

DOI: <https://doi.org/10.61841/0e9kty03>

Publication URL: <https://jarcese.com/index.php/CSE/article/view/14>

CONCEPTION ET ÉVALUATION D'UN SYSTÈME OFFLINE-FIRST POUR LES SERVICES PUBLICS EN ENVIRONNEMENT À CONNECTIVITÉ VARIABLE : CAS DE LA REGIDESO KISANGANI

DESIGN AND EVALUATION OF AN OFFLINE-FIRST SYSTEM FOR PUBLIC SERVICES IN VARIABLE CONNECTIVITY ENVIRONMENTS: THE CASE OF REGIDESO KISANGANI

¹Jojo KPULUA MIKAKA

¹Génie Informatique, Université d'Ikela, Tshuapa, RDC

Corresponding Author:

To Cite This Article: DESIGN AND EVALUATION OF AN OFFLINE-FIRST SYSTEM FOR PUBLIC SERVICES IN VARIABLE CONNECTIVITY ENVIRONMENTS: THE CASE OF REGIDESO KISANGANI. (2026). Journal of Advance Research in Computer Science & Engineering (ISSN 2456-3552), 11(1), 27-32. <https://doi.org/10.61841/0e9kty03>

RÉSUMÉ

Dans les pays en développement, l'instabilité de la connectivité internet constitue un obstacle majeur à la digitalisation des services publics. Les applications conçues pour un fonctionnement permanent en ligne deviennent inopérantes dès que le réseau est défaillant. Cet article propose une approche offline-first pour les agents de terrain des services publics. À travers le cas de la REGIDESO Kisangani, nous décrivons la conception et l'évaluation d'un système de relevé mobile des compteurs fonctionnant hors ligne. L'application mobile (développée avec Flutter) permet aux agents de saisir les index même sans connexion, de les stocker localement (SQLite), et de les synchroniser automatiquement dès que le réseau est rétabli. Les résultats du déploiement pilote montrent une réduction du temps de traitement de 7 à 10 jours à moins de 24 heures, une élimination complète des supports papier, et une fiabilité des données en mode hors ligne. L'article conclut que l'approche offline-first est une nécessité pour la digitalisation des services publics en Afrique.

MOTS-CLÉS: *Offline-first, mode hors ligne, synchronisation, application mobile, services publics, RDC, REGIDESO, résilience numérique.*

ABSTRACT

In developing countries, the instability of internet connectivity constitutes a major obstacle to the digitalization of public services. Applications designed for permanent online operation become inoperative as soon as the network fails. This article proposes an offline-first approach for field agents of public services. Through the case study of REGIDESO Kisangani, we describe the design and evaluation of a mobile meter reading system that operates offline. The mobile application (developed with Flutter) allows agents to record meter readings even without connectivity, store them locally (SQLite), and synchronize them automatically as soon as the network is restored. Results from the pilot deployment show a reduction in processing time from 7–10 days to less than 24 hours, a complete elimination of paper-based media, and data reliability in offline mode. The article concludes that the offline-first approach is a necessity for the digitalization of public services in Africa.

KEYWORDS: *Offline-first, offline mode, synchronization, mobile application, public services, DRC, REGIDESO, digital resilience.*

INTRODUCTION

La transformation numérique des services publics est devenue un impératif stratégique à l'échelle mondiale [1]. En Afrique, cette dynamique s'accélère, portée par l'essor des technologies mobiles et des services financiers numériques [2]. Cependant, la digitalisation se heurte à des contraintes structurelles, notamment l'instabilité de la connectivité internet. En République Démocratique du Congo (RDC), plus de 70 % des zones rurales ne sont toujours pas connectées à Internet, et le pays affiche l'un des taux de pénétration les plus faibles d'Afrique [3].

Cette réalité pose un défi majeur aux concepteurs de systèmes d'information pour les services publics. Les applications qui nécessitent une connexion permanente deviennent inopérantes dès que le réseau est interrompu [4]. Or, les coupures réseau sont fréquentes en RDC, notamment dans les zones périurbaines et rurales où les infrastructures électriques et de télécommunication sont fragiles [5]. Les agents de terrain, chargés de collecter des données (relevés de compteurs, enquêtes, etc.), se retrouvent souvent hors réseau pendant leurs tournées [6].

