



Université Félix HOUPHOUËT BOIGNY

République de Côte d'Ivoire  
Union-Discipline-Travail



## Conférence Internationale IndabaX sur l'Intelligence Artificielle (C2IA)

Thème :

*Contribution de l'Intelligence Artificielle au Développement de la Côte d'Ivoire (3<sup>ème</sup> Edition)*  
du 10 au 11 octobre 2023

# Attestation de participation

Le Comité Scientifique atteste que **Dr Yazid HAMBALLY YACOUBA** a présenté une communication intitulé : *« Construction d'un modèle de gestion intelligente de la consommation d'électricité »* lors des travaux de la Conférence Internationale Indabax les 10 et 11 octobre 2023, au Centre National de Calcul de Côte d'Ivoire.

En foi de quoi la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Abidjan le 11 octobre 2023

Université de Bondoukou  
Bondoukou  
Scolarité Centrale  
Certification Authentification  
Copie Conforme à l'Original



Le Président du Comité Scientifique



Prof. ADOU Kablan Jérôme



**INDABAX 2023 Côte d'Ivoire Proceedings**  
3rd Conference of Intelligence Artificial on Artificial  
Intelligence and Smart City  
October 10-11 2023  
Université Félix Houphouët-Boigny  
Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire



Comité d'édition  
Beman Hamidja KAMAGATE  
Mamadou DIARRA

## SOMMAIRE

1. Avant propos.....	3
2. Participants et partenaires.....	4
3. Comité d'organisation .....	5
4. Comité scientifique.....	6
5. Listes des communications .....	7
6. Liste des conférences invitées .....	7
7. Programme de la conférence.....	8
8. Communications.....	12
8.1. Construction d'un modèle de gestion intelligente de la consommation d'électricité .....	12
8.2. Identification des personnes susceptibles d'avoir la covid-19 par les techniques de l'apprentissage automatique.....	21
8.3. Modèle d'optimisation multi-objectif prenant en compte le rayon de courbure des virages et l'inclinaison des pentes des routes.....	28
8.4. An Agent Based Model to Improve Traffic Flow and Assess the Impact of Smart Traffic Ligh .....	36
8.5. Sécurité et Smart city : optimisation de la traçabilité des véhicules volés .....	44
8.6. Architecture des Villes Intelligentes .....	50
8.9. Nouvelle approche de sélection des valeurs optimales d'hyperparamètre .....	59
9. Conférence.....	67

## 1. Avant propos

Le Conférence INDABAX, a débuté en 2018 en tant programme visant à renforcer les échanges d'expériences et d'expertises entre les chercheurs autour des thématiques de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage machine et l'apprentissage profond. INDABAX vise à permettre à davantage de personnes de contribuer à l'avancée de l'intelligence artificielle sur notre continent. A ce jour, 25 pays organisent des évènements INDABAX chaque année.

La présente édition constitue la troisième édition que le comité INDABAX Côte organise en collaboration avec l'Unité de Formation de Recherche de Mathématiques Informatique ( UFR MI) de l'Université Félix Houphouët Boigny ( UFHB) et du Centre National de Calcul de Côte d'Ivoire (CNCCI).

Le programme de cette édition, se décline en 10 communications scientifiques, sélectionnées parmi 14 soumissions et 01 conférences présentées par des spécialistes de renommée internationale. Cette édition a aussi vu la réalisation d'une séance de formation sur le *Deep Learning* à l'endroit des étudiants et les enseignants-chercheurs. Il faut aussi noter la présence effective des entreprise CIE et SAH Analytics qui en plus des communications sur des cas d'utilisation en entreprise ont contribué à l'animation d'un panel d'expert sur le thème : « **Développement des Smart Cities en Côte d'Ivoire : Enjeux et Défis** »

## 2. Participants et partenaires

 <p><b>INDABAX</b> Abidjan 2023</p> <p>3rd EDITION</p>	 <p><b>LAMI</b> Laboratoire Mécanique et Informatique</p>
 <p><b>LARI1</b> LABORATOIRE DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET TELECOMMUNIC</p>	 <p><b>Lastic</b> Laboratoire des Systèmes et Technologies de l'Information et de la Communication</p>
 <p>Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY</p>	 <p>Compagnie Ivoirienne d'Electricité</p>
 <p>SaH Analytics</p>	 <p>Institut Pasteur de Côte d'Ivoire</p>
 <p>Centre National de Calcul de Côte d'Ivoire</p>	 <p>UNIVERSITÉ Félix HOUPHOUËT-BOIGNY</p>

### **3. Comité d'organisation**

Dr. Amadou DIABAGATE, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Ismael KONE, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (Côte d'Ivoire)  
Dr. Louis Paul SEKA, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Mamadou DIARRA, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Abdoul MAIGA, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Ida Brou ASSIE, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Mohamed DIALLO, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Issa Traoré, Institut de Recherche en Mathématiques (Côte d'Ivoire)  
Dr. Beman Hamidja KAMAGATE, Ecole Supérieure Africaine des TIC (Côte d'Ivoire)  
M. Medard KOUASSI, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Ngolo KONATE, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
M. Stanislas ASSOHOUN, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)  
M. Patrice BROU, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
M. Ibrahim BAKAYOKO, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)  
Dr. Bertin KAYE BI, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)

#### **4. Comité scientifique**

Prof. Assohoun ADJE, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)

Prof. ADOU KABLAN, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)

Prof. Adama COULIBALY, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)

Prof. Michel BABRI, Institut National Polytechnique H.B (Côte d'Ivoire)

