

I. 4. 1. Inspection générale

L'inspection générale consiste à examiner systématiquement tous les éléments d'un pont dans le but de détecter ses défauts et d'évaluer leur incidence sur la capacité, la stabilité et la vie utile du pont ainsi que sur la sécurité et le confort des usagers.

Un rapport d'inspection générale, dont les fiches d'inspection constituent l'essence, doit être produit et doit contenir les informations suivantes :

- Une appréciation de l'état de chacun des éléments ;
- Des remarques sur chacun des éléments endommagés et des recommandations relatives à des activités d'entretien à exécuter ;
- Une appréciation de l'état général du pont ;
- Des recommandations finales d'activités d'entretien ;
- Des croquis ou photographies montrant les éléments endommagés ainsi que l'ampleur de leurs défauts.

Les informations contenues dans le rapport devraient être assez précises pour permettre l'évaluation du coût des travaux d'entretien projetés.

I. 4. 2. Inspection sommaire

L'inspection sommaire consiste à examiner visuellement les éléments d'un pont dans le but de découvrir des anomalies évidentes pouvant affecter sa stabilité ou la sécurité des usagers. L'inspection sommaire permet également de suivre l'évolution de défauts déjà identifiés et de vérifier si les travaux prévus ont été effectués.

Les observations relevées lors de cette inspection doivent être signalées sur une fiche d'inspection et comprendre :

- L'identification d'éléments particuliers à vérifier ;
- La description des défauts observés sur les divers éléments du pont ;
- Les recommandations de travaux d'entretien à effectuer ;
- Le nom des personnes ayant fait l'inspection et la date de l'inspection.

I. 4. 3. Entretien

A la suite d'une inspection vient l'entretien. On peut considérer l'entretien d'un pont selon trois catégories d'intervention :

- L'entretien préventif ;
- L'entretien courant ;
- La réparation.

Les deux premières catégories sont normalement associées à un budget d'exploitation. Selon l'ampleur des projets, la réparation peut être liée à un budget d'exploitation ou d'immobilisation. L'entretien préventif consiste à intervenir sur le pont, de façon à empêcher ou à ralentir la progression des dégradations pouvant entraîner la détérioration prématurée du pont.

L'entretien courant consiste en des interventions mineures visant à corriger des défauts ou des dégradations qui représentent un potentiel d'accidents ou qui affectent le confort des usagers. L'entretien courant permet d'offrir un niveau de sécurité et de confort acceptable sur le pont ouvert à la circulation.

La réparation inclut des activités ayant pour but de remettre un pont en bon état. La pertinence d'une réparation est jugée en fonction du prolongement de vie utile qu'elle peut donner et des coûts qui lui sont associés. Il faut prendre soin d'éliminer ou de contrôler les causes des dégradations ou des mauvais comportements avant d'effectuer des réparations.

II. Estimation du coût de projet

II. 1. Calcul du coefficient de majoration de déboursé K

Le coefficient de déboursé appelé aussi coefficient de vente est un coefficient qui permet de passer directement du déboursé sec DS au prix de vente hors taxe PVHT. Il varie en fonction de l'importance ou de l'ampleur des travaux et de la taille d'entreprise d'exécutions. Sa valeur est donnée par la formule suivante :

$$K = \frac{(1 + f_c) + (1 + f_g)}{1 - b_a \left(1 + \frac{TVA}{100}\right)}$$

Où, f_c : pourcentage des frais généraux (FG) ;

f_g : pourcentage du frais de chantier (FC) ;

b_a : pourcentage du bénéfice et des aléas (BA) ;

TVA : Taxe sur Valeur Ajoutée.

