

Côte d'Ivoire

CIENERGIE

**Diagnostic du Secteur de l'Energie en  
Côte d'Ivoire  
Rapport final de l'étude de collecte des  
données relatives au secteur de  
l'énergie électrique**

**Mars 2019**

**Agence administrative indépendante  
Agence Japonaise de Coopération International (JICA)**

**Asia Engineering Consultant Co., Ltd**

<b>IL</b>
<b>CR(5)</b>
<b>19-021</b>

Côte d'Ivoire

CIENERGIE

**Diagnostic du Secteur de l'Energie en  
Côte d'Ivoire  
Rapport final de l'étude de collecte des  
données relatives au secteur de  
l'énergie électrique**

**Mars 2019**

**Agence administrative indépendante  
Agence Japonaise de Coopération International (JICA)**

**Asia Engineering Consultant Co., Ltd**

# **Table des matières**

## Table des matières

<b>CHAPITRE 7 EXAMEN DU PROJET CANDIDAT A UNE COOPERATION.....</b>	<b>7-1</b>
7-1 EXAMEN DU PROJET CANDIDAT A UN PRET D'APD.....	7-1
7-1-1 Contenu du plan du projet candidat .....	7-1
7-1-2 Évaluation du projet candidat .....	7-3
7-1-3 Résultat de l'étude des équipements sur le terrain.....	7-8
7-1-4 Proposition d'emploi de technologie japonaise pour la proposition candidate (partie 1: conducteur à faible perte).....	7-21
7-1-5 Propositions d'adoption des technologies japonaises relatives au projet candidat (partie 2 : conducteur à capacité accrue) .....	7-30
7-1-6 Examen sommaire du coût des travaux du projet candidat.....	7-33
7-1-7 EFFETS DU PROJET CANDIDAT .....	7-40
7-1-8 TENDANCES DES AUTRES DONATEURS ET BAILLEURS DE FONDS RELATIVES AU PRESENT PROJET .....	7-40
7-2 EXAMEN D' AUTRES PROJETS CANDIDATS A UNE COOPERATION .....	7-42
<b>CHAPITRE 8 EMPLOI DES TECHNOLOGIES JAPONAISES.....</b>	<b>8-1</b>
8-1 PRESENTATION DES TECHNOLOGIES JAPONAISES .....	8-1
8.2 RECOMMANDATIONS CONCERNANT L'EMPLOI DES TECHNOLOGIES JAPONAISES.....	8-3

# **Table des matières des figures et des tableaux**

## Table des matières des figures et des tableaux

Figure 7.1 Plan de renforcement de l'axe central, du réseau Nord-Est et du réseau Sud-Est. ..	7-5
Figure 7.2 Relation géographique entre les postes de Taabo, Kossou, Yamoussoukro et Bouaké2 .....	7-9
Figure 7.3 Situation sous les lignes de transport existantes .....	7-10
Figure 7.4 Conditions de passage des lignes autour des hameaux .....	7-10
Figure 7.5 Positionnement relatif du poste existant de Bouaké2 et du nouveau poste de Bouaké3 .....	7-12
Figure 7.6 Emplacement candidat pour la construction du poste de Bouaké3.....	7-12
Figure 7.7 Emplacement candidat pour la construction du nouveau poste de Yamoussoukro2 .....	7-12
Figure 7.8 E mplacement candidat pour la construction du nouveau poste de Yamoussoukro2 .....	7-14
Figure 7.9 État des équipements du poste de Yamoussoukro1.....	7-15
Figure 7.10 Vue d'ensemble du poste de Taabo .....	7-15
Figure 7.11 Centrale et poste de Taabo .....	7-16
Figure 7.12 Jeux de barres dont l'extension a été réalisée (à gauche) et espace d'installation des équipements de sectionnement (à droite).....	7-16
Figure 7.13 Emplacements prévus pour la construction du pylône No. 1 de la ligne de transport (à gauche) et emplacement du pylône No. 2 sur la rive opposée d'un canal d'évacuation .....	7-17
Figure 7.14 État du local .....	7-17
Figure 7.15 Schéma unifilaire du poste de Taabo. ....	7-17
Figure 7.16 Centrale et poste de Kossou .....	7-17
Figure 7.17 Schéma unifilaire du poste de Kossou.....	7-18
Figure 7.18 Espace d'installation des équipements de sectionnement (direction Yamoussoukro2 à gauche, direction Taabo à droite) .....	7-19
Figure 7.19 Schéma unifilaire du poste de Bouake2.....	7-20
Figure 7.20 Vue générale du poste de Bouake2.....	7-20
Figure 7.21 Situation des travaux de raccordement de la ligne de transport direction Soubré	7-21
Figure 7.22 Conditions de raccordement de la ligne de transport existante.....	7-21
Figure 7.23 Effet économique dans le cycle de vie.....	7-27
Figure 7.24 Effet économique pendant le cycle de vie prenant en considération le facteur de perte supposé.....	7-30

Figure 8.1 Avantages de l'adoption du GIS de type extérieur.....	8-1
Figure 8.2 Avantage de l'adoption d'un transformateur amorphe à faible perte.....	8-2
Tableau 7.1 Nom du projet inscrit, année objectif d'achèvement et budget.....	7-1
Tableau 7.2 Composantes du projet candidat à un prêt d'APD .....	7-2
Tableau 7.3 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport, forme et structure .....	7-23
Tableau 7.4 « Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques » .....	7-24
Tableau 7.5 Effet de réduction des pertes du câble sélectionné et effet économique de la maîtrise de la production électrique ainsi permise.....	7-25
Tableau 7.6 Avantages dans le cas de l'adoption d'un conducteur à faible perte sur la nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké .....	7-26
Tableau 7.7 Résultats du flux de puissance en période de pointe et en période creuse.....	7-28
Tableau 7.8 Hypothèses du flux de puissance annuel s'écoulant sur la ligne de transport (Taabo-Kossou) .....	7-29
Tableau 7.9 Hypothèses du flux de puissance annuel s'écoulant sur la ligne de transport (Kossou-Bouaké2).....	7-29
Tableau 7.10 Avantages dans le cas de l'adoption d'un conducteur à faible perte entre Taabo-Kossou-Bouaké (flux de puissance supposé).....	7-30
Tableau 7.11 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport de courant, forme et structure (augmentation de la capacité).....	7-32
Tableau 7.12 Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques .....	7-33
Tableau 7.13 Spécifications sommaires supposées des installations des lignes de transport..	7-34
Tableau 7.14 Spécifications sommaires supposées des équipements de transformation .....	7-35
Tableau 7.15 Prix unitaire des équipements et du matériel et coût des travaux .....	7-37
Tableau 7.16 Comparaisons du coût estimatif des travaux .....	7-39
Tableau 7.17 Autres projets candidats à une coopération .....	7-42
Tableau 8.1 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport de courant, forme et structure (augmentation de la capacité).....	8-5
Tableau 8.2 Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques .....	8-6
Tableau 8.3 Technologies japonaises susceptibles d'être adoptées en Côte d'Ivoire.....	8-7

**Chapitre 7**  
**Examen du projet candidat à une**  
**coopération**



## Chapitre 7 Examen du projet candidat à une coopération

### 7-1 Examen du projet candidat à un prêt d'APD

Concernant le projet de nouvelle ligne de transport simple terne 225 kV Taabo-Kossou-Bouaké2 (doublement de la ligne), pour lequel CI-ENERGIES avait fortement exprimé son souhait d'un appui lors de la mission de prise de contact de novembre 2017, l'équipe d'étude a vérifié le contenu du plan ainsi que l'état des études et examens par la partie ivoirienne, au titre d'un projet de prêt d'APD. Sur le terrain, l'équipe d'étude a étudié le tracé de la ligne à construire, les emplacements candidats pour la construction des postes électriques, et les postes actuels à raccorder à la nouvelle ligne. Elle a également examiné les orientations des autres bailleurs de fonds quant à ce projet.

#### 7-1-1 Contenu du plan du projet candidat

Comme indiqué dans le Tableau 7.1, ce projet est un plan actuel de CI-ENERGIES, inscrit sur sa liste des projets en cours de financement dont l'achèvement est prévu entre 2018 et 2030 (Projets de Transport en cours de financement 2018-2030)

Tableau 7.1 Nom du projet inscrit, année objectif d'achèvement et budget

No.	Nom du projet	Année d'achèvement	Montant du budget
30	Nouvelle ligne de transport 225 kV Taabo-Kossou-Bouaké2 et nouveaux postes 225 kV Yamoussoukro2, Bouaké3	2020	63,2 milliards de FCFA (12,64 milliards de JPY) Calculés au taux de 1 EUR = 132 JPY

Le coût total de ce projet (montant du budget) est aussi indiqué selon une ventilation en sous-projets (composantes) dans le plan directeur, ainsi qu'indiqué au tableau 7.2 ci-après. Ce coût total est de 77,731 million d'EUR (10,26 milliards de JPY, calculés au taux de 1 EUR=132 JPY), pour un montant qui a été révisé depuis l'établissement du plan directeur.

Huit composantes sont inscrites dans le plan directeur en tant que sous-projets : 4 nouveaux tracés de lignes de transport 225 kV, 2 nouveaux postes 225 kV et 2 nouveaux tracés de lignes de transport 90 kV. L'achèvement du projet nécessitera par ailleurs de raccorder la nouvelle ligne de transport aux postes existants, de réaliser des travaux de réfection tels que l'installation de disjoncteurs pour connecter les jeux de barres, etc., mais rien n'est inscrit à ce sujet en tant que sous-projet dans le plan directeur. Une réunion avec CI-ENERGIES a permis de confirmer que l'inclusion de ces éléments dans le projet en question était prévue.

D'autre part, CI-ENERGIES a d'ores et déjà confié au consultant local Power Com l'étude des considérations environnementales et sociales et l'étude de conception générale de ce projet, au sujet desquelles un rapport d'étude sera présenté en novembre 2018.

Au cours de l'étude sur place réalisée avec les responsables de l'équipement de CI-ENERGIES et le consultant local, au sujet du tracé des lignes de transport existantes concernées, des équipements des postes existants, et des emplacements candidats pour la construction de postes, une proposition basée sur l'examen réalisé par le consultant local a révélé la forte probabilité que les composantes soient modifiées comme indiqué ci-dessous, par rapport au plan actuel.

À ce sujet, une réunion avec CI-ENERGIES a permis de confirmer que les modifications suivantes

étaient maintenant considérées, en vue de réduire les coûts :

- La proposition actuelle prévoit la construction du nouveau poste de Bouaké3 directement sous la nouvelle ligne de transport Kossou-Bouaké, mais un site adéquat est introuvable. La modification proposée consiste à construire ce poste directement sous la ligne de transport existante 225 kV Bouaké-Ferké.
- Pour les deux nouveaux postes, le plan actuel prévoit de distribuer l'électricité en abaissant d'abord la tension à 90 kV, puis ensuite à 35 kV (pour la fourniture dans les régions environnantes) et à 15 kV (pour la fourniture dans les zones urbaines). La modification consiste ici en un abaissement direct de 225 kV à 33 kV et 15 kV.
- En conséquence, le plan de construction d'une nouvelle ligne de transport de 90 kV et d'interconnexion avec les postes de 90 kV existants est annulé.

Le Tableau 7.2 indique le plan par composantes<sup>1</sup> du projet en question, sur la base de ce qui précède.

Tableau 7.2 Composantes du projet candidat à un prêt d'APD

Composantes	Échelle des équipements	Mentions spécifiques (y compris points modifiés)	Échelle après modification
Nouveau poste de Yamoussoukro2 (8,638 millions d'EUR ; 1,14 milliards de JPY)	225/90 kV, 100 MVA x 2 90/33 kV, 24 MVA x 2 90/15 kV, 36 MVA x 2	- Site déjà disponible - Modification d'emplacement : site directement sous la ligne de transport existante changé pour un site environ 10 km au sud du tracé de la ligne de transport existante - Avec construction d'un dispatching et d'un centre de conduite de l'intérieur du pays - Annulation de l'abaissement à 90 kV, abaissement direct de 225 kV à 33 kV et 15 kV	225/33 kV, 24 MVA x 2 225/15 kV, 36 MVA x 2
Nouveau poste de Bouaké3 (8,638 millions d'EUR ; 1,14 milliards de JPY)	225/90 kV, 100 MVA x 2 90/33 kV, 24 MVA x 2 90/15 kV, 36 MVA x 2	- Modification de l'emplacement sur le réseau (après modification, situé sur la ligne de transport existante Bouaké2- Ferké) - Annulation de l'abaissement à 90 kV, abaissement direct de 225 kV à 33 kV et 15 kV	225/33 kV, 24 MVA x 2 225/15 kV, 36 MVA x 2

<sup>1</sup> Les résultats de l'étude de faisabilité préliminaire de ce projet, qui nous ont été transmis en janvier 2019 par CI-ENERGIES, font mention non seulement d'une extension dans les postes de Taabo et de Kossou pour le raccordement des lignes de départ, mais également des équipements de communication connexes ainsi que des lignes de distribution dans les postes de Yamoussoukro 2 et de Bouaké 3. Toutefois, étant donné que leur analyse est inachevée, ils ne figurent pas dans le présent rapport d'étude.

Nouvelle ligne de transport Taabo - Yamoussoukro2 (17,0 millions d'EUR ; 2,244 milliards de JPY)	225 kV, simple terre, 80 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Taabo	- La capacité de transport de la ligne existante (630 A) est inférieure à la capacité standard actuelle (840 A) - Modifié pour un plan consistant à ajouter, à partir du tracé de la ligne existante, un tracé de ligne de transport en dérivation jusqu'à environ 10 km vers le sud.	Possibilité que la longueur de la ligne (80 km) soit modifiée
Nouvelle ligne de transport Yamoussoukro2 - Kossou (11,3 millions EUR ; 1,49 milliards de JPY)	225 kV, simple terre, 50 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Kossou	- Modification : Pas de raccordement à un nouveau poste	Sans modification
Nouvelle ligne de transport Kossou-Bouaké3 (22,7 millions d'EUR ; 3 milliards de JPY)	225 kV, simple terre, 110 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Kossou	- Modifié pour une proposition consistant à ne pas passer par Bouaké3	Nouvelle ligne de transport Kossou-Bouaké2
Nouvelle ligne de transport Bouaké2-Bouaké3 (3,7 millions d'EUR ; 490 millions de JPY)	225 kV, simple terre, 10 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Bouaké2	- Modifié pour une proposition consistant à ne pas passer par Bouaké3	
Nouvelle ligne de transport Yamoussoukro2-Yamoussoukro1 (1,52 millions d'EUR ; 200 millions de JPY)	90 kV, simple terre, 7 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Yamoussoukro	- Plan annulé	—
Nouvelle ligne de transport Bouaké3-Bouaké1 (4,24 millions d'EUR ; 460 millions de JPY)	90 kV, simple terre, 20 km Installation d'équipement de sectionnement au poste de Bouaké	- Plan annulé	—

Source : Equipe d'étude de la JICA d'après les données de CI-ENERGIES

Dans ce tableau, les valeurs entre parenthèses ( ) dans la colonne des composantes sont les montants

des budgets indiqués au titre de chaque composante à l'étape du plan directeur, et sont fournies pour référence.

#### 7-1-2 Évaluation du projet candidat

##### (1) Nécessité et urgence du plan

Après vérifications au cours d'une réunion avec CI-ENERGIES, qui comprenait les résultats de l'analyse du réseau du plan directeur et les possibilités de traitement en matière de gestion du réseau, la nécessité et l'urgence du plan ont été jugées de la façon suivante.

##### 1) Vulnérabilité de l'axe central

En cas d'incident sur la ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké<sup>2</sup>, le flux de puissance qui s'écoulait dans l'axe central sera réparti vers le réseau Est de 90 kV, ou bien vers le réseau traversant Ferke, dans le Nord, depuis l'Ouest. Cependant, ce réseau Est de 90 kV n'a pas de capacité de transport suffisante, et le réseau de 90 kV traversant Ferké depuis le réseau Ouest verra sa tension chuter, suite au transport sur longue distance, alors qu'il manque lui aussi d'une capacité suffisante. Il y aura alors une forte probabilité que les délestages par les relais de surcharge et les oscillations postérieures du réseau 90 kV entraînent la séparation entre la boucle de l'intérieur du pays et celle du Grand Abidjan, et qu'une coupure générale affecte le réseau de l'intérieur du pays.

L'une des mesures de réponse sera la construction (mars 2019) de la nouvelle ligne de transport simple terme Laboa-Ferke, formant une boucle de 225 kV à l'intérieur du pays. Par ailleurs, des travaux de renforcement de la fiabilité ont commencé, à travers la construction d'une ligne de transport Bouaké<sup>2</sup>-Serebou-Dabakala-Kong-Ferké et le bouclage Bouaké-Ferké, sur financement chinois, ce qui augmentera, dans l'avenir, la capacité de transport du courant à travers le Nord depuis l'Est et l'Ouest.