Prof. Albert BIFET, Telecom Paris (France)

Prof. Vincent MONSAN, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)

Prof. Selam WAKTOLA, Netherlands Cancer Institute (Pays-Bas)

Prof. Bernard DOUSSET, Université Paul Sabatier de Toulouse (France)

Prof. Souleymane OUMTANAGA, Institut National Polytechnique H.B (Côte d'Ivoire)

Prof. Abdelghani CHIBANI, Université Paris-Est Créteil (France)

## **5. Listes des communications**

1. Architecture des Villes Intelligentes
2. Adaptive Lightning : optimisation de l'éclairage publique
3. Identification des personnes susceptibles d'avoir la covid-19 par les techniques de l'apprentissage automatique
4. Chat with your Data
5. Modèle d'optimisation multi-objectif prenant en compte le rayon de courbure des virages et l'inclinaison des pentes des routes
6. An Agent Based Model to Improve Traffic Flow and Assess the Impact of Smart Traffic Ligh
7. Sécurité et Smart city : optimisation de la traçabilité des véhicules volés
8. Construction d'un modèle de gestion intelligente de la consommation d'électricité
9. Nouvelle approche de sélection des valeurs optimales d'hyperparamètre
10. Using Text to Measure Bias in Research

## **6. Liste des conférences invitées**

1. Endoscopic images and clinical data to assess the response of radiation therapy

## 7. Programme de la conférence

Mardi 10 octobre 2023		
HORAIRE	ACTIVITES	AUTEURS
8h00–08h30	Réception des invités	Comité d'Organisation
8h30–08h50	<p><b>Maître de cérémonie : Mamadou DIARRA</b>  <i>Presente les personnalités presentes et le deroulés de la cérémonie</i></p> <p><b>Cérémonie d'Ouverture</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Discours du Directeur du Centre National de Calcul de Côte d'ivoire</b></li> </ul> <p><u>Dr Traoré Issa :</u>  <i>Remerciement du Prof Arouna, représentant du Ministre</i>  <i>Remerciement du Adou UFR Math</i>  <i>Remerciement e Coulibaly Adama, IRMA</i>  <i>Remerciement de Brou , INPHB</i>  <i>Remerciement du ministère de la construction , de la CIE</i></p> <p><i>Le CNCCI est heureux pour l'accueil de cette conférence sur le thème de villes intelligentes et IA.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Discours du Président du Comité d'Organisation</b></li> </ul> <p><b>Dr Diabagaté Amadou :</b>            Presentation des civilités aux officiels            -Conférence qui fait la promotion de l'intelligence artificielle            - possible grâce aux puissance de calcul            - creation de l'initiatif INDABAX pour ne pas que l'afrique rate le train des 4IR            - LAMI , IDTS, CNCCI : ont le mis en place la conference            - theme de la conférence : Smart city et intelligence artificielle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Discours du Directeur de l'UFR Mathématiques et Informatique</b></li> </ul> <p><b>Prof. Adou Kablan</b>            - Civilité</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présentation du contexte des 4IR pour la transformation digitale, un processus irréversible. Notre pays doit s'y inscrire résolument.</li> <li>- C'est pourquoi le LAMI, l'IDTS organise cette conférence, qui est à sa 3<sup>ème</sup> édition</li> <li>- Heureux que la conférence passe à deux jours ;</li> <li>- Objectif : faire de l'UFR MI un pôle d'excellence en IA, promouvoir la formation et la recherche en IA</li> <li>- Remerciement de Prof Arouna pour le rôle qui joue dans la promotion du CNCCI et son activisme pour réveiller le pôle de simulation</li> <li>- Remerciements des partenaires</li> </ul> <p><b>Représentant du ministre</b></p> <p><b>Prof. Arouna</b></p> <p><b>-civilité</b></p> <p>-heureux d'être présent, et le thème est très pertinent, ( les atouts de smart city et de l'intelligence artificielle)</p> <p>-problème des villes( urbanisation , forte croissance ,</p> <p>- préoccupation légitime liée à la vie privée et la protection de la vie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - l'intelligence artificielle ne doit pas créer l'inégalité</li> <li>• - la société civile, les gouvernements, les chercheurs pour mettre à disposition l'IA</li> <li>• - le ministère doit travailler pour avoir une stratégie en IA.</li> <li>• - <b>il faut arriver à préserver notre culture à travers l'IA et les smart cities</b></li> <li>• - <b>remerciements des membres du comité d'organisation.</b></li> </ul>	
08h50–08h55	<b>Présentation du thème</b>	Président du Comité Scientifique
09h00–09h25	<b>Construction d'un modèle de gestion intelligente de la consommation d'électricité</b>	Dr Yazid Hambally Yacouba, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB)
09h25–10h10	<b>Cocktail</b>	Comité d'Organisation
10h10–10h35	<b>Communication</b> <b>Adaptive Lightning : optimisation de l'éclairage public</b>	M. Didier Michael KRE, Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE)