Face à ce constat, le paradigme offline-first (ou « hors ligne d'abord ») gagne en pertinence. Ce principe de conception stipule que l'application doit fonctionner même sans connexion, et que la synchronisation avec le serveur central se fait automatiquement dès que le réseau est disponible [7]. Cette approche est particulièrement adaptée aux services publics en Afrique, où la connectivité est variable et imprévisible [2].

Cet article présente la conception et l'évaluation d'un système offline-first pour la REGIDESO Kisangani, une entreprise publique de distribution d'eau. L'objectif est de démontrer que le mode hors ligne est non seulement possible, mais essentiel pour la digitalisation des services publics en contexte de connectivité variable.

PROBLÉMATIQUE : LA CONNECTIVITÉ VARIABLE COMME OBSTACLE À LA DIGITALISATION

L'INSTABILITÉ DU RÉSEAU EN RDC

La RDC souffre d'un manque d'infrastructures adéquates, notamment dans les zones rurales et périurbaines. Selon [3], seuls 17,6 % de la population congolaise ont accès à Internet, un taux parmi les plus bas du continent. Le pays ne dispose pas encore d'un réseau dorsal de fibre optique national capable de distribuer la connectivité haut débit de manière rentable. Ce déficit numérique constitue un frein majeur à la modernisation des services publics [8].

Dans les zones périurbaines et rurales, les connexions sont lentes et peu fiables. Les agents de terrain (recouvreurs, techniciens) sont souvent hors réseau pendant leurs tournées [6]. Les infrastructures électriques étant elles-mêmes instables, les points d'accès Wi-Fi ou 4G sont intermittents. Comme le souligne [5], la conception de systèmes d'information dans de tels environnements doit intégrer cette contrainte comme une donnée fondamentale, et non comme un cas exceptionnel.

CONSÉQUENCES POUR LES APPLICATIONS MÉTIER

Une application qui nécessite une connexion permanente devient un goulot d'étranglement : dès que le réseau tombe, le service s'arrête [4]. Les données collectées sur le terrain (relevés, paiements) ne peuvent pas être enregistrées, ou sont perdues. La productivité des agents diminue, et la qualité du service se dégrade. Les usagers, qui attendent des services fiables, perdent confiance [9].

LES LIMITES DES APPROCHES TRADITIONNELLES

Les approches traditionnelles pour pallier l'absence de réseau sont :

- Travailler sur papier, puis ressaisir les données plus tard : cette méthode génère une double saisie, source d'erreurs et de pertes de temps [6].
- Attendre d'avoir une connexion pour saisir les données : l'agent perd un temps précieux et la productivité diminue.
- Utiliser des carnets de terrain non numériques : absence de traçabilité, risques de perte.

Ces approches génèrent des inefficacités, des erreurs et des délais qui compromettent la performance des services publics.

SOLUTION PROPOSÉE : UN SYSTÈME OFFLINE-FIRST

PRINCIPES DE CONCEPTION

Le système a été conçu selon les principes suivants, inspirés des bonnes pratiques du développement mobile et des systèmes distribués [5][7][10] :

- **Offline-first** : l'application mobile fonctionne sans connexion, et le mode hors ligne est considéré comme le mode nominal ;
- **Stockage local** : les données sont sauvegardées dans une base locale SQLite, garantissant leur persistance ;
- **Synchronisation automatique** : dès que la connexion est rétablie, les données sont synchronisées avec l'API de l'agence ;
- **Gestion de conflits** : en cas de modification concurrente, des règles (timestamp, priorité) résolvent les conflits ;
- **Interface intuitive** : l'agent doit pouvoir utiliser l'application sans formation approfondie, pour maximiser la facilité d'utilisation perçue [11].

ARCHITECTURE TECHNIQUE

L'architecture du système repose sur une structure distribuée, détaillée dans [12]. La figure 1 présente l'architecture simplifiée du système offline-first.