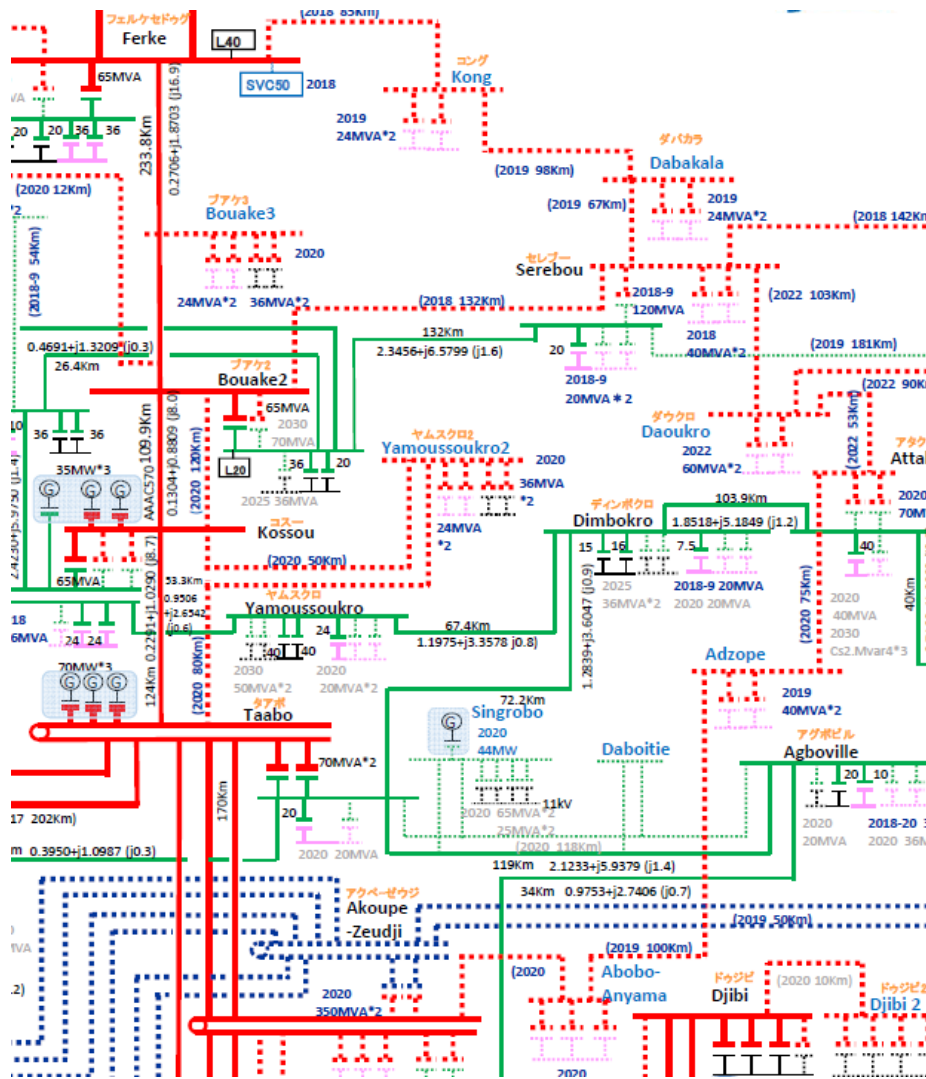
Cependant, la fourniture au Nord depuis le tracé Sud-Ouest consistera en un transport à longue distance, sur plus de 600 km depuis la région de la source de production. Par conséquent, le problème de la baisse de tension ne sera pas éliminé, et l'on peut craindre en particulier que celle-ci n'empêche d'assurer les quantités fixées pour l'exportation d'électricité vers le Burkina Faso et le Mali. L'urgence de doubler l'axe central et la nécessité d'éliminer sa vulnérabilité, à travers la construction d'une nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké<sup>2</sup>, sont donc fortes.

À titre de mesure de renforcement de la fiabilité sur le réseau de l'axe central, il existe un plan de construction d'une ligne de transport 225 kV pour créer une boucle entre Abobo et Bouaké<sup>2</sup>, à travers une liaison Adzope-Attakro-Daoukro-Serebou-Bouaké<sup>2</sup> à partir d'Akoupe-Zeudji (actuellement poste de sectionnement), qui a été construit récemment entre Abobo et Taabo. Un financement koweïtien est déjà décidé pour Akoupe-Adzope, au Sud. Si ce plan se réalisait d'abord, la nécessité de l'axe central s'estomperait, mais le plan de construction de la ligne de transport de 265 km Adzope-Serebou en est toujours au stade de la recherche de financement, et ce dernier devrait poser des difficultés, vu le grand nombre de bailleurs de fonds qui expriment de l'intérêt pour le doublement de la ligne Taabo-Kossou-Bouaké<sup>2</sup>. L'axe central revêt également une importance essentielle vu la présence des sources de production hydroélectrique de Taabo/Kossou, et sa nécessité et son urgence sont jugées plus fortes que pour la région Est, compte tenu de la courte distance de transport entre les sources de production thermique du Sud et le Nord.

Par ailleurs, dans les villes du Nord à bonnes conditions d'ensoleillement telles que Korhogo, Boundiali, etc., les installations photovoltaïques à grande échelle devraient rapidement s'accroître,

dans des objectifs d'augmentation des exportations d'électricité et de meilleur mix énergétique. L'importance de l'axe central s'amplifierait encore dans ce cas, en vue d'assurer une gestion offre/demande et une gestion du réseau alors devenues difficiles : maîtrise de la production d'électricité thermique dans la journée, augmentation du flux de puissance depuis les centrales thermiques du Sud pour maintenir le volume exporté même la nuit, etc.

La Figure 7.1 indique le plan de renforcement du réseau Nord-Est et du réseau Sud-Est, qui sont en corrélation avec l'axe central.



Source : équipe d'étude de la JICA d'après les données de CI-ENERGIES

Figure 7.1 Plan de renforcement de l'axe central, du réseau Nord-Est et du réseau Sud-Est.

## 2) Assurance de la capacité de fourniture à Yamoussoukro

Bien que Yamoussoukro occupe la position de capitale, le centre politique réel est Abidjan. La demande d'énergie électrique devrait néanmoins s'accroître considérablement à Yamoussoukro, d'abord parce que le transfert des organismes gouvernementaux y est projeté, ensuite parce que la ville possède un fort potentiel de développement économique et social, compte tenu de sa distance de 200

km d'Abidjan, et de l'existence d'une autoroute et d'un chemin de fer entre les deux villes.

À l'heure actuelle, l'énergie électrique est distribuée dans la ville de Yamoussoukro et dans la région environnante depuis les deux transformateurs 90/15 kV 40 MVA et le transformateur 90/33 kV 24 MVA du poste électrique de 90 kV Yamoussoukro1. Les sources d'alimentation de Yamoussoukro 1 sont Kossou et Taabo, mais la fourniture depuis Kossou est à simple terre, et il en est de même depuis Taabo, à travers une ligne de transport d'environ 130 km via le poste de Dimbokro, à l'est. En outre, le jeu de barres 90 kV de Kossou n'est connecté qu'à l'unique transformateur 225/90 kV 65 MVA et aux générateurs hydroélectriques de 35 MW, en état de surcharge dans un cas l'un comme dans l'autre. Compte tenu de la future augmentation de la demande à Yamoussoukro et dans sa région, et de la faible fiabilité de fourniture du réseau de 90 kV, on ne peut considérer les capacités de fourniture comme suffisantes.

À titre de mesure de réponse, le présent plan consistant à construire le transformateur 225 kV de Yamoussoukro2 aux environs de la ville, et à assurer à partir de là une distribution à 15 kV dans les zones urbaines et 33 kV dans les zones rurales environnantes, est pertinent. La modification pour un plan d'équipement efficace, consistant à distribuer l'énergie avec abaissement direct de la tension de 225 kV à 33 kV et 15 kV, sans renforcement du réseau 90 kV, est à évaluer positivement elle aussi.

### 3) Assurance de la capacité de fourniture à Bouaké

Bouaké est la deuxième ville économique derrière Abidjan. Elle compte de nombreux plans de développement, par exemple d'aménagement de zones industrielles, et sa demande d'énergie électrique devrait désormais augmenter significativement avec son développement économique. En raison des retards de mise en place des équipements de distribution et de fourniture, il existe de gros consommateurs qui attendent toujours d'être approvisionnés. Cet aménagement du réseau de distribution constitue donc une question urgente.

À l'heure actuelle, l'énergie électrique est distribuée dans la ville de Bouaké et la région environnante par les deux transformateurs 90/15 kV 36 MVA et le transformateur 90/33 kV 10 MVA du poste 90 kV de Bouaké1, d'une part, et par le transformateur 90/15 kV 36 MVA et le transformateur 90/33 kV 20 MVA du poste de Bouaké2, d'autre part. Bouaké1 est alimenté par Bouaké2 et Kossou, mais la fourniture depuis l'un comme depuis l'autre est à simple terre. En outre, le jeu de barres 90 kV de Bouaké2 est alimenté par un seul transformateur 225/90 kV 65 MVA. Compte tenu de la future augmentation de demande à Yamoussoukro et dans sa région, et de la faible fiabilité du réseau de 90 kV, ces capacités de fourniture ne peuvent être qualifiées de suffisantes.

À titre de mesure de réponse, le présent plan consistant à construire le poste 225kV de Bouaké3 à proximité de la ville, et à nouvellement assurer depuis celui-ci la distribution à 15 kV dans les zones urbaines et 33 kV dans les zones rurales environnantes, est pertinent. La modification pour un plan d'équipement efficace, consistant à distribuer l'énergie avec abaissement direct de la tension de 225 kV à 33 kV et 15 kV, sans renforcement du réseau 90 kV, est à évaluer positivement elle aussi.

### (2) Division en lots et évaluation du projet

En considération de sa nécessité, ce projet candidat peut être divisé en deux lots, à savoir « I. Nouveau tracé de ligne de transport 225 kV » et « II. Nouveaux postes 225 kV ». On peut cependant juger que dans ce cas, en raison de l'urgence du premier lot (I), il sera possible de retarder sensiblement la période du deuxième (II).

Dans une optique régionale et géographique, les lots pourraient aussi être divisés entre « III. Construction d'une nouvelle ligne de transport et d'un nouveau poste au sud du poste de Kossou », et

« IV. Ligne de transport et poste au nord du poste de Kossou », mais on jugera dans ce cas que la priorité est forte pour les travaux de renforcement III., car la capacité de transport de courant est faible à cet endroit.

### (3) Défis en vue de la mise en œuvre du projet

L'étude du projet est actuellement menée par le consultant local (Power Com). Ceci comprend d'une part l'étude des considérations environnementales et sociales, pour le tracé de la ligne de transport et les emplacements candidats pour la construction des nouveaux postes, et d'autre part la conception générale, pour la sélection des emplacements de construction des pylônes de la ligne, les travaux des lignes de transport et des nouveaux postes, la réfection des postes existants, etc. Un rapport présentera en novembre 2018 les résultats de cette étude<sup>1</sup>.

L'équipe d'étude a visité les équipements sur place et conduit des échanges d'opinions avec les responsables des équipements de CI-ENERGIES et le consultant local. En résultat, elle a pu vérifier, comme indiqué ci-dessous, l'absence de problème important en vue d'une mise en œuvre.

#### 1) Tracé de la nouvelle ligne de transport

La construction de la nouvelle ligne de transport 225 kV est prévue le long de la ligne 225 kV existante. L'étude de terrain concernant le tracé de la ligne, présentée ci-après, indique que l'acquisition des emplacements de construction des pylônes et des terrains sous la ligne, et la construction elle-même, ne poseront pas de problème important. L'étude des considérations environnementales et sociales étant toutefois en cours, c'est sur son résultat que se basera le jugement.

#### 2) Emplacements de construction des nouveaux postes

Comme indiqué ci-après par le résultat de l'étude de terrain, les emplacements candidats pour la construction des nouveaux postes sont des terrains inutilisés, en dehors des zones urbaines, et celui du poste de Yamoussoukro2 est d'ores et déjà à disposition. L'emplacement du transformateur de Bouaké, après modification, se trouve directement sous la ligne existante 225 kV Bouaké-Ferké. Sous celle-ci, les terrains appartiennent à l'État, et ceux situés autour sont inutilisés.

Dans les deux cas, aucun problème de construction majeur ne semble se présenter, puisqu'il n'y a pas d'habitation autour, qu'une route principale se trouve en face, et que la topographie est à peu près plane.

#### 3) Raccordement de la ligne de transport aux postes existants

Le présent projet inclut le raccordement de la nouvelle ligne de transport aux postes existants. Par conséquent, l'équipe d'étude a vérifié la possibilité ou non de connexion en l'état actuel, au sujet des emplacements d'installation, des espaces, etc., pour les pylônes de raccordement, les équipements de sectionnement (disjoncteurs, sectionneurs de ligne, transformateurs de mesure, parafoudres), les jeux de barres, les locaux des équipements de commande et de protection, etc.

En résultat, l'extension du jeu de barres du poste de Kossou (annexe à la centrale hydroélectrique) apparaît nécessaire, mais il a été vérifié que cette extension était mise en œuvre au cours des travaux de renforcement des transformateurs 225/90 kV financés par la Banque mondiale.

---

<sup>1</sup> En janvier 2019, une partie de la conception préliminaire nous a été transmise en tant que résultats de l'étude de faisabilité préliminaire. En revanche, les résultats de l'étude d'impacts environnementaux et sociaux nous seront présentés après l'examen effectué par les organismes concernés.

Au poste de Bouaké2, du côté de la ligne de transport existante depuis Kossou, le raccordement sera tout juste possible (un câble souterrain devra être utilisé dans l'enceinte du poste 225 kV).

Au poste de Taabo, les jeux de barres permettant de raccorder la future ligne de transport sont déjà rallongés, et l'espace d'installation des équipements de sectionnement existe également. Cependant, ceci se trouve du côté opposé à la ligne de transport existante vers le poste de Kossou. Le plan consiste ici, en utilisant un câble souterrain de 225 kV sur une certaine longueur, à construire le pylône No.1 à un emplacement commode pour la sortie du câble du côté opposé, et à prendre à cet endroit la direction des pylônes existants pour raccorder la ligne de transport.

#### 4) Cohérence avec les équipements existants

Étant donné que la capacité de la ligne de transport existante 225 kV Taabo-Kossou (630 A, 246 MVA) sera inférieure aux capacités de la ligne existante Kossou-Bouake et de la nouvelle ligne 225 kV (840 A, 327 MVA), la nouvelle ligne ne pourra être utilisée qu'à 75% en temps normal.

Pour augmenter son facteur de capacité, il sera nécessaire d'alimenter en temps normal les lignes existantes avec un courant proche de leur capacité de transport, et en cas d'incident sur la nouvelle ligne, de gérer le réseau de manière à ne pas dépasser la capacité de transport de courte durée, voire d'introduire un équipement réalisant instantanément la commutation de réseau. Une proposition a été présentée sur ce point.

#### 7-1-3 Résultat de l'étude des équipements sur le terrain

L'équipe d'étude a accompagné sur le terrain les responsables de l'équipement de CI-ENERGIES et le consultant ivoirien (Power Com) chargé des études et du concept de base nécessaires pour l'élaboration du plan du présent projet. Elle a visité les équipements sur le terrain, et procédé à des échanges d'opinions concernant les cibles du présent projet : état des sites prévus pour la construction de la ligne de transport et des postes, équipements et espaces nécessaires et problèmes de construction pour la connexion de la nouvelle ligne de transport 225 kV aux postes de Taabo, Kossou et Bouaké. Il a ainsi été confirmé ce qui suit.

##### (1) Positionnements relatifs de Taabo, Kossou, Yamoussoukro et Bouaké

La nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké2 sera construite à peu près le long de la ligne existante sur ces sections. La Figure 7.2 indique les positionnements relatifs des différents éléments : 3 postes existants, tracé de la ligne de transport existante, tracé de la dérivation de l'alimentation depuis le poste de Yamoussoukro2 et la ligne existante, emplacement candidat pour la construction du poste de Bouaké3.



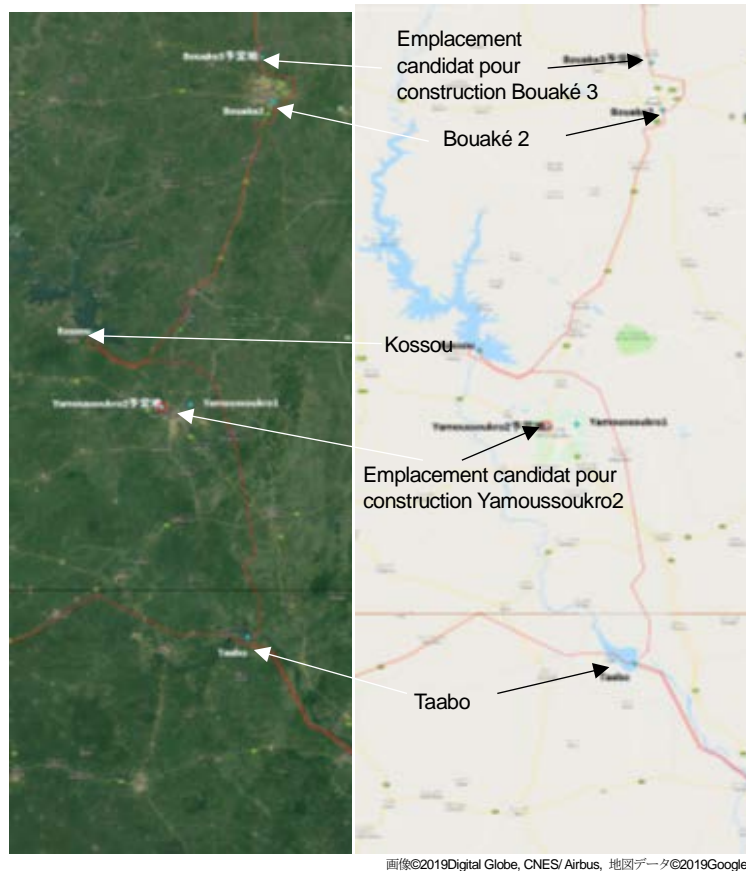


Figure 7.2 Relation géographique entre les postes de Taabo, Kossou, Yamoussoukro et Bouaké2

## (2) Tracé et conditions environnantes de la nouvelle ligne de transport 225 kV

La construction de la nouvelle ligne de transport 225 kV est prévue le long de la ligne existante 225 kV, et la plupart des zones traversées sont constituées de terrains herbeux, arbustifs ou de plantations, comportant de grands arbres clairsemés, comme indiqué à la Figure 7.3. Peu de dénivellations sont observées, mais il y a possibilité de marécages dans les terres basses. Une partie des lignes de transport existantes est construite le long d'une route principale, et passe au voisinage de hameaux éparpillés près de la route ou passe au-dessus d'eux.