10h35–12h25	<b>Série de Communications scientifiques</b>	
	<b>Identification des personnes susceptibles d'avoir la covid-19 par les techniques de l'apprentissage automatique</b>	Dr Diako Doffou Jérôme, Ecole Supérieure Africaine des TIC (ESATIC)
	<b>Chat with your Data</b>	M. Michel TOFFE, Data 365
	<b>Modèle d'optimisation multi-objectif prenant en compte le rayon de courbure des virages et l'inclinaison des pentes des routes</b>	Dr Coulibaly Kpinna Tiekoura, Ecole Supérieure Africaine des TIC (ESATIC)
	<b>An Agent Based Model to Improve Traffic Flow and Assess the Impact of Smart Traffic Ligh</b>	Dr N'Golo Konaté, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB)
	<b>Sécurité et Smart city : optimisation de la traçabilité des véhicules volés</b>	M. Tiorna COULIBALY, Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE)
12h30-13h30	<b>Déjeuner</b>	Comité d'Organisation
14h00–15h20	<b>Série de Communications scientifiques</b>	
	<b>Communication Architecture des Villes Intelligentes</b>	Dr Mamadou Diarra, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB)
	<b>Nouvelle approche de sélection des valeurs optimales d'hyperparamètre</b>	Dr Koppoin Charlemagne, Ecole Supérieure Africaine des TIC (ESATIC)
	<b>Using Text to Measure Bias in Research</b>	Dr Marlène KOFFI, Université de Toronto (CANADA)
	<b>Conférence Endoscopic images and clinical data to assess the response of radiation therapy</b>	Dr Selam WAKTOLA, Université Johns-Hopkins (Etats-Unis)

15h25–16h00	<b>Pause-Café</b>	Comité d'Organisation
16h00–17h00	<b>Panel</b> <b>Développement des Smart Cites en Côte d'Ivoire : Enjeux et Défis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dr Jules KALA (Compagnie Ivoirienne d'Electricité)</li> <li>• Dr Beman KAMAGATE (ESATIC)</li> <li>• Mme Sali OUATTARA (SAH ANALYTICS)</li> <li>• Dr Philippe PANGO, Conseiller Spécial, Ministère de la Construction, du Logement et de l'Urbanisme</li> </ul>
17h00	<b>Clôture</b>	Comité d'Organisation
<b>Mercredi 11 Octobre 2023</b>		
8h30-09h00	<b>Ouverture</b>	Comité d'Organisation
09h00-12h00	<b>Formation (Deep Learning) - Partie 1</b>	Dr Ismael KONE, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire
12h00-13h00	<b>Déjeuner</b>	Comité d'Organisation
13h30–16h30	<b>Formation (Deep Learning) - Partie 2</b>	Dr Ismael KONE, Université Virtuelle de Côte d'Ivoire
16h30-17h15	<b>Clôture</b>	Comité d'Organisation

## 8. Communications

### 8.1. Construction d'un modèle de gestion intelligente de la consommation d'électricité

Yazid Hambally Yacouba<sup>1</sup>, Adama Coulibaly<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Bondoukou, UBKOU, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Félix Houphouët Boigny University UPHB, Côte d'Ivoire

Email de l'auteur correspondant : yazid.hambally@gmail.com

**Résumé.** Le volume important des données de consommation d'électricité milite à l'agrégation de ces données. La mise en œuvre de méthodes d'agrégation constitue à cet effet une préoccupation majeure à laquelle une réponse est apportée en présentant un cas d'agrégation des données de consommation d'électricité à l'aide du processus de saut. Un jeu de données a permis de faire des simulations et de présenter les résultats obtenus pour les agrégations journalières, mensuelles et annuelles. Il est mis en exergue le principe d'utilisation du processus de saut pour l'agrégation de ces données. Ce travail est une présentation concrète d'une simulation pour l'agrégation des données de consommation d'électricité dans un réseau de capteurs sans fil que peut constituer un réseau de compteurs intelligents. L'approche de ce travail consiste à utiliser des méthodes d'agrégation pour diminuer le flux d'échanges des données dans des réseaux de capteurs sans fil.

**Mots clés:** simulation, agrégation des données, comptage intelligent, consommation d'électricité, processus de saut

#### 1. Introduction

L'agrégation des données des compteurs intelligents est une problématique importante dans la gestion des données volumineuses de la consommation d'électricité. L'agrégation des données de consommation d'électricité dans les réseaux intelligents est essentielle pour les échanges des données et pour le traitement de ces données dans le cadre de la réduction du coût du stockage et de la charge d'énergie nécessaire au fonctionnement d'un réseau de compteurs intelligents alimenté par des batteries. Rohit Gupta and Krishna Teerth Chaturvedi [1] expliquent le rôle important des réseaux intelligents pour la gestion de l'électricité et des données entre les fournisseurs et les consommateurs. Cette publication procède aussi à une comparaison de méthodes de traitement des données.

Les réseaux de compteurs intelligents peuvent dans certaines zones isolées être assimilés à des réseaux de capteurs sans fil qui sont très souvent de petites tailles et qui ont une capacité de traitement limitée avec une alimentation basée sur des batteries généralement de faibles autonomies. Cette contrainte d'alimentation expose ces réseaux de capteurs à de nombreuses pannes. Aussi, l'agrégation des données peut contribuer à l'amélioration de la résilience aux pannes de ces réseaux intelligents. De même, les besoins d'atténuation des contraintes de bande passante, d'énergie et de débit souffrent de la capacité d'adaptation des réseaux sans fils aux topologies des réseaux informatiques dont le trafic des données est à la fois dynamique et

imprévisible. Zhiyi Chen et al. [2] présentent une revue des défis, des opportunités et applications relatifs à l'utilisation des compteurs intelligents ainsi que l'apport de ces compteurs dans les réseaux intelligents. S. R. Selva Jeevitha [3] évoque le besoin de stockage des signaux de puissance dans les réseaux électriques intelligents et propose une méthode de compression du signal haute fréquence et de reconstruction du signal original à l'aide de la transformée de Hilbert.