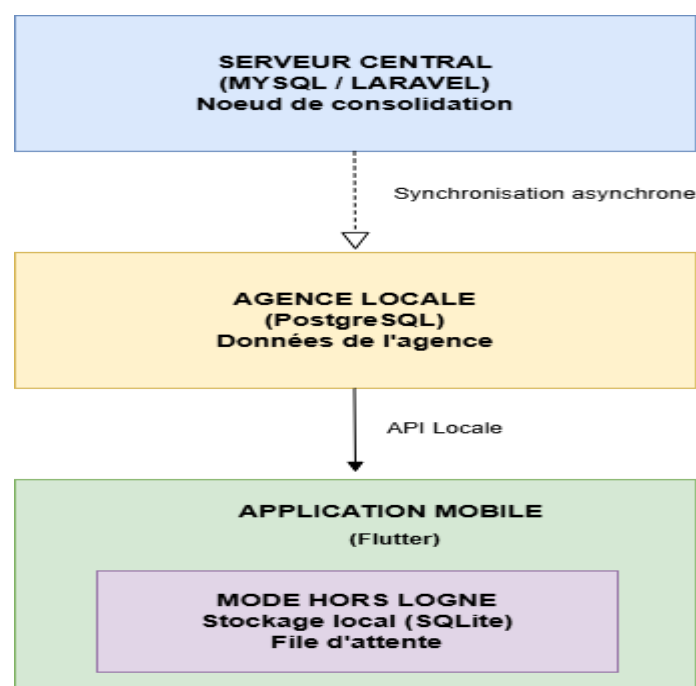


Figure 1: Architecture du système offline-first

FONCTIONNEMENT DU MODE HORS LIGNE

Le système distingue trois scénarios d'utilisation :

SCÉNARIO 1: L'AGENT EST EN LIGNE

- L'agent se connecte à l'application.
- L'application récupère la liste des compteurs à relever (via l'API de l'agence).
- L'agent saisit les index, prend éventuellement une photo.
- Les données sont envoyées immédiatement à l'API et enregistrées dans la base locale.

SCÉNARIO 2: L'AGENT EST HORS LIGNE

- L'agent lance l'application.
- L'application détecte l'absence de connexion (indicateur visuel affiché).
- L'agent saisit les index normalement.
- Les données sont stockées dans une table SQLite (relevés_hors_ligne).
- Le système affiche le nombre de relevés en attente de synchronisation.

SCÉNARIO 3: RETOUR DE LA CONNEXION

- Le SyncManager (gestionnaire de synchronisation) détecte le retour de la connexion.
- Il envoie automatiquement les relevés stockés via l'API /api/v1/relevés/sync.
- En cas de succès, les relevés sont marqués comme synchronisés.
- En cas d'échec (timeout, erreur serveur), les relevés restent dans la file d'attente.
- Une notification informe l'agent du résultat de la synchronisation.

GESTION DES CONFLITS

Dans une architecture avec synchronisation asynchrone, des conflits peuvent survenir [10]. Le système applique les règles suivantes :

TYPE DE CONFLIT	RÈGLE DE RÉOLUTION
Mise à jour concurrente d'un même abonné	La version la plus récente (timestamp) est conservée
Relevé déjà synchronisé	L'API vérifie et marque le relevé comme « déjà synchronisé »
Paieement enregistré localement puis modifié	La version locale est prioritaire (source de vérité)
Suppression d'un abonné	Archivage central (pas de suppression définitive)

MÉTHODOLOGIE

APPROCHE DE RECHERCHE

Cette recherche adopte une philosophie positiviste, considérant qu'il existe une réalité objective mesurable [13]. L'étude suit une approche déductive : à partir de la littérature et d'hypothèses clairement formulées, nous avons collecté des données quantitatives et qualitatives pour les confirmer ou les infirmer [14]. Il s'agit d'une étude de cas appliquée [15] portant sur la REGIDESO Kisangani.

COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données a été réalisée entre janvier et mars 2026 à la Direction provinciale de la REGIDESO Kisangani et dans l'agence de Makiso 2.

SOURCES PRIMAIRES (TERRAIN):

- Entretiens semi-directifs : menés auprès de 5 acteurs clés (2 agents recouvreurs, 1 caissier, 1 chef d'agence, 1 responsable de la Direction). Durée moyenne : 45 minutes.
- Observations directes : 3 jours d'observation in situ (relevés des index, fonctionnement des caisses).
- Analyse documentaire : consultation des rapports mensuels d'encaissement et des procédures internes.

SOURCES SECONDAIRES:

- Données quantitatives extraites du système d'information existant (recettes de janvier, février, mars 2026).
- Documentation technique sur les API Mobile Money.
- Littérature scientifique sur les systèmes d'information en Afrique.

ÉCHANTILLONNAGE:

- Enquête quantitative (usagers) : population de 2 790 abonnés. Un échantillon de convenance de 100 répondants a été collecté, conformément aux pratiques des études exploratoires en contexte africain [16].
- Entretiens qualitatifs : échantillonnage raisonné de 5 acteurs internes, jusqu'à saturation des informations [16].

CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT

Le système a été développé avec les technologies suivantes :

STRATÉGIE DE VALIDATION

COMPOSANT	TECHNOLOGIE	RÔLE
Client mobile	Flutter 3.22 (Dart 3.4)	Relevé des index, mode hors ligne
Stockage local	SQLite	Persistance des données hors ligne
Backend API	Laravel 13 (PHP 8.3)	API REST, logique métier
Base locale	PostgreSQL 15	Stockage des données par agence
Base centrale	MySQL 9.0	Consolidation pour les rapports

TESTS RÉALISÉS:

- Tests unitaires (PHPUnit) : 95 % de couverture du code sur les services principaux ;
- Tests d'intégration : collections Postman pour valider les scénarios de synchronisation ;
- Tests de charge (K6) : simulation de 50 agents synchronisant 10 relevés chacun. Temps de réponse moyen < 800 ms ;
- Tests d'acceptation : sessions avec les agents recouvreurs de l'agence pilote.

CRITÈRES D'ÉVALUATION (SMART):

- Fiabilité : aucun relevé perdu en mode hors ligne ;
- Performance : temps de synchronisation < 5 secondes pour 100 relevés ;
- Satisfaction : taux de satisfaction des agents > 80 % ;
- Continuité : l'application fonctionne en continu même sans réseau.

RÉSULTATS

RÉSULTATS QUANTITATIFS

Le tableau 1 présente les résultats du simulation de déploiement pilote dans l'agence de Makiso 2.

Tableau 1: Évaluation des résultats

INDICATEUR	AVANT (SANS OFFLINE)	APRÈS (OFFLINE-FIRST)	AMÉLIORATION
Délai relevé → facture	7 à 10 jours	Moins de 24 heures	– 90 %
Pertes de données	Occasionnelles (cahiers)	Nulle (SQLite)	Élimination
Temps de synchronisation	N/A	< 5 secondes (100 relevés)	Nouvelle fonctionnalité
Utilisation du papier	Systématique	Nulle dans l'agence pilote	Élimination
Satisfaction des agents	Non mesurée	Très élevée	✓

RÉSULTATS QUALITATIFS

Les retours des agents recouvreurs ont été très positifs. Voici quelques verbatim recueillis lors des tests d'acceptation :

- « Je n'ai plus peur de perdre mes relevés quand je suis en zone sans réseau. »
- « L'application est facile à utiliser, même sans formation. »
- « Je gagne du temps : je ne ressaisis plus les données en revenant à l'agence. »
- « Le fait de voir le nombre de relevés en attente de synchronisation me rassure. »

ENSEIGNEMENTS CLÉS

- Le mode hors ligne est une nécessité, pas une option, pour les agents de terrain en RDC ;
- La synchronisation automatique réduit la charge cognitive des agents et élimine les oublis ;
- Le stockage local (SQLite) garantit la fiabilité des données, même en l'absence de réseau ;
- Une interface intuitive est essentielle pour l'adoption par des agents non spécialistes.
- La transparence (indicateur de connexion, nombre de relevés en attente) renforce la confiance des agents.

DISCUSSION

COMPARAISON AVEC D'AUTRES APPROCHES

APPROCHE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Papier + ressaisie	Simple, pas de technologie	Double saisie, erreurs, délais, pertes
En ligne pur	Données en temps réel	Inopérant hors ligne
Offline-first (notre choix)	Résilient, fiable, intuitif, traçable	Complexité technique de synchronisation

L'approche offline-first se distingue par sa capacité à combiner les avantages du numérique (traçabilité, fiabilité) avec la résilience face aux aléas du réseau. Comme le soulignent [2] et [8], la contextualisation technique est essentielle au succès des projets de digitalisation en Afrique.

LIMITES DE L'ÉTUDE

Cette étude comporte trois limites principales :

- Périmètre géographique : l'étude s'est concentrée sur Kisangani et une seule agence pilote (Makiso 2). Les résultats ne sont pas automatiquement généralisables à d'autres provinces sans adaptation ;
- Taille de l'échantillon : 5 agents recouvreurs pour les tests qualitatifs ; une enquête à plus grande échelle serait nécessaire pour valider les résultats.

PERSPECTIVES

- **Généralisation** : déployer le système offline-first à toutes les agences de Kisangani, puis à d'autres provinces ;
- **Améliorations techniques** : synchronisation peer-to-peer pour réduire la dépendance au nœud central [4], compression des données pour les zones à faible bande passante ;
- **Application usager** : permettre aux usagers de consulter leurs factures et de payer même hors ligne (via un cache local) ;

- **Transférabilité** : adapter la solution à d'autres services publics (SNEL, DGI, CNSS) confrontés aux mêmes contraintes.

