

PROJET BLUE

Solution de Paiement pour le Transport Urbain en Côte d'Ivoire



Design validé du TPE Blue — Maquette officielle

CHAPITRE 5

Conception Technique du Système

Responsable : Kéké Axelle

5.1 Présentation du TPE et des Tags

Le TPE Blue (Terminal de Paiement Électronique) est un dispositif électronique compact conçu spécifiquement pour les véhicules de transport en commun urbain en Côte d'Ivoire. Il constitue le cœur matériel du système Blue, permettant aux passagers de régler leur trajet sans utiliser d'argent liquide, via leur carte Blue ou leur téléphone mobile.

5.1.1 Présentation générale du TPE

Format et dimensions

Après étude approfondie des contraintes d'installation dans les véhicules et des exigences liées aux composants électroniques intégrés, les dimensions retenues sont les suivantes :

Dimension	Valeur	Justification technique
Largeur	7 cm	Écran 3.5" (55mm) + marges boîtier (7mm × 2)
Hauteur	11 cm	Écran + zone logo BLUE + LED + marges
Épaisseur	2 cm	Empilement : boîtier + écran + PCB + batterie
Poids estimé	< 180 g	Boîtier plastique ABS + composants intégrés

Ces dimensions placent le TPE Blue dans la même gamme que les terminaux utilisés par Orange Money CI et Moov Money, garantissant une ergonomie éprouvée sur le marché local.

Positionnement dans le véhicule

Le TPE est fixé sur le tableau de bord du véhicule via une base clip magnétique. Ce positionnement garantit une visibilité optimale pour le passager sans gêner la conduite. Il est compatible avec les véhicules courants du parc ivoirien : Peugeot 301, Toyota Corolla, Chevrolet Aveo.



Fig. 5.1 — TPE Blue en situation réelle dans un taxi Peugeot à Abidjan

5.1.2 Les Tags / Carte Blue

La carte Blue est le support d'identification du passager. Elle fonctionne comme une carte prépayée rechargeable, lisible par le TPE via la technologie NFC.

Caractéristique	Valeur	Détail
Format	ISO/IEC 7816	Standard carte bancaire universelle
Technologie	NFC / RFID	Fréquence 13.56 MHz
Distance lecture	0 — 4 cm	Contact ou quasi-contact
Identifiant	UID unique 7 octets	Lié au compte Blue du passager
Recharge	Mobile Money	Orange Money, MTN MoMo, Wave, Moov

En l'absence de carte physique, le passager peut également utiliser son smartphone compatible NFC comme support de paiement, via l'application mobile Blue.

5.2 Choix des Matériaux

5.2.1 Boîtier extérieur

Le boîtier du TPE Blue est fabriqué en plastique ABS (Acrylonitrile Butadiène Styène), le matériau de référence pour les terminaux de paiement dans le monde entier.

Matériau	Zone d'application	Avantage clé
ABS renforcé (mat noir)	Boîtier principal	Résistant aux chocs, léger, bon marché
Polycarbonate	Vitre écran	Résistance aux rayures, clarté optique
Caoutchouc TPE	Gaine câble 12V	Souplesse, résistance chaleur voiture
Aluminium anodisé	Bouton HIDE latéral	Durabilité, toucher premium
Néodyme (aimant)	Base clip magnétique	Fixation forte, démontable facilement
FR4 (epoxy)	Circuit imprimé PCB	Standard industrie électronique

5.2.2 Justification des choix

- L'**ABS** est choisi pour sa résistance à la chaleur (important dans les voitures sous le soleil d'Abidjan), sa légèreté et son faible coût de fabrication par moulage injection.
- Le **polycarbonate** de la vitre protège l'écran tactile des rayures et de la poussière, fréquentes dans le contexte transport.
- La **gaine caoutchouc** du câble 12V résiste aux températures élevées habituelles dans l'habitacle d'un véhicule exposé au soleil.
- La **base magnétique néodyme** permet une installation et un retrait rapide du TPE sans outils, tout en maintenant une fixation sécurisée pendant la conduite.