L'objectif de ce travail consiste à présenter des méthodes d'agrégation qui facilitent le traitement des données d'électricité à différentes échelles d'analyse tout en améliorant la durée d'autonomie des batteries. Soham Dutta et al. [4] exposent la nécessité de faire face de façon permanente à l'apparition de pannes imprévisibles et dangereuses dans les réseaux de distribution utilisant des compteurs intelligents. Shampa Banik et al. [5] donne un aperçu de l'apport des réseaux intelligents dans la détection des anomalies. Un tel processus de gestion des données des compteurs intelligents nécessite le stockage et l'agrégation des données au niveau de certains compteurs intelligents dont les critères de sélection dans un bâtiment ou un quartier ne sont pas abordés dans ce travail. L'apport de ce système réside dans la facilitation de l'interprétation des données et la mise en œuvre d'une bonne utilisation de l'énergie.

## 2. Etat de l'art

Il existe une pluralité de techniques d'agrégation des données qui visent à répondre aux défis de traitement des données et de réduction de la consommation d'énergie dans les systèmes et les réseaux informatiques. Cette section présente un état de l'art de méthodes d'agrégation ainsi que des solutions apportées.

Les techniques d'agrégation des données sont mises en œuvre pour plusieurs raisons parmi lesquelles :

La compression des données :

Lulu Wen et al [6] présentent une étude exhaustive des techniques et des méthodes potentielles de compression des entrepôts de données issues des compteurs intelligents. Pour améliorer les capacités de stockage et de communication. Lee J et al. [7] proposent un modèle de compression basé sur le choix de modèles existants pour déterminer le modèle qui améliore la qualité de la reconstruction tout en maintenant le taux de compression grâce à l'analyse de la variation dans le temps des propriétés spectrales des données.

La performance de la collecte des données

Dans un souci de transférer les données des compteurs intelligents vers le centre de contrôle ; Sung Tien-Wen et al. [8] proposent un schéma de placement de points d'agrégation de données (PAD) et présentent les algorithmes correspondants pour réduire le nombre de PAD et limiter l'impact sur la qualité de la communication. Ramesh Rajagopalan and Pramod K. Varshney [9] s'intéressent aux problèmes d'agrégation de données dans les réseaux de capteurs à énergie limitée et proposent différents algorithmes dans le but de collecter et d'agréger les données d'une manière économe sur la base des mesures de performance telles que la durée de vie, la latence et la précision des données. Geetika Dhand et S.S. Tyagi [10] expliquent l'importance de la collecte de données et comparent différentes approches de clustering hiérarchique.

Mohamed Saleem Haja Nazmudeen et al. [11] proposent une architecture de gestion des communications en vue de faciliter la collecte, le stockage et le traitement des données des compteurs intelligents. Jagdish Chandra Pandey and Mala Kalra [12] montrent l'intérêt de la compression et du cryptage des données dans les réseaux intelligents pour communiquer de manière sécurisée des grandes quantités de données tout en réduisant la consommation de mémoire et du temps d'exécution.

L'amélioration de la performance du réseau

Cette publication [13] explore les algorithmes d'agrégation de données sur la base de la topologie du réseau ainsi que les compromis possibles au sein ces algorithmes. Les travaux de Hassan Harb et al. [14] consistent à une agrégation locale des données au niveau d'un nœud capteur pour la classification périodique basée sur le clustering tout en permettant au cluster de tête d'éliminer les jeux de données redondants générés par les nœuds voisins grâce à l'utilisation de trois méthodes d'agrégation de données méthodes. Ces méthodes sont basées respectivement sur les fonctions de similarité des ensembles, le modèle Anova unidirectionnel avec tests statistiques et les fonctions de distance. Karthikeyan Vaidyanathan et al. [15] présentent une simulation mettant en exergue les réductions d'énergie et de délai de transmission de bout en bout des données. Ils proposent également une agrégation hybride tout en permettent aux nœuds de capteurs de passer d'une technique d'agrégation à l'autre en fonction de la charge du réseau. Mohammad Ghiasi et al. [16] proposent des modèles mathématiques et une simulation dans le but de contribuer à un développement énergétique durable à faible émission de carbone en utilisant les technologies de l'Internet des objets (IoT), de l'Internet de l'énergie (IoE) et les systèmes intelligents. L'étude réalisée par Adrian Lang et al. [17] met en exergue l'importance de l'emplacement des points d'agrégation de données dans l'amélioration de la rentabilité et de la qualité de service dans les réseaux de compteurs intelligents.

La sécurisation des échanges de données

Dans l'étude [18], Abbasian Dehkordi et al. font une revue des techniques et des protocoles d'agrégation des données dans le but de présenter de nouvelles approches tout en décrivant leurs avantages et leurs inconvénients. L'article [19] met en exergue le déploiement de plusieurs nœuds IoT dans le domaine de la sécurité et le besoin de faire un compromis entre la consommation d'énergie et la fiabilité en éliminant la redondance des données jusqu'à un certain seuil. Guguloth Ravi et al. [19] propose un schéma d'agrégation fiable de données (CRDA : cluster based reliable data aggregation) pour l'économie d'énergie et qui est appliqué à un cluster de capteurs IoT en charge de la collecte et de l'agrégation des données. Les auteurs mettent ensuite en œuvre un algorithme d'agrégation des données qui calcule le degré de confiance de chaque capteur IoT pour déterminer le cluster de tête (CH : cluster head). Un réseau neuronal (ROL-DNN : reformative optimal-learning-based deep neural network) est aussi utilisé pour le calcul des itinéraires entre les capteurs IoT pour garantir la fiabilité du transport des données. Ashutosh Kumar Singh and Jatinder Kumar [20] proposent un modèle

sécurisé et préservant la confidentialité de l'agrégation et de la classification des données dans une architecture brouillard (fog) et nuage (cloud). Ils présentent également un système d'agrégation de données multidimensionnelles qui préserve la confidentialité grâce à un traitement des requêtes basé sur la gestion de l'identité et du temps [21].