Le tableau qui suit donne les valeurs admises pour les différents coefficients

Tableau 98 : Valeurs des coefficients pour le calcul de la déboursé K

Nature des frais	Description	Valeurs
Frais généraux proportionnels aux déboursés (FG)	Nécessaire au bon fonctionnement de l'entreprise : - Frais de siège ; - Frais d'exploitation ; - Frais d'étude ...	(4 à 30%) de CP
Frais proportionnels aux dépenses indirectes de chantier (FC)	Les frais à imputables à un ouvrage mais ne peuvent pas être affecté à un ouvrage élémentaire : - Grues ; - Centrale béton...	(5 à 20%) de DS
Bénéfice et Aléas (BA)	Rémunération de capitale de l'entreprise et compensation des imprévus : - Arrêt de chantier ; - Reprise de mal façon...	(0 à 10%) de CP ou du PVHT

CP (=DS + FC) est le coût de production.

Soient : $f_c = 15\%$; $f_g = 25\%$; $b_a = 7\%$ et TVA = 20%.

Ainsi, on a :

$$K = 1,56$$

II. 2. Sous détails de prix

L'établissement des sous détails de prix est la première étape pour estimer le coût du projet, elle sert à déterminer les prix unitaires de chaque tâche. Les prix unitaires (PU) sont obtenus par la relation suivante :

$$PU = \frac{K \cdot D}{R}$$

Avec, K : le coefficient de déboursé ;

D : Somme des déboursés ;

R : rendement journalier.

Voici quelques exemples de sous détails de prix :

Tableau 99 : Sous détails de prix – Phase I – Installation de chantier – Débroussaillage

Désignation		Débroussaillage							
Rendement R =		250	m²/j						
Prix N°:		Unité:		m²/j					
Composant des prix			Coûts directs			Dépenses directes			
Désignation	U	Qté	U	Qté	PU	Matériel	Main d'œuvre	Matériau	Total
Matériel									
Lot de petit MTRL	Fft	1	fft	1	50 000	50 000			
						Total Matériel			50 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	1	6 000		6 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	1	4 000		4 000		
Manœuvre	Hj	10	h	8	800		64 000		
						Total Main d'œuvre			74 000
Matériau									
								0	
						Total Matériau			0
K = 1,56						Total de déboursés en Ariary			124 000
						PU en Ariary			773,76

Tableau 100 : Sous détails de prix – Phase III – Superstructure – Mise en place de la charpente métallique

Désignation		Opération de lancement et assemblage				MTRL : Matériel			
Rendement R = 2000 kg/j						MO : Main d'œuvre			
Prix N°: Unité: kg/j						MTRO : Matériau			
Composant des prix			Coûts directs			Dépenses directes			
Désignation	U	Qté	U	Qté	PU	MTRL	MO	MTRO	Total
MTRL									
Centrale Grue	U	1	H	4	220 000	880 000			
Avant-bec	U	1	H	4	150 000	600 000			
Poste de soudure	U	1	H	3	60 000	180 000			
chaises à patins	U	1	H	4	150 000	600 000			
Outillage	Fft	1	Fft	1	140 000	140 000			
								Total	2
								MTRL	400 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	H	2	4 500		9 000		
Chef d'équipe	Hj	1	H	8	3 000		24 000		
Manceuvre	Hj	4	H	8	1 500		48 000		
Ouvrier spécialisé	Hj	6	H	8	2 000		96 000		
								Total Main d'œuvre	177 000
MTRO									
Profilé d'acier	kg	1	m	20 000	8 000			160 000	
Gousset	kg	1	Kg	2 500	4 000			10 000 000	
Boulon HR	U	1	m	2 016	400			806 400	
								Total MTRO	170 806 400
K= 1,56								Total des déboursés	173 383 400
								PU = K*D/R	135 239

Tableau 101 : Sous détails de prix – Phase II – Réalisation des appuis – Béton Q400