L'abattage semble régulièrement pratiqué sous les lignes existantes, et les zones traversées peuvent être facilement vérifiées même sur Google Maps. Étant donné que les hauts arbres nécessitant un éloignement suffisant des lignes sont clairsemés, aucun problème particulier ne se présentera si l'abattage périodique est effectué.

La portée de construction des pylônes des lignes existantes va de 400 m à 500 m maximum, et un écartement de 30 m entre les lignes est maintenu aux endroits où la ligne de transport 90 kV est parallèle. Lorsqu'une ligne double terne 225 kV et une ligne simple terne 90 kV sont construites parallèlement, la largeur sous ces lignes dépasse 60 m. Par conséquent, certaines considérations apparaissent nécessaires dans les hameaux environnants, par exemple avec des permissions de culture sous les lignes.

Comme le montre la Figure 7.4, les lignes existantes passent au-dessus des habitations dans une partie des hameaux (utilisation illégale par la population), mais le plan sélectionne un tracé évitant ou

contournant ces hameaux à ces emplacements.

Le plan évite aussi autant que possible les zones urbaines pour le raccordement de la ligne de transport aux postes existants et aux sites prévus pour de nouvelles constructions.



Figure 7.3 Situation sous les lignes de transport existantes



Figure 7.4 Conditions de passage des lignes autour des hameaux

### (3) Équipement de transport aérien (Taabo-Kossou-Bouaké)

Les pylônes observés sur la ligne de transport 225 kV Taabo-Kossou-Bouaké étaient principalement des pylônes à simple tige de type « Chat », alors que ceux de lignes de transport 90 kV étaient surtout à fût quadrangulaire, avec armement en triangle à base verticale (une phase à gauche et deux phases à droite de l'axe du pylône, ou bien le contraire).

Un revêtement était appliqué sur les pylônes dégradés, application qui était en particulier

rigoureusement effectuée dans les régions littorales, en raison de la progression notable de la dégradation. Toutefois, aux endroits où les lignes de transport ne pouvaient pas être coupées, seule la partie inférieure était recouverte en raison de l'impossibilité du travail d'application.

Les équipements d'ascension des pylônes ne consistent qu'en des boulons échelons, ou sinon, en de longues lames fixées sur une des quatre membrures des pylônes. Les dispositifs anti-chute n'ont pas été observés sur les équipements d'ascension.

Selon l'explication qui nous a été donnée, les ailettes de l'isolateur de suspension sont en verre, car l'utilisation de cette matière permet la détection facile de tout dommage.

L'abattage est régulièrement pratiqué sous les lignes existantes, et l'on a pu observer quelques grands arbres clairsemés, qui demandent d'assurer un éloignement nécessaire des lignes.

#### (4) Emplacements candidats pour la construction des nouveaux postes 225 kV

##### 1) Poste de Bouaké 3

Le plan d'origine prévoyait de construire le nouveau poste de Bouaké3 directement sous la nouvelle ligne de transport Kossou-Bouaké2, mais le consultant local a jugé qu'un site adéquat était introuvable sur le tracé prévu pour cette nouvelle ligne, qui est parallèle à la ligne existante. À titre de proposition alternative, un emplacement candidat (environ 5 ha) a donc été sélectionné pour une construction directement sous la ligne existante 225 kV Bouaké-Ferké.

Par ailleurs, les conditions requises pour l'exécution des travaux de cette proposition sont, d'une part, l'achèvement préalable de la boucle de la ligne de transport Bouaké-Ferké, construite par la Chine, et d'autre part, la possibilité de couper sur une longue durée la ligne de transport existante Bouaké2-Ferké.

La Figure 7.5 montre la ligne de transport Bouaké2-Ferké, le positionnement relatif du poste existant de Bouaké2 et du nouveau poste de Bouaké3, et la Figure 7.6 présente la situation à l'emplacement candidat pour la construction du poste de Bouaké3.



画像©2019Digital Globe, CNES/ Airbus, 地図データ©2019Google

Figure 7.5 Positionnement relatif du poste existant de Bouaké2 et du nouveau poste de Bouaké3



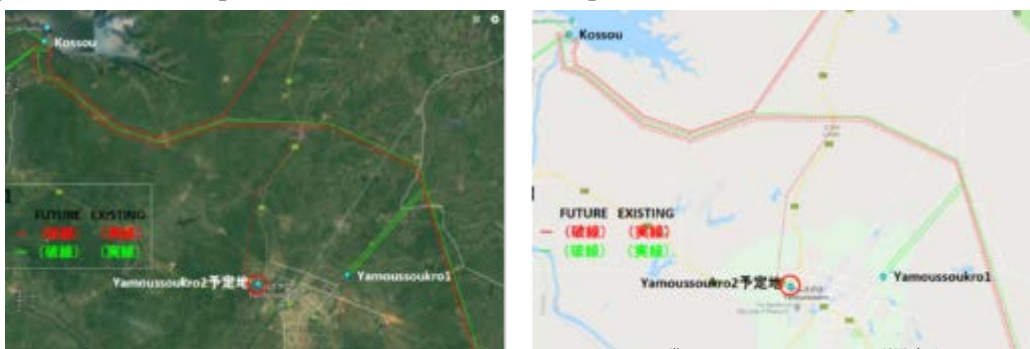
Figure 7.6 Emplacement candidat pour la construction du poste de Bouaké3

## 2) Poste de Yamoussoukro2

Même si le poste de Yamoussoukro2 sera connecté à la ligne de transport Taabo-Kossou, le choix de son emplacement s'est opéré en fonction de la facilité de distribution vers Yamoussoukro, et en raison d'un plan prévoyant d'installer à Yamoussoukro2 un dispatching et un centre de conduite pour l'intérieur du pays, pour en faire le centre de l'énergie électrique de ces régions. Le site a donc été sélectionné parce qu'il permet de disposer d'une surface conséquente, à proximité relative de la zone urbaine de Yamoussoukro.

Une ligne de transport d'environ 10 km devra être construite depuis la nouvelle ligne Taabo-Kossou jusqu'à ce poste, avec une dérivation en  $\pi$ . Il a été proposé de la construire avec des pylônes double terre (armés en drapeau), car ceci est considéré plus avantageux, en matière de coût et de facilité de construction, que la construction de deux tracés de ligne simple terre standard.

La Figure 7.7 indique le positionnement relatif du tracé de la nouvelle ligne de transport et de l'emplacement candidat pour la construction du nouveau poste de Yamoussoukro2.



画像©2019Digital Globe, CNES/ Airbus, 地図データ©2019Google

Figure 7.7 Emplacement candidat pour la construction du nouveau poste de Yamoussoukro2

L'emplacement candidat pour la construction du poste se trouve en face d'une route principale, dans la partie nord-ouest de la ville de Yamoussoukro, et comme le montre la Figure 7.8, c'est un vaste terrain couvert d'herbe et d'arbrisseaux, qui est d'ores et déjà disponible. Par ailleurs, l'entrée sur la route existante à cet endroit comporte un poste haute tension 33/15 kV.



Figure 7.8 Emplacement candidat pour la construction du nouveau poste de Yamoussoukro2

#### (5) Au sujet du plan d'interconnexion avec les postes existants 90 kV

Le plan actuel prévoit l'installation de transformateurs d'abaissement à 90 kV dans les deux nouveaux postes, et la construction d'une ligne de transport pour les interconnecter aux postes existants de 90 kV (Bouaké1 et Yamoussoukro1).

Selon l'étude sur le terrain et la conception générale de ce plan, qui ont été confiées au consultant local, la construction d'une ligne de transport 90 kV traversant les zones urbaines pour la connexion avec les postes existants présente des difficultés, et ces postes supporteront une forte charge. En conséquence, le résultat d'étude qui a été proposé à CI-ENERGIES indique les avantages d'un abaissement direct à 33 kV (fourniture dans les zones environnantes) et à 15 kV (fourniture dans les zones urbaines) à partir des nouveaux postes, et il a été confirmé que CI-ENERGIES avait l'intention d'annuler ce plan d'interconnexion à 90 kV.

La Figure 7.9 indique l'état des équipements du poste 90 kV de Yamoussoukro1, à titre de référence. La présence d'espaces vides relativement importants et les apparentes possibilités d'élargissement du terrain pourraient suggérer une proposition de construction parallèle d'un poste 225 kV à cet endroit, mais c'est la proposition actuelle qui a été conservée. Il semble que la disponibilité des terrains, en cas de construction d'une ligne de transport 225 kV parallèle à celle de 90 kV existante, ait été jugée difficile, tout comme l'élargissement de cet endroit, pour disposer du site immense que nécessiterait le projet de transformation en centre de l'énergie électrique.



Figure 7.9 État des équipements du poste de Yamoussoukro1

## (6) État des postes de connexion à la nouvelle ligne de transport 225 kV

Le présent projet inclut la connexion de la nouvelle ligne de transport aux postes existants. Par conséquent, l'équipe d'étude a vérifié la possibilité ou non de connexion en l'état actuel, au sujet des emplacements d'installation, des espaces, etc., pour les pylônes de raccordement, les équipements de sectionnement (disjoncteurs, sectionneurs de ligne, transformateurs de mesure, parafoudres), les jeux de barres, les locaux des équipements de commande et de protection, etc.

### 1) Poste de Taabo

Le poste de Taabo est un poste extrêmement important. D'abord, parce qu'il comporte des équipements hydroélectriques de 210 MW (construits en 1979) ainsi qu'une fonction d'élévation et de transport à 225 kV de l'énergie électrique produite ici. Ensuite, parce qu'il est constitutif de la boucle de 225 kV de l'intérieur du pays, à travers son interconnexion par ligne simple terne avec l'axe central à Kossou, et son interconnexion par ligne double terne avec Soubre dans l'Ouest. Enfin, parce qu'il



Figure 7.10 Vue d'ensemble du poste de Taabo

est interconnecté à la boucle 225 kV d'Abidjan à travers son interconnexion par ligne double terne avec Abobo dans le Sud, et son interconnexion par ligne simple terne avec Yopougon2. La Figure 7.10 présente une vue d'ensemble du poste depuis le lac de Taabo (réservoir), et la Figure 7.11 montre le positionnement relatif de la centrale et du poste.

Le poste de Taabo nécessite, entre autres, des travaux d'extension des jeux de barres pour raccorder la ligne de transport vers Kossou, et des travaux d'installation des dispositifs de commande et de protection relatifs aux équipements de sectionnement.

Parmi ces éléments, les jeux de barres ont déjà été rallongés, permettant ainsi le raccordement de la ligne de transport qui sera construite, et l'espace d'installation des équipements de sectionnement est également disponible.

Toutefois, les équipements de sectionnement sont placés du côté où est raccordée la ligne de transport en direction de Soubre, c'est-à-dire que le raccordement de la nouvelle ligne se fera du côté

opposé à la ligne de transport existante vers Kossou. La conception proposée dans le plan du consultant local consiste à construire le pylône No. 1 du côté Soubre, sur un emplacement facilitant le changement de direction vers les pylônes existants, et à prendre la direction de Kossou à partir de là, en employant une certaine longueur de câble souterrain 225 kV. Les postes 90 kV d'Abidjan adoptent par ailleurs des câbles souterrains de 225 kV (exploitation à 90 kV).

La Figure 7.12 montre les jeux de barres dont l'extension est terminée (à gauche) et l'espace l'installation des équipements de sectionnement, et la Figure 7.13, l'état des emplacements prévus pour la construction du pylône No. 1 et du pylône No. 2.



Figure 7.12 Jeux de barres dont l'extension a été réalisée (à gauche) et espace d'installation des équipements de sectionnement (à droite)



Figure 7.11 Centrale et poste de Taabo





Figure 7.13 Emplacements prévus pour la construction du pylône No. 1 de la ligne de transport (à gauche) et emplacement du pylône No. 2 sur la rive opposée d'un canal d'évacuation

En outre, le local des équipements de commande et de protection offre déjà l'espace disponible pour les équipements d'une ligne simple terre, comme le montre la Figure 7.14.

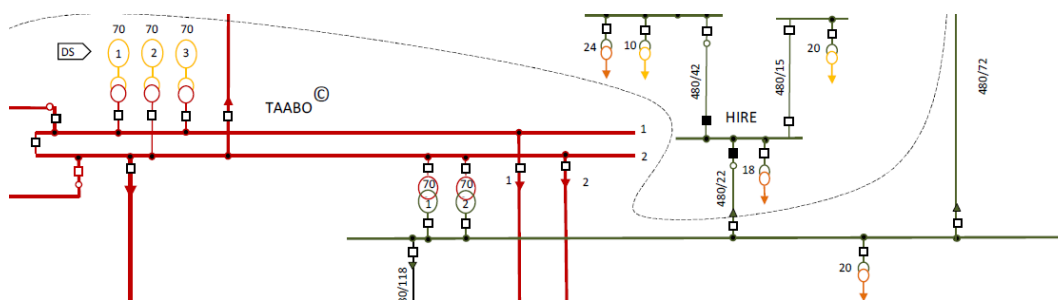
Les détails du poste de Taabo devront par ailleurs être vérifiés, car l'introduction de nouveaux équipements de commande y est prévue, et il y a forte possibilité que l'étendue des travaux comprenne l'installation d'un terminal de transmission pour le relais différentiel de courant utilisant un câble de garde à fibres optiques (OPGW).

Bien qu'il soit d'une grande importance, ce poste posera moins de problèmes d'exécution que les autres pour le raccordement de la nouvelle ligne de transport, même si les conditions actuelles nécessitent d'y ajouter les travaux du câble souterrain 225 kV. En effet, il ne nécessitera pas de travaux d'extension des jeux de barres, et ses travaux de raccordement de la ligne de transport vers Soubre ont été récemment réalisés (financement chinois).



Figure 7.14 État du local des équipements de commande et de protection

La Figure 7.15 indique le schéma unifilaire du poste de Taabo.



Source : Schéma du réseau de la CIE

Figure 7.15 Schéma unifilaire du poste de Taabo.

## 2) Poste de Kossou (équipement de transformation de la centrale)

Le poste de Kossou comprend les équipements de la centrale hydroélectrique de 174 MW

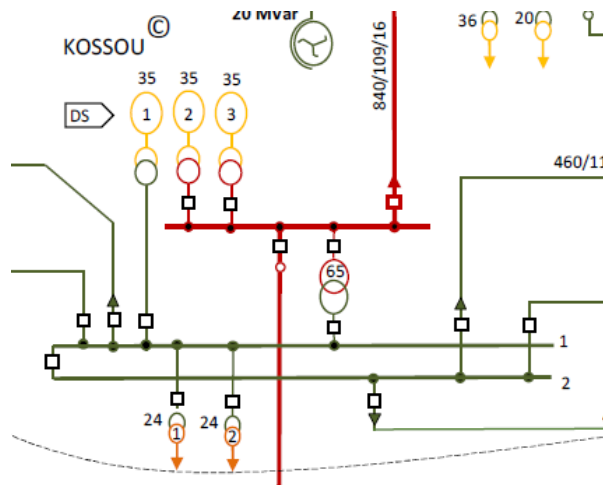
(construite en 1974), avec les fonctions d'élévation à 225 kV et de transport de l'énergie électrique produite ici, et les fonctions de poste de sortie de centrale du réseau 90 kV de l'axe principal.



画像©2019Digital Globe, CNES/ Airbus, 地図データ©2019Google

Fig 7.16 Centrale et poste de Kossou

La Figure 7.17 présente le schéma unifilaire du poste de Kossou.



Source : Schéma du réseau de la CIE

Figure 7.17 Schéma unifilaire du poste de Kossou.

Kossou demandera différents travaux : raccordement de la ligne de transport vers Taabo et le nouveau poste de Yamoussoukro2, installation des équipements de sectionnement, extension du jeu de barres, systèmes de commande et de protection requis par l'installation d'équipements de sectionnement.

Comme le montre la Figure 7.17, un simple jeu de barres 225 kV équipe le poste de Kossou, et il faudra trouver un moyen de réaliser les travaux d'extension de ce jeu sans le mettre hors tension sur une longue durée. La présente étude a vérifié jusqu' où cette extension avait été réalisée par les travaux

de renforcement des transformateurs 225/90 kV, décidés et déjà entrepris sur financement de la Banque mondiale. Il a ainsi été confirmé que ces travaux d'extension, y compris ceux des barres pour raccordement des lignes de transport, avaient été effectués, et par conséquent, ils ont été exclus de l'objet de la présente étude.