## 2. Problématique

L'énergie est l'un des plus grands défis et aussi l'un des principaux piliers de la croissance économique. Les évolutions technologiques dans le domaine de la communication et des échanges de données constituent une véritable opportunité pour le développement du secteur de l'électricité. De même, plusieurs facteurs rappellent la nécessité de mise en œuvre de nouvelles stratégies parmi lesquels la disparité dans l'avancement de l'électrification entre les zones rurales et les zones urbaines, l'insuffisance des moyens financiers, l'augmentation de la demande, l'isolement et l'éloignement de certaines zones d'habitation. Dramé et Cheikh [22] montrent que la résolution des problèmes d'accès à l'électricité en Afrique de l'Ouest passe par le déploiement des réseaux intelligents avec la Côte d'Ivoire comme étude de cas. En effet, cette étude recommande la réalisation des infrastructures électriques opportunes au développement des réseaux intelligents telles que les technologies d'énergie renouvelable, de communication par ligne électrique, de tarification basée sur les compteurs intelligents et de prépaiement à l'aide des téléphones mobiles et d'autres équipements informatiques. Sebastian Sterl et al. [23] expliquent que la fiabilité de l'approvisionnement en électricité dépend de l'utilisation complémentaire de l'hydroélectricité, des énergies solaire et éolienne contrairement à la tendance basée sur les énergies fossiles. S. M. Kadri et al. [24] mettent en exergue la pauvreté et la faiblesse technologique comme obstacles de l'électrification en Afrique de l'Ouest et présentent un état des approches en cours pour la production distribuée d'électricité. Osama Majeed et al. [25] donnent un aperçu des réseaux intelligents et de leurs fonctionnalités tout en expliquant l'apport de ces technologies dans l'évolution et le renforcement du système de distribution d'électricité. Young et Jacob R. [26] présentent les réseaux intelligents et font un rapport de l'état de mise en œuvre dans les pays en voie de développement. Aussi, Fernando Antonanzas-Torres et al. [27] font l'état des lieux des installations de recherche et d'exploitation d'électricité en Afrique de l'Ouest et énumèrent les défis de développement des mini-réseaux particulièrement les systèmes solaires domestiques.

## 3. Principe fondamental des méthodes d'agrégation des données de notre système d'électricité à l'aide du processus de saut

Dans notre publication [28], nous avons déjà posé les bases de notre méthode d'agrégation des données à l'aide du processus de saut.

Les agrégations de données sont modélisées en utilisant le processus de saut comme suit :

$n$  : le nombre d'enregistrement de données

$X_n$  : la consommation d'électricité entre  $T_{n-1}$  et  $T_n$  à l'instant  $t$

$\mathbb{1}_A(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t \in A = [T_{n-1}, T_n[ \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$ ,  $\mathbb{1}$  est une fonction binaire qui permet de constater un

changement d'état dans le système

$M$  : le nombre fini d'évènements au bout duquel le processus de comptage se termine

La consommation d'électricité d'un compteur intelligent à un instant  $t$  est défini par :

$$\mathbf{Z}_t = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n \mathbb{1}_{[T_{n-1}, T_n](t)}$$

Le cumul de la consommation d'électricité d'un compteur intelligent jusqu'à l'instant  $t$  est :

$$Y_t = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n \mathbb{1}_{T_n < t}$$

$Y_t$  est un processus de saut, les valeurs  $\mathbf{X}_n$  du système de comptage intelligent étant différentes.

Ci-dessous le tableau récapitulatif des agrégations des données de consommation d'électricité :

**Tableau 1.** Tableau récapitulatif des agrégations des données de consommation d'électricité

Consommation totale d'électricité à l'instant $t$		Consommation totale d'électricité jusqu'à l'instant $t$	
$S_N = \sum_{k=1}^N \mathbf{Z}_t^k$		$R_N = \sum_{k=1}^N \mathbf{Y}_t^k$	
Temps $t$	$\mathbf{Z}_t^k = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k \mathbb{1}_{[T_{n-1}^k, T_n^k](t)}$	Temps $t$	$\mathbf{Y}_t^k = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k \mathbb{1}_{T_n^k < t}$
Zone $i$	$\mathbf{Z}_t^k(i) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(i) \mathbb{1}_{[T_{n-1}^k, T_n^k](t)}$	Zone $i$	$\mathbf{Y}_t^k(i) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(i) \mathbb{1}_{T_n^k < t}$
Usage $j$	$\mathbf{Z}_t^k(j) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(j) \mathbb{1}_{[T_{n-1}^k, T_n^k](t)}$	Usage $j$	$\mathbf{Y}_t^k(j) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(j) \mathbb{1}_{T_n^k < t}$
Zone $i$ et Usage $j$	$\mathbf{Z}_t^k(i, j) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(i, j) \mathbb{1}_{[T_{n-1}^k, T_n^k](t)}$	Zone $i$ et Usage $j$	$\mathbf{Y}_t^k(i, j) = \sum_{n=1}^M \mathbf{X}_n^k(i, j) \mathbb{1}_{T_n^k < t}$

### Simulation sur les agrégations journalières, mensuelles et annuelles

#### a. Contexte de réalisation des tests de simulation

Les données de simulation utilisées sont des données d'électricité de 370 clients au Portugal sur la période 2011 à 2014 [29]. L'ensemble de données ne contient aucune valeur manquante. Les valeurs sont en kW au pas de 15 min. Pour convertir les valeurs en kWh, les valeurs doivent être divisées par 4.