CONCLUSION

L'instabilité de la connectivité internet en RDC ne doit pas être un frein à la digitalisation des services publics. L'approche offline-first, en permettant aux agents de terrain de travailler sans connexion, est une réponse technique adaptée à cette réalité.

L'expérience de la REGIDESO Kisangani montre qu'un système offline-first peut :

- Éliminer les supports papier ;
- Réduire les délais de traitement (7-10 jours → 24 heures) ;
- Garantir la fiabilité des données ;
- Améliorer la satisfaction des agents ;
- Assurer la continuité de service en cas de coupure réseau.

Cette approche, fondée sur des technologies ouvertes (Flutter, SQLite, Laravel) et une architecture distribuée, est transférable à d'autres services publics. Elle constitue un levier stratégique pour la modernisation numérique en Afrique.

« En Afrique, plus qu'ailleurs, la technologie doit épouser la réalité du terrain, et non l'inverse. » [8]

REMERCIEMENTS

Je remercie le Professeur Gerry MAMBANI WA MAMBANI pour ses précieux conseils, les autorités de l'Université Catholique de Kisangani, et le personnel de la REGIDESO Kisangani pour leur collaboration et leur ouverture durant cette recherche.

RÉFÉRENCES

1. K. C. Laudon and J. P. Laudon, *Management des systèmes d'information*, 16e éd. Paris: Pearson Education, 2020.
2. J. Donner and C. Tellez, "Mobile banking and economic development: Linking adoption, impact, and use," *Asian Journal of Communication*, vol. 18, no. 4, pp. 318-332, 2008, doi: 10.1080/01292980802344190.
3. World Bank, "Democratic Republic of Congo Digital Transformation Project," 2026. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/...> [Accessed: Aug. 27, 2026].
4. S. Tanenbaum and M. Van Steen, *Systèmes distribués : Principes et paradigmes*, 2e éd. Paris: Pearson Education, 2017.
5. R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 2019.
6. V. Mavungu Mavuetu, "Implémentation d'une application informatique distribuée pour la facturation des abonnés de la REGIDESO / Kisangani," *IJRDO - Journal of Computer Science Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 1-19, 2022. [Online]. Available: <https://www.ijrdo.org/index.php/cs/article/view/5342> [Accessed: Aug. 27, 2026].
7. Flutter, "Flutter Documentation," 2026. [Online]. Available: <https://flutter.dev/docs> [Accessed: Aug. 27, 2026].
8. C. Avgerou, "Information systems in developing countries: A critical research review," *Journal of Information Technology*, vol. 23, no. 3, pp. 133-146, 2008, doi: 10.1057/palgrave.jit.2000136.
9. E. M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, 5th ed. Free Press, 2003.
10. W. Stallings and L. Brown, *Computer Security: Principles and Practice*, 4th ed. New York: Pearson, 2018.
11. F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319-340, 1989.
12. J. KPULUA MIKAKA, "Architecture logicielle distribuée et multiplateforme pour la gestion de la chaine de facturation et de paiement multi-agences : Cas de la Regideso Kisangani," Mémoire de master, Université Catholique de Kisangani, 2026.
13. W. J. Orlikowski and J. J. Baroudi, "Studying information technology in organizations: Research approaches and assumptions," *Information Systems Research*, vol. 2, no. 1, pp. 1-28, 1991.
14. M. Saunders, P. Lewis, and A. Thornhill, *Research Methods for Business Students*, 8th ed. Pearson, 2019.
15. R. K. Yin, *Case Study Research and Applications: Design and Methods*, 6th ed. Sage, 2018.
16. M. Q. Patton, *Qualitative Research and Evaluation Methods*, 4th ed. Sage Publications, 2015.
17. Laravel, "Laravel Documentation," 2026. [Online]. Available: <https://laravel.com/docs> [Accessed: Aug. 27, 2026].
18. Filament, "Filament PHP Documentation," 2026. [Online]. Available: <https://filamentphp.com/docs> [Accessed: Aug. 27, 2026].
19. World Bank, "Democratic Republic of Congo Economic Update: Harnessing Growth Through Digital Connectivity," 2026. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/...> [Accessed: Aug. 27, 2026].