5.3 Fonctionnement Global

5.3.1 Architecture générale du système

Le système Blue repose sur une architecture en trois couches communicant en temps réel via le réseau mobile (4G/3G) fourni par la puce SIM intégrée dans le TPE :

COUCHE	COMPOSANT	RÔLE
Terrain	TPE Blue + Carte Blue	Interface physique passager/chauffeur
Réseau	Puce SIM (Orange CI / MTN)	Transmission sécurisée des données de paiement
Serveur	Plateforme Blue (cloud)	Traitement transactions, gestion comptes, statistiques

5.3.2 Flux d'un paiement standard

1	Le passager monte dans le véhicule Le TPE affiche le tarif en cours (ex. 200 FCFA) sur l'écran tactile.
2	Le passager choisit son mode de paiement Il peut scanner le QR Code affiché sur l'écran via son application Blue, ou approcher sa carte/téléphone NFC sur le bord du TPE.
3	Lecture et vérification Le module NFC (PN532) ou la caméra QR (GM65) capture l'identifiant. Le STM32 envoie une requête de débit via le SIM7600 au serveur Blue.
4	Confirmation serveur Le serveur vérifie le solde, débite le compte et renvoie une confirmation en moins de 2 secondes.
5	Confirmation visuelle et sonore L'écran affiche 'PAIEMENT OK ✓ 200 FCFA'. La LED verte s'allume. Un bip sonore confirme la transaction au chauffeur et au passager.

5.3.3 Fonctionnement hors connexion

En cas d'absence temporaire de réseau mobile, le STM32 stocke les transactions dans la mémoire flash locale (jusqu'à 500 transactions). Dès que la connexion est rétablie, les données sont synchronisées automatiquement avec le serveur Blue, garantissant l'intégrité financière du système.

5.4 Description des Fonctionnalités Principales



Fig. 5.2 — Interface du TPE Blue : vues principale, profil, slot SIM et situation

5.4.1 ① Scanner QR Code — Paiement passager

Le passager ouvre l'application Blue sur son smartphone et affiche son QR Code de paiement. Le TPE scanne ce code via sa caméra intégrée (module GM65). Le QR Code est dynamique (à usage unique, valable 60 secondes) pour éviter toute fraude par capture d'écran.

- QR Code dynamique régénéré toutes les 60 secondes
- Lecture en moins d'une seconde même en faible luminosité
- Confirmation instantanée sur l'écran du TPE et dans l'app passager

5.4.2 ② Payer par NFC — Sans contact

Le passager approche sa carte Blue ou son smartphone NFC à moins de 4 cm du bord du TPE. Le module PN532 lit l'identifiant unique (UID) de la carte et déclenche le processus de paiement automatiquement, sans manipulation supplémentaire.

- Compatible cartes NFC et téléphones (Android NFC, HCE)
- Distance de lecture : 0 à 4 cm
- Transaction complète en moins de 2 secondes

5.4.3 ③ Rendre la Monnaie — Sans cash

Fonctionnalité innovante et exclusive au TPE Blue : si le passager a payé un montant supérieur au tarif, le chauffeur peut lui rendre la monnaie directement en crédit Blue, sans avoir besoin d'argent liquide. Le processus est le suivant :

- Le chauffeur appuie sur ③ **MONNAIE** sur l'écran tactile.
- Un pavé numérique apparaît — le chauffeur saisit le montant à rendre (ex. 300 FCFA).
- Un QR Code orange s'affiche sur l'écran du TPE.
- Le passager scanne ce QR Code via son application Blue.
- Le montant est crédité instantanément sur le compte Blue du passager.
- Confirmation visuelle sur le TPE et notification push dans l'application.