Chaque colonne représente un client. Certains clients ont été créés après 2011. Dans ces cas, la consommation était considérée comme nulle.

Toutes les périodes de temps se rapportent à l'heure portugaise. Cependant tous les jours présentent 96 mesures (24\*15). Chaque année, au mois de mars, jour de changement d'heure (qui ne compte que 23 heures), les valeurs entre 1h00 et 2h00 sont nulles pour tous les points. Chaque année, en octobre, jour de changement d'heure (qui compte 25 heures), les valeurs entre 1h00 et 2h00 cumulent la consommation de deux heures.

Dans le cadre de la mise en œuvre des tests de simulation, une application a été développée dans la technologie Java. La solution proposée récupère les données de simulation [18] classées par ordre croissant des dates d'arrivée et à des pas de temps de 15 minutes. Aussi, chaque ligne du fichier des données de simulation présente individuellement l'ensemble des données de consommation des 370 clients. L'application met en œuvre des programmes de calcul et d'affichage du résultat des agrégations journalières, mensuelles et annuelles des consommations des clients.

#### **b. Simulation sur les agrégations des données au pas de temps journalier**

Ci-dessous les résultats de l'agrégation journalière des données pour les clients MT\_001, MT\_210, MT\_369, MT\_370 :

**Tableau 2. Extraction des résultats des agrégations journalières**

<b>Date</b>	<b>MT_001</b>	<b>MT_210</b>	<b>MT_369</b>	<b>MT_370</b>
11/02/2012	258.883	78294.573	73447.214	0.0
12/02/2012	239.847	73067.183	67326.246	0.0
13/02/2012	314.720	73312.661	77876.832	0.0
14/02/2012	953.045	74255.813	81609.970	0.0
15/02/2012	1507.614	72359.173	82350.439	0.0
16/02/2012	1515.228	71214.470	81455.278	0.0
17/02/2012	1512.690	75111.111	81635.630	0.0
18/02/2012	1365.482	75307.493	74744.868	0.0
19/02/2012	1441.624	71772.609	70006.598	0.0
20/02/2012	1378.172	76356.589	78653.225	0.0
21/02/2012	1506.345	72720.930	77706.011	0.0
22/02/2012	1425.126	73832.041	82166.422	0.0
23/02/2012	1380.710	73170.542	82224.340	0.0
24/02/2012	1439.086	74583.979	82342.375	0.0
25/02/2012	1661.167	76865.633	76005.131	0.0

#### **Simulation sur les agrégations des données au pas de temps mensuel**

Ci-dessous les résultats de l'agrégation mensuelle des données pour les clients MT\_001, MT\_012, MT\_120, MT\_370 :

**Tableau 3. Extraction des résultats des agrégations mensuelles**

Date	MT_001	MT_012	MT_120	MT_370
11/2013	46880.710	430848.936	0.0	4.5739286486E7
12/2013	8558.375	510874.468	0.0	4.4630864864E7
01/2014	7220.812	542934.042	61001.047	3.9909351351E7
02/2014	6106.598	501002.127	99151.911	3.7458540540E7
03/2014	7111.675	435482.978	108907.805	4.5485783783E7
04/2014	8361.675	409714.893	107146.673	5.1986270270E7
05/2014	14086.294	386185.106	112424.305	5.6521513513E7
06/2014	6431.472	375808.510	115553.693	5.8213675675E7
07/2014	6771.573	396870.212	142814.562	6.2059459459E7

**Simulation sur les agrégations des données au pas de temps annuel**

Ci-dessous les résultats de l'agrégation annuelle des données pour les clients MT\_001, MT\_021, MT\_221, MT\_370 :

**Tableau 4. Extraction des résultats des agrégations annuelles**

Date	MT_001	MT_021	MT_221	MT_370
2011	0.0	0.0	5972502.342	0.0
2012	193131.979	5786534.031	5539887.558	0.0
2013	221593.908	5731217.277	5364469.547	6.02657670269E8
2014	142197.969	5559989.528	5380239.458	6.20697837837E8
2015	2.538	185.863	71.837	7135.135

**Critères de mesure de la performance des méthodes d'agrégation proposées**

Nous avons déjà montré [28] que le comportement de la consommation d'électricité est également dépendant des caractéristiques des appareils électriques branchés aux compteurs intelligents.

Soit  $T_l^n$  la durée de consommation de l'appareil  $l$  dans l'intervalle  $[T_{n-1}, T_n[$  et soit  $C_l$  la consommation par unité de temps de cet appareil.

La consommation de l'appareil  $l$  dans l'intervalle  $[T_{n-1}, T_n[$  peut alors être représentée par

$$C_l^n = C_l \times T_l^n \quad (1)$$

La consommation totale d'électricité du compteur intelligent  $k$  pour  $M$  appareils dans l'intervalle  $[T_{n-1}, T_n[$  est :

$$X_n^k = \sum_{l=1}^M C_l^{n,k} = \sum_{l=1}^M C_l^k \times T_l^n \quad (2)$$

avec  $C_l^{n,k}$  la consommation lue par le compteur  $k$  pour l'appareil  $l$  dans l'intervalle  $[T_{n-1}, T_n[$

et  $C_l^k$  la consommation par unité de temps de l'appareil  $l$  relativement aux caractéristiques du compteur intelligent  $k$ .