L'espace d'installation des équipements de sectionnement apparaît disponible, comme le montre la Figure 7.18. En revanche, la conception et l'exécution nécessiteront des procédés spécifiques, d'une part parce que l'emplacement de construction du pylône No. 1 de la nouvelle ligne de transport, vers le poste de Yamoussoukro2, oblige à construire sur un plan fortement incliné, entre la limite du site du poste et le côté canal d'évacuation, et d'autre part, parce que des travaux seront nécessaires pour réaliser une traversée souterraine sous la ligne de transport existante depuis le côté centrale électrique, puis une remontée du côté rive opposée du canal d'évacuation.

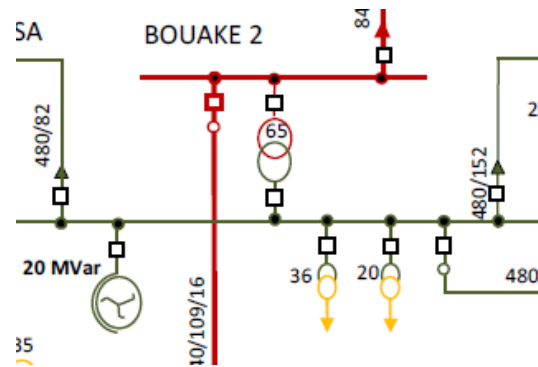
Un espace d'installation pourra par ailleurs être assuré pour le local des équipements de commande et de protection.



Figure 7.18 Espace d'installation des équipements de sectionnement (direction Yamoussoukro2 à gauche, direction Taabo à droite)

### 3) Poste de Bouaké2

Le poste de Bouaké2 se trouve au sud de Bouaké, à l'écart de la zone urbaine. Le terrain voisin côté nord-est est un vaste cimetière, alors que des terrains d'habitation s'étendent du côté nord-ouest. Bouaké2 est un poste de transport doté de fonctions de distribution, d'une part pour approvisionner la ville de Bouaké, et d'autre part pour transporter l'électricité sur une ligne simple terre de 90 kV jusqu'à Sérébou, environ 100 km à l'est, et jusqu'à Marabadiassa, environ 40 km au nord-ouest. Le Figure 7.19 présente le schéma unifilaire du poste de Bouaké2.



Source : Schéma du réseau de la CIE

Figure 7.19 Schéma unifilaire du poste de Bouake2

La nouvelle ligne de transport venant de Kossou sera raccordée à partir des tracés de raccordement de la ligne existante depuis Kossou, qui part du côté sud-est du poste, présentée sur la Figure 7.20, et de la ligne de transport existante vers Ferke. Le côté sud-est du poste présentera une emprise large où s'aligneront trois lignes de transport, mais la construction est possible.

Cependant, en raison de la difficulté d'une connexion à l'équipement de sectionnement par ligne aérienne à partir du pylône No. 1, la connexion emploiera un câble souterrain 225 kV sur une certaine longueur, et le raccordement sera réalisé à l'intérieur du site. L'installation des jeux de barres et des équipements de sectionnement à un emplacement séparé demanderait des travaux importants, mais ceci ne sera pas nécessaire, car un espace d'installation est tout juste disponible entre les équipements de sectionnement en direction de Kossou et ceux en direction de Ferke (Figure 7.21).



Figure 7.20 Vue générale du poste de Bouake2

Au poste de Bouaké2, des travaux sont en cours pour le raccordement de la ligne de transport 225

kV vers Soubré, sur financement chinois : équipements de sectionnement, extension du jeu de barres, travaux de fondation du pylône No. 1, construction du local des équipements de commande et de protection (travaux tous réalisés par des entrepreneurs locaux). (Figure 7.22)

En conséquence, il n'y a pratiquement aucun espace pour l'installation d'équipements de sectionnement du côté des équipements de sectionnement direction Soubré, et il est aussi difficile d'assurer un tracé de ligne de transport, en dehors de celui de construction des pylônes de transport direction Soubré.



Figure 7.22 Situation des travaux de raccordement de la ligne de transport direction



Figure 7.21 Conditions de raccordement de la ligne de transport existante

#### 7-1-4 Proposition d'emploi de technologie japonaise pour la proposition candidate (partie 1: conducteur à faible perte)

Au cours de la réunion avec CI-ENERGIES, l'équipe d'étude a proposé un conducteur à faible perte, à titre de technologie japonaise d'excellence utilisable dans un projet de prêt d'APD. La partie ivoirienne a exprimé un fort intérêt pour ce conducteur, et reçu une proposition similaire d'un grand fabricant étranger de conducteurs électriques (Nexans). En conséquence, l'équipe d'étude a présenté un document de proposition consistant en un examen comparatif, réalisé entre le produit sur lequel la partie ivoirienne avait requis des données détaillées, et le produit proposé par le fabricant étranger. Le contenu de cette proposition est le suivant.

##### (1) Objectif d'emploi du conducteur à faible perte

Pour le nouveau projet de ligne de transport 225 kV prévu en Côte d'Ivoire, l'utilisation d'un conducteur à faible perte en aluminium renforcé d'acier (LL-ACSR), dont la résistance électrique est inférieure à celle du conducteur homogène en alliage d'aluminium (AAAC) d'utilisation standard, devrait produire des effets économiques et des effets de réduction du CO<sub>2</sub> pendant la durée de vie de l'équipement.

## (2) Évaluation de l'emploi du conducteur à faible perte

La comparaison a été réalisée en prenant comme référence le conducteur AAAC570-AL4, qui est utilisé de façon standard. Deux conducteurs capables de transporter la même quantité de courant que ce conducteur standard, et ayant aussi le même diamètre extérieur que lui (facteur qui influence grandement la conception des pylônes) ont été sélectionnés : le conducteur LL-ACSR, et un conducteur homogène en alliage d'aluminium, à faible perte (nom du produit : AeroZ). Leurs caractéristiques physiques, leur facilité de mise en œuvre et leur économie ont alors été comparées.

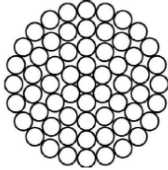
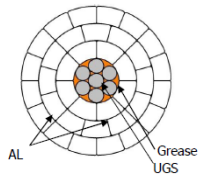
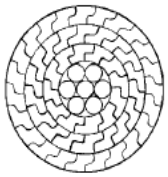
### 1) Conditions de sélection

- Capacité de transport de courant en temps normal pour l'exploitation : 840A
- Diamètre extérieur : 31,1 mm

### 2) Comparaison de forme et de structure

- Des conducteurs répondant aux conditions requises ont été choisis dans les catalogues des fabricants, puis leurs capacités de transport de courant ainsi que leurs formes et structures respectives ont été comparées. Le résultat est indiqué au Tableau 7.3 (Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport, forme et structure)
- La capacité de transport du conducteur LL-ACSR est supérieure d'environ 10% à celle du conducteur de référence. On ne peut considérer que c'est la taille optimale qui a été sélectionnée, mais c'est celle qui a été choisie comme objet de comparaison car ses données sont disponibles à l'heure actuelle.

Tableau 7.3 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport, forme et structure<sup>1</sup>

Conducteur	AAAC 570-AL4	LL-ACSR/UGS	AéroZ® 648-2Z
Courant de service continu (A)	<b>736 à 75°C</b> <b>922 à 90°C</b>	<b>815 à 75°C</b> <b>1018 à 90°C</b>	<b>778 à 75°C</b> <b>975 à 90°C</b>
Courant de courte durée admissible (total 400 heures) (A)	<b>1025 à 100°C</b>	<b>1316 à 120°C</b>	<b>1084 à 120°C</b>
Diamètre du conducteur (mm)	<b>31,1</b>	<b>31,1</b>	<b>31,1</b>
Section			
Structure (mm-Nb.)	AL : 3.45 - 24, 18, 12, 6, 1	AL (TW): 4.80 - 16, 4.7 - 12,8 Acier (UGS) : 3.1-7	AL (Z) : 3.45 - 24, 18 AL (rond) : 3.45 - 12, 6, 1
Section transversale (mm <sup>2</sup> )	Al : 570.2	Al : 636.6 Acier : 52.84	Al : 648.38

Source : Équipe d'étude de la JICA

### 3) Comparaison et évaluation des caractéristiques physiques

- Les caractéristiques physiques comparées sont indiquées au Tableau 7.4 « Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques ».
- En matière de poids, le LL-ACSR est 39% plus lourd que le conducteur de référence, mais l'influence que produirait cette augmentation de poids sur la conception de résistance des pylônes (hypothèse d'une portée de 400 m) n'implique pas de grande modification de conception, et l'on a supposé que la modification de coût soit maintenue à 1 ou 2% à la suite de l'augmentation de la résistance de matériaux.
- L'influence du poids supplémentaire sur la flèche accroîtrait celle-ci jusqu'à 14 m, contre 12 m pour le câble de référence, pour une portée de 400 m.
- La réactance est déterminée par la taille de la ligne de transport et la configuration de pose, mais elle a été considérée identique car la conception des lignes est pratiquement la même.

<sup>1</sup> Condition for Calculation of Temperature at Current Capacity: [Ambient Temperature] 40 °C [Wind Velocity] 0.5 m/s [Wind Direction] 45° [Solar radiation] 0.1 W/cm<sup>2</sup> [Absorptivity] 0.5 [Emissivity] 0.5 [Calculation method of current] JCS0374-2003

Tableau 7.4 « Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques »

Conducteur	AAAC 570-AL4	LL-ACSR/UGS	AéroZ® 648-2Z
Poids approximatif avec graisse (kg/km)	1 576 (100%)	2 187 (139%)	1 836 (116%)
Poids approximatif sans graisse (kg/km)	1 576 (100%)	2 177 (138%)	1 803 (114%)
Résistance minimum à la rupture (kN)	185	186	206
Module d'élasticité (GPa)	54	73	54
Coefficient d'expansion linéaire ( $\times 10^{-6}$ )	23,0	20,5	23,0
Flèche et tension <sup>1</sup> (m)	12,129 (25 485 N)	14,055 (30 519 N)	12,780 (26 960 N)
Resistance CC à 20°C ( $\Omega$ /km)	0,0585 (100%)	0,0455 (78%)	0,0521 (89%)
Réactance ( $\Omega$ /km)	0,4	0,4	0,4

Source : Équipe d'étude de la JICA

#### 4) Facilité de mise en œuvre

- Le câble LL-ACSR comporte des connecteurs à compression en deux endroits – âme d'acier et aluminium – mais ceci a peu d'effets sur le coût des travaux et sur les techniques de mises en œuvre, et ces effets sont extrêmement réduits sur les tracés comportant de nombreux pylônes à suspension, qui ne nécessitent pas de compression. Les détails sur la facilité de mise en œuvre du câble AeroZ ne sont pas connus, mais on peut supposer qu'il n'y a pas de grande différence avec le câble de référence.

#### 5) Économie (coût des travaux de ligne de transport)

- Coût du conducteur : Le LL-ACSR est environ 2 fois plus cher, et l'AeroZ de 1,2 à 1,4 fois plus cher (estimation) que le câble de référence.
- Coût des travaux des lignes de transport : Le prix des matériaux des pylônes, le coût du conducteur et les coûts d'exécution augmenteraient en cas d'utilisation du LL-ACSR, mais cette augmentation du coût d'ensemble des travaux ne serait que d'environ 10%. On a supposé qu'elle soit d'environ 3% en cas d'utilisation de l'AeroZ.
- Au cas où des questions de conception n'autoriseraient pas la diminution (de 2 m) de la distance au sol conséquente à l'emploi du LL-ACSR, il faudra sensiblement renforcer les pylônes en raison de la tension supplémentaire pour relever les lignes, avec la possibilité que ceci accroisse d'environ 1% le coût d'ensemble des travaux. Toutefois, la présente évaluation ne considère pas les conditions restrictives de distance au sol, les données détaillées et tolérances de la résistance de calcul des pylônes standard, etc., car leur approche n'est pas claire.
- La capacité de transport de courant du LL-ACSR ici comparé est supérieure d'environ 10% au chiffre de 840 A, ce qui donne la possibilité de réduire le diamètre extérieur et le poids du câble

<sup>1</sup> 20% Every Day Stress; AAAC570: 840A@75°C, LL-ACSR/UGS: 840A@70.2°C, Aero-Z®: 840A@72.4°C, no wind



grâce à une conception optimale en adéquation avec la capacité de transport nécessaire, avec à la clé une réduction du coût et de l'impact sur la conception des pylônes. Ce point n'a toutefois pas été pris en considération dans le présent examen.

6) Économie (effet de réduction des pertes d'énergie électrique)

- Le conducteur LL-ACSR offre un fort effet de réduction des pertes, car sa résistance électrique est inférieure de 22% à celle du câble de référence. L'AeroZ permet aussi d'attendre un effet de réduction des pertes, car sa résistance électrique est inférieure de 11% à celle du câble de référence.
- L'effet de réduction des pertes dans l'hypothèse de conditions d'exploitation normales\*1, et le résultat obtenu en convertissant en effet économique la maîtrise de la production ainsi permise, sont indiqués dans le Tableau 7.5 « Effet de réduction des pertes du câble sélectionné et effet économique de la maîtrise de la production électrique ainsi permise »

\*1 : Conditions d'exploitation normales signifie le cas où en temps normal, l'exploitation en continu sur un an (8 760 heures) s'effectue à un taux de charge de 55% et un facteur de puissance de 95%, pour qu'il soit possible, en cas d'incident provoquant la coupure d'un des deux ternes d'une ligne de transport à double terna, de transporter sur une courte durée 110% de la capacité de transport de cette ligne (840 A) avec le seul terna restant. L'effet de réduction des pertes pendant cette exploitation normale est défini par la formule suivante.

Effet de réduction des pertes en exploitation normale (différence de pertes d'énergie électrique sur un an) [kWh/an] =

(Courant en exploitation normale [A])<sup>2</sup> × (Différence de résistance électrique du câble [Ω/km]) × (Longueur de la ligne de transport [km]) × 8 760 [heures]

Courant en exploitation normale [A] = (Capacité de transport de courant [A]) × (Taux de charge 50%) × (Courant de courte durée admissible 110%)

Différence de résistance électrique du câble [Ω/km] : 0,0130 (AAAC 570-AL4 par rapport à LL-ACSR/UGS) 0,0064 (AAAC 570-AL4 par rapport à AéroZ® 648-2Z)

\*2 : Le prix unitaire de la production électrique, adopté pour convertir en effet économique la maîtrise de la production permise, est de 50 FCFA/kWh.

Tableau 7.5 Effet de réduction des pertes du câble sélectionné et effet économique de la maîtrise de la production électrique ainsi permise

Conducteur	AAAC 570-AL4	LL-ACSR/UGS	AéroZ® 648-2Z
Effet de réduction des pertes en exploitation normale (kWh/100km.an)	(Câble de référence)	-2 431 × 1 000	-1 197×1000
Effet économique de la maîtrise de la production en conditions d'exploitation normale (millions de FCFA)	(Câble de référence)	-121,6	-59,9

(3) Avantages en cas d'emploi du conducteur à faible perte LL-ACSR sur la nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké

(i) Si le conducteur LL-ACSR est employé sur la nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké, une considérable réduction des pertes de transport pourra être attendue, avec des effets économiques et de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> à la clé. Le Tableau 7.6 montre l'intérêt des différents effets obtenus en cas d'emploi du LL-ACSR précité, par rapport au cas du câble standard AAAC, pris comme référence. En outre, compte tenu des conditions d'exploitation des lignes de transport existantes en Côte d'Ivoire, les capacités de transport de référence adoptées sont les suivantes, et les spécifications indiquées aux Tableaux 7.3 et 7.4. sont employées pour le LL-ACSR.

- Taabo-Kossou : 630 A (courant admissible de l'AAAC366)
- Kossou-Bouaké2 : 840 A (courant admissible de l'AAAC570)

Par ailleurs, le coût de construction de la ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké (240 km) est estimé de la façon suivante, sur la base du coût du projet.

- Cas de l'AAAC (référence) : 33,65 milliards de FCFA
- Cas du LL-ACSR : 36,81 milliards de FCFA (en considérant une augmentation de 1% du coût des travaux, en raison de coût du câble qui est multiplié par 2, du coût des supports nécessités par l'augmentation de poids, etc.)