5.4.4 ④ Mes Statistiques — Tableau de bord chauffeur

Via la connexion permanente assurée par la puce SIM, le chauffeur accède en temps réel à ses données d'activité du jour, synchronisées avec le serveur Blue :

Indicateur	Description	Utilité
Gains du jour (FCFA)	Total des paiements encaissés	Suivi des recettes en temps réel
Nombre de transactions	Nombre de courses payées via Blue	Mesure de l'activité
Monnaie rendue (FCFA)	Total des remboursements effectués	Contrôle des flux sortants
Moyenne par course	Gain moyen par transaction	Analyse de rentabilité
Graphique horaire	Activité par tranche d'heure	Identifier les heures de pointe

5.4.5 Bouton HIDE — Confidentialité du montant

Un bouton physique discret est intégré sur la tranche droite du boîtier. Lorsqu'il est pressé, le montant affiché (ex. 200 FCFA) est masqué et remplacé par '--- FCFA'. Cette fonctionnalité protège la confidentialité des transactions dans les situations où le chauffeur ne souhaite pas que des tiers extérieurs voient les montants.

5.5 Schéma de Conception Technique

5.5.1 Composants électroniques du TPE

Composant	Modèle retenu	Rôle dans le système
Microcontrôleur	STM32F4 series	Cerveau du TPE — gestion de tous les modules
Module SIM / 4G	SIM7600E	Connexion réseau mobile — envoi/réception données
Module NFC	PN532	Lecture cartes Blue et smartphones sans contact
Caméra QR Code	GM65 Scanner	Lecture rapide des QR Codes passagers
Écran tactile	LCD TFT 3.5" ILI9488	Interface utilisateur tactile, rétroéclairage vert
Convertisseur 12V	Buck DC-DC LM2596	Alimentation depuis batterie voiture (12V → 5V)
Batterie secours	LiPo 3.7V 1000mAh	Autonomie courte si moteur coupé
Chip sécurité	SE050 (NXP)	Chiffrement AES-128 des données de paiement
Mémoire flash	W25Q64 (8MB)	Stockage transactions hors ligne
Buzzer	MLT-8530 passif	Signal sonore de confirmation paiement
LEDs status	3× LEDs CMS 3mm	Vert=OK / Orange=En cours / Rouge=Erreur

5.5.2 Schéma de connexion des modules

Le microcontrôleur STM32 est la pièce centrale du circuit. Voici comment les différents modules lui sont connectés :

MODULE	INTERFACE	PROTOCOLE	VITESSE
Écran TFT 3.5"	SPI	SPI1	40 MHz
Module NFC PN532	I2C / SPI	I2C1	400 kHz
Module SIM7600	UART	USART2	115200 bps
Caméra QR GM65	UART	USART3	9600 bps
Chip sécu SE050	I2C	I2C2	400 kHz
Mémoire Flash	SPI	SPI2	80 MHz
Buzzer + LEDs	GPIO	GPIO Direct	—

5.5.3 Sécurité et protection des données

La sécurité est une priorité absolue dans un système de paiement. Le TPE Blue intègre plusieurs niveaux de protection :

- **Chiffrement AES-128** — Toutes les données de transaction sont chiffrées avant transmission via le chip SE050 (NXP), standard utilisé par les banques mondiales.
- **QR Code dynamique** — Chaque QR Code est unique, à usage unique, et expire après 60 secondes, rendant toute capture frauduleuse inutilisable.
- **Authentification SIM** — La puce SIM identifie le TPE de manière unique sur le réseau — un TPE non enregistré ne peut pas accéder au serveur Blue.
- **Stockage sécurisé** — Les clés de chiffrement sont stockées dans le chip SE050 et ne transitent jamais en clair sur le PCB.
- **Code PIN chauffeur** — Le chauffeur s'authentifie par code PIN à l'activation du TPE, empêchant toute utilisation non autorisée du terminal.

Le TPE Blue est conçu pour être un outil robuste, sécurisé et adapté aux réalités du terrain ivoirien — résistant à la chaleur, connecté en permanence via le réseau mobile, et suffisamment simple pour être utilisé par tout conducteur sans formation technique particulière.