Nous déduisons alors que les caractéristiques des appareils électriques influent sur la consommation d'électricité et donc sur le volume de données à agréger.

Nous avons par ailleurs présenté les formules de calcul des agrégations des données de notre système de gestion de la consommation d'électricité et nous pouvons déduire que ces agrégations dépendent des critères suivants :

- $n$  : le nombre d'enregistrement de données ;
- $X_n$  : la consommation d'électricité entre  $T_{n-1}$  et  $T_n$  à l'instant  $t$  ;
- $M$  : le nombre fini d'évènements au bout duquel le processus de comptage se termine.

Nous disons donc que la performance des méthodes d'agrégation des données de notre système d'électricité prend en compte plusieurs facteurs et il convient donc de faire usage de nos méthodes d'agrégation en fonction de l'importance des critères de performance susmentionnés.

#### 4. Conclusion

Plusieurs initiatives sont en cours dans le monde pour une gestion de l'énergie basée sur le comptage intelligent. Une réalité à laquelle le continent africain sera confrontée après le développement des infrastructures énergétiques et l'intégration des sources alternatives d'énergie du nombre desquelles le solaire et l'éolien.

Le potentiel solaire de l'Afrique est une source de motivation pour l'utilisation des compteurs intelligents et le développement d'un système d'information qui permettra la gestion à distance de toutes les fonctions du compteur évolué. Le défi majeur repose cependant sur la mise en œuvre d'un système d'information capable de répondre aux objectifs attendus surtout dans un contexte où la réduction des coûts constitue une problématique parfois vitale. En effet, des investissements importants sont nécessaires pour la réalisation des centres décentralisés de production de l'électricité. L'implantation de ces centres doit également prendre en compte le rapprochement avec les zones de consommation pour réduire les pertes techniques. Ce travail a permis de définir un cadre d'agrégation des données des compteurs intelligents. La spécificité des données dans un tel système a conduit à la mise en place de méthodes d'agrégation de données pour faciliter le traitement et l'analyse de ces données.

L'état de l'art a permis de présenter d'autres méthodes d'agrégation des données et plus précisément celles en lien avec les données énergétiques.

L'originalité de ce travail réside dans la présentation d'une simulation relative aux traitements des données des compteurs intelligents. Il s'agit de réaliser une simulation sur des données issues de compteurs intelligents par le biais de l'agrégation de ces données à l'aide du processus de saut. Le manque d'informations sur les systèmes de comptage intelligent rend toute étude comparative difficile. En effet, la mise en œuvre de ces systèmes reste fermée même si certaines fonctionnalités sont bien connues des utilisateurs.

La complexité de la gestion des données des systèmes de comptage intelligent est mise en évidence par la proposition d'une approche globale qui inclut un cas concret de mise en œuvre. Les limites de ce travail résident principalement dans l'absence d'un cadre expérimental de mise en œuvre des méthodes d'agrégation proposées pour vérifier leurs impacts dans un réseau de capteurs intelligents. Le jeu de données n'a pas permis de présenter des simulations sur les agrégations par zone et par usage également possibles à l'aide des méthodes d'agrégation mises en œuvre.

Nous allons dans la suite de nos travaux analyser les performances de nos méthodes d'agrégation comparativement à d'autres méthodes relativement à la diminution de la consommation d'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil.

Cependant, les nouvelles méthodes d'agrégation proposées constituent des nouvelles techniques éligibles à la réduction du trafic et à l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les réseaux de capteurs sans fil.

## Références

1. Gupta, R.; Chaturvedi, K.T. Adaptive Energy Management of Big Data Analytics in Smart Grids. *Energies* 2023, 16, 6016. <https://doi.org/10.3390/en16166016>.
2. Chen, Z.; Amani, A.M.; Yu, X.; Jalili, M. Control and Optimisation of Power Grids Using Smart Meter Data: A Review. *Sensors* 2023, 23, 2118. <https://doi.org/10.3390/s23042118>.
3. S. R. Selva Jeevitha. Making ease of smart grid communication through compression of power system disturbance signals, 21 July 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3172718/v1>].
4. Soham Dutta, Sourav Kumar Sahu, Millend Roy, Swarnali Dutta, A data driven fault detection approach with an ensemble classifier based smart meter in modern distribution system, *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Volume 34, 2023, 101012, ISSN 2352-4677, <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101012>.
5. S. Banik, S. K. Saha, T. Banik and S. M. M. Hossain, "Anomaly Detection Techniques in Smart Grid Systems: A Review," *2023 IEEE World AI IoT Congress (AIoT)*, Seattle, WA, USA, 2023, pp. 0331-0337, doi: 10.1109/AIoT58121.2023.10174485.
6. Lulu Wen, Kaile Zhou, Shanlin Yang, Lanlan Li, Compression of smart meter big data: A survey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 91, 2018, Pages 59-69, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.088>.
7. Lee J, Yoon S, Hwang E. Frequency Selective Auto-Encoder for Smart Meter Data Compression. *Sensors*. 2021; 21(4):1521. <https://doi.org/10.3390/s21041521>
8. Sung, Tien-Wen et al. 'Optimizing Data Aggregation Point Location with Grid-based Model for Smart Grids'. 1 Jan. 2022 : 3189 – 3201.
9. Rajagopalan, Ramesh and Varshney, Pramod K., "Data aggregation techniques in sensor networks: A survey" (2006). *Electrical Engineering and Computer Science - All Scholarship*. 22. <https://surface.syr.edu/eecs/22>
10. Geetika Dhand, S.S. Tyagi, Data Aggregation Techniques in WSN:Survey, *Procedia Computer Science*, Volume 92, 2016, Pages 378-384, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.393>.
11. M. S. H. Nazmudeen, A. T. Wan and S. M. Buhari, "Improved throughput for Power Line Communication (PLC) for smart meters using fog computing based data aggregation approach," 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Trento, Italy, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISC2.2016.7580841.
12. Jagdish Chandra Pandey and Mala Kalra. An approach for secure data transmission in smart grids. Published Online:February 2, 2023pp 348-365<https://doi.org/10.1504/IJICS.2023.128830>.
13. Pandey, Vaibhav, Amarjeet Kaur, and Narottam Chand. "A review on data aggregation techniques in wireless sensor network." *Journal of Electronic and Electrical Engineering* 1.2 (2010): 01-08.
14. H. Harb, A. Makhoul, S. Tawbi and R. Couturier, "Comparison of Different Data Aggregation Techniques in Distributed Sensor Networks," in *IEEE Access*, vol. 5, pp. 4250-4263, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2681207.