Concernant la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, le facteur suivant est utilisé :

- Facteur d'émission de CO<sub>2</sub> : 0,474 kg·CO<sub>2</sub>/kWh (cycle combiné)

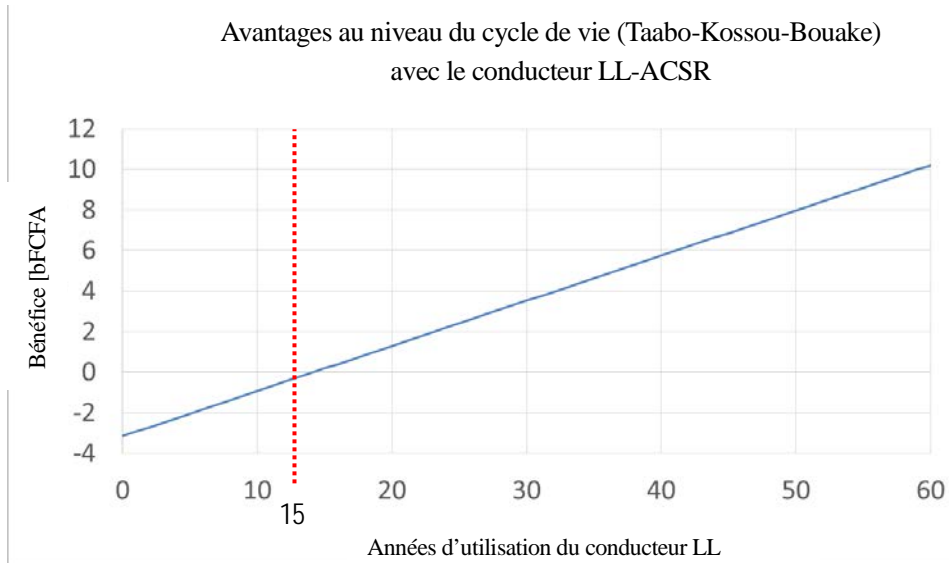
(ii) Les effets économiques sont la possibilité de récupérer l'augmentation de coût des travaux de la ligne de transport (augmentation du montant d'investissement initial) en 15 ans environ, avec ensuite un cycle de vie économique, comme le montre l'évaluation des coûts du cycle de vie de la Figure 7.23. Si l'on tient compte du fait qu'en Côte d'Ivoire, les équipements de transport sont habituellement conçus et exploités pour une durée de vie de 50 à 60 ans, il y aura ici un bénéfice économique sur 35 à 45 ans, une fois passés les 15 ans de récupération de l'augmentation d'investissement. Même si cette durée de récupération de l'investissement ne peut être qualifiée d'extrêmement rapide, l'effet de réduction des pertes électriques en cas d'utilisation du LL-ACSR contribue à une réduction de coût à moyen et long terme, vu la longue utilisation des équipements en Côte d'Ivoire.

(iii) Dans les conducteurs aluminium avec âme d'acier (ACSR), c'est une âme d'acier fortement résistante à la traction qui supporte la charge du poids du câble. Leur adoption présente donc un avantage technique, celui de permettre une utilisation stable à long terme parce qu'ils sont peu susceptibles de se rompre, même en cas de sectionnement ou d'autre dommage aux brins des fils d'aluminium.

Tableau 7.6 Avantages dans le cas de l'adoption d'un conducteur à faible perte sur la nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou-Bouaké

Ligne de transport	Longueur (km)	Perte de puissance (kWh/an)	Effet économique (Md FCFA/an)	Effet de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> (kg·CO <sub>2</sub> /an)
Taabo-Kossou	130	-1777x1000	-88,87	-842x1000
Kossou-Bouaké2	110	-2674x1000	-133,69	-1267x1000
Total	240	-4451x1000	-222,56	-2109x1000

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA



Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

Figure 7.23 Effet économique dans le cycle de vie

#### (4) Effet économique dans le flux de puissance supposé

L'effet de réduction des pertes visant le flux de puissance proche de l'état de fonctionnement réel est calculé à l'aide du facteur de perte<sup>1</sup>.

Par ailleurs, étant donné qu'il n'a pas été possible de se procurer le changement horaire des données du flux de puissance annuel, le niveau de flux de puissance annuel et l'heure se basent sur les données des variations de charge de 2018 figurant au Tableau 7.7 ci-dessous.

---

<sup>1</sup> Facteur de perte : Facteur établi en estimant l'heure par niveau de flux de puissance annuel à partir des données collectées et accumulées et à partir des données des variations de charge en cas d'absence de classification ou de stockage de données.

Tableau 7.7 Résultats du flux de puissance en période de pointe et en période creuse

Unité : MW

	Capacité opérationnelle	Période de pointe (le jeudi 3 mars 2018)				Période creuse (le lundi 6 août 2018)			
		8h00	10h00	19h00	21h00	8h00	10h00	19h00	21h00
Taabo-Kossou	240	237	217	263	271	207	195	192	194
	par rapport à la valeur nominale (%)	98,8	90,4	109,6	112,9	86,2	81,2	80,0	80,8
Kossou-Bouaké2	320	190	171	192	197	149	150	160	135
	par rapport à la valeur nominale (%)	59,4	53,4	60,0	61,6	46,6	46,9	50,0	42,2
Bouaké2-Ferké	320	190	165	180	158	147	149	147	109
	par rapport à la valeur nominale (%)	59,4	51,6	56,2	49,4	45,9	46,6	45,9	34,0

Ces données indiquent que, en période de pointe, la ligne de transport Taabo-Kossou, avec 271 MW (112,9%), est en surcharge, et que le taux de variation de charge journalière (variation de charge journalière/charge de pointe) est faible (20 %). En outre, même en période creuse, 80,0 % et plus de la capacité nominale est utilisée, ce qui représente une charge élevée, le taux de variation entre la période de pointe et la période creuse n'est que de 24 %, et la variation de charge journalière, avec 7 %, est extrêmement faible.

S'agissant de la ligne de transport Kossou-Bouaké2, en période de pointe, le flux de puissance est de 197 MW (62 %), mais le taux de variation de charge journalière (charge minimale / charge de pointe) est faible (13 %), et, en période creuse, le flux de puissance est de 160 MW, le taux de variation entre la période de pointe et la période creuse de 19%, et la variation de charge journalière de 17 %, ce qui est faible.

En ce qui concerne le flux de puissance supposé après la construction des nouvelles lignes de transport, si l'exploitation est effectuée à 50 % de la capacité nominale suivant la règle d'exploitation N-1, eu égard à la ligne de transport Taabo-Kossou, prenant en considération l'exploitation intensive actuelle du flux de puissance ainsi que l'importante croissance de la demande sur l'axe central à l'avenir, de la mise en service jusqu'en 2030, il est fort possible que l'exploitation se fasse à un flux de puissance annuel supérieur aux valeurs indiquées au Tableau 7-7.

Tableau 7.8 Hypothèses du flux de puissance annuel s'écoulant sur la ligne de transport (Taabo-Kossou)

Pourcentage du flux de puissance en exploitation normale	2022-2030	À partir de 2031
	Période	Période
1,00	4 380 (50 %)	6 132 (70 %)
0,90	2 628 (30 %)	2 628 (30 %)
0,80	1 752 (20 %)	
Facteur de perte	0,871	0,943

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

Comme indiqué au Tableau 7.8, le calcul du facteur de perte donne respectivement : Facteur de perte annuelle sur la période de 2025-2030= $(12 \times 0,5)+(0,92 \times 0,3)+(0,82 \times 0,2)=0,871$ , et Facteur de perte annuelle à partir de 2031= $(12 \times 0,7)+(0,92 \times 0,3)=0,943$ , et l'effet réel de réduction des pertes de la ligne de transport Taabo-Kossou est estimé comme étant égal ou supérieur à 87 %-94 % de l'examen effectué jusqu'à présent. En ce qui concerne la ligne de transport Kossou-Bouaké2, le flux de puissance étant de 233 MW (73 %) en période de pointe en 2022, de 352 MW (110 %) en 2030, avec le calcul sommaire du flux de puissance jusqu'en 2030 effectué par la mission d'étude, le flux de puissance annuel a été estimé pour chacune des périodes comme indiqué au Tableau 7.9, qui donne également les résultats des estimations de la moyenne du facteur de perte pour chacune des périodes.

Tableau 7.9 Hypothèses du flux de puissance annuel s'écoulant sur la ligne de transport (Kossou-Bouaké2)

Pourcentage du flux de puissance en exploitation normale	2022-2024	2025-2030	À partir de 2031
	Période	Période	Période
1,00			4 380 (50 %)
0,90		1 752 (20 %)	4 380 (50 %)
0,80		3 504 (40 %)	
0,70	876 (10 %)	3 504 (40 %)	
0,60	4 380 (50 %)		
0,50	3 504 (40 %)		
Facteur de perte	0,33	0,614	0,905

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

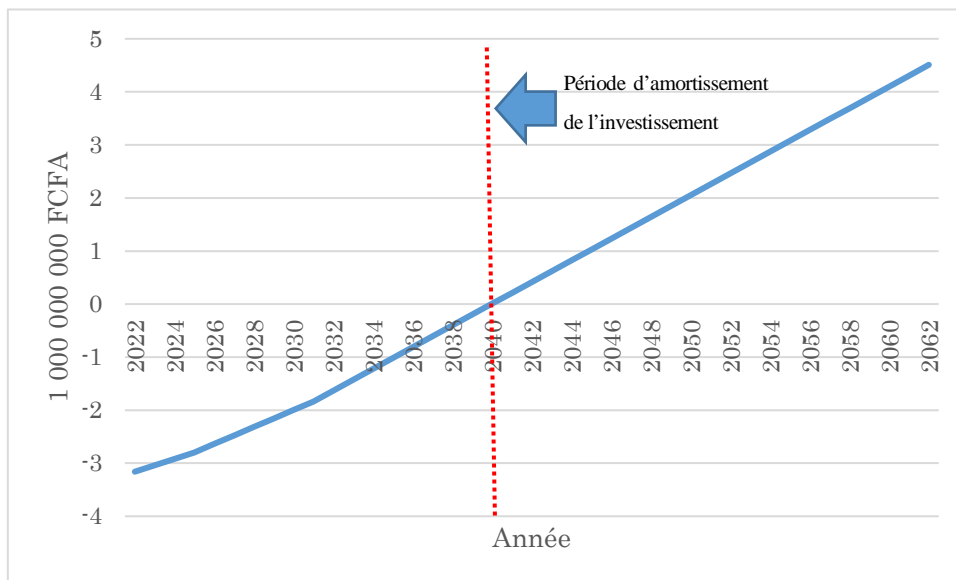
Étant donné que, d'après le calcul sommaire du flux de puissance, le flux de puissance pendant la période de pointe dépasse le courant nominal, si un contrôle du flux de puissance n'est pas effectué, le facteur de perte est bien plus élevé aux valeurs typiques de 0,3-0,4. La perte de puissance est calculée conformément au Tableau 7-10, à partir des hypothèses des facteurs de perte, et, avec l'estimation de l'effet économique, l'augmentation de coût des travaux des lignes de transport (augmentation du montant de l'investissement initial) peut être amortie en 18 ans environ, comme illustré à la Figure 7.24.

Tableau 7-10 Avantages dans le cas de l'adoption d'un conducteur à faible perte entre Taabo-Kossou-Bouaké (flux de puissance supposé)

Ligne de transport	Longueur (km)	Facteur de perte appliqué (kWh/an)	Perte de puissance (kWh/an)		
			Période d'occurrence		
			2022-2024	2025-2030	À partir de 2031
Taabo-Kossou	130	0,871-0,943	-1548×1000	-1548×1000	-1676×1000
Kossou-Bouaké <sup>2</sup>	110	0,33-0,905	-882×1000	-1642×1000	-2420×1000
Total	240		-2430×1000	-3190×1000	-4096×1000

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA sur la base de la perte de puissance indiquée au

Tableau 7.6 et des facteurs de perte figurant au Tableau 7.8 et au Tableau 7.9



Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

Figure 7.24 Effet économique pendant le cycle de vie prenant en considération le facteur de perte supposé

7-1-5 Propositions d'adoption des technologies japonaises relatives au projet candidat (partie 2 : conducteur à capacité accrue)

En ce qui concerne la ligne de transport existante de 225 kV Taabo-Kossou, la capacité de transport (valeur du courant) atteint seulement 75 % (630A) de la référence actuelle (840A), et lors de l'exploitation de deux lignes de transport, la nouvelle et l'ancienne, en raison des limites de la capacité de la ligne de transport actuelle, l'efficacité de la nouvelle ligne de transport est réduite tant que la capacité n'est pas accrue en remplaçant les pylônes actuels. Ceux-ci vieillissent et se dégradent, et étant donné qu'il est supposé que la nécessité de leur remplacement n'interviendra pas d'ici une

trentaine d'années, si une nouvelle ligne de transport était construite à la capacité standard actuelle, afin d'accroître le taux d'utilisation de la ligne de transport et de renforcer l'effet de réduction des pertes, il est considéré qu'il sera nécessaire de faire face à la situation, soit en accroissant la capacité de la ligne de transport actuelle prématurément, soit en introduisant un système d'exploitation permettant de contrôler le flux de puissance rapidement lors d'un accident la ligne de transport.

Parmi ces options, lors de l'augmentation de la capacité de la ligne de transport actuelle, deux alternatives peuvent être envisagées, l'une consistant à installer un deuxième terme suivant le vieillissement de la ligne de transport actuelle en construisant une nouvelle de ligne de transport sur le pylône à double terme (en ce qui concerne le conducteur, un seul terme est installé), et l'autre consistant à réinstaller sur un conducteur à capacité accrue uniquement le conducteur de la ligne de transport actuelle, après la mise en service de la nouvelle ligne de transport, mais d'un point de vue économique la seconde est la plus avantageuse.

Par conséquent, une étude sommaire portant sur la possibilité d'adopter un conducteur à capacité accrue a été menée.

Lors de cette étude, parmi les conducteurs à capacité accrue, étant donné que les conducteurs en alliage d'aluminium à haute résistance à la chaleur avec une âme en invar (ci-après dénommé « conducteur d'invar<sup>1</sup> ») sont des conducteurs permettant d'accroître l'intensité de courant électrique sans agrandir le diamètre extérieur qui joue sur la charge des pylônes, le conducteur en alliage d'aluminium à haute résistance à la chaleur avec une âme d'invar (Super Thermal-resistant Aluminium alloy Conductor Invar Reinforced, ci-après ZTACIR), l'un des conducteurs d'invar, fait ici l'objet d'une évaluation.

En ce qui concerne les résultats de l'étude sommaire, si une augmentation de la flèche d'environ 3 m est acceptable lorsqu'un terme est à l'arrêt (capacité de transport de courant maximale en temps normal), bien que le prix unitaire du conducteur soit 4 fois plus élevé qu'un conducteur standard, il est jugé qu'il s'agit d'une alternative offrant un potentiel élevé d'augmentation de la capacité, et ce sans construction de pylônes. Par ailleurs, en ce qui concerne la flèche, s'il était possible de se procurer les données relatives à la résistance des pylônes, il devrait être possible de réduire l'augmentation de la flèche. Les résultats de l'étude sont indiqués ci-dessous.

#### (1) Conditions de l'étude

Le conducteur ZTACIR, qui est capable de transporter la même quantité de courant que le conducteur AAAC570-AL4, la norme actuelle, et dont le diamètre extérieur - qui a un impact considérable sur la conception du pylône - est le même que celui du conducteur AAAC366-AL4 de la ligne de transport actuelle, a été sélectionné et a fait l'objet d'une comparaison avec la ligne de transport actuelle du point de vue économique et des caractéristiques physiques.

##### (a) Conditions de sélection

- Capacité de transport de courant en temps normal pour l'exploitation : 840A (AAAC570-AL4)
- Diamètre extérieur : 24,9 mm (AAAC366-AL4)

##### (b) Comparaison de forme et de structure

Des conducteurs répondant aux conditions requises ont été choisis dans les catalogues des fabricants, puis leur capacité de transport de courant ainsi que leur forme et structure ont été comparées. Le résultat est indiqué au Tableau 7.11.

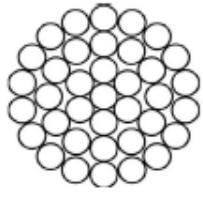
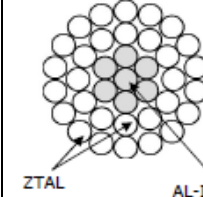
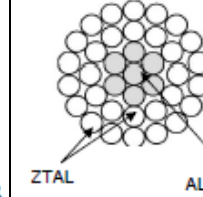
La capacité de transport de courant du conducteur ZTACIR (supposant que la température de

---

<sup>1</sup> Un conducteur d'invar est un fil électrique qui élimine la flèche en accroissant la capacité avec un conducteur en alliage d'aluminium à haute résistance à la chaleur (ZTAI) dans le fil en aluminium et en utilisant un fil d'invar à faible dilatation linéaire dans l'âme en acier.

fonctionnement est dépendante de chaque type de fil) est égale ou supérieure à 840A sur le conducteur de référence, et le diamètre extérieur du conducteur actuel est égal ou inférieur à 24,9 mm. Par ailleurs, il est difficile de considérer que c'est la taille optimale qui a été sélectionnée, mais c'est celle qui a été choisie comme objet de comparaison, car ses données sont disponibles à l'heure actuelle.

Tableau 7.11 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport de courant, forme et structure (augmentation de la capacité)<sup>1</sup>

Conducteur	AAAC 366-AL4	ZTACIR 240	ZTACIR 160
Courant de service continu (A)	564 à 75°C 702 à 90°C	484 à 75°C 1102 à 210°C	376 à 75°C 841 à 210°C
Courant de courte durée admissible (total 400 heures) (A)	778 à 100°C	1190 à 240°C	906 à 240°C
Diamètre du conducteur (mm)	24,9	22,4	18,2
Section			
Structure (mm-Nos.)	AL:3.55-18,12,6,1	ZTAL:3.20-18,12 AL-Invar:3.20-7	ZTAL:2.60-18,12 AL-Invar:2.60-7
Section transversale (mm2)	Al:366.2	ZTAl:241.3 AL-Invar:56.29	ZTAl:159.3 AL-Invar:37.16

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

### (c) Comparaison et évaluation des caractéristiques physiques

La comparaison des caractéristiques physiques est indiquée au Tableau 7.12. Le poids, avec le conducteur ZTACIR 240, est supérieur de 6 % par comparaison à celui avec le conducteur de référence, mais s'agissant de l'impact (supposant une longueur de portée de 400 m (distance entre pylônes) sur la résistance des pylônes actuels, en raison de cette augmentation de poids suivant la tolérance des éléments des pylônes, la résistance pourrait s'avérer insuffisante. En revanche, étant donné qu'un conducteur ZTACIR 160 représente un allègement de 30 %, il est jugé que celui-ci n'a pas d'impact sur la résistance des pylônes actuels pour ce qui est du poids. Cependant, étant donné que sa résistance à la traction est faible, dans le cas où la tension de référence serait également réduite, l'influence sur la flèche serait d'environ 16 m par rapport aux 13 m du conducteur de référence, avec une portée de 400 m.

<sup>1</sup> Condition for Calculation of Temperature at Current Capacity: [Ambient Temperature] 40 °C [Wind Velocity] 0.5 m/s [Wind Direction] 45° [Solar radiation] 0.1 W/cm2 [Absorptivity] 0.5 [Emissivity] 0.5 [Calculation method of current] JCS0374-2003



Tableau 7.12 Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques

Conducteur	AAAC 366-AL4	ZTACIR 240	ZTACIR 160
Poids (kg/km)	1 008,9 (100 %)	1 071 (106 %)	707 (70 %)
Résistance minimum à la rupture (kN)	115	92	62
Module d'élasticité (GPa)	57	79	79
Coefficient d'expansion linéaire ( $\times 10^{-6}$ )	23,0	16,0	16,0
Flèche et tension <sup>1</sup> (m)	12,693 (15 590 N)	15,567 (13 493 N)	16,326 (8 489 N)
Resistance CC à 20°C ( $\Omega/\text{km}$ )	0,0908 (100 %)	0,1160 (128 %)	0,1750 (193 %)

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

(d) Économie (coût des travaux de ligne de transport)

Pour ce qui est du prix des matériaux des conducteurs, pour un diamètre identique, le conducteur ZTACIR est environ 4 fois (estimation) plus cher que le conducteur de référence, et, pour un diamètre plus petit, il est supposé que le prix sera légèrement plus bas, mais son prix reste plus élevé que celui du conducteur de référence. Dans le cas de l'adoption du conducteur ZTACIR, bien que ce soit principalement le prix des matériaux qui augmente, eu égard au coût des travaux de la ligne de transport, il est estimé que le coût des travaux d'ensemble de réinstallation des conducteurs serait d'environ 30 % du coût des travaux d'ensemble de remplacement avec un conducteur standard (y compris le démantèlement de l'installation actuelle).

Au cas où des questions de conception n'autoriseraient pas un abaissement (environ 3 m) de distance au sol consécutive à l'adoption du ZTACIR, il faudra sensiblement rehausser les pylônes ou renforcer la tension des pylônes de suspension pour relever les points de support des lignes, avec la possibilité que ceci accroisse encore le coût d'ensemble des travaux. Toutefois, la présente évaluation ne considère pas les conditions restrictives de distance au sol, les données détaillées et tolérances de la résistance de calcul des pylônes standard, etc., car leur approche n'est pas claire.

En outre, à 210°C de température admissible en continu, la capacité de transport de courant du ZTACIR 240 ici comparé est supérieure d'environ 30% au AAAC570 (840 A), et la capacité de transport de courant du ZTACIR 160 est comparable à celle de l'AAAS570, ce qui donne la possibilité de réduire le diamètre extérieur et le poids du câble grâce à une conception optimale en adéquation avec la température de fonctionnement en Côte d'Ivoire et la capacité de transport nécessaire, avec à la clé une réduction du coût et de l'impact sur la conception des pylônes. Ce point n'a toutefois pas été pris en considération dans le présent examen.

7-1-6 Examen sommaire du coût des travaux du projet candidat

L'itinéraire précis de la ligne de transport, le nombre de pylônes, les conditions de conception, le système de raccordement des postes électriques, les normes de conception, les données géotechniques,

<sup>1</sup> 20% Every Day Stress; AAAC570: 840A@75°C, LL-ACSR/UGS: 840A@70.2°C, Aero-Z@: 840A@72.4°C, no wind

etc. n'étant pas clairement définis, il est difficile à l'heure actuelle de calculer le coût du projet sommaire, mais le calcul estimatif des travaux sur la base de l'hypothèse de la conception générale suivante a été effectué et a fait l'objet d'une comparaison avec le montant des investissements de CI-ENERGIES.

(1) Description sommaire et spécifications des installations des lignes de transport

La description sommaire des installations des lignes de transport, les normes actuelles et les spécifications sommaires supposées sont indiquées au Tableau 7.13.

Tableau 7-13 Spécifications sommaires supposées des installations des lignes de transport

Lignes de transport Taabo-Kossou			
Longueur		130 km	Valeur totale de Taabo-Yamoussoukro2-Kossou
Nombre de supports		325	Supposition à partir de la longueur avec 400 m de portée moyenne
Nombre de lignes		1	
Pylône	Forme	Type « Chat »	Sélection du même type que les pylônes actuels
	Fondation	en T inversé	
Ligne	Nombre de conducteurs	Conducteur unique	
	Type	LL-ACSR	Adoption d'un conducteur à faible perte
	Diamètre extérieur	31,1	Même diamètre que le conducteur standard
Câble de garde		Toron en acier galvanisé (CGFO)	Sélection à partir du principe d'adoption de CGFO
Isolateur		Type en verre	Sélection en raison du fait qu'il est fréquemment utilisé sur les lignes de transport actuelles
Ligne de transport Kossou-Bouaké2			
Longueur		120 km	Somme de Kossou-Bouaké3-Bouaké2
Nombre de supports		300	Supposition à partir de la longueur avec 400 m de portée moyenne
Le nombre de lignes, le type de pylône, le conducteur, le câble de garde, et l'isolateur sont les mêmes que pour la ligne de transport Taabo-Kossou			
Piquage jusqu'au poste de Yamoussoukro2			
Longueur		10 km	Estimation à partir du tracé de la ligne de transport actuelle et de l'emplacement du poste électrique
Nombre de supports		25	Supposition à partir de la longueur avec 400 m de portée moyenne
Nombre de lignes		2	Pour l'installation de 2 lignes jusqu'au poste électrique
Type de pylône		Armement en drapeau	
Le conducteur, le câble de garde, et l'isolateur sont les mêmes que pour la ligne de transport Taabo-Kossou			

(2) Description sommaire et spécifications des installations du poste électrique

La description sommaire des installations et les spécifications considérées comme les normes actuelles du poste de Yamoussoukro2 et du poste de Bouaké3 sont indiquées au Tableau 7.14. Par ailleurs, la description sommaire et les spécifications sont les mêmes pour les deux postes électriques.

Tableau 7-14 Spécifications sommaires supposées des équipements de transformation

Type de poste électrique	Type à isolation extérieure aérienne	
Nombre d'installations de lignes de transport	2 lignes	
Système de barre omnibus	225 kV	Double barre omnibus, 1 couplage bus
	33 kV, 15 kV	Simple barre omnibus, 1 couplage bus
225 kV/33 kV Transformateur	Modèle	Type triphasé, plongé dans l'huile, à isolation
	Valeur nominale	Capacité : 24 MVA, tension maximale d'utilisation : 245 kV, courant de court-circuit : 40 kA, 1S
	Réglage de la tension	OLTC, $\pm 1,25\%$
	Quantité	2 pcs
225 kV/15 kV Transformateur	Modèle	Type triphasé, plongé dans l'huile, à isolation
	Valeur nominale	Capacité : 36 MVA, tension maximale d'utilisation : 245 kV, courant de court-circuit : 40 kA, 1S
	Réglage de la tension	OLTC, $\pm 1,25\%$
	Quantité	2 pcs
225 kV Disjoncteur	Modèle	Disjoncteur au SF6 (type à cuve sous tension), monophasé
	Valeur nominale	Tension : 245 kV, courant électrique : 2000 A, courant de court-circuit : 40 kA, 1S
	Quantité	7 pcs (monophasé 3 x 7) répartition : ligne de transport x 2, transformateur x 4, barre omnibus x 1
225 kV Sectionneur	Modèle	avec sectionneur de mise à la terre
	Valeur nominale	Tension : 245 kV, courant électrique : 2000 A, courant de court-circuit : 40 kA, 1S
	Quantité	14 pcs
225 kVPT (transformateur de tension)	Modèle	Monophasé
	Valeur nominale	Ratio de transformation : primaire : $225/\sqrt{3}$ , secondaire : $110/\sqrt{3}$ , tension maximale d'utilisation 245 kV
	Quantité	3 pcs (monophasé x 3 x 3)
225 kVCT (transformateur de courant)	Modèle	Type monophasé, plongé dans l'huile, à isolation
	Valeur nominale	Rapport de transformation : 800-1600/1 A, courant : 2000 A
	Quantité	6 pcs (monophasé x 3 x 6)
225 kV Parafoudre	Modèle	En oxyde de métal
	Valeur nominale	Tension de démarrage : 193 kV, tension de fonctionnement continu : 154 kV, courant de décharge :

Type de poste électrique	Type à isolation extérieure aérienne	
		20 kA
	Quantité	2 pcs (monophasé x 3 x2)
Appareillage de commutation de 33 kV	Modèle	Appareillage de commutation à blindage métallique
	Valeur nominale	Tension : 36 kV, courant électrique : 1000 - 2000 A, courant de court-circuit : 31,5 kA
	Quantité	1 système 7 lignes (artère d'alimentation) x 2
Appareillage de commutation de 15 kV	Modèle	Appareillage de commutation à blindage métallique
	Valeur nominale	Tension : 24 kV, courant électrique : 1000 - 2000 A, courant de court-circuit : 31,5 kA
	Quantité	1 système 7 lignes (artère d'alimentation) x 2
Dispositif de protection	Modèle	IED (fonction de communication intégrée)
	Système	Protection de la ligne de transport, protection de l'équipement, protection de la barre omnibus, protection de la ligne de distribution
	Quantité	5 pcs, protection de la ligne de distribution intégrée dans l'appareillage de commutation
Équipement de contrôle	Modèle	Système de surveillance et de contrôle centralisé dans les postes électriques (possibilité de raccordement à SCADA)
	Quantité	1 système
Installation CA/CC	Structure	Transformateur auxiliaire 250 kVA, chargeur, pile, panneau CA/CC
	Quantité	1 système
Barre omnibus	Modèle	Barre omnibus tubulaire en aluminium

Parmi ceux-ci, en ce qui concerne les transformateurs, le fait d'avoir recours à des transformateurs à 3 enroulements 225/33/15kV, 60/24/36MVA, est une mesure efficace, non seulement eu égard au coût du transformateur, mais également en termes d'effet de réduction de 4 à 2 lignes de l'appareillage de commutation du circuit du transformateur de 225 kV, et de réduction de la longueur de la barre omnibus de 225 kV. Ainsi, lors du calcul estimatif du coût du projet, le calcul a également été effectué dans le cas de l'utilisation d'un transformateur à 3 enroulements.

### (3) Spécifications des travaux d'installation des lignes de transport jusqu'aux postes électriques

En ce qui concerne les travaux de pose de l'appareillage de commutation (disjoncteur, sectionneur, transformateur de tension, transformateur de mesure, parafoudre, etc.) et du dispositif de protection pour l'installation des lignes de transport aux postes électriques, dans l'hypothèse où il n'y aurait pas besoin de travaux d'expansion de la barre omnibus, les spécifications sont les mêmes que celles des équipements des nouveaux postes.

### (4) Estimation du coût des travaux

#### 1) Détermination du prix unitaire des équipements et du matériel / du coût des travaux

Le prix unitaire des équipements et du matériel, et le coût des travaux ont été déterminés sur la base de données publiées, de devis de fabricants récents, etc. (Tableau 7.15)

Tableau 7.15 Prix unitaire des équipements et du matériel et coût des travaux

Équipement de la ligne de transport		
Pylône (suspension)	2 000 000 JPY/pc	Supposant en moyenne 3 pylônes d'ancrage sur 10 pylônes
Pylône (ancrage)	5 000 000 JPY/pc	
Ligne	1 580 000 JPY/km	Conducteur à faible perte
Isolateur (suspension)	350 000 JPY/pc	Isolateur en porcelaine
Isolateur (ancrage)	2 000 000 JPY/pc	
Câble de garde	70 000 JPY/km	CGFO
Support de montage, etc.	200 000 JPY/pc	
Coût des travaux de ligne de transport		
Mesures / étude géotechnique	200 000 JPY/pc	
Travail de fondation	5 000 000 JPY/pc	
Montage de pylône	1 000 000 JPY/pc	
Ligne aérienne	2 000 000 JPY/pc	
Principaux équipements et matériel des postes		
Transformateur 225/33 kV, 24 MVA	75 000 000 JPY/pc	OLTC
Transformateur 225/15 kV, 36 MVA	84 000 000 JPY/pc	
Appareillage de réception et de commutation (baie)	46 750 000 JPY/baie	GCB, DS, CVT, CT, LA
Barre omnibus	88 000 000 JPY/système	Estimation du montant du système de couplage similaire
Appareillage de commutation pour la distribution du courant (33 kV)	100 000 000 JPY/unité	Estimation de la moyenne de l'unité de réception et de ligne de distribution, etc.
Appareillage de commutation pour la distribution du courant (15 kV)	80 000 000 JPY/unité	
Dispositif de commande/de protection	29 000 000 JPY/système	
Installation CA/CC	23 000 000 JPY/système	
Coût des travaux des postes	569 000 000 JPY/système	Poste de commande (y compris 190 000 000 JPY)

## 2) Conditions de l'estimation

Compte tenu de l'absence de données de conception à l'heure actuelle, outre les spécifications sommaires des installations, les conditions de conception suivantes ont été déterminées.

Étant supposé que le tracé linéaire et plan de la ligne de transport est sélectionné, la portée moyenne des pylônes de la ligne de transport a été fixée à 350 m, pour une portée standard de 400 m.

En outre, étant donné qu'il est supposé que les pylônes de suspension sont nombreux, le taux de pylônes d'encrage a été fixé à 20 %.

Étant donné qu'il est supposé que la nature du sol est relativement stable, les travaux de fondation des pylônes seront à 70 % des conditions normales.

Le coût d'expédition, les frais de consultant, et autres frais nécessaires tels que les taxes, etc. ne sont pas compris dans l'estimation.

## 3) Calcul du coût des travaux

Le coût estimatif des travaux de chaque composant a été calculé sur la base des conditions et des prix unitaires déterminés, et les comparaisons avec respectivement le plan directeur et le cas ayant recours à un transformateur à 3 enroulements sont indiquées au Tableau 7.16.

Tableau 7.16 Comparaisons du coût estimatif des travaux

	Plan directeur	Coût supposé	* Unité = 100 000 000 JPY, taux de change : 1 FCFA = 0,2 JPY
Ligne de transport Taabo-Yamousskro2	27,8	32,4	* Le coût des travaux du plan directeur est le montant de l'investissement lors de la formulation du plan directeur révisé en appliquant le taux différentiel du montant global de récents projets (1,24 fois) * Les travaux d'installation de l'appareillage de commutation nécessaire à l'installation des lignes de transport des postes électriques sont compris dans les travaux des lignes de transport * Le coût d'expédition et les frais de consultant ne sont pas compris dans le coût supposé
Ligne de transport Yamoussoukro2 - Kossou	18,5	20,5	
Ligne de transport Kossou-Bouaké3	37,2	44,3	
Ligne de transport Bouaké2-Bouaké3	6,1	4,6	
Total des travaux de ligne de transport	89,6	101,7	
Poste de Yamoussoukro2	14,1	17,5	
Poste de Bouaké 3	14,1	17,5	
Total des travaux des postes	28,1	35,0	
Total du projet	117,7	136,7	

	Plan directeur	Coût supposé	Utilisation de 3 enroulements
Ligne de transport Taabo-Yamousskro2	27,8	32,4	Identique à la colonne de gauche
Ligne de transport Yamoussoukro2 - Kossou	18,5	20,5	
Ligne de transport Kossou-Bouaké3	37,2	44,3	
Ligne de transport Bouaké2-Bouaké3	6,1	4,6	
Total des travaux de ligne de transport	89,6	101,7	
Poste de Yamoussoukro2	14,1	14,8	
Poste de Bouaké 3	14,1	14,8	
Total des travaux des postes	28,1	29,6	
Total du projet	117,7	131,3	

#### 7-1-7 Effets du projet candidat

En tant que principaux avantages du projet de construction des nouvelles lignes de transport simple terre 225 kV Taabo-Kossou-Bouaké<sup>2</sup> (doublement de la ligne), projet candidat cible de la coopération, il faut citer :

la possibilité d'assurer et d'accroître les exportations énergétiques vers le Burkina Faso et le Mali en augmentant la capacité de transport de l'axe central et en améliorant de la capacité de maintenance de la tension du réseau dans la partie nord ;

De même, la possibilité d'appliquer la puissance de sortie de production photovoltaïque de grande échelle dans le nord visant la suppression de la production d'énergie des centrales à gaz dans le sud ; la possibilité de renforcer la fiabilité du réseau à circuit fermé à l'intérieur des terres et de réduire les risques de pannes de courant de longue durée qui se produisent à la suite d'accidents sur la ligne de transport, etc. en doublant la ligne de l'axe central ;

En outre, la possibilité de réduire les pertes de transport et les pertes des postes grâce à une réduction des pertes de transport en passant principalement pour l'exploitation de lignes de transport de 90kV à des lignes de transport de 225kV, et à une exploitation du réseau en régulant de manière adéquate la puissance réactive et la tension ;

la possibilité de proposer de nouveaux approvisionnements en électricité pour répondre à la demande croissante découlant du développement dans la région ainsi qu'à l'augmentation de la nouvelle demande découlant de l'électrification de zones voisines jusqu'alors dépourvues d'accès au réseau électrique, en accroissant la capacité du réseau de distribution électrique avec les nouveaux postes à Yamoussoukro et à Bouaké ; et

la possibilité de diminuer les pertes des lignes de transport, de rentabiliser le cycle de vie des lignes de transport et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, en ayant recours à des conducteurs à faible perte sur les lignes de transport.

En ce qui concerne l'analyse financière et l'analyse économique de ces bénéfices, il est difficile d'effectuer à l'heure actuelle une évaluation chiffrée, car bien qu'il soit relativement simple de se procurer les données relatives au coût des exportations énergétiques, au coût de la production thermique d'électricité, au coût des tarifs d'électricité, aux pertes de transport, etc., il est impossible de se procurer les données portant sur la prévision de la demande de Yamoussoukro<sup>2</sup> et de Bouaké<sup>3</sup>; la répartition des coûts de transport et de transformation de l'énergie électrique, y compris le coût d'exploitation et de maintenance dans les coûts de consignation ; le coût des derniers travaux associés aux modifications du contenu du plan ; la ventilation du coût des services de conseil, du fonds de réserve et des frais de gestion ; les impôts, etc.

Lors de la collecte, à l'avenir, des conditions préalables de l'analyse financière et de l'analyse économique, des données de base et des points de vue concernant la quantification des bénéfices, il serait souhaitable de prendre en considération les rapports d'examen des projets d'aide dans le secteur énergétique mis en œuvre par la Banque mondiale en Côte d'Ivoire ainsi que les lignes directrices pour l'analyse économique de la Banque mondiale.

#### 7-1-8 Tendances des autres donateurs et bailleurs de fonds relatives au présent projet

La Banque africaine de développement (BAD) porte un vrai intérêt audit projet, et après l'évaluation du rapport d'étude de CI-ENERGIES portant sur le contenu du projet et les considérations



environnementales et sociales, qui sera remis en novembre 2019, une étude complémentaire sera exigée si ce rapport est insuffisant, mais, s'il n'y a aucun problème, il est prévu de prendre une décision concernant le comité de direction (objectif du deuxième trimestre 2020).

Le montant total de prêt supposé du projet de la BAD est de 150 millions d'euros en incluant la promotion du projet au coût des travaux de 129 millions d'euros, et il est jugé qu'il serait souhaitable que la BAD y contribue à la hauteur de 50 %, et que le reste soit cofinancé par d'autres donateurs et bailleurs de fonds. En outre, une option en deux étapes consistant à construire d'abord la ligne de transport puis les postes électriques est également à l'étude.

Le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (la banque publique d'investissement allemande) est intéressée par ledit projet, et des ajustements sont en cours avec CI-ENERGIES. Dans le cas d'un cofinancement, il y a une tendance à vouloir choisir la construction de la nouvelle ligne de transport Taabo-Kossou et du poste (côté sud basé sur les lots), et les points qui nécessitent des ajustements entre la BAD, la JICA et le KfW font l'objet de sollicitations.

## 7-2 Examen d’autres projets candidats à une coopération

En ce qui concerne le plan d’expansion de transport d’électricité, un examen a été effectué pour déterminer s’il y avait des projets susceptibles d’être candidats à un prêt d’APD ou à une aide financière non remboursable.

En ce qui concerne l’examen, dans le plan d’expansion du Tableau 5.9 au Tableau 5.16 établis par CI-ENERGIES, à l’exception de projets d’intérêts prioritaires pour lesquels l’emprunteur a déjà été décidé, une évaluation a été effectuée concernant les projets au Tableau 7.17 qui pourraient présenter un potentiel. Par conséquent, il s’agit de programmes dont la nécessité et l’urgence sont réduites si les projets actuellement en cours ou l’expansion de l’axe central sont menés à bien. En outre, il est considéré que certains ont un degré élevé d’incertitude qui pourrait nuire à leur chance de devenir candidats dans les prochaines années, et que, à l’exception des projets liés au réseau central, ceux adaptés à la coopération financière sont peu nombreux.

Par ailleurs, en ce qui concerne le plan d’expansion du réseau de transport d’électricité dans l’agglomération d’Abidjan, étant donné qu’une étude est en cours en tant que projet d’aide financière non remboursable dans un avenir proche, aucune vérification n’a été effectuée cette fois-ci.

Tableau 7-17 Autres projets candidats à une coopération

Le montant des investissements est indiqué en milliards de FCFA

No.	Région	Description sommaire	Achèvement	Plan d’expansion	Montant de l’investissement
12	Introduction d’un réseau 400 kV	Renforcement de la tension à 330 kV du côté du Ghana, et de la tension à 400 kV du côté ivoirien du poste de Bingerville de 225 kV Construction de la nouvelle ligne de transport de 330 kV Dunkwa-Bingerville Construction de la nouvelle ligne de transport de 400 kV Bingerville-Akoupe Zeudji	2019	TR: 330/225 kV, 350 MVA x 3 400/225 kV, 350 MVA x 3 TL : 330kV Dunkwa - Bingerville 245km 400kV Bingerville - Akoupe Zeudji 50 km	104.00
28	Sud-est	Construction du nouveau poste de 225 kV à Attakro Construction de la nouvelle ligne de transport de 225 kV Adzope-Attakro	2020	TR : 225/90 kV, 70 MVA x 2 TL : Attakro - Adzope 75 km	11.71
29		Construction du nouveau poste de 225 kV à Daoukro Construction de la nouvelle ligne de transport de 225 kV Sérébou-Daoukro-Attakro	2022	TR : 225/33 kV, 60 MVA x 2 TL : Sérébou - Daoukro 103 km Daoukro - Attakro 53 km	22.01
31	Près de la frontière avec le Ghana, dans le sud-est du pays	Construction du nouveau poste de 225 kV à Abengourou Construction de la nouvelle ligne de transport de 225 kV Eboué-Abengourou-Daoukro	2022	TL : Eboué - Abengourou 170 km Abengourou - Daoukro 90 km	30.29
37	Ouest	Construction du nouveau poste de 225 kV à Toulépleu Construction de la nouvelle ligne de transport de 225 kV Zagné-Toulépleu Construction de la nouvelle ligne de transport de 90 kV Toulépleu-Mine d’Ity Expansion de la sortie du poste de 225 kV à Zagné et de la ligne de transport de 90 kV à Mine d’Ity	2021	TR : 225/90 kV, 100 MVA x 1, 90/33 kV, 20 MVA x 2 TL : 225 kV Zagné - Toulépleu 165 km 90 kV Toulépleu - Mine d’Ity 57 km	33.67

Source : Préparé par la mission d’étude de la JICA sur la base de données de CI-ENERGIES

### (1) Projet de la première étape d’introduction d’un réseau de 400kV (N°12)

En ce qui concerne le projet en question, la construction de la nouvelle ligne de transport (245 km) de 330 kV raccordant Dunkwa et Bingerville au Ghana, la construction de la nouvelle ligne de transport (50 km) de 400 kV Bingerville- Akoupe Zeudji, et les travaux de renforcement de la tension du poste de 225 kV existant avec la construction d’un transformateur de 330/225 kV et d’un transformateur de 400/225 kV à Bingerville font partie des composantes en tant que première étape de l’introduction d’un réseau de 400kV en Côte d’Ivoire.

Ce seraient les travaux de la première ligne de transport et du premier poste de 400 kV en Côte d’Ivoire, et l’importance d’une telle coopération serait considérable, mais il est fort possible que le

projet soit reporté, car il s'agit de la construction d'un réseau de 400 kV sur le littoral d'Abidjan de nécessité absolue, et il y a un risque que rien n'avance tant que la faisabilité du plan de raccordement au réseau en anneau de 225 kV n'est pas plus élevée.

(2) Projet de construction d'un réseau de 225 kV dans le sud-est (N°28, N°29)

En ce qui concerne les N°28 et N°29, étant donné que l'emprunteur pour la nouvelle ligne de transport Adzope-Sérébou sur le réseau du sud-est n'a pas encore été décidé par CI-ENERGIES, la proposition a été remise en question. Si le doublement de la ligne de l'axe central est achevé, la nécessité et l'urgence dudit programme diminuent, et il est estimé que c'est un projet peu attractif en raison de son timing correspondant à celui de l'axe central qui intéresse beaucoup les autres donateurs et bailleurs de fonds.

(3) Projet de construction d'un réseau de 225 kV dans le sud-est (près de la frontière avec le Ghana) (N°31)

Celui-ci comprend les travaux de renforcement de la tension de 90 kV à 225 kV à Abengourou, situé sur le tracé de la nouvelle ligne de transport d'Eboué à Daoukro (260 km) près de la frontière avec le Ghana, dans le sud-est du pays. Si les lignes de transport N°28 et N°29 susmentionnées jusqu'à Adozope et au-delà pour lesquelles l'emprunteur est déjà décidé sont réalisées, la nécessité du projet en question s'affaiblit du point de vue de l'amélioration de la fiabilité du réseau et de l'expansion de la capacité de fourniture dans la partie est.

(4) Projet de construction d'un réseau près de la frontière avec le Liberia pour faire face à la demande de l'industrie minière dans l'ouest du pays (N°37)

Avec l'expansion des installations pour satisfaire la demande de l'industrie minière à la frontière avec le Liberia, ce projet comprend la construction de Toulépleu - le poste de base de 225 kV et de la nouvelle ligne de transport (165 km) à partir de Zagné. Il est jugé que sa nécessité est élevée en tant que moyen de faire face à la demande de l'industrie minière, mais compte tenu du fait qu'il y a une incertitude eu égard à la période liée aux négociations de l'aménagement du réseau principal, et que cette zone est couverte en grande partie par l'aide chinoise, il sera nécessaire de faire un diagnostic de la tendance à l'avenir.

# **Chapitre 8**

## **Emploi des technologies japonaises**

## Chapitre 8 Emploi des technologies japonaises

### 8-1 Présentation des technologies japonaises

Au cours des réunions avec CI-ENERGIES, des « conducteurs à faible perte », des « GIS de type extérieur », des « transformateurs amorphes à faible perte pour ligne de distribution », et des « conducteurs à capacité accrue » ont été présentés en tant que technologies japonaises de pointe qui devraient pouvoir être utilisées en Côte d'Ivoire.

Parmi celles-ci, les conducteurs à faible perte ont suscité l'intérêt de la partie ivoirienne, qui a demandé à la mission d'étude sur le terrain de lui fournir, après son retour au Japon, des informations détaillées. Par conséquent, des propositions ont été faites au paragraphe 7-1-4 Proposition d'emploi de technologie japonaise du Chapitre 7 Examen des projets candidats à une coopération.

Le GIS de type extérieur est présenté à la Figure 8.1. Des informations ont été divulguées selon lesquelles il est prévu d'adopter à l'avenir le GIS pour une partie des postes construits à Abidjan.

#### Poste d'appareillage de commutation à isolation gazeuse (GIS)

- L'empreinte du GIS est plus petite que celle du poste électrique conventionnel isolé dans l'air. La conversion de postes électriques isolés dans l'air en GIS libère de larges espaces supplémentaires pour l'installation d'équipements.
- Excellent pour les projets d'expansion de poste électrique là où l'espace est limité, comme l'augmentation de la tension d'un système (par exemple de 90 kV à 225 kV) ou l'ajout de baies de postes électriques et/ou transformateurs.
- GIS d'extérieur ayant un bilan avéré d'absence de fuites de gaz SF<sub>6</sub>, une technologie d'étanchéisation avec de faibles taux de défaillance (comme indiqué dans le CIGRE WG23).

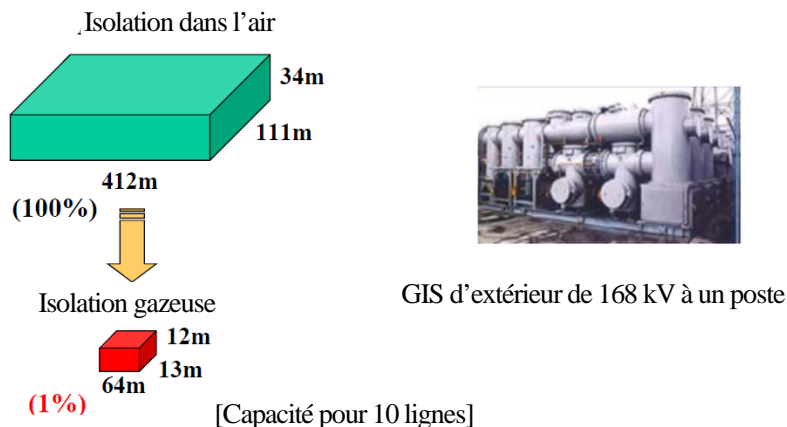


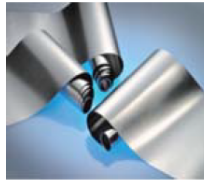
Figure 8.1 Avantages de l'adoption du GIS de type extérieur

S'agissant du transformateur amorphe à faible perte pour ligne de distribution, son adoption a été proposée sur la base des documents de présentation à la Figure 8.2 en tant que remplacement des transformateurs pour ligne de distribution nécessaire lors du changement de la tension de distribution et d'alimentation électrique à Abidjan de 15 kV à 20 kV, ainsi que dans le cadre de l'expansion de la distribution et d'alimentation de l'électricité de 33 kV par le biais de l'électrification rurale. En particulier, le transformateur amorphe à faible perte ayant une perte dans le fer inférieure à celle des transformateurs conventionnels, l'important avantage qu'il représente sur les lignes de distribution pour l'électrification rurale qui subissent des pertes dans le fer alors que le flux de puissance s'écoule à peine est mis en avant.

## Transformateur de distribution à faible perte (1)

**Transformateur amorphe**

- Faible perte par hystérésis et faible perte par courants de Foucault
- Perte à vide 20-30 % moins que les systèmes conventionnels, efficace pour les systèmes de distribution à faible facteur de charge.
- Contribution à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>
- Coût concurrentiel :  $AMDT = CRGO \times 1,2-1,3$
- Jusqu'à 33 kV, 3 167 MVA de capacité nominale
- Disponible pour installation sur mât et pour installation au sol.
- Transformateur triphasé et monophasé, l'un comme l'autre, disponibles.
- OEM japonais : Deuxième part la plus importante du marché mondial.
- L'OEM japonais a fourni 8 308 AMDT et 27 998 CRGO, soit 36 306 unités au total à 12 pays africains entre 2009 et 2018.
- Service après-vente fiable assuré par des ateliers en Italie.



## Transformateur de distribution à faible perte (2)

**Avantages avec des transformateurs amorphes :**

Perte à vide (NLL) plus faible que dans les transformateurs conventionnels utilisant l'acier orienté au grain laminé à froid pour noyau de fer.

Classement kVA	CRGO		AMDT		Réduction (%)	
	NLL (W)	LL (W)	NLL (W)	LL (W)	NLL	LL
50	90	1100	38	1095	58%	0%
100	145	1750	65	1745	55%	0%
160	196	2350	104	2341	47%	0%
250	296	3250	158	2870	47%	12%
400	430	4584	212	4357	51%	5%
630	600	6300	346	5800	42%	8%
800	630	8130	372	7080	41%	13%
1000	770	10120	469	7786	39%	23%

Figure 8.2 Avantage de l'adoption d'un transformateur amorphe à faible perte

## 8-2 Recommandations concernant l'emploi des technologies japonaises

## (1) Points attractifs concernant les conducteurs à faible perte

S'agissant des conducteurs à faible perte, les points attractifs concernant l'avantage de leur adoption ont été à nouveau organisés, car il s'agit d'une technologie commune aux nombreux projets de renforcement des lignes de transport prévus en Côte d'Ivoire.

Ce ne sont pas les conducteurs en aluminium avec âme d'acier (ACSR) généralement utilisés au Japon, mais les conducteurs en alliage tout aluminium (AAAC), qui sont adoptés en tant que conducteurs standard de la ligne de transport principale en Côte d'Ivoire. Toutefois, de nombreux autres pays ont adopté l'AAAC comme standard pour cet usage.

Il est considéré que cette différence provient des points de vue divergents concernant le sectionnement des conducteurs en aluminium à la suite d'un coup de foudre ou de la corrosion, le risque de rupture à la suite de dommages occasionnés par le contact de grues, ou autres, les considérations sur les conditions de conception des pylônes et de conception générale des lignes de transport, la facilité d'approvisionnement, la facilité de mise en œuvre, etc.

Au Japon, l'accent étant mis sur l'approche contribuant à la réduction des risques de sectionnement avec une âme en acier résistant à la traction, les conducteurs ACSR y sont employés depuis longtemps. Par contre, au regard du diamètre extérieur du conducteur, qui a un impact important sur la conception de la résistance des pylônes, pour une même capacité de transport déterminée par la section transversale de l'aluminium, le diamètre extérieur de l'AAAC, sans âme d'acier, représente l'avantage d'être plus petit.

Parmi ces différentes approches, dans le cadre de la présente étude, une comparaison électrique, physique et économique des conducteurs à faible perte a été réalisée respectivement pour l'AAAC et l'ACSR, et l'ACSR à faible perte a été proposé en insistant sur le fait qu'il est plus avantageux en termes de coût de cycle de vie et de réduction de CO<sub>2</sub>, et qu'il permet également de diminuer les risques de sectionnement.

Il est jugé nécessaire, à l'aide des explications techniques suivantes, de séduire les homologues (ingénieurs) des autres pays dans une situation similaire avec le fait que la supériorité du conducteur ACSR à faible perte adopté au Japon, qui permet de réduire les pertes de près de 20 % par rapport à l'AAAC d'un même diamètre, est la caractéristique même de l'ACSR.

- Pour ce qui est de la réduction des pertes de l'AAAC, la méthode de densification de l'aluminium dans un même diamètre extérieur, en mettant au point les formes des fils, est identique à celle de l'ACSR à faible perte, mais l'obtention de la résistance à la traction avec seulement des conducteurs en aluminium passe inévitablement par l'emploi d'un alliage permettant d'assurer la résistance, et l'utilisation de l'aluminium qui a une très faible résistance électrique pose des difficultés.
- Par contre, en ce qui concerne l'ACSR, étant donné que la résistance et la conductivité sont réparties entre l'acier et l'aluminium, que l'âme en acier a recours à un conducteur en acier très résistant<sup>1</sup> développé au Japon, que la section transversale de l'âme est réduite (augmentation de la partie en aluminium pour un même diamètre extérieur), et que l'aluminium n'offre pas de résistance, il est possible d'utiliser des matériaux ayant une très faible résistance électrique et d'avoir une conception optimale en termes de densification et en tant que conducteur à faible perte avec une forme trapézoïdale.

---

<sup>1</sup>La résistance à la traction du conducteur en acier très résistant (Ultra-High Strength Galvanized, UGS) est de 1960 MPa, et celle du conducteur en acier (GSW) de l'ACSR conventionnel est de 1320 MPa.

- En outre, en ce qui concerne cette gamme de conducteurs à faible perte, il existe au Japon plusieurs fabricants ayant plus de 20 années d'expérience dans leur activité et des livraisons de plus de 20 000 km de câble à leur actif.

## (2) Adoption des conducteurs à capacité accrue

Comme décrit indiqué au Chapitre 7 Examen des projets candidats à une coopération, s'agissant de la ligne de transport établie de 225 kV Taabo-Kossou, la capacité de transport (valeur de courant) n'est que de 75 % (630 A) par rapport à la norme actuelle (840 A), et l'augmentation de la capacité en réinstallant la ligne de transport actuelle afin d'améliorer le facteur de capacité de la nouvelle ligne de transport posera problème à l'avenir.

Par contre, il y a de nombreuses lignes de transport en surcharge parmi les lignes de transport actuelles de 90 kV, et, en particulier, en ce qui concerne le Grand Abidjan, la nécessité et l'urgence de renforcement de l'équipement sont de plus en plus élevées, mais la construction de nouvelles lignes de transport en zone urbaine étant compliquée et prenant beaucoup de temps, il est jugé que la mesure consistant à accroître la capacité en réinstallant la ligne est la mieux adaptée.

Cependant, eu égard à la réinstallation avec des conducteurs plus épais ayant une grande capacité de transport, compte tenu de l'augmentation du poids du conducteur, il est nécessaire de remplacer les pylônes ou de renforcer considérablement les pylônes, ce qui pose souvent des difficultés de mise en œuvre.

Étant donné que le conducteur en alliage d'aluminium à haute résistance à la chaleur avec âme en invar (après dénommé « conducteur d'invar ») est un conducteur permettant d'accroître l'intensité de courant électrique sans augmenter le poids du conducteur, celui-ci a fait l'objet d'une évaluation également dans le cas de son adoption sur la ligne de transport actuelle de 90 kV.

À l'instar de la proposition de réinstallation de la ligne de transport actuelle de 225 kV Taabo-Kossou, le conducteur en alliage d'aluminium à haute résistance à la chaleur avec une âme d'invar (Super Thermal-resistant Aluminium alloy Conductor Invar Reinforced, ci-après ZTACIR), l'un des conducteurs d'invar, fait ici l'objet d'une évaluation.

### 1) Évaluation lors de l'adoption sur les lignes de transport actuelles de 90 kV

Les conducteurs AAAC366-AL4 ou AAAC570 -AL4 sont la base de comparaison s'agissant de la capacité, et le conducteur AAAC228-AL4 est la base de comparaison concernant le diamètre extérieur, et le conducteur ZTACIR, qui est capable de transporter la quantité de courant des conducteurs de référence, et dont le diamètre extérieur - qui a un impact considérable sur la conception du pylône - est le même que le conducteur de référence, a été retenu et fait l'objet d'une comparaison d'un point de vue économique et des caractéristiques physiques.

#### (a) Conditions de sélection

- Capacité de transport de courant en temps normal pour l'exploitation :  
481A ou plus (AAAC228), et [641A (AAAC366) ou 846A (AAAC570)]
- Diamètre extérieur du conducteur : 19,6 mm

#### (b) Comparaison de forme et de structure

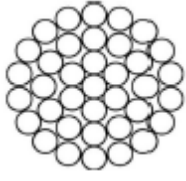
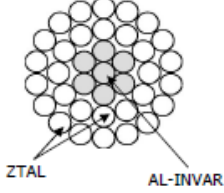
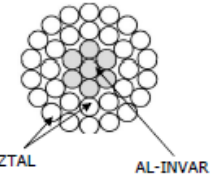
Des conducteurs répondant aux conditions requises ont été choisis dans les catalogues des fabricants, puis leurs capacités de transport de courant ainsi que leurs formes et structures respectives ont été comparées. Le résultat est indiqué au Tableau 8.1.

La capacité de transport de courant du conducteur ZTACIR (supposant que la température de fonctionnement est dépendante de chaque type de fil) est égale ou supérieure à 840A sur le conducteur



de référence, et le diamètre extérieur du conducteur actuel est égal ou inférieur à 24,9 mm. Par ailleurs, il est difficile de considérer que c'est la taille optimale qui a été sélectionnée, mais c'est celle qui a été choisie comme objet de comparaison, car ses données sont disponibles à l'heure actuelle.

Tableau 8.1 Comparaison des conducteurs sélectionnés : capacité de transport de courant, forme et structure (augmentation de la capacité)

Conducteur	AAAC 228-AL4	ZTACIR 160	ZTACIR 120
Courant de service continu (A)	422 à 75°C 522 à 90°C	376 à 75°C 841 à 210°C	323 à 75°C 714 à 210°C
Courant de courte durée admissible (total 400 heures) (A)	576 à 100°C	906 à 240°C	768 à 240°C
Diamètre du conducteur (mm)	19,6	18,2	16,1
Section			
Structure (mm-Nos.)	AL:2.80-18,12,6,1	ZTAL:2.60-18,12 AL-Invar:2.60-7	ZTAL:2.30-18,12 AL-Invar:2.30-7
Section transversale (mm <sup>2</sup> )	Al:227.8	ZTAl:159.3 AL-Invar:37.16	ZTAl:124.7 AL-Invar:29.09

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

### (c) Comparaison et évaluation des caractéristiques physiques

La comparaison des caractéristiques physiques est indiquée au Tableau 8.2. Le poids, avec le conducteur ZTACIR 160, est supérieur de 13 % par comparaison à celui avec le conducteur de référence, mais s'agissant de l'impact (supposant une longueur de portée de 300 m (distance entre pylônes) sur la résistance des pylônes actuels, en raison de cette augmentation de poids suivant la tolérance des éléments des pylônes, la résistance pourrait s'avérer insuffisante. En revanche, étant donné qu'un conducteur ZTACIR 120 représente un allègement de 12 %, il est jugé que celui-ci n'a pas d'impact sur la résistance des pylônes actuels pour ce qui est du poids. Cependant, étant donné que sa résistance à la traction est faible, dans le cas où la tension de référence serait également réduite, l'influence sur la flèche serait d'environ 9 m par rapport aux 7 m du conducteur de référence, avec une portée de 300 m.

Tableau 8.2 Comparaison des conducteurs sélectionnés : caractéristiques physiques

Conducteur	AAAC 228-AL4	ZTACIR 160	ZTACIR 120
Poids (kg/km)	627,6 (100 %)	707 (113 %)	553 (88 %)
Résistance minimum à la rupture (kN)	74	62	49,0
Module d'élasticité (GPa)	57	79	79
Coefficient d'expansion linéaire ( $\times 10^{-6}$ )	23,0	16,0	16,0
Flèche et tension* (m) *stress quotidien 20%	6,937 (9981 N)	9,471 (8231 N)	10,062 (6066 N)
Résistance CC à 20°C ( $\Omega/\text{km}$ )	0,1460 (100 %)	0,1750 (120 %)	0,2250 (154 %)

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA

#### (d) Économie (coût des travaux de ligne de transport)

Pour ce qui est du prix des matériaux des conducteurs, pour un diamètre identique, le conducteur ZTACIR est environ 4 fois (estimation) plus cher que le conducteur de référence, et, pour un diamètre plus petit, il est supposé que le prix sera légèrement plus bas, mais son prix reste plus élevé que celui du conducteur de référence. Dans le cas de l'adoption du conducteur ZTACIR, bien que ce soit principalement le prix des matériaux qui augmente, eu égard au coût des travaux de la ligne de transport, il est estimé que le coût des travaux d'ensemble de réinstallation des conducteurs serait d'environ 14 % du coût des travaux d'ensemble de remplacement avec un conducteur standard (y compris le démantèlement de l'installation actuelle).

Au cas où des questions de conception n'autoriseraient pas un abaissement (environ 3 m) de distance au sol conséquent à l'adoption du ZTACIR, il faudra sensiblement rehausser les pylônes ou renforcer la tension des pylônes de suspension pour relever les points de support des lignes, avec la possibilité que ceci accroisse encore le coût d'ensemble des travaux. Toutefois, la présente évaluation ne considère pas les conditions restrictives de distance au sol, les données détaillées et tolérances de la résistance de calcul des pylônes standard, etc., car leur approche n'est pas claire.

En outre, à 210° C de température admissible en continu, la capacité de transport de courant du ZTACIR 160 ici comparé est équivalente à celle de l'AAAS570 (846 A), et la capacité de transport du ZTACIR 120 est supérieure d'environ 12 % à celle de l'AAAC366 (640 A), ce qui donne la possibilité de réduire le diamètre extérieur et le poids du câble grâce à une conception optimale en adéquation avec la température de fonctionnement en Côte d'Ivoire et la capacité de transport nécessaire, avec à la clé une réduction du coût et de l'impact sur la conception des pylônes. Ce point n'a toutefois pas été pris en considération dans le présent examen.

#### (3) Autres recommandations

Au cours de réunions techniques avec CI-ENERGIES, des propositions ont été faites concernant la réduction des coûts en ayant recours à un transformateur à 3 enroulements (225/33/15 kV), l'adoption d'un régulateur de tension en tant que mesure visant à réduire la tension de la ligne de distribution de longue distance, l'adoption de stabilisateurs de réseau en tant que mesures autres que la réinstallation de conducteurs à capacité accrue, afin d'accroître le flux de puissance de la ligne de transport actuelle Taabo-Kossou dont la capacité de transport est faible.

Ceci dit, à travers la présente étude, les technologies japonaises de pointe dans le domaine du transport d'électricité, de la transformation, de la distribution, de l'exploitation de réseau, et la planification des

installations qui pourraient être adoptées en Côte d'Ivoire, à l'avenir, et les recommandations susceptibles de résoudre entièrement ou partiellement les défis techniques auxquels sera confronté prochainement le secteur énergétique ivoirien sont indiquées au Tableau 8.3.

Tableau 8.3 Technologies japonaises susceptibles d'être adoptées en Côte d'Ivoire

Rubriques (cibles)	Technologies d'application	Avantages / Nécessité	Forme de coopération
<u>Construction d'une nouvelle ligne de transport</u> Importante ligne de transport ayant un fort facteur de capacité	Conducteur à faible perte	Le conducteur en aluminium avec une âme en acier à faible perte a un effet de réduction de perte d'environ 20 % par rapport au conducteur en aluminium de même diamètre utilisé habituellement en Côte d'Ivoire. Celui-ci entraîne une augmentation du prix unitaire du conducteur et une augmentation du coût des pylônes, mais améliore l'effet économique en termes de cycle de vie.	Prêt d'APD Don
<u>Capacité accrue des lignes de transport</u> Ligne de transport en surcharge	Conducteur à capacité accrue	Il permet d'accroître la capacité de transport d'électricité par le biais d'une réinstallation avec un conducteur à capacité accrue, sans avoir à remplacer les pylônes des lignes de transport en surcharge.	Prêt d'APD Don
<u>Construction de nouveau poste / réparation de poste</u> Poste urbain / côtier	GIS de type extérieur	Lorsque l'acquisition de terrains en zone urbaine pose des défis, lorsque le coût des terrains est élevé, ou lorsqu'il est nécessaire d'assurer plus d'espace pour de nouvelles constructions ou le renforcement de la tension en remettant en état des postes établis, son adoption représente des avantages par rapport à l'appareillage de commutation de type à isolation dans l'air notamment dans des régions exposées aux dommages dus au sel. Il est nécessaire de comparer l'économie générale avec les autres mesures, en raison de l'augmentation du coût.	Prêt d'APD Don
<u>Introduction de réseaux de transport d'électricité souterrains</u> Renforcement des lignes de transport de la ville d'Abidjan	Câbles souterrains de 225 kV, 90 kV	Les technologies du transport d'électricité souterrain dans les réseaux principaux qui bénéficient d'un bilan éloquent au cours de leurs longues années d'application au Japon sont adoptées dans les zones dans lesquelles la construction de nouvelles lignes de transport aériennes pose des problèmes du point de vue de l'acquisition de terrain et des considérations sociales, notamment dans les villes.	Prêt d'APD Don
<u>Renforcement de l'équipement de distribution électrique</u> Ligne de distribution ayant un faible facteur de capacité	Transformateur de distribution à faible perte	Afin de réduire les pertes sur les réseaux de distribution d'électricité, des transformateurs de distribution amorphes, dont la perte à vide dans les matériaux de l'âme en acier du transformateur est faible, sont adoptés. Les effets de leur adoption lors du changement de 15 kV en 20 kV à Abidjan et pour l'électrification rurale ayant un flux de puissance comparativement faible sont considérables.	Prêt d'APD Don
<u>Ajustement et maintenance de la tension de distribution</u> Ligne de distribution de longue distance	Régulateur de tension de distribution	Compte tenu de la baisse importante de tension lorsque la longueur de transport avoisine les 20 km dans l'électrification rurale avec une ligne de transport de 33 kV, et dans les zones de demande de plages horaires à flux de puissance élevé, des technologies d'ajustement de tension, y compris l'utilisation efficace d'un régulateur de tension (SVR) pour ligne de distribution, sont nécessaires.	Coopération technique
<u>Mise en souterrain des lignes de distribution</u> Planification de la mise en souterrain de toutes les lignes de distribution de la ville d'Abidjan	Système de gestion des équipements souterrains	Afin de poursuivre la mise en souterrain de toutes les lignes de distribution d'électricité dans la ville d'Abidjan, des méthodes de gestion et de coordination centralisées parmi les parties concernées à l'aide d'un système de cartographie, comme celui utilisé au Japon, sont nécessaires pour assurer des installations cohérentes avec les autres objets ensevelis.	Coopération technique

<p><u>Gestionnaires de réseau</u> <u>Développement des ressources humaines</u> Progression rapide du renforcement du réseau</p>	<p>Formation à l'exploitation de réseau Stabilisateur de réseau</p>	<p>Le renforcement du réseau progresse, mais il est supposé que les problèmes liés à l'exploitation du réseau électrique, y compris la répartition inégale des sources d'électricité, l'augmentation des échanges énergétiques avec les pays voisins, les interconnexions avec les centrales photovoltaïques de grande envergure, etc. iront en augmentant. Il est nécessaire d'introduire des stabilisateurs de réseau adaptés aux changements des conditions de configuration et d'exploitation des réseaux dans un contexte difficile concernant la formation des opérateurs de réseau et la prise en charge par le personnel.</p>	<p>Coopération technique</p>
<p><u>Énergies renouvelables</u> Interconnexion de réseaux d'installations de développement à grande échelle</p>	<p>Installations de stockage d'électricité / système d'exploitation</p>	<p>Des ajustements, à l'aide d'installations de stockage d'électricité à grande échelle, de l'offre et de la demande, des méthodes de contrôle des ressources énergétiques, qui posent problème au niveau de l'interconnexion de réseaux de grande envergure de sources d'énergies renouvelables subissant de plein fouet les changements climatiques, ainsi que des aménagements institutionnels connexes, sont nécessaires.</p>	<p>Prêt d'APD Don Coopération technique</p>
<p><u>Planification des installations</u> Rationalisation et optimisation des activités</p>	<p>Maintenance des conditions préalables et des règles du plan</p>	<p>Étant donné que les plans de renforcement d'équipement, y compris la construction de nouveaux postes, sont trop nombreux compte tenu de l'étendue du réseau électrique, il faut aménager les règles de planification de travail nécessaires à la planification optimale, et créer une gestion des biens nécessaires à la formulation des plans de remise en état des installations vétustes.</p>	<p>Coopération technique</p>

Source : Préparé par la mission d'étude de la JICA