Sous la Direction de

BIAKA Zasseli Ignace & MÉITÉ Méké

ACTES DU COLLOQUE

«L'AFRIQUE À L'ÈRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) : ENJEUX ET DÉFIS POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE ET INCLUSIF»

Abidjan, Septembre 2025

PASRES ÉDITIONS

ISBN : 979-10-93066

Sous la direction de

BIAKA Zasseli Ignace & MÉITÉ Méké

Actes du colloque

« L'AFRIQUE À L'ÈRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) : ENJEUX ET DÉFIS POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE ET INCLUSIF »

Colloque organisé par
le Fonds pour la Science, le Technologie et l'Innovation (FONSTI) et
le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES)
les 06, 07, 08 et 09 mai 2025 à San Pedro, Côte d'Ivoire

ADMINISTRATION DES ACTES DU COLLOQUE FONSTI 2025

Responsable
Kouakou Appoh Enoc KRA

Membres
Fatogoma Etienne SILUE
Karna SORO
Koffi Joël KOUAKOU
Naga COULIBAY
Nahon FOFANA
Ousmane SIDIBE
Soualiho ALADJI

Mise en forme
Rolland COULIBALY
Kouakou Appoh Enoc KRA

Actes n° 03-2025
Colloque International du FONSTI (Abidjan-Cocody)
BP 782 ABIDJAN 27
Tel : (225) 27 21 78 09 95 / 05 04 64 17 74 / 07 48 08 09 51 / 07 78 26 68 08
info@fonsti.org / www.fonsti.org

COMITÉ SCIENTIFIQUE ET DE LECTURE

Président :

Pr MEITE Méké,
Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

MEMBRES DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Pr BAMBA Assouman, Université Alassane Ouattara de Bouake, Côte d'Ivoire

Pr DAYORO Zoguehi Arnaud Kévin, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Pr KONIN Sévérin, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Pr KOUASSI Kouakou Siméon, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Pr KRA Kouakou Appoh Enoc, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Pr Marcel TANNER, Président des Académies Suisses

Pr NANDIOLO-KONE Rose, Université Alassane Ouattara de Bouake, Côte d'Ivoire

Pr OUATTARA Karamoko, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Pr SOUROU Méatchi, ESTHUA, Université d'Angers, France

Pr YAO Philomène, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Pr YAPI Yapi Dominique, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Pr ZOUEU Jérémie, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Dr (MC) COULIBALY Djakalidja, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Dr (MC) COULIBALY Namory, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Dr (MC) COULIBALY Nanga, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

Dr (MC) OUATTARA Founsougué, Université Polytechnique, San Pedro, Côte d'Ivoire

LES COMMISSIONS

COMMISSION	NOM ET PRENOMS
Président du comité scientifique	Méké MEITE
Présidente du comité d'organisation	Lhaur-Yaigaiba Annette OUATTARA
	SECRETARIAT
Responsable	Zoguehi Arnaud Kevin DAYORO
Membres du secrétariat	Koffi Ludovic EHOUMA
	Affoussiata KARABOUE
	Kouamé Hendersonn N'GUESSAN
	Pega TUO
	Lucas Delmas YAPO
	Yao Thierry ANI
	Christiane KADIO
	Lacina SORO
Responsable rapportage	Yapi Andre Dominique YAPI
Rapportage / Secrétariat	Guikahue Daniel BISSOU
Membres du rapportage	Bi Vagbe Getheme IRIE
	Amidou OUATTARA
	Jean Théophile EKRA
	Atche Michel AKA
	Kouadio Pascal KOFFI
	Gnienefererien Nougnimani SILUE
	Kouakou Noumh Dickens ATCHEREMI
	Abdoulaye KONE
	Anzoumanan KAMAGATE
	Lou Brou Cécile KOUAME
	Kounamiga SILUE
	Bi Youzan Aimé GBAMBLE

	Victorine HIEN
	Sekou DIOMANDE
	Sata YE
	ADECHINA
	Nahon Mamadou FOFANA
	Vandjiguiba