15. Vaidyanathan, K., Sur, S., Narravula, S., & Sinha, P. (2004). Data aggregation techniques in sensor networks. *Osu-cisrc-11/04-tr60*, The Ohio State University.
  16. Ghiasi, M., et al.: Evolution of smart grids towards the Internet of energy: concept and essential components for deep decarbonisation. *IET Smart Grid*. 6(1), 86–102 (2023). <https://doi.org/10.1049/stg2.12095>.
  17. A. Lang, Y. Wang, C. Feng, E. Stai and G. Hug, "Data Aggregation Point Placement for Smart Meters in the Smart Grid," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 13, no. 1, pp. 541-554, Jan. 2022, doi: 10.1109/TSG.2021.3119904.
  18. ABBASIAN DEHKORDI, Soroush, FARAJZADEH, Kamran, REZAZADEH, Javad, et al. A survey on data aggregation techniques in IoT sensor networks. *Wireless Networks*, 2020, vol. 26, p. 1243-1263.
  19. Guguloth Ravi, M. Swamy Das, Karthik Karmakonda, Reliable cluster based data aggregation scheme for IoT network using hybrid deep learning techniques, *Measurement: Sensors*, Volume 27, 2023, 100744, ISSN 2665-9174, <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100744>.
  20. Singh, A.K., Kumar, J. A secure and privacy-preserving data aggregation and classification model for smart grid. *Multimed Tools Appl* 82, 22997–23015 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14599-4>.
  21. Singh, A.K., Kumar, J. A privacy-preserving multidimensional data aggregation scheme with secure query processing for smart grid. *J Supercomput* 79, 3750–3770 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04794-9>
  22. Dramé, Cheikh (2014) : Resolving West Africa's electricity dilemma through the pursuit of smart grid opportunities, 20th Biennial Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "The Net and the Internet - Emerging Markets and Policies" , Rio de Janeiro, Brazil, 30th-03rd December, 2014, International Telecommunications Society (ITS), Calgary.
  23. Sebastian Sterl, Inne Vanderkelen, Celray James Chawanda, Daniel Russo, Robert J. Brecha, Ann van Griensven, Nicole P. M. van Lipzig and Wim Thiery. Smart renewable electricity portfolios in West Africa. *Nat Sustain* 3, 710–719 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0539-0>.
  24. S. M. Kadri, A. O. Bagré, M. B. Camara, B. Dakyo and Y. Coulibaly, "Electrical Power distribution status in West Africa: Assessment and Perspective Overview," 2019 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2019, pp. 511-515, doi: 10.1109/ICRERA47325.2019.8997112.
  25. Osama Majeed Butt, Muhammad Zulqarnain, Tallal Majeed Butt. Recent advancement in smart grid technology: Future prospects in the electrical power network. *Ain Shams Engineering Journal* 12 (2021) 687–695.
  26. Young, Jacob R., "Smart grid technology in the developing world" (2017). Honors Projects. 68. <https://digitalcommons.spu.edu/honorsprojects/68>.
- 5.
27. Fernando Antonanzas-Torres, Javier Antonanzas and Julio Blanco-Fernandez. State-of-the-Art of Mini Grids for Rural Electrification in West Africa. *Energies* 2021, 14(4), 990; <https://doi.org/10.3390/en14040990>.
  28. Yazid Hambally Yacouba, Amadou Diabagaté, Michel Babri and Adama Coulibaly, "Design, Aggregation and Analysis of Power Consumption Data using the Jump Process" *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)*,12(5), 2021. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120567>.
  29. Artur Trindade, artur.trindade '@' elergone.pt, Elergone, NORTE-07-0202-FEDER-038564 Data type: TS, Smart Meter Data Portal, 370 Client Electricity Loads 2011 - 2014, <https://smda.github.io/smart-meter-data-portal>.

## 8.2. Identification des personnes susceptibles d'avoir la covid-19 par les techniques de l'apprentissage automatique

Diako Doffou Jérôme<sup>12</sup>, JOHNSON Grâce Yénin Edwig <sup>12</sup> Sandjé Marcellin <sup>23</sup>

<sup>1</sup> Ecole supérieur Africaine de technologie, Abidjan

<sup>2</sup> Inphb , Yamoussoukro

<sup>3</sup> LARIT , LASTIC

correspondent author mail : [jerome\\_diako@esatic.edu.ci](mailto:jerome_diako@esatic.edu.ci)