C25/30 pour pieux

Désignation		Béton Q400 , C25/30							
Rendement R =		25 m ³ /j							
Prix N°:		Unité: m ³ /j							
Composant des prix			Coûts directs			Dépenses directes			
Désignation	U	Qté	U	Qté	PU	Matériel	Main d'œuvre	Matériau	Total
Matériel									
Centrale à béton	U	1	h	6	220 000	1 320 000			
Benne et pompe à béton	U	1	h	4	223 500	894 000			
Pervibrateur	U	1	h	2	80 000	160 000			
Outillage	Fft	1	fft	1	140 000	140 000			
						Total Matériel			2 514 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	4 500		9 000		
Chef d'équipe	Hj	2	h	8	3 000		48 000		
Manœuvre	Hj	6	h	8	1 500		72 000		
Ouvrier spécialisé	Hj	2	h	8	2 000		32 000		
						Total Main d'œuvre			161 000
Matériau									
Ciment	Kg	400	kg	25	550			5 500 000	
Sable	m ³	0,4	m ³	25	12 000			120 000	
Lubrifiant	L	0,23	L	25	6 000			34 500	
Adjuvant	L	2,2	L	25	8 500			467 500	
Gravillon	m ³	0,8	m ³	25	40 000			800 000	
						Total Matériau			6 922 000
K = 1,56						Total de déboursés en Ariary			9 597 000
						PU en Ariary			598 852,8

II. 3. Devis quantitatifs et estimatifs

Il s'agit d'estimer et d'évaluer le prix global du projet.

Le coût de l'installation de chantier est estimé à 6% de prix de total de l'ouvrage tandis que le repli de chantier est 4%.

Tableau 102 : Devis quantitatifs et estimatifs (DQE)

Référence	Désignations	Unités	Quantités	P.U en Ariary	Montant en Ariary
0	Installation du projet et travaux préparatoires				
0.1	Installation du chantier	Fft	1	1 449 640 000	1 449 640 000
0.2	Nettoyage du lit du cour d'eau	Fft	1	12 452 000	12 452 000
0.3	Considération des riverains ayant des activités sur le site	Fft	1	87 000 000	87 000 000
0.4	Repli du chantier	Fft	1	966 426 600	966 426 600
	Sous total installation du projet et travaux préparatoires				2 515 518 671
1	Terrassement				
1.0	Déblai			-	-
1.0.0	Débroussaillage	m ²	2 000	4 500	9 000 000
1.0.1	Enlèvement de terre de surface 20cm	m ²	2 000	6 000	12 000 000
1.0.2	Déblai meuble	m ³	1 400	9 500	13 300 000
1.1	Remblai			-	-
1.1.0	Remblai drainant	m ³	200	8 900	1 780 000
1.1.1	Remblai courant	m ³	950	8 500	8 075 000
1.1.2	Transport des matériaux	km	50	3 200	160 000
1.2	Gabion (contre affouillement)	m ³	120	2 750 000	330 000 000
1.3	Tuyaux (drainage)	m	480	9 500	4 560 000
	Sous total terrassement				378 875 000
2	Infrastructure				
2.0	Fondation				-
2.0.0	Fouille	m ³	350	145 700	50 995 000
2.0.1	Forage	m ³	650	254 700	165 555 000
2.0.2	Béton Q400	m ³	650	1 129 333	734 066 667
2.0.3	Béton Q350	m ³	350	847 000	296 450 000

Référence	Désignations	Unités	Quantités	P.U en Ariary	Montant en Ariary
2.0.4	Acier HA	kg	27 966	9 500	265 672 543
2.1	Culées			-	-
2.1.0	Béton de propreté Q200	m3	24	564 667	13 416 480
2.1.1	Béton Q350	m3	540	847 000	457 380 000
2.1.2	Appareil d'appui	u	4	250 000	1 000 000
2.1.3	Acier HA	kg	22 313	9 500	211 974 217
2.2	Ancrage de l'arc			-	-
2.2.0	Béton de propreté Q200	m3	24	564 667	13 416 480
2.2.1	Béton Q400	m3	333	1 129 333	376 149 312
2.2.2	Acier HA	kg	47 350	9 500	449 821 485
2.2.3	Assemblage	fft	4	250 000	1 000 000
2.2.4	Enrochement	m3	60	457 000	27 420 000
	Sous total infrastructure				3 064 317 184
3	Superstructure				
3.0	Charpente métallique	kg		-	-
3.1	Platelage			-	-
3.1.0	Dalle orthotrope	m ²	1 680	475 000	798 000 000
3.1.1	Revêtement de la chaussée	m ²	1 680	357 000	599 760 000
3.2	Elément de l'arc	kg	995 468	15 000	14 932 018 800
3.3	Suspente	m	5 520	7 800	43 056 000
3.4	Potelets	kg	2 600	15 000	38 998 800
3.5	Poutre métallique	kg	263 760	15 000	3 956 400 000
3.6	Equipements			-	-
3.5.0	Joint de chaussée	m	84	1 650 000	138 600 000
3.5.1	Garde-corps	m	480	95 000	45 600 000
3.5.2	Tube anti-vandalisme	U	42	175 000	7 350 000
3.5.3	Gargouille	ml	60	46 800	2 808 000
	Sous total superstructure			-	20 562 591 600
4	Ouvrages annexes				
4.0	Dalle de transition			-	-
4.0.0	Béton Q350	m3	32	847 000	27 104 000

Référence	Désignations	Unités	Quantités	P.U en Ariary	Montant en Ariary
4.0.1	Acier HA	kg	2 002	9 500	19 016 625
4.0.2	Coffrage	m ²	24	6 000	144 000
4.1	Signalisation routière			-	-
4.1.0	Béton Q300	m ³	8	847 000	6 776 000
4.1.1	Acier HA	kg		9 500	-
4.1.2	Coffrage	m ²	15	5 000	75 000
4.1.3	Barre en acier	kg	3	15 000	45 000
4.2.0	Béton Q300	m ³	3	847 000	2 117 500
4.2.1	Acier HA	kg	8	9 500	76 000
4.2.2	Coffrage	m ²	13	6 000	76 800
Sous total ouvrages annexes					55 430 925,00
TOTAL OUVRAGE HTVA					26 576 733 379,37
TVA =20%					5 315 346 675,87
MONTANT TTC					31 892 080 055,24
Coût au ml					132 883 666,90

III. Etude de rentabilité du projet

III. 1. Généralité

Lorsqu'on évalue un projet, il est toujours nécessaire d'étudier sa rentabilité pour voir si ce projet vaut la peine d'être réalisé ou pas, c'est-à-dire s'il a un intérêt financier ou pas, et pour notre pont, si on arrivera à récupérer le capital investi pendant que le pont est en service ou pas. Pour ce faire, il faut mesurer la création de valeur du projet, elle est déterminée par le calcul de la VAN (Valeur Actuelle Nette). Un projet peut être adopté si la VAN est positive.

On utilise aussi l'IP (Indice de profitabilité) pour évaluer un projet, il permet de donner une indication de création de valeur relative à l'investissement initial. L'IP doit être supérieur à 1 pour que le projet soit admis.

Il est nécessaire de calculer le TRI (Taux de Rentabilité Interne) car il juge le projet en tenant compte de l'évolution économique du pays. Un projet est rentable si son TRI est supérieur ou égal au taux d'actualisation.

III. 2. Valeur Actuelle Nette (VAN)

Elle donnée par la formule suivante :

$$VAN = \sum_{p=1}^n F_p (1 + r)^{-p} - I$$

Dans laquelle, F_p est le flux net de trésorerie, $F_p = R_n - A$;
 R_n (= Recette – Dépense) est le bénéfice net ;
 A est l'amortissement ;
 I est le capital investi ;
 N la durée de vie du projet ;
 r est le taux d'actualisation de la banque centrale.

III. 2. 1. Le bénéfice net

La recette annuelle initiale (année 0) de mise en service est estimée à Ar 2 300 000 000,00 pour la région Analanjirofo avec un taux de croissance annuelle de 8%.

Les dépenses sont composées par le coût d'entretien tous les 2 ans pour maintenir l'ouvrage en bon état estimé à 7 % de la recette annuelle et les autres dépenses de la région est estimé à 11% de la recette annuelle.

III. 2. 2. L'amortissement

C'est la diminution de valeur du pont, on va estimer un taux d'amortissement de 1% vu que la durée de vie du projet est de 100 ans.

Application numérique

Le montant initial investi I désigne le coût du projet tout taxe compris :

$$I = 31\,892\,080\,055,24 \text{ Ariary}$$

Le taux d'actualisation est :

$$r = 12\%$$

La recette annuelle initiale est : $R_0 = \text{Ar } 2\,300\,000\,000,00$

$$\text{La recette pour l'année } n \text{ est : } R_n = R_0 \cdot (1 + i_r)^{n-1}$$

i_r étant le taux de croissance annuel de la recette : $i_r = 8\%$

Pour les 5 premières années, nous avons les Recettes, dépenses et flux actualisés dans le tableau suivant :

Tableau 103 : Recettes, Dépenses et Flux actualisés des 5 premières années

Année	Recette	Dépense	R _n	F _p
0,00	2 300 000 000,00	414 000 000,00	1 886 000 000,00	1 567 079 199,45
1,00	2 300 000 000,00	414 000 000,00	1 886 000 000,00	1 567 079 199,45
2,00	2 484 000 000,00	447 120 000,00	2 036 880 000,00	1 717 959 199,45
3,00	2 682 720 000,00	482 889 600,00	2 199 830 400,00	1 880 909 599,45
4,00	2 897 337 600,00	521 520 768,00	2 375 816 832,00	2 056 896 031,45
5,00	3 129 124 608,00	563 242 429,44	2 565 882 178,56	2 246 961 378,01

Comme la durée de vie du projet est de 100 ans, la VAN est :

VAN = 11 358 468 924,42 Ariary

III. 3. Le Taux de rentabilité interne (TRI)

C'est le taux d'actualisation qui annule la VAN. On l'obtient par interpolation de deux valeurs de taux d'actualisation, dont l'une donne un VAN < 0 et l'autre un VAN > 0.

On a :

$$0 = \sum_{p=1}^n F_p (1 + TRI)^{-p} - I$$

Application numérique

Pour x = 0,15 ; on a VAN = $\sum_{p=1}^n F_p (1 + x)^{-p} - I = -2 841 739 399,50 < 0$

Pour x = 0,14 ; on a VAN = $\sum_{p=1}^n F_p (1 + x)^{-p} - I = 1 425 447 796,28 > 0$

Donc ; $0,14 < TRI < 0,15$

Par interpolation, on a : **TRI = 0,131**

III. 4. L'indice de profitabilité (IP)

On le calcul par la formule suivante :

$$IP = \frac{\sum_{p=1}^n F_p (1 + r)^{-p}}{I} = 1 + \frac{VAN}{I}$$

Application numérique

VAN = Ar 15 709 494 652,69

I = Ar 32 875 744 914,76

=> **IP = 1,36**

III. 5. Délai de récupération du capital investi (DRCI)

Comme son l'indique, c'est le nombre de période au bout duquel le capital investi va pu être récupéré. On le détermine en cumulant les flux de trésorerie successifs, et le DRCI correspond au nombre de période où le montant du capital investi est atteint.

Après calcul, on a :

DRCI = 36 ans et 4 jours

Les calculs sont détaillés dans l'annexeXII.D.

III. 6. Résultats et interprétation

Nous avons les résultats de calcul suivant :

$VAN = 15\,709\,494\,652,69 \text{ Ariary} > 0$

$TRI = 0,131 > 0,12$

$IP = 1,36 > 1$

$DRCI = 36 \text{ ans } 4 \text{ jours}$

Avec ces résultats, on constate que le capital investi est récupéré seulement dans 36 ans et 4 jours. Nous avons une $VAN > 0$, un TRI supérieur au taux d'actualisation et un $IP > 0$, toutes les critères sont remplis, elles montrent que le projet est rentable et sa réalisation a un intérêt financier pour la région.