale on trouve 5 chapes simples donc 5 chapes pour une vanne batardeaux. (Figure 13)

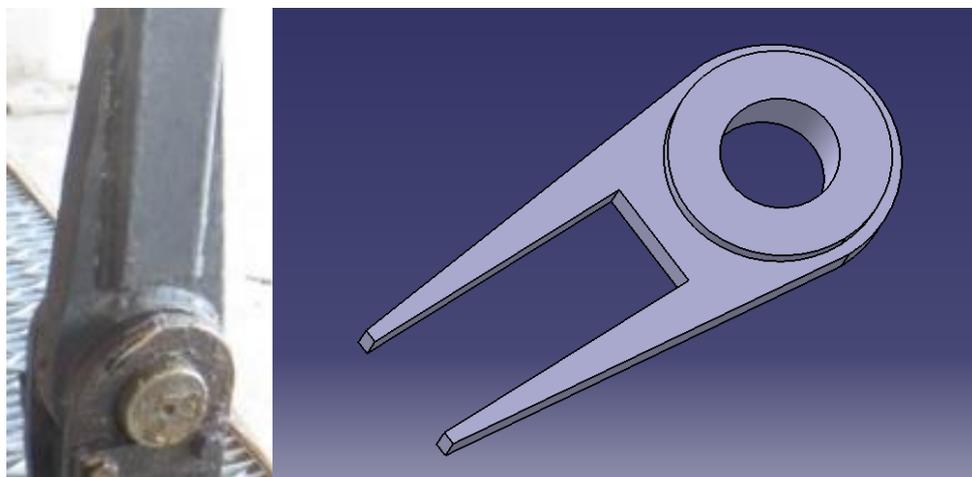


FIGURE 13:CHAPE SIMPLE

Axe de liaison :

Il s'agit d'un axe en inox Z30-A3 de diamètre de 80mm. On trouve pour chaque liaison brimbale un axe, aussi un axe entre la brimbale supérieur et le vérin de manœuvre ainsi que un autre axe entre la brimbale inférieur et le tablier de la vanne donc en totalité il y'a 6 axes pour chaque ensemble vanne batardeaux. (Figure 14)

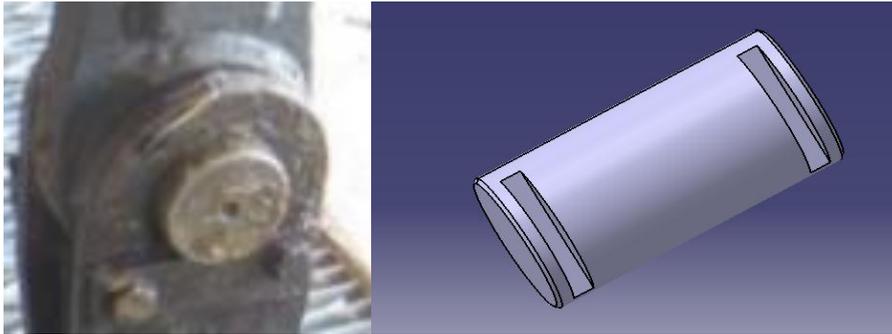


FIGURE 14: AXES DE LIAISON ENTRE LES BRIMBALES

Plaques de fixation des axes de liaison :

Elles sont en acier E24 et de dimensionnes suivants : 140 en longueur, 40 en largeur et 10mm en épaisseur. (Figure 15)

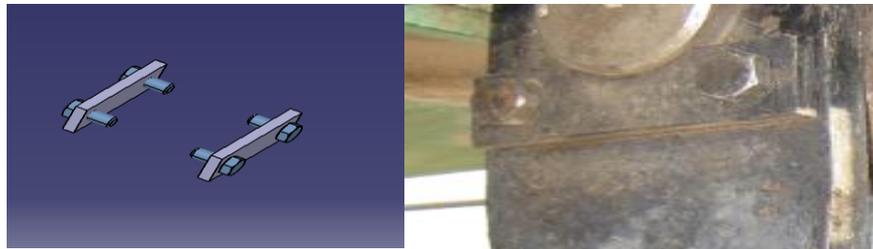


FIGURE 15: PLAQUES DE FIXATIONS

Le modèle 3D d'une brimbale sous l'environnement catia est donné par la figure suivante : (Figure 16)

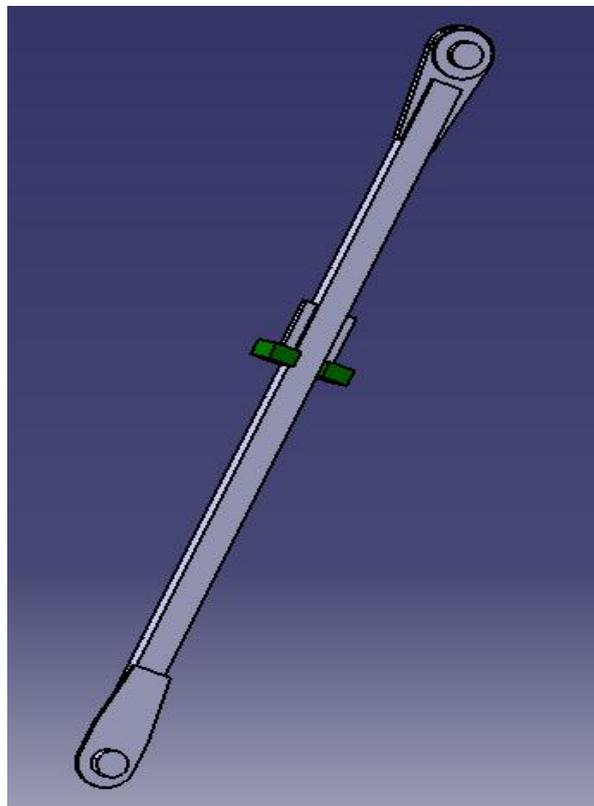


FIGURE 16:BRIMBALE

3.2. Composants de la brimbale à développer

Pour élaborer le schéma arborescent de la brimbale, nous allons exploiter la description antécédente de ses composants. (Figure 17)

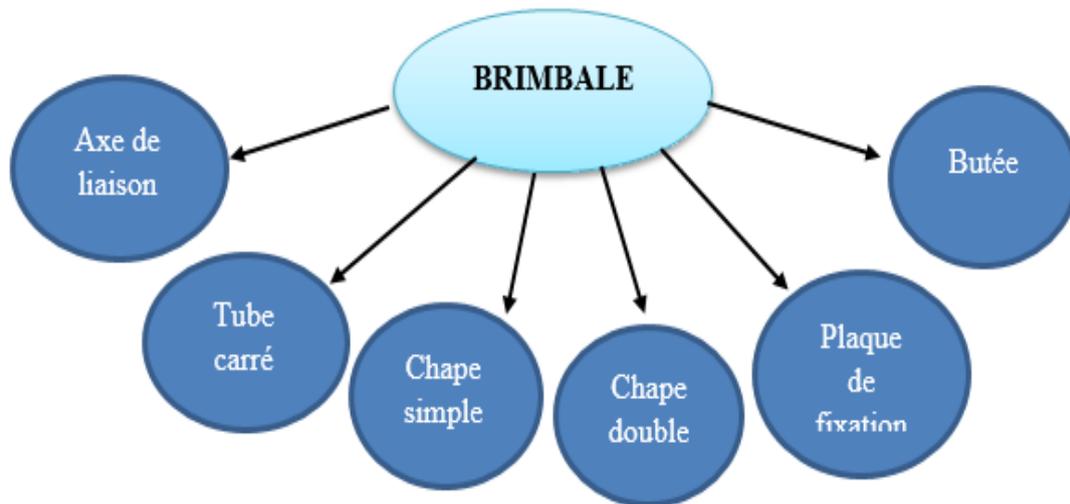


FIGURE 17: SCHEMA ARBORESCENT DE LA BRIMBALE

Pour déterminer la détection, la fréquence, la gravité et la criticité des composants de la brimbale, nous allons nous baser sur les tableaux suivants :

Détection de l'AMDEC du produit

Niveau	Valeur	Définition
Evident	1	Détection certaine
Possible	2	DéTECTABLE par l'opérateur
Improbable	3	Difficilement détectables
Impossible	4	Indétectable

TABLEAU 4: DETECTION

Fréquence de l'AMDEC du produit

Niveau	Valeur	Définition
Exceptionnel	1	Pas de mémoire de participant
Rare	2	Cela est déjà arrivé 1 ou 2 fois
Fréquent	3	Cela est déjà arrivé plusieurs fois
Certain	4	Cela arrivera à coup sur

TABLEAU 5: FREQUENCE

La gravité de l'AMDEC du produit

Niveau	Valeur	Définition
Mineure	1	La défaillance arrête le composant mais pas l'installation qui continue à fonctionner en mode dégradé
Moyenne	2	La défaillance arrête l'équipement mais pas la production qui continue à fonctionner en mode dégradé
Majeure	3	La défaillance arrête la production et nécessite une intervention de maintenance
Importante	4	La défaillance arrête la production impliquant des problèmes graves pour les hommes ou l'installation

TABLEAU 6:GRAVITE

Criticité de l'AMDEC du produit

Valeur	définition
1<C<8	Négligeable : on les laisse de côté
8<C<14	Moyenne : conserver ou laisser
14<C<27	Elevée : il faut trouver des actions à mettre en œuvre et regarder l'importance de mettre en stock les composants ou organes
27<C<64	Interdit : il faut trouver des actions à appliquer et mettre obligatoirement en stock les composants ou organes

TABLEAU 7:CRITICITE

Le tableau suivant représente l'AMDEC du produit dans le cadre de montrer le mode de défaillance et la criticité de chaque composant de la brimbale. (Tableau 8)

Composant	Mode de défaillance	Effet de défaillance	Cause de défaillance	D	F	G	C
Tube carré	-Cisaillement	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne -Coût de maintenance et de réparation	-Corrosion -Problèmes de matériau -Défaut de conception -Surcharge -vibration - Fissures	2	2	4	16
Butée	-Cisaillement	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne	-Corrosion -Surcharge -Défaut de conception - Fissures	2	2	4	16
Chape double	-Relâchement -Rupture	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne -Cout de maintenance et de réparation	-Corrosion -Défaut de conception -Surcharge -Vibration -Problème d'usinage - Fissures	2	1	4	8
Chape simple	-Relâchement -Rupture	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne -Coût de maintenance et de réparation	-Corrosion -Défaut de conception -Surcharge -vibration -Problème d'usinage - Fissures	2	1	4	8

Axe de liaison	-Rupture	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne -Cout de maintenance et de réparation	-Corrosion -Problèmes de matériau -Défaut de conception -Surcharge -vibration -Problème d'usinage -Problème de fixation - Fissures	2	1	4	8
Plaque de fixation	-Rupture	-Disfonctionnement de groupe -Chute de la vanne -Cout de maintenance et de réparation	-Corrosion -Problèmes de matériau -Défaut de conception -Surcharge -vibration -Problème d'usinage -Problème de fixation - Fissures	2	1	4	8

TABLEAU 8:AMDEC DE PRODUIT DE LA BRIMBALE

L'application de la méthode AMDEC, nous a permis de dégager les pièces critiques à développer :

- Il est obligé de faire une correction au niveau de tube carré de la brimbale, en respectant les précontraintes proposés pour la conception de base.
- Il faut suggérer une correction des butées pour résister le cisaillement provoqué par la charge.
- Garder la structure des chapes simple et double.
- Conserver les autres pièces mécaniques tels que (l'axe de liaison, la plaque de fixation), constituant la structure de la brimbale, afin d'optimiser le coût d'amélioration.

Le cisaillement est un facteur important en destruction de la structure métallique de la brimbale. Donc, il est préférable de lui faire une étude pour donner le point critique à ne pas dépasser afin de garder la sécurité des brimbales.

4. Vérification de résistance de la brimbale actuelle

4.1. Vérification de résistance au cisaillement

La brimbale est sollicitée au cisaillement simple parce qu'elle est soumise à deux forces directement opposées. (Figure 18)

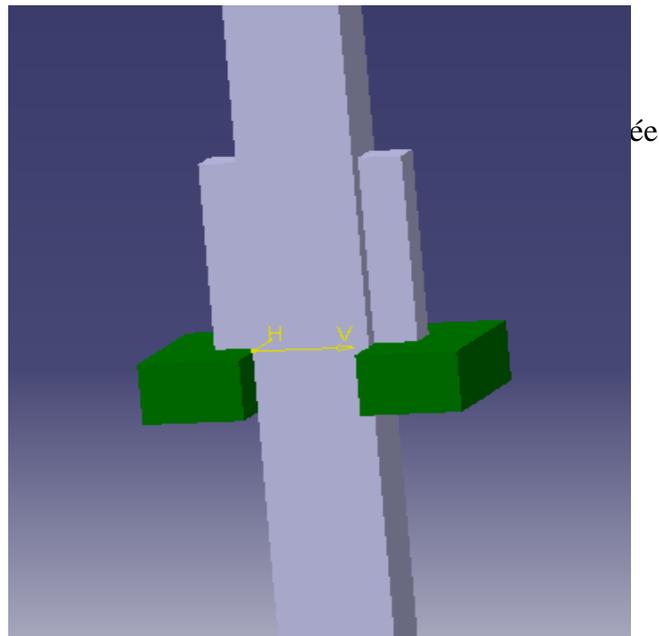


FIGURE 18: CISAILLEMENT DE LA BRIMBALE

a. Essai de cisaillement :

Nous allons présenter l'essai de cisaillement de la brimbale. (Figure 19)

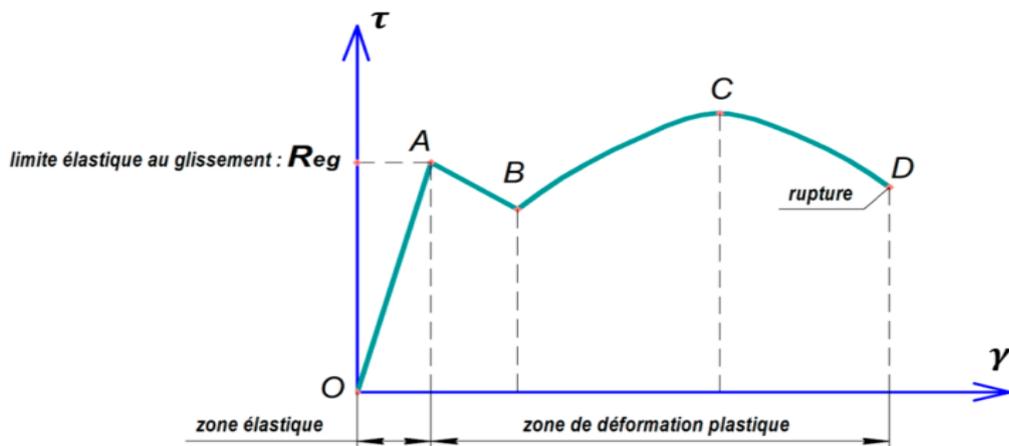


FIGURE 19 : COURBE CONTRAINTE/DEFORMATION DANS UN ESSAI DE CISAILLEMENT

τ : Contrainte tangentielle (contrainte de cisaillement) ;

γ : Déformation ;

– **OA** : zone de déformation élastique (réversible) ;

– **AB** : zone de glissement des particules du matériau (plastique).

– **BCD** : zone de déformation permanente (plastique).

Donc, on va mesurer les contraintes pour avoir le point critique de cisaillement.

b. Etude de contrainte de cisaillement de la butée en acier E24:

Pour la butée, de section S, sollicité au cisaillement simple, la valeur de la Contrainte tangentielle est égale au rapport de l'effort tranchant T par la section S. [1]

$$\tau = T / S$$

τ (Tau) : contrainte tangentielle en tout point de la section S (N/mm² ou MPA) ;

S : aire de la section droite cisailée de la pièce (mm²) ;

Largeur de la butée **La : 40mm**

Longueur de la butée **Lo : 150mm**

T : effort tangentiel (tranchant) (newton, N). (C'est la contrainte maximal appliqué sur la 1ère brimbale)

$$\mathbf{T=220kN}$$

L'effort tangentiel obtenu par le calcul suivant :

Les poids des éléments du système étudié :

Vanne : 15,62 Tonnes

5 Brimbales : 0,45 Tonnes

Frottements et joints : 2,27 Tonnes

Peinture : 1,26 Tonnes

Total : 19,6 Tonnes

Force nominal = C * Total = 1,10 * 19,6 T = 21,56 Tonnes

Avec C coefficient de sécurité du système hydraulique C= 1,1

$$F = mg = 21,56 T * 10 m / s^2 = 220 KN \text{ (par arrondis)}$$

La section de la butée $S = La * Lo = (40 * 150) * 2 = 12\ 000 \text{ mm}^2$

A.N : $\tau = T/S = 220\ 000 / 6000 = 36,66 \text{ N/mm}^2 = 18,33 \text{ MPA}$

c. Condition pour la résistance contre le cisaillement :

Afin qu'une pièce résiste au cisaillement, il faut être certain de rester dans la zone de déformation élastique. Pour des raisons de sécurité la contrainte tangentielle doit rester inférieur à une valeur limite appelée résistance pratique au glissement R_{pg} , $< R_{pg}$.

$$R_{pg} = R_{eg} * S$$

Avec :

R_{eg} la limite élastique au glissement

S coefficient de sécurité dépend du secteur d'utilisation du matériau. (Tableau 9)

Coefficients de sécurité	
Coefficient de sécurité (s)	Conditions générale de calculs (sauf réglementation particulière)
1,5 à 2	Cas exceptionnels de grande légèreté. Hypothèse de charges surévaluées.
2 à 3	Construction où l'on cherche la légèreté (aviation). Hypothèse de calcul la plus défavorable (charpente avec vent ou neige, engrenages avec une seule dent en prise...).
3 à 4	Bonne construction, calculs soignés, haubans fixes.
4 à 5	Construction courante (légers efforts dynamiques non pris en compte. Treuils.)
5 à 8	Calculs sommaires, efforts difficiles à évaluer (cas de chocs, mouvements alternatifs, appareils de levage, manutention).
8 à 10	Matériaux non homogènes. Chocs, élingue de levage.
10 à 15	Chocs très importants, très mal connus (presse). Ascenseurs.

TABLEAU 9:CHOIX DE COEFFICIENT DE SECURITE

Le coefficient de sécurité S choisi est égale à **3**, car c'est une construction métallique où l'on cherche la légèreté (on cible à combler le fonctionnement tout en gardant une charge optimale).

$$\text{Or } R_{eg} = R_e * C$$

Avec :

Re appelé la résistance/limite élastique

C coefficient de concentration de contrainte, pour l'acier E24 de la brimbale $C = 0,5$ (Figure 10)

Relations entre la résistance élastique à l'extension Re et la résistance élastique au glissement Reg :	
Matériaux	Relation entre Re et Reg
Aciers doux, alliages d'aluminium ($Re \leq 270$ MPa)	$Reg = 0,5 \times Re$
Aciers mi-durs ($320 \leq Re \leq 520$ MPa)	$Reg = 0,7 \times Re$
Aciers durs, fontes ($Re \geq 600$ MPa)	$Reg = 0,8 \times Re$

TABLEAU 10:RELATION ENTRE RE ET REG

Avec $Reg = \text{la limite élastique} * 0,5 = 235 * 0,5 \Rightarrow Reg = 117$ MPA

$Rpg = Reg / s = 117 / 3 \rightarrow Rpg = 39$ MPA or $\tau = 36,66$ MPA

Donc $\tau < Rpg$ $18,33$ MPA < 39 MPA

La condition pour résister le cisaillement de l'acier E24 est satisfaite, mais la contrainte tangentielle semble proche à la limite pratique de glissement, ce qui prouve la présence des fissures, puis le cisaillement à long terme de la butée.

Ce calcul ne suffit pas pour évaluer le problème de cisaillement, tant que l'étude de soudage n'est pas encore réalisée.

4.2. Vérification de résistance au soudage :

Nous allons indiquer quelques problèmes rencontrés dans le processus de soudage. (Figure 20)



FIGURE 20:SOUDURE CHAPE DOUBLE

Les données présentées dans le dossier technique de la brimbale ont montré, que chaque structure satisfait une durée de vie de presque 20 ans déterminée par le concepteur. Mais à la

proche de fin de cette durée, il se compose des fissures remarquables sur le cordon entre le tube carré et la chape double.

Le concepteur, indique toujours l'avantage de changer la brimbale entière, ou bien la pièce mécanique détériorée en contact avec la dernière. Mais l'usine propose comme solution le chargement de matière des parties détruites, pour prolonger la durée de vie de la brimbale, en assurant son fonctionnement normal. (Figure 21)



FIGURE 21: SOUDURE TUBE CARRE

La photo ci-dessus, présente un défaut de manque de matière sur la longueur de la soudure, il s'agit d'un défaut de concavité, pour l'éliminer, l'usine pense à faire un revêtement.

Alors, la vérification des paramètres de la soudure est importante pour savoir la source radicale du problème de cisaillement :

Vérification du cordon de soudure :

Hypothèses

Le coefficient de sécurité **K** pour éviter l'écrasement des parties soudées **K=1,8**.

Q_p l'effort appliqué. Pour le calcul, l'effort doit être pondéré: **Q_p=k * F (charge =220KN)**

$$Q_p = 1,8 * 220KN = 396 KN$$

L'angle de l'effort est mesuré par rapport à la perpendiculaire à la direction du cordon $\alpha=45^\circ$.

Caractéristique du cordon :

Nous allons présenter les caractéristiques du cordon de soudures. (Figure 22)

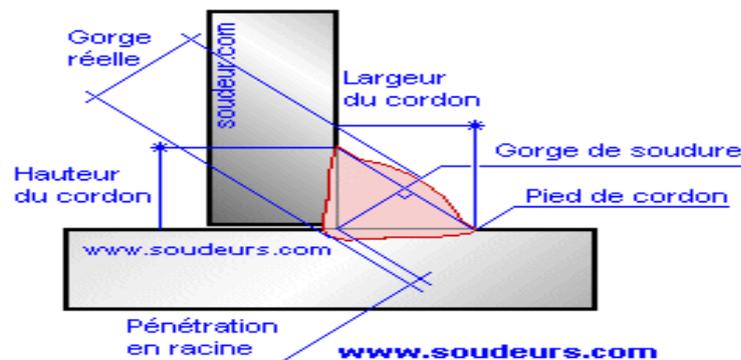


FIGURE 22: ELEMENTS DE SOUDAGE

La gorge du cordon $a=14 \text{ mm}$

Longueur du cordon $L= 150\text{mm}$

Contrainte normale

$$\sigma_n = \sqrt{2} Q_p \cos(\alpha) / (4 \cdot a \cdot L) \quad \sigma_n = 47,14 \text{ MPa}$$

Contrainte tangentielle perpendiculaire au cordon

$$\tau_{pr} = (\sqrt{2} \cdot Q_p \cos(x)) / (4 \cdot a \cdot L) \quad \tau_{pr} = 47,14 \text{ MPa}$$

Contrainte tangentielle parallèle au cordon

$$\tau_{pl} = (Q_p \sin(\alpha)) / (2 \cdot a \cdot L) \quad \tau_{pl} = 66,67 \text{ MPa}$$

Vérification

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_n^2 + 3(\tau_{pr}^2 + \tau_{pl}^2)} \quad \sigma_v = 149 \text{ MPa}$$

Puisque

$$\sigma_v < Re(E24) = 235 \text{ MPa}$$

Le calcul précédent a montré que le soudage des butées de la brimbale ne contient aucun problème.

Pour conclure la procédure de mesure et d'analyse, on va présenter la structure actuelle de la brimbale, qui a pour objectif de déterminer les points faibles de cette structure afin de cibler les améliorations proposées.

Conclusion du chapitre :

L'historique CND a présenté une vision claire et préalable pour comprendre la source de cisaillement de brimbale. Ensuite, Les facteurs notés à partir du contrôle sont les piqures et les fissures de corrosion, or les différents méthodes d'analyse montrent qu'il s'agit d'un problème de conception de base et d'alliage (carbone, fer).

L'étude de cisaillement a donné un seuil **R_{pg}**, pour lequel si la contrainte tangentielle le dépasse, il y aura un cisaillement au niveau des butées. En plus, si la contrainte de vérification appliquée au niveau de cordon de soudure ne dépasse par la limite élastique d'acier **E24**, alors il n'y aura pas un problème de soudage. Donc, nous allons attaquer quelques solutions abordables, pour qu'on puisse pallier aux anomalies évoquées, en donnant les avantages, les inconvénients, et la rentabilité.

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Nous allons appliquer dans ce chapitre les dernières étapes « **innover** » et « **contrôler** » de la démarche **DMAIC**, dans lesquelles nous allons proposer et contrôler les solutions de la problématique de cisaillement de la brimbale.

1. SOLUTION PROPOSEE POUR RESISTER A LA CORROSION

Durant notre stage au sein de l'usine, on a remarqué que les brimbales sont directement impactées par l'oxydation, cela se fait par une transformation des microfissures vers un niveau macroscopique puis le cisaillement des brimbales. Donc, cette partie propose une solution pour réduire l'intensité de ce problème. (Figure 23)



FIGURE 23:CORROSION DE LA BRIMBALE

Pour résoudre le problème de la corrosion, nous avons suggéré respectivement deux solutions :

- **La galvanisation**
- **La protection cathodique.**

a) La galvanisation : parmi les types de galvanisation utilisée afin de protéger notre métal de base, nous avons choisi les deux processus suivants :

La galvanisation du nickel est un procédé technique approprié pour réaliser un traitement de surface, au niveau des pièces complexes, à géométrie variable.

Ce dépôt constitué de nickel allié à du phosphore améliore la résistance à la corrosion et à l'usure et font de ce procédé une solution incontournable dans le monde du traitement de surfaces.(Figure 24)

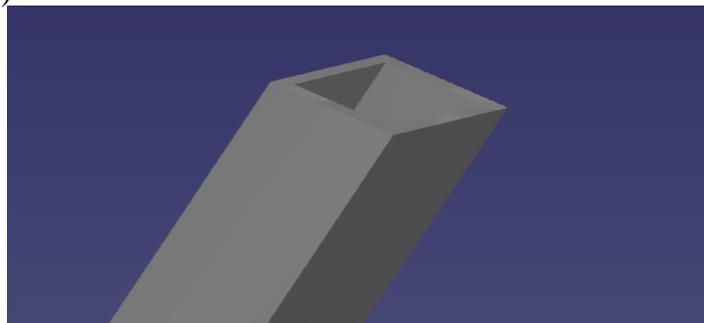


FIGURE 24:TUBE GALVANISEE DE NICKEL

La Galvanisation de zinc protège le métal de la rouille et lui assure donc une pérennité remarquable tout en offrant un aspect visuel neutre qui conserve à l'acier toute sa noblesse.

Les différentes couches de zinc, et la dureté supplémentaire qu'elle apporte, protège le métal de base contre la dégradation de la matière créée par l'effet d'environnement. (Figure 25)

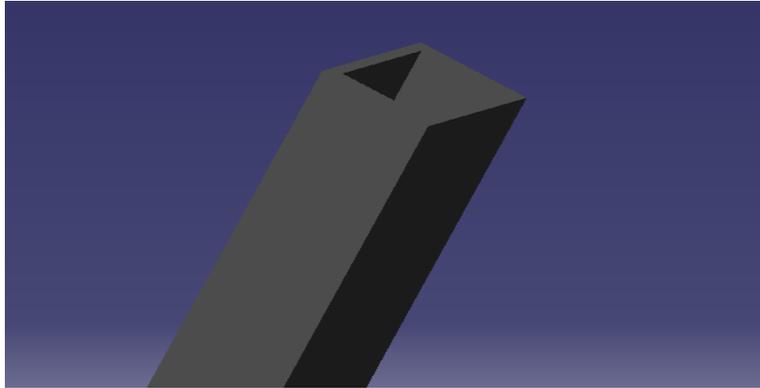


FIGURE 25: TUBE GALVANISEE DE ZINC

b) La protection cathodique : permet de protéger un métal contre la corrosion. Pour modifier le potentiel du métal à protéger cathodiquement, une anode plus réductrice est installée sur le métal à protéger (anode sacrificielle).

Ce principe est consacré pour protéger les structures métalliques de la corrosion, notamment l'acier (brimbales), les canalisations d'eau, les réservoirs, les piliers métalliques des jetées, les navires, les plateformes pétrolières ou encore les structures en béton armé. (Figure 26)



FIGURE 26: LES PLAQUES DE ZINC UTILISEES AU SYSTEME

Dans la protection cathodique de l'acier ou de métaux ferreux (par exemple sur les coques de bateaux et arbres d'hélice, piscine en acier galvanisé,...) par anodes sacrificielles, le zinc est souvent choisi pour son électropositivité (Zn^{2+}). (Figure 27)



FIGURE 27: ANODE SACRIFICIELLE

Pour bien illustrer cette solution contre la corrosion, on peut utiliser ce principe dans la structure des brimbales. C'est de réaliser en chaque brimbale une pile galvanique de dimension précise.

Nous allons présenter le principe de la protection cathodique. (Figure 28)

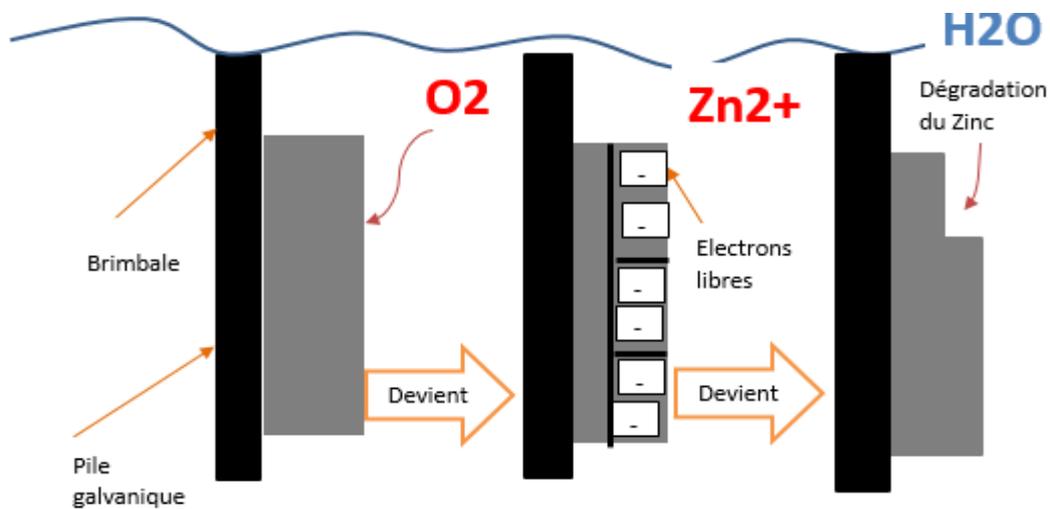
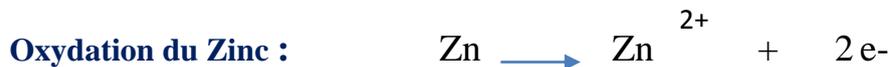


FIGURE 28: OXYDATION DE LA PLAQUE ZINC

Le dioxygène, existant dans l'eau va entrer en réaction chimique réciproque avec le zinc, cela va se traduire par la transformation effective du zinc en l'ion Zn^{2+} . En effet, le gain demeure en transition des électrons libres vers la surface de la brimbale. Ces derniers vont se sacrifier à la place de notre métal de base, par le principe évoqué précédemment de l'anode réducteur. Puis,

on aura une dégradation successive de la pile galvanique sans toucher la surface métallique principale.

Ce tableau, résume les avantages, les inconvénients et la rentabilité de la solution proposée par rapport à la brimbale actuelle. (Tableau 11)

Avantage	Inconvénient	Rentabilité
-Réduction maximum des fissures au niveau des brimbales immergées. -Augmentation observable de la durée de vie de la brimbale à long terme.	-Trouver le fournisseur des plaques de zinc.	-Réduction des couts de maintenance corrective. -Assurer la disponibilité de fonctionnement des brimbales.

TABLEAU 11:FAISABILITE DE LA CORROSION

Faisabilité : cette solution ne sera applicable que lorsqu'on trouve effectivement le fournisseur des plaques de Zinc. En plus, l'entreprise associée qui va être chargée au montage et au démontage de ces plaques.

Coût : Zinc 3 euros/kg.

La structure immergée dans l'eau rencontre le problème de la haute pression, ce qui génère des vibrations intenses sur la brimbale. Ce problème s'appelle l'hydro-élastique.

2. SOLUTION PROPOSEE POUR RESISTER AU VIBRATION

L'hydro-élastique concerne l'ensemble des phénomènes relatifs aux interactions des forces hydrodynamiques, élastiques, auxquelles peut être soumise une structure totalement ou partiellement immergée (la vanne +les brimbales). Au fait, les vagues du barrage participent aussi au cisaillement de la brimbale via une charge supplémentaire sur le verrou hydraulique.

(Figure 29)

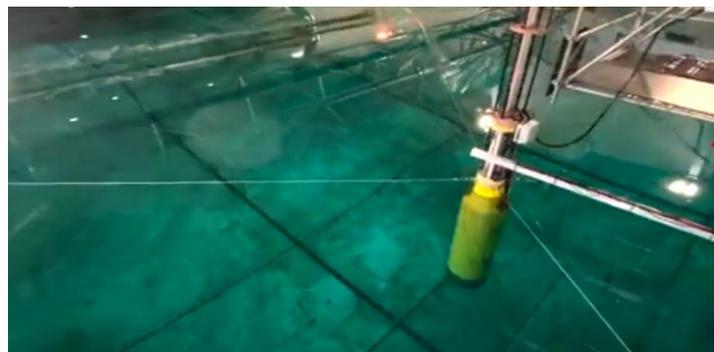


FIGURE 29:PRINCIPE DE L'HYDROELASTIQUE

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Dans l'objectif de résister les vibrations parasites de pression de barrage, nous avons suggéré l'utilisation de la chaîne métallique. (Figure 30)

L'emplacement de cette chaîne métallique sera monté au filetage créé dans le verrou hydraulique et aux crochés conçues sur les brimbales, pour qu'elle soit en mesure de supporter les vibrations parasites.

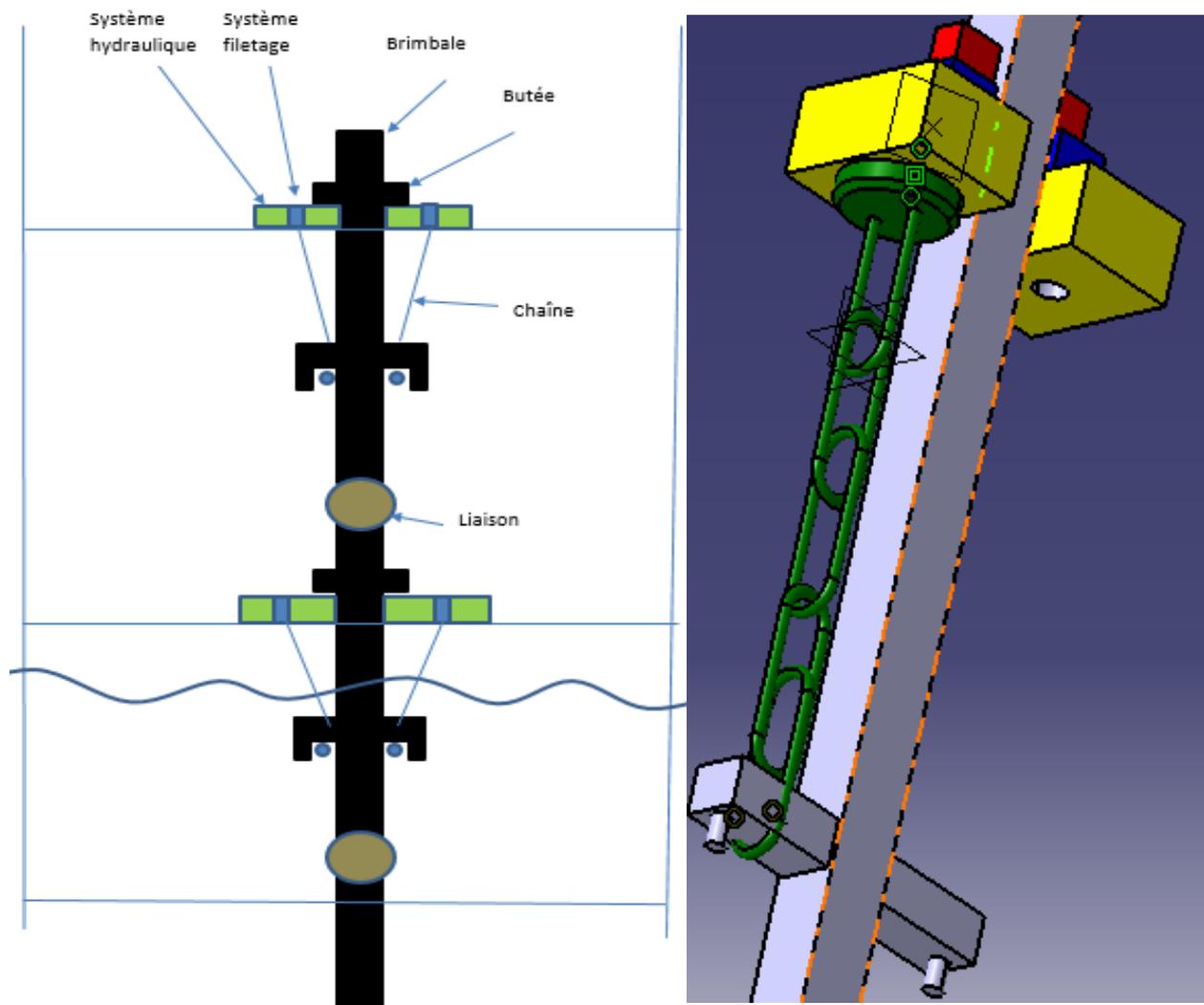


FIGURE 30:CHAINE METALLIQUE CONTRE LA VIBRATION

L'exploitation de ce mécanisme nécessite une intervention manuelle régulière, aux moments d'ouverture et de fermeture de la vanne. Donc, il faudrait qualifier des personnels au montage et au démontage de la chaîne.

Le modèle 3D de la chaîne métallique sous l'environnement numérique catia est donné par les figures (31).

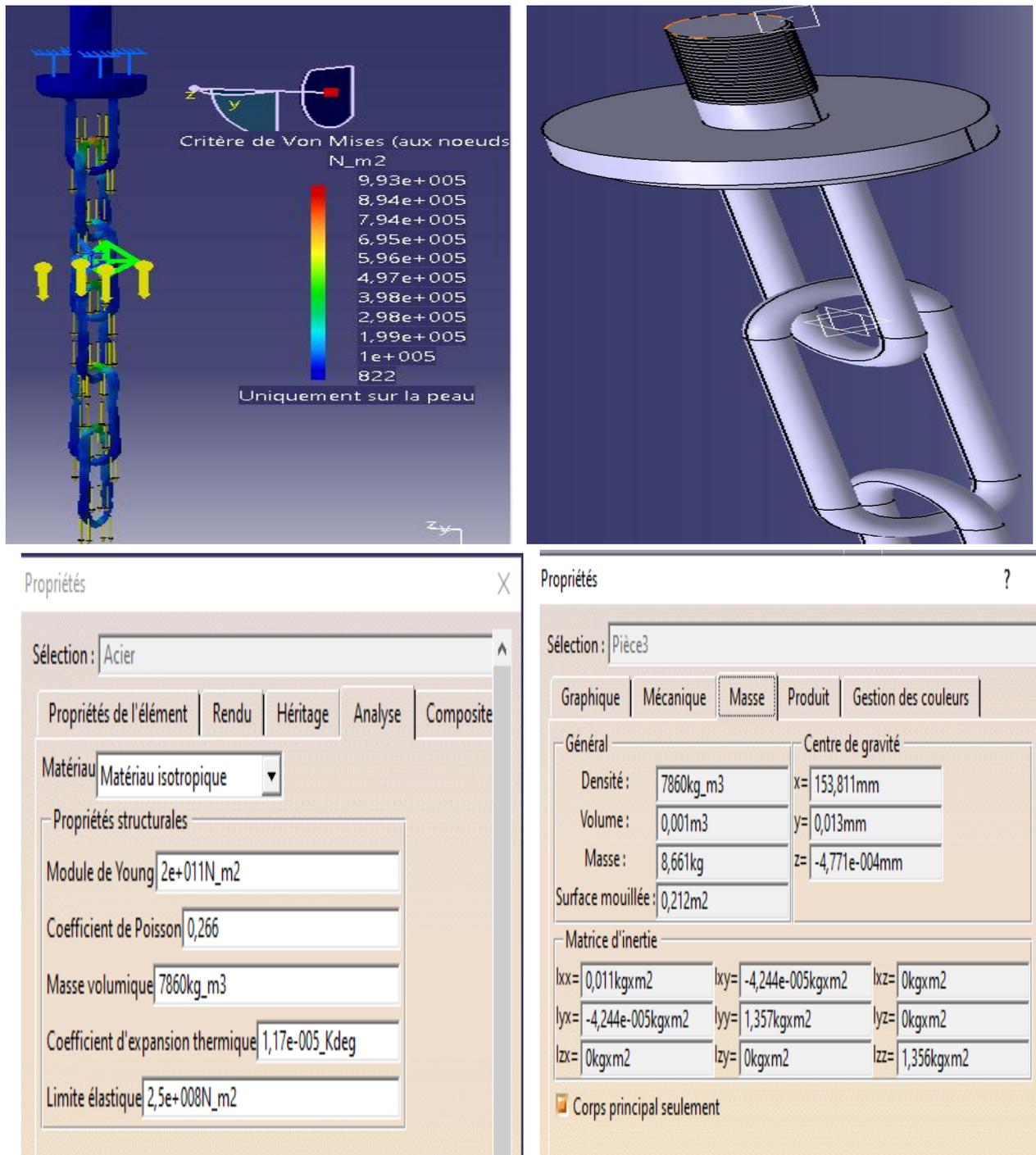


FIGURE 31: PROPRIÉTÉ MECANIQUE DE LA CHAÎNE MÉTALLIQUE

D'après la simulation de la chaîne métallique sous le logiciel catia, nous avons pu constater si elle pèse 9KG chacune, alors elle va supporter environ de 20KG.

Donc, si on veut augmenter ses propriétés, il suffit de faire une modification dans la masse volumique pour améliorer sa capacité de résistance (si la chaîne pèse 18KG chacune, alors elle peut soulever environ de 40KG).

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Sans oublier l'utilisation d'une protection anticorrosion dans l'objectif d'accroître la durée de son fonctionnement.

Ce tableau résume les avantages, les inconvénients et la rentabilité de la chaîne par rapport à la structure actuelle. (Tableau 12)

Avantage	Inconvénient	Rentabilité
-Augmenter la stabilité de la brimbale. -Assurer le bon fonctionnement de la brimbale.	-Le montage et le démontage de la chaîne au moment de la production de l'électricité. -l'étude civil	-fixation de la brimbale -Réduire la vibration

TABLEAU 12:FAISABILITE DE LA CHAINE

Faisabilité : dans l'objectif de réduire la vibration et augmenter la stabilité, la chaîne métallique sera une solution applicable contre la rugosité d'écoulement, mais l'étude civil est indispensable car l'ensemble est associés au batardeau.

Coût : 18KG de l'acier E36 vaut $18 * 300 \text{ DH} = 5400 \text{ DH} * 2 = 10\ 800 \text{ DH}$, en plus le coût de la conception et l'étude civil.

L'amélioration proposée au niveau d'hydro-élastique ne pourrait être efficace, si et seulement si, nous raccordons une correction en alliage de base pour rendre le système plus résistant.

3. CHOIX DU PROFILE

3.1. Définition

Les aciers sont maintenant définis essentiellement par leur limite d'élasticité, critère qui sert de base dans les règles pour le calcul des contraintes admissibles. Ces aciers sont en outre définis en qualité par un niveau de soudabilité (teneurs en carbone, phosphore, soufre) contre le risque de rupture fragile.

L'acier est un alliage principal du fer. Il intègre lui aussi une part de carbone : entre 0,02 % et 2 % de la masse totale du morceau d'acier. Une fois trempé, l'acier devient encore plus dur que le fer. Il tient l'essentiel de ses propriétés de sa teneur en carbone. Lorsque celle-ci augmente, la dureté de l'alliage s'améliore et son allongement à la rupture diminue. L'ajout d'autres éléments, tels le chrome ou le nickel, permet aussi de modifier les propriétés physiques de l'acier.

3.2. Critère de choix

Pour ces aciers de construction, leurs dénominations comportent la lettre qui désigne leur usage :

La lettre S (Structure) pour un usage général de construction métallique

La lettre E (Engine) pour construction mécanique.

Cette lettre est suivie de la limite élastique (Re) exprimée en méga-pascal (MPa). Cette limite élastique est une donnée caractérisant ses propriétés mécaniques puisque c'est cela qui importe quand on choisit un acier de construction. Les constructions exigeant toujours une certaine rigidité, Plus cette limite élastique est élevée, moins l'acier est déformable. Exemple : l'acier S355 et l'acier S235. Ce dernier est un acier de construction destiné à un usage général avec une limite élastique minimal de 235MPa. Le S235 est la nuance la plus courante. (Figure 13)

Nuance	Re en MPa
E(24)	235
E(36)	355

TABLEAU 13: TYPES D'ACIEER

3.3. L'étude économique :

Avant de réaliser un projet, il faut étudier son coût pour respecter la marge financière dédiée.

Donc les calculs se résument comme suit :

Acier E24 ,90kg, épaisseur **8mm**, la brimbale vaut **18 720 DH**, **208DH/kg** (état actuel).

$$18\ 720\ \text{DH} / 90\text{kg} = 208\ \text{DH/kg}$$

Acier E24 ,135kg, épaisseur **12mm**, la brimbale vaut **28 080 DH**, pour **208DH/kg** (état proposé 1).

$$(12\text{mm} * 18\ 720\ \text{DH}) / 8\text{mm} = 28\ 080\ \text{DH}$$

Acier E36 ,135kg, épaisseur **12mm**, la brimbale vaut **40500 DH**, pour **300DH/kg** (état proposé 2).

$$135\text{kg} * 300\ \text{DH} = 40\ 500\ \text{DH}$$

D'après l'étude techno-économique, nous avons constaté que l'acier **E24** à épaisseur **12mm** vaut un prix de **28 080 DH** et possède une résistance plus forte par rapport à l'épaisseur **8mm**, mais l'acier **E36** dont le prix **40 500 DH** présente des caractéristiques plus convenables pour la structure de la brimbale, afin qu'on puisse supporter plus de charge encombrée.

Cela demandera un investissement de : 28 080 DH - 18 720 DH = 9 360 DH au cas du choix de l'acier **E24 EP12mm**.

Cela demandera un investissement de : 40 500 DH - 18 720 DH = 22 780 DH au cas du choix de l'acier **E36 EP12mm**.

3.4. L'étude mécanique :

Le calcul de la charge totale appliquée par rapport à la 1ère brimbale, vu qu'elle porte la charge maximale :

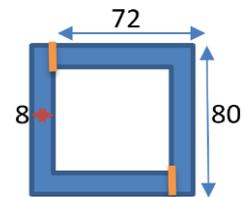
Calcul d'élasticité :

Pour les brimbales en acier E24/E36 à épaisseur 8mm :

La charge appliquée : $Q=220 \text{ kN}$

Section de tube carré : $A= 80*80 - 64*64 = 6400 - 4096$

$$A=2304\text{mm}^2$$



Contrainte dû à la traction : $\sigma = (1,25*Q)/A$ $\sigma = (1,25*220\text{KN})/2304$

$$\sigma = 119,35\text{MPa}$$

Limite d'élasticité de l'acier **E24** : $\sigma(\text{E24})= 235\text{MPa}$

$$\sigma < \sigma(\text{E24})$$

Alors la contrainte d'élasticité est vérifiée pour les brimbales en acier **E24/E36 EP 8mm**.

Pour les brimbales en acier E24/E36 à épaisseur 12mm :

5 brimbales pèsent **0,45 Tonne** pour épaisseur **8mm**.

Par règle de trois, 5 brimbales pèsent **0,675 Tonne** pour épaisseur **12mm**.

Alors la différence d'épaisseur donne une marge de **0,675 T – 0,45 T = 0,225 T**

Donc la force ajoutée vaut $F = m * g = 0,225 \text{ Tonne} * 10 \text{ m / s}^2 = 2,25 \text{ KN}$

$$Q = 220 + 2,25 = 222,25 \text{ K}$$

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Puisque l'acier **E24** et l'acier **E36** ont la même densité, alors ils ont la même masse.

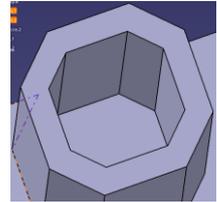
La charge appliquée : $Q=222,25 \text{ KN}$

Section de tube octal (par le logiciel catia) : $A= 2800 \text{ mm}^2$

Contrainte dû à la traction : $\sigma = (1,25*Q)/A$ $\sigma = (1,25*222\text{KN})/ 2800$

$$\sigma = 99,10\text{MPa}$$

Plan
Superficie=2800,471mm²



Limite d'élasticité de l'acier **E24** : $\sigma_e(\text{E24})= 235\text{MPa}$

Limite d'élasticité de l'acier **E36** : $\sigma(\text{E36})= 355\text{MPa}$

$$\sigma < \sigma(\text{E24}) < \sigma(\text{E36})$$

Alors la contrainte d'élasticité est vérifiée pour les brimbales en acier **E24/E36 EP 12mm**.

Calcul de plasticité :

Les contraintes peuvent être exprimés dans une base telle que le tenseur des contraintes est une matrice diagonale : on parle de contraintes principale :

$$T(M) = \begin{pmatrix} \sigma_1 & & \\ & \sigma_2 & \\ & & \sigma_3 \end{pmatrix}$$

Avec σ_1 contrainte de traction, σ_2 de compression et σ_3 de cisaillement.

Critère de Von Mises

Ces contraintes (traction, compression, cisaillement) permettent d'interpréter immédiatement les types de sollicitations subis par la brimbale, sous la formule suivante.

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

Pour les brimbales en acier E24/E36 à épaisseur 8mm :

σ_1 est la contrainte de traction : $\sigma_1 = F/S_1$

Avec

F : la force de traction $F = 220\text{KN}$

S : la section sollicitée (tube carré) $S = 80 \times 80 - 64 \times 64 = 6400 - 4096 = 2304\text{mm}^2$

$$\sigma_1 = F/S = 95,48\text{MPa}$$

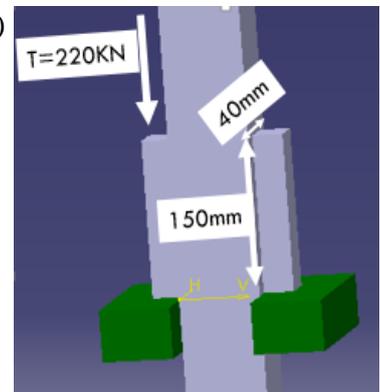
σ_2 est la contrainte de compression : $\sigma_2 = 0$ (pas de compression)

σ_3 est la contrainte de cisaillement : $\sigma_3 = F/S_2$

Avec

F : la force de traction $F = 220\text{KN}$

S : la section sollicitée (butée) $S = (150 \times 40) \times 2 = 12\,000\text{mm}^2$



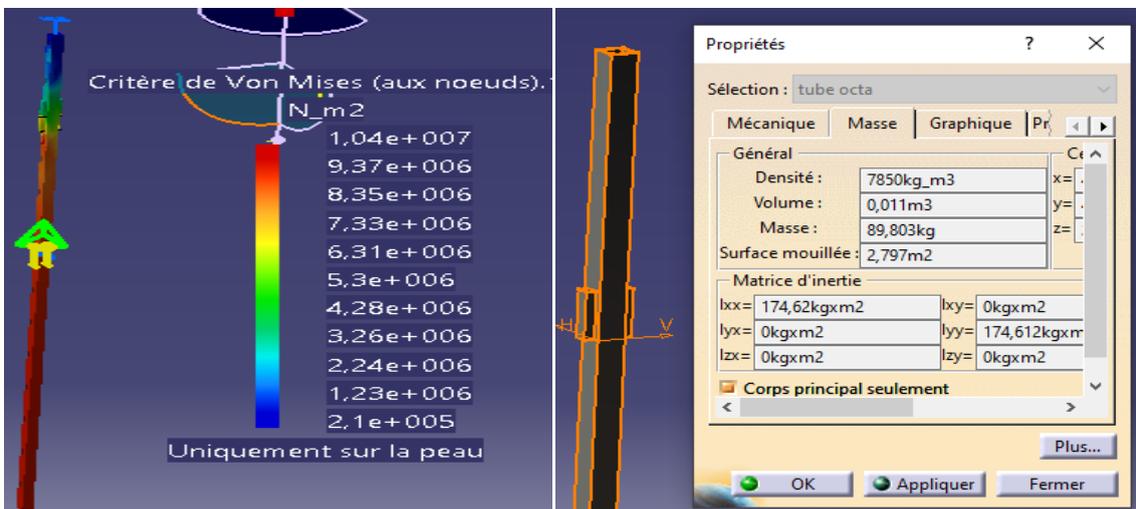
$$\sigma_3 = F/S = 18,33\text{MPa}$$

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{95,48^2 + 18,33^2 + (95,48 - 18,33)^2}$$

$$\sigma_e = 87,76\text{MPa}$$

$$\sigma_e < \sigma(E24) < \sigma(E36)$$

Alors la contrainte de plasticité est vérifiée pour les brimbales en acier E24/E36 EP 8mm.



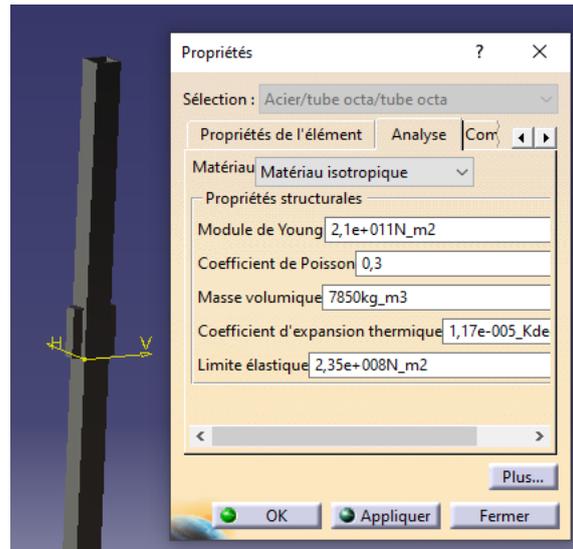


FIGURE 32:PROPRIETE DE LA BRIMBALE E24 EP 8

Pour les brimbales en acier E24/E36 à épaisseur 12mm :

σ_1 est la contrainte de traction : $\sigma_1 = F/S_1$

Avec

F : la force de traction $F = 222,25 \text{ KN}$

S : la section de tube octal (par logiciel catia) $S = 2800 \text{ mm}^2$

$$\sigma_1 = F/S = 79,28 \text{ MPa}$$

σ_2 est la contrainte de compression $\sigma_2 = 0$ (pas de compression)

σ_3 est la contrainte de cisaillement : $\sigma_3 = F/S_3$

Avec F : la force de traction $F = 222 \text{ KN}$

S : la section sollicitée (butée) $S = (300 * 96,56) * 2 = 57936 \text{ mm}^2$

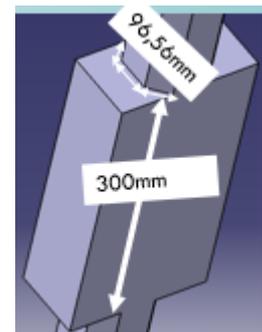
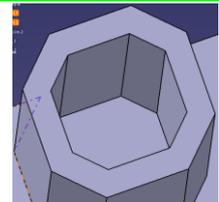
$$\sigma_3 = F/S = 3,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{79,28^2 + 3,83^2 + (79,28 - 3,83)^2}$$

$$\sigma_e = 77,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_e < Re(E24) < \sigma_e(E36)$$

Plan
Superficie = 2800,471 mm²



Alors la contrainte de plasticité est vérifiée pour les brimbales en acier E24/E36 EP 12mm.

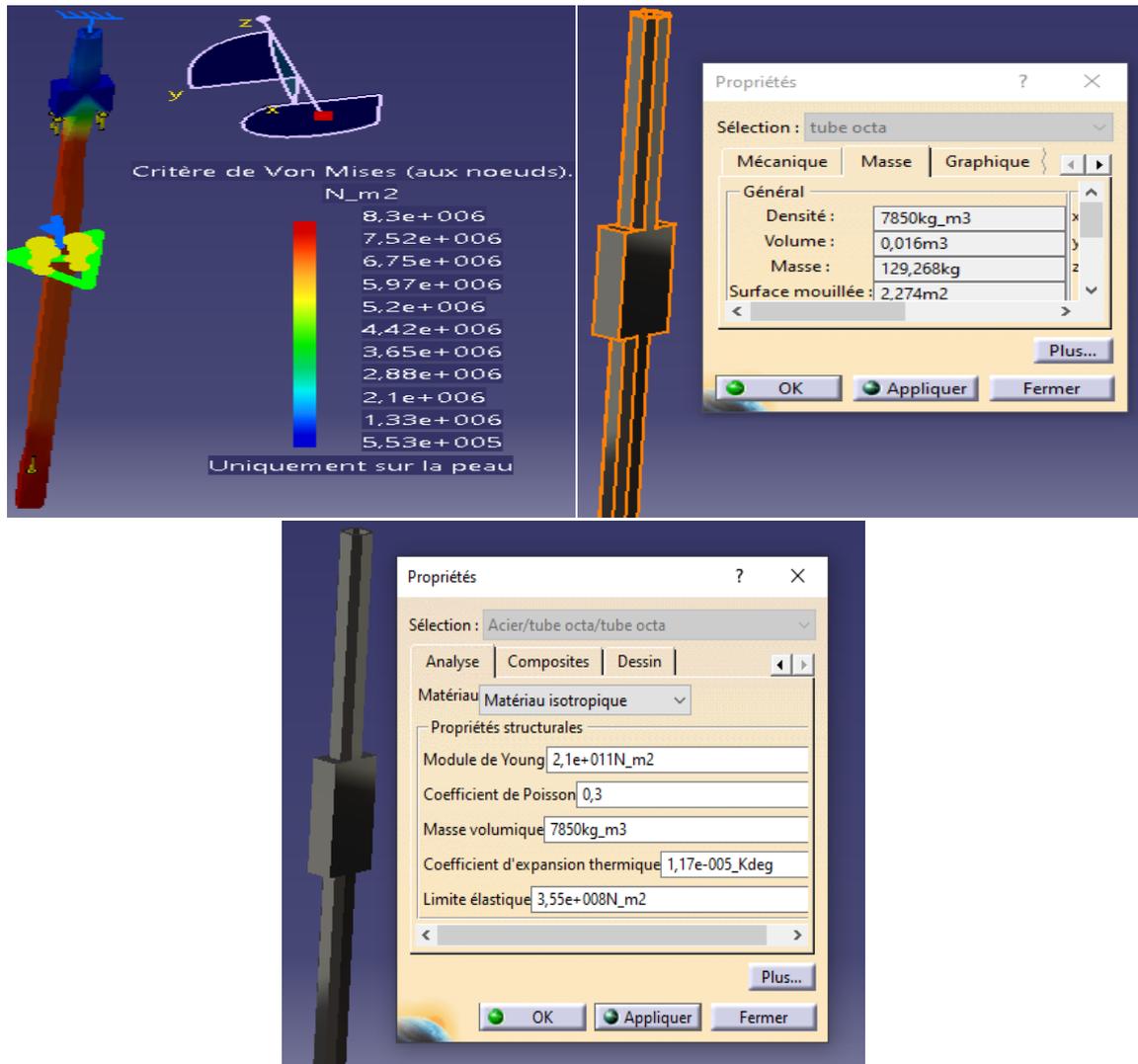


FIGURE 33:PROPRIETE DE LA BRIMBALE E36 EP 12

Le calcul mécanique qui a été fait pour les contraintes élastique et plastique semble vérifié pour les quatre cas.

Ce tableau résume les avantages, les inconvénients et la rentabilité de choix de l'alliage proposé.

(Figure 14)

Avantage	Inconvénient	Rentabilité
-Augmenter le module de Young de la structure	-Nécessite un investissement important pour l'acier E36	-Augmenter la durée de vie -Résister la charge

TABLEAU 14:FAISABILITE DE TYPE D'ACIER

Faisabilité : Cette solution aura besoin d'un fournisseur des composants de la brimbale en acier E36.

Coût : 300DH/ kg pour l'acier E36

L'étude d'ISHIKAWA, indique que la problématique touche aussi la conception de base de la brimbale. Donc, il faudrait suggérer une solution pour l'améliorer.

4. NOUVELLE CONCEPTION A DEVELOPPER

4.1. Diagramme de pieuvre

Nous allons commencer premièrement par pieuvre, pour définir les fonctions principales et contraintes.

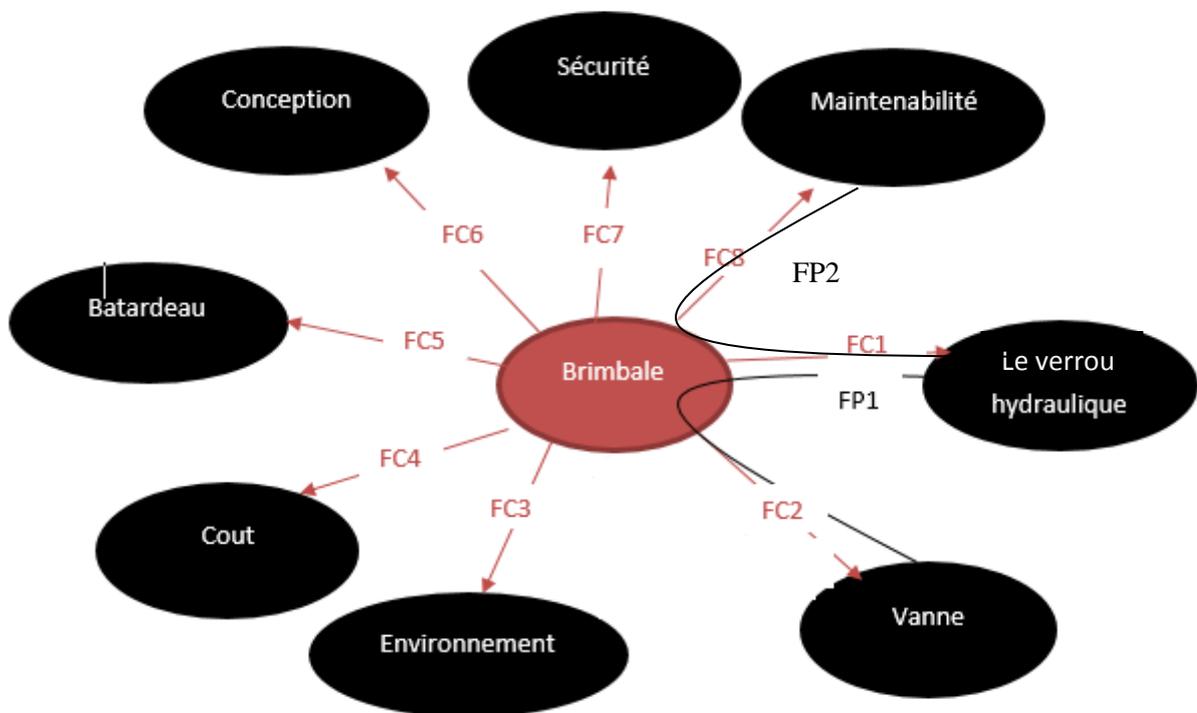


FIGURE 34:DIAGRAMME DE PIEUVRE DE LA PROBLEMATIQUE

FP 1 : Permettre la manœuvre d'ouverture et de fermeture du batardeau aval

FP 2 : assurer le montage et le démontage de la brimbale

FC 1 : garantir la stabilité de la brimbale

FC 2 : éviter la chute de la vanne dans l'eau

FC 3 : résister à l'environnement

FC 4 : avoir un cout optimal

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

FC 5 : s'adapter au batardeau

FC 6 : avoir une forme adaptée au batardeau

FC 7 : s'adapter avec la norme de sécurité

FC 8 : être facile pour les travaux de maintenance

4.2. Cahier de charge fonctionnel

Pour définir le critère d'appréciation et le niveau d'exigence de chaque fonction de la brimbale, nous allons se baser sur le tableau d'analyse fonctionnel.

Fonction	Enoncé de la fonction	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence
FP1	faire la connexion entre le système hydraulique et la vanne d'ouverture et la fermeture	-Dimension de la brimbale et la vanne -Type de système hydraulique	Carré 80mm Epaisseur 8mm Longueur 4,809m
FC1	permettre le guidage du mouvement de translation de vérin hydraulique	-Distance de translation -Direction et le sens	<5mètre Du haut vers le bas
FC2	Eviter la chute de la vanne	-La charge	~22T
FC3	Résister l'environnement	-La galvanisation	Caoutchouc
FC4	avoir un cout optimal	-Prix	2million/unité
FC5	adapter au batardeau	-Dimension de batardeau	_____
FC6	avoir une forme compatible	-Norme	3 groupes
FC7	avoir une forme normée	-Norme de sécurité	_____
FC8	être facile pour les travaux de maintenance	-Maintenance systématique	1 fois par an

TABLEAU 15:TABLEAU D'ANALYSE FONCTIONNEL

L'étude précédente a pour but d'assimiler les marges à respecter dans les propositions qui seront présentées au plus tard.

Avant d'aborder le sujet de conception, la nouvelle forme qui sera indiquée, elle gardera les mêmes conditions de sécurités (les cales du verrou hydraulique, les butées, l'axe de liaison pour l'encastrement..) adoptées par l'usine. En effet, les mesures évoquées informent que la capacité de poids dédiée au système hydraulique ne peut pas dépasser 4 Tonnes.

$$\underline{F = mg = 21,56 \text{ T} * 10\text{m/s}^2 = 220 \text{ KN (par arrondis)}}$$

Or la capacité de charge du système hydraulique (soulève l'ensemble des brimbales avec la vanne) est : **280 KN**.

$$220 \text{ KN} \longrightarrow 21,56 \text{ Tonnes}$$

$$280 \text{ KN} \longrightarrow 27,44 \text{ Tonnes}$$

Donc la marge obtenue est : **27,44 Tonnes - 21,56 Tonnes = 5,88 Tonnes**.

4.2. La nouvelle conception proposée :

Le tube octal

Il s'agit d'une structure métallique creuse de type acier E24/E36 de forme octal et d'épaisseur 12.

Pour chaque groupe, il y'a 5 tube octal, prenant en considération que la brimbale liée à la vanne possède une hauteur plus petite que les autres.

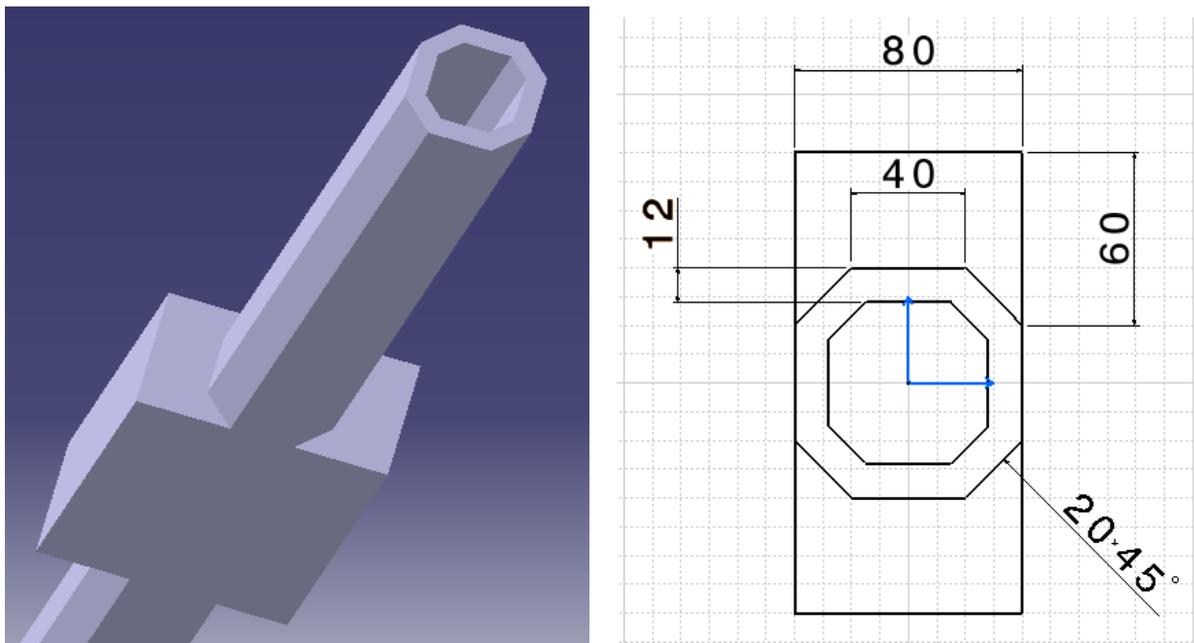


FIGURE 35: NOUVELLE FORME OCTALE

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

La modification adoptée couvre respectivement trois niveaux précis de la brimbale, une amélioration au niveau des butées pour assurer un support solide et proportionnel au système hydraulique utilisé. Puis, une correction de l'épaisseur de tube, qui va garantir forcément la stabilité au moment d'ouverture et la fermeture de la vanne.

Sans oublier l'impact intense de la direction de l'aire irrégulière et les vagues naturelles, qui forment des vibrations parasites se traduisent comme une charge additionnée sur le verrou hydraulique (la figure 35).

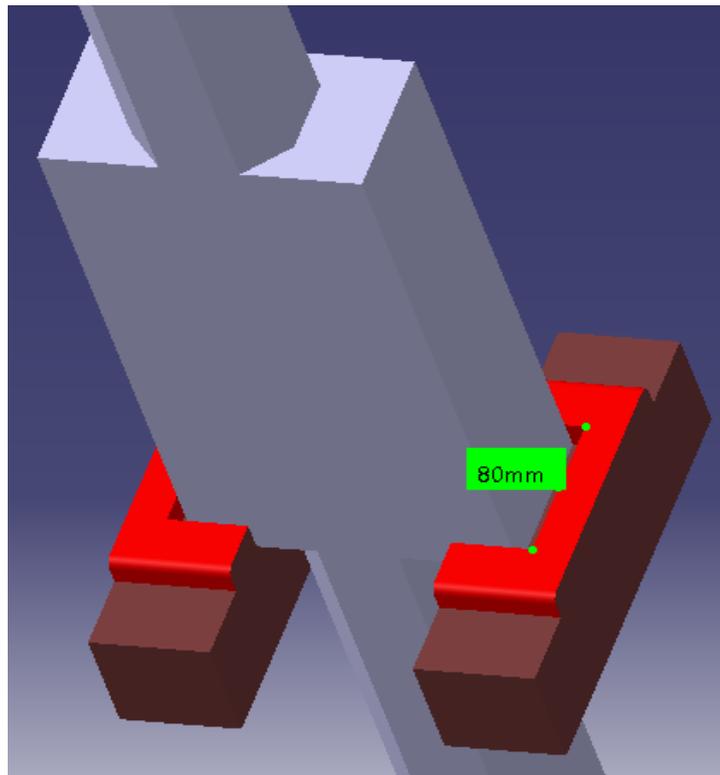


FIGURE 36:NOUVEAU SUPPORT DE BUTEE

La nouvelle conception proposée va nécessiter une vérification du cisaillement et sa consistance pour prouver que nous travaillons dans le bon chemin. Or la nouvelle brimbale sera étudiée respectivement pour les différents types d'acier E24 /E36 à épaisseur 8mm et 12mm dans l'objectif d'optimiser au maximum nos choix disponibles:

- Brimbale en acier **E24 EP 8mm**
- Brimbale en acier **E36 EP 8mm**
- Brimbale en acier **E24 EP 12m**
- Brimbale en acier **E36 EP 12m**

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Nous allons réaliser la nouvelle conception proposée de la brimbale du batardeau sous logiciel CATIAV5 :

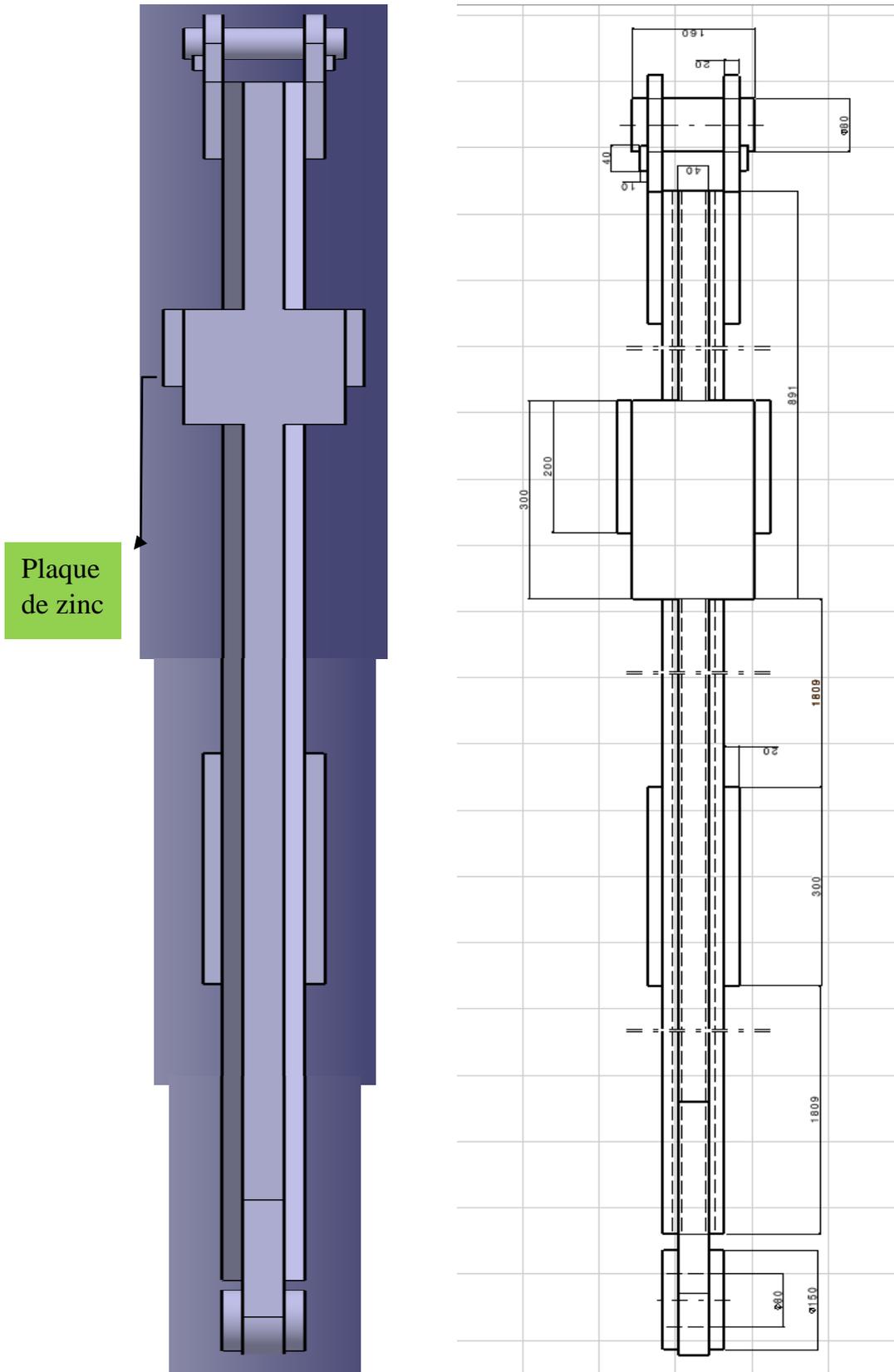


FIGURE 37: VUE DE FACE DE LA BRIMBALE

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

Ce tableau résume les avantages, les inconvénients et la rentabilité de la nouvelle conception.

Avantage	Inconvénient	Rentabilité
-Épaisseur 12mm (respect de la marge de charge de système hydraulique) -Butée épaisse	-Difficulté de soudage	-Augmenter la durée de vie -Forme résistante à l'environnement

TABLEAU 16:FAISABILITE DE LA CONCEPTION

Faisabilité : La suggestion proposée ne sera applicable que lorsqu'on trouve un bureau d'étude, qui peut réaliser la conception de cette nouvelle forme de tube octal de la brimbale à épaisseur 12mm.

Coût : La brimbale en acier E36 à épaisseur 12mm vaut 40500DH

La brimbale en acier E24 à épaisseur 12mm vaut 28100DH

L'étude précédente de la conception (forme tube carré, octal creux, EP 8mm /12mm), et l'alliage (E24/E36), servent à subvenir des choix cibles, pour réduire l'intensité du cisaillement. L'étude de vérification du cisaillement peut confirmer le choix optimal que l'usine peut prendre en compte.

5. ETAPE « CONTROLER » DE CISAILLEMENT

5.1. Pour la brimbale en acier E36 à épaisseur 8 :

a. L'étude de contrainte de cisaillement :

La contrainte tangentielle $\tau = T/S$

τ (**Tau**) : contrainte tangentielle en tout point de la section **S** (N/mm² ou MPA) ;

S : aire de la section droite cisailée de la pièce (mm²) ;

Largeur de la butée **La : 40mm**

Longueur de la butée **Lo : 150mm**

T : effort tangentiel (tranchant) (newton, N). (C'est la contrainte maximal appliqué sur la 1ère brimbale)

$$T=220kN$$

CHAPITRE III : ETAPE « INNOVER » ET « CONTROLER »

La section de la butée $S = (L_a * L_o) * 2 = (40 * 150) * 2 = 12\ 000\ \text{mm}^2$

A.N : $\tau = T/S = 220\ 000 / 12\ 000 = 18,33\ \text{N/mm}^2 = 18,33\ \text{MPa}$

b. Condition à la résistance au cisaillement pour l'acier E36 EP 8 :

Condition de cisaillement $\tau < R_{pg}$.

Avec :

-**R_{pg}** la limite pratique au glissement $R_{pg} = R_{eg} / S$

-**R_{eg}** la limite élastique au glissement $R_{eg} = R_e * C$

-**S** coefficient de sécurité, dépend du secteur d'utilisation du matériau = 3

-**R_e** la limite élastique

-**C** dépend de la limite élastique du matériau = 0,7 pour E36

$R_{eg} = R_e * C = 355 * 0,7 \rightarrow R_{eg} = 248,5\ \text{MPa}$

$R_{pg} = R_{eg} / S = 248,5 / 3 \rightarrow R_{pg} = 82,83\ \text{MPa}$

Donc $\tau < R_{pg}$ $18,33\ \text{MPa} < 82,83\ \text{MPa}$

Alors la brimbale en acier E36 EP 8mm vérifie la condition de cisaillement.

5.2. Pour la brimbale en acier E24 à épaisseur 12 :

a. L'étude de contrainte de cisaillement :

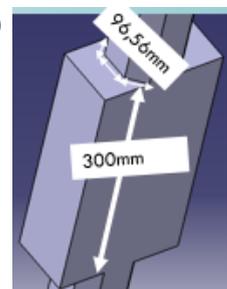
La Contrainte tangentielle $\tau = T/S$

τ (**Tau**) : contrainte tangentielle en tout point de la section **S** (N/mm^2 ou **MPa**)

S : aire de la section droite cisillée de la pièce (mm^2) ;

Largeur de la butée **L_a : 96,56mm**

Longueur de la butée **L_o : 300mm**



T : effort tangentiel (tranchant) (newton, N). (C'est la contrainte maximal appliqué sur la 1ère brimbale)

T=222kN

La section de la butée :

$$S = (L_a * L_o) * 2 = (96,56 * 300) * 2 = 57\,936 \text{ mm}^2$$

A.N : $\tau = T/S = 222\,000 / 57\,936 = 3,83 \text{ N/mm}^2 = 3,83 \text{ MPA}$

b. Condition à la résistance au cisaillement pour l'acier E24 ep12 :

Condition de cisaillement $\tau < R_{pg}$

Avec :

-**R_{pg}** la limite pratique au glissement $R_{pg} = R_{eg} / S$

-**R_{eg}** la limite élastique au glissement $R_{eg} = R_e * C$

-**S** coefficient de sécurité, dépend du secteur d'utilisation du matériau = 3 [voir FIG](#)

-**R_e** la limite élastique

-**C** dépend de la limite élastique du matériau = 0,5 pour E24 [voir FIG](#)

$$R_{eg} = R_e * C = 235 * 0,5 \rightarrow R_{eg} = 117 \text{ MPA}$$

$$R_{pg} = R_{eg} / S = 117 / 3 \rightarrow R_{pg} = 39 \text{ MPA} \quad \text{or} \quad \tau = 9,25 \text{ MPA}$$

$$\text{Donc } \tau < R_{pg} \quad 9,25 \text{ MPA} < 39 \text{ MPA}$$

Alors la brimbale en acier E24 EP 12mm vérifie la condition de cisaillement.

5.3. Pour la brimbale en acier E36 à épaisseur 12 :

a. L'étude de contrainte de cisaillement :

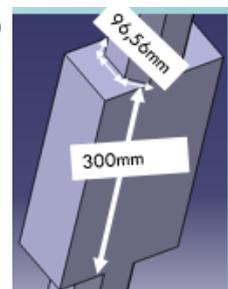
La Contrainte tangentielle $\tau = T/S$

τ (Tau) : contrainte tangentielle en tout point de la section **S** (N/mm² ou MPA)

S : aire de la section droite cisailée de la pièce (mm²) ;

Largeur de la butée **L_a : 96,56mm**

Longueur de la butée **L_o : 300mm**



T : effort tangentiel (tranchant) (newton, N). (C'est la contrainte maximal appliqué sur la 1ère brimbale)

$$T = 222 \text{ kN}$$

La section de la butée

$$S = (L_a * L_o) * 2 = (96,56 * 300) * 2 = 57\,936 \text{ mm}^2$$

A.N : $\tau = T/S = 222\,000 / 57\,936 = 3,83 \text{ N/mm}^2 = 3,83 \text{ MPa}$

b. Condition à la résistance au cisaillement pour l'acier E36 EP 12 :

Condition de cisaillement $\tau < R_{pg}$.

Avec :

-**R_{pg}** la limite pratique au glissement $R_{pg} = R_{eg} / S$

-**R_{eg}** la limite élastique au glissement $R_{eg} = R_e * C$

-**S** coefficient de sécurité, dépend du secteur d'utilisation du matériau = 3

-**R_e** la limite élastique

-**C** dépend de la limite élastique du matériau = 0,7 pour E36

$$R_{eg} = R_e * C = 355 * 0,7 \rightarrow R_{eg} = 248,5 \text{ MPa}$$

$$R_{pg} = R_{eg} / S = 248,5 / 3 \rightarrow R_{pg} = 82,82 \text{ MPa} \quad \text{or} \quad \tau = 9,25 \text{ MPa}$$

Donc $\tau < R_{pg}$ $9,25 \text{ MPa} < 82,82 \text{ MPa}$

Alors la brimbale en acier E36 EP 12mm vérifie la condition de cisaillement.

Récapitulatif :

Condition de cisaillement	$\tau < R_{pg}$
▪ Brimbale en acier E24 EP 8mm	18,33 MPa < 39 MPa
▪ Brimbale en acier E36 EP 8mm	18,33 MPa < 82,82 MPa
▪ Brimbale en acier E24 EP 12m	3,83 MPa < 39 MPa
▪ Brimbale en acier E36 EP 12m	3,83 MPa < 82,82 MPa

Les quatre cas étudiés précédemment satisfont la condition du cisaillement. Pourtant la brimbale en acier E24 EP 8mm possède un risque de 47% d'être cisailé. Par contre le grand écart entre τ et **R_{pg}** des autres cas présente un risque moins fort de cisaillement.

Donc, la brimbale en acier E24 EP 12mm représente le choix optimal pour pallier au cisaillement, or la brimbale en acier E36 EP 12mm demandera un investissement important pour avoir une grande performance.

6. VALEURS AJOUTEES

Les propositions évoquées représentent une valeur ajoutée pour l'amélioration du fonctionnement de la brimbale comme suit :

Le renforcement des butées.

- Le doublement de longueur et de largeur des butées joue un rôle important pour avoir une bonne résistance solide contre la charge.

L'Augmentation de stabilité de la brimbale.

- La chaîne métallique joue un rôle essentiel en fixation de la brimbale par rapport au batardeau pour réduire les vibrations dues à la production de l'électricité.

Le renforcement de la structure métallique.

- **Au niveau d'épaisseur** : l'augmentation d'épaisseur par l'ajout de 4mm.

L'amélioration de forme de la brimbale.

- **Au niveau des cornières** : L'imposition d'un profiler octal augmente la résistance de la brimbale contre les forces turbulentes de l'air

Conclusion

Cette expérience nous a permis de comprendre profondément le système de la brimbale et son utilisation indispensable pour l'usine, cela se traduit dans l'ouverture et la fermeture du batardeau, mais comme tous les systèmes métalliques du monde, il y aura besoin toujours une gestion solide et précise afin d'améliorer ses performances.

Parmi les résultats que nous avons sortis : le milieu aqueux, l'hygrométrie rendent les pièces rapidement corrodés, la charge sur le support hydraulique entraine une destruction sévère et brusque de la brimbale .Ensuite, la vibration provoque aussi une instabilité intense du batardeau et de ses composants soit à la production de réseau électrique, soit à cause des vagues du barrage.

Durant ce travail, nous avons fait une amélioration au niveau d'alliage de base E24 vers E36 pour augmenter le module de Young d'acier et sa consistance pour la brimbale, une modification de ses butées dans l'objectif d'avoir un support très pertinent avec les le verrou hydraulique, puis un remaniement pour pallier à l'intensité de la corrosion pour protéger notre structure de base et augmenter sa durée de vie par l'élimination des fissures et des piqures sur la surface. En fin une nouvelle conception regroupant tous les améliorations évoquées pour qu'on puisse présenter une structure solide et convenable d'être appliquée au sein de l'usine.

Enfin, L'étude et la résolution de cisaillement de brimbale possède un impact très important à la continuité de fonctionnement de l'usine et pour la production d'électricité. Les solutions suggérées, sont indépendantes, donc en termes de faisabilité, l'usine a le choix d'adopter une, la combinaison ou toutes les solutions proposées.

ANNEXE

Les documents suivants sont les rapports de CND pour les différentes dates :

 <p>S2G Test Industrial</p>	RAPPORT DE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPIE		
	Rapport N° : EA MT 25/15	Affaire :	Page : 1 / 2
Client : ONE ALLAL ELFASSI		projet: Batardeau G1	
DOCUMENT DE REFERENCE POUR LE CONTROLE			
SPECIFICATION DE CONROLE : ASTM E 709			
IDENTIFICATION	DONNEES TECHNIQUE		
Appareil BRIMBALE	Appareil : MAGNETIC PARTICLE	N° Série : 681780	
	Modèle : sofranel CEY240	Type : Mobile <input checked="" type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/>	
Pièce contrôlée Soudures	Révélateur : Liquide <input checked="" type="checkbox"/> Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent <input type="checkbox"/>		
	Méthode de Magnétisation		
	Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ <input type="checkbox"/> Electro-aimant <input checked="" type="checkbox"/>		
Repère	Nature du Courant		
1	Alternatif <input checked="" type="checkbox"/> Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>		
2			
3			
4			
5			
Surface Préparée	Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD <input type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/>		
Méthode prépa. Brossage	Paramètres : Intensité mesurée du courant : 280 à 400 Amp. Durée de passage du courant : 15 Sec.		
Date du contrôle	Séquences d'examen		
21/05/2015	2Diréctions Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> 1Diréction <input type="checkbox"/> Enroulement <input type="checkbox"/>		
	Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>		
	Eclairage : Ultra-violet <input type="checkbox"/> Blanche artificielle <input checked="" type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>		
Résultats	Sans indication notable <input checked="" type="checkbox"/> Défaut sur la pièce <input type="checkbox"/>		
Nature du défaut	// //		
Taille du défaut	// //		
Repérage	// //		
Verdict (A / NA)	A		
S2G-TI		Client	
DATE : 21/05/2015 Nom : A.KHIRI Visa :		DATE : Nom : Visa :	



RAPPORT DE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPIE

Rapport N° : EA MT 07/15

Affaire :

Page : 1 / 4

Client : ONEE ALLAL ELFASSI

projet: Batardeau G2

DOCUMENT DE REFERENCE POUR LE CONTROLE

SPECIFICATION DE CONROLE : NF EN 1290

IDENTIFICATION	DONNEES TECHNIQUE	
Appareil BRIMBALE 1	Appareil : MAGNETIC PARTICLE	N° Série : 681780
	Modèle : sofranel CEY240	Type : Mobile <input checked="" type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/>
Pièce contrôlée Soudures	Révélateur : Liquide <input checked="" type="checkbox"/> Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent <input type="checkbox"/>	
	Méthode de Magnétisation	
	Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ <input type="checkbox"/> Electro-aimant <input checked="" type="checkbox"/>	
Repère	Nature du Courant	
	Alternatif <input checked="" type="checkbox"/> Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>	
Surface Préparée	Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD <input type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/>	
Méthode prépa. Brossage	Paramètres : Intensité mesurée du courant : 280 à 400 Amp. Durée de passage du courant : 15 Sec.	
Date du contrôle 30/ 04/2015	Séquences d'examen	
	2Diréctions Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> 1Diréction <input type="checkbox"/> Enroulement <input type="checkbox"/>	
	Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>	
	Eclairage : Ultra-violet <input type="checkbox"/> Blanche artificielle <input checked="" type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>	
Résultats	Sans indication notable <input type="checkbox"/> Défaut sur la pièce <input checked="" type="checkbox"/>	
Nature du défaut	Défauts linéaires	
Taille du défaut	Voir photos	
Repérage	// //	
Verdict (A / NA)	NA	
SIG II	Contractant	Client
DATE : 30/04/2015 Nom : A.KHIRI Visa :	DATE : Nom : Visa :	DATE : Nom : Visa :



RAPPORT DE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPIE

Rapport N° : EA MT 12/15

Affaire :

Page : 1 / 5

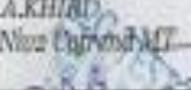
Client : ONE ALLAL ELFASSI

projet: Batardeau G1

DOCUMENT DE REFERENCE POUR LE CONTROLE

SPECIFICATION DE CONROLE : ASTM E 709

IDENTIFICATION	DONNEES TECHNIQUE	
Appareil BRIMBALE 1	Appareil : MAGNETIC PARTICLE	N° Série : 681780
	Modèle : sofranel CEY240	Type : Mobile <input checked="" type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/>
Pièce contrôlée Soudures	Révéléateur : Liquide <input checked="" type="checkbox"/> Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent <input type="checkbox"/>	
	Méthode de Magnétisation Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ <input type="checkbox"/> Electro-aimant <input checked="" type="checkbox"/>	
Repère	Nature du Courant Alternatif <input checked="" type="checkbox"/> Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>	
Surface Préparée	Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD <input type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/>	
Méthode prépa. Brossage	Paramètres : Intensité mesurée du courant : 280 à 400 Amp. Durée de passage du courant : 15 Sec.	
Date du contrôle 07/05/2015	Séquences d'examen 2Diréctions Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> 1Diréction <input type="checkbox"/> Enroulement <input type="checkbox"/>	
	Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>	
	Eclairage : Ultra-violet <input type="checkbox"/> Blanche artificielle <input checked="" type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>	
Résultats	Sans indication notable <input type="checkbox"/> Défaut sur la pièce <input checked="" type="checkbox"/>	
Nature du défaut	Défauts linéaires	
Taille du défaut	Voir photos	
Repérage	// //	
Verdict (A / NA)	NA	
SIG II	Client	
DATE : 07/05/2015 Nom : A.KHIFI Visa : 	DATE : Nom : Visa :	

		<h2 style="text-align: center;">Procès verbal de contrôle par Magnétoscopie.</h2>	
Rapport N° : KA 113/14		Affaire : groupes N°3 d'usine Allal al fassi	Page : 1/1
Client : ONEE		CONTRACTANT :	
DOCUMENT DE REFERENCE :			
SPECIFICATION DE CONROLE : NF EN ISO 1290			
IDENTIFICATION		DONNEES TECHNIQUE	
Appareil : Batardeau		Appareil : Electro-aimant	N° Série : 4028
		Modèle : Sofranel	Type : Mobile X Fixe
Pièce contrôlée : Soudures du Brinball		Révéléateur : Liquide X Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input type="checkbox"/> Fluorescent X	
		Méthode de Magnétisation Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ Electro-aimant X	
Repère : Brinball N° 2,3,4,5		Nature du Courant Alternatif X Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>	
Surface : Préparée		Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD X ASME <input type="checkbox"/>	
Méthode : Brosse		Paramètres : Champ tangentiel : 2400 A/m Durée de passage du courant : 10 Sec.	
Date du contrôle 29/12/2014		Séquences d'examen 2Directions Perpendiculaire X 1Direction <input type="checkbox"/> Enroulement	
		Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON X	
		Eclairage : Ultra-violet Blanche artificielle _____ X	
Résultats		Sans fissure X Défaut sur la pièce <input type="checkbox"/>	
Nature du défaut		Sans indication notable	
Taille du défaut		-	
Repérage des défauts		-	
Verdict (A / NA)		Conforme	
S2G TEST INDUSTRIEL		CONTRACTANT	CLIENT
DATE : 29/12/2014 Nom : A.KHIL N° de Contrôle : MT Visa : 		DATE : Nom : Visa :	DATE : Nom : Visa :



RAPPORT DE CONTROLE PAR MAGNETOSCOPIE

Rapport N° : EA MT 06/15

Affaire :

Page : 1 / 2

Client : ONEE "USINE ALLAL ELFASSI"

projet: BRIMBALE

DOCUMENT DE REFERENCE POUR LE CONTROLE

SPECIFICATION DE CONROLE : NE EN 1290

IDENTIFICATION	DONNEES TECHNIQUE	
Appareil BRIMBALE	Appareil : MAGNETIC PARTICLE	N° Série : 681780
	Modèle : sofranel CEY240	Type : Mobile <input checked="" type="checkbox"/> Fixe <input type="checkbox"/>
Pièce contrôlée Soudures	Révélateur : Liquide <input checked="" type="checkbox"/> Poudre <input type="checkbox"/> Coloré <input checked="" type="checkbox"/> Fluorescent <input type="checkbox"/>	
	Méthode de Magnétisation Par passage de : Courant <input type="checkbox"/> Champ <input type="checkbox"/> Electro-aimant <input checked="" type="checkbox"/>	
Repère	Nature du Courant Alternatif <input checked="" type="checkbox"/> Redressé <input type="checkbox"/> Pulsé <input type="checkbox"/> Continu <input type="checkbox"/>	
Surface Préparée	Témoin : AFNOR <input type="checkbox"/> BERTHOLD <input type="checkbox"/> ASME <input checked="" type="checkbox"/>	
Méthode prépa. Brossage	Paramètres : Intensité mesurée du courant : 280 à 400 Amp. Durée de passage du courant : 15 Sec.	
Date du contrôle 01/ 04/2015	Séquences d'examen 2Diréctions Perpendiculaire <input checked="" type="checkbox"/> 1Diréction <input type="checkbox"/> Enroulement <input type="checkbox"/>	
	Démagnétisation OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>	
	Eclairage : Ultra-violet <input type="checkbox"/> Blanche artificielle <input checked="" type="checkbox"/> _____ <input type="checkbox"/>	
Résultats	Sans indication notable <input checked="" type="checkbox"/> Défaut sur la pièce <input type="checkbox"/>	
Nature du défaut	// //	
Taille du défaut	// //	
Repérage	// //	
Verdict (A / NA)	Acceptable	
S2G TI	Contractant	Client
DATE : 01/04/2015 Nom : A.KHIRI Visa : 	DATE : Nom : Visa :	DATE : Nom : Visa :

Bibliographie

- [1]. <http://tonepi.com/resistance-des-materiaux-rdm/coefficients-de-securite-en-mecanique-tableau.html>
- [2]. www.soudures.com
- [3]. [Documents techniques de L'ONEE-BE](#)
- [4]. <https://www.mecastyle.com/calcul-de-structure-elements-finis-methode>

Stage effectué à : Usine ALLAL AL FASSI

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master sciences et techniques.

Nom et prénom : AMRANI Taha

Nom et prénom : ALAOUI CHRIFI Rachid

Année universitaire : 2020/2021

Titre : Etude et résolution de la problématique de cisaillement des brimbales des vannes batardeaux aval de complexe hydro-électrique ALLAL AL FASSI.

Résumé

C'est au cours d'un stage effectué à l'Office national d'Electricité et Eau potable, Branche Electricité (ONEE-BE) dans l'usine de production ALLAL AL FASSI, d'une durée de quatre mois que ce rapport est rédigé. L'objectif du projet de notre stage est d'élaborer l'étude et la résolution de la problématique du cisaillement des brimbales des vannes batardeaux avales de complexe hydro-électrique ALLAL AL FASSI et donner quelques solutions applicables et efficaces, pour résister au maximum les vibrations dues à la production de réseau électrique. Puis, nous allons augmenter la résistance à l'environnement par une nouvelle conception plus solide qui respecte les contraintes de soudage des chapes simples et doubles. Ensuite, l'étude sera présentée sous la méthode **DMAIC (définition, mesure analyse, innovation, contrôle)**, qui a pour objectif de structurer la solution de la problématique et la rendre claire d'être interprétée par l'usine pour envisager une vision préalable de tous les soucis qu'ils puissent s'effectuer, au moment de la production électrique et garantir la stabilité de réseau chez les clients.

Abstract

It is during an internship at the Electricity and Drinking Water National Office, Electricity Branch (ONEE-BE), precisely in ALLAL AL FASSI electricity production office, this document has established. Our aim is studying and resolving the bolt support shear stress of the ALLAL AL FASSI hydroelectric complex problematic and providing some reasonable and applicable solutions in order to resist the vibrations given in the moment of electric production line, by augmenting the resistance against the environment with an appropriate and firm conception assuring the performance and respect the dimensions and constraints of simple and double screed welding. Furthermore, this study will be presented by DMAIC method for structuring our solution path of this problem by which the factory can easier get this clear vision and anticipate the different problems are created in conjunction of production time all that to give the best quality to clients and satisfying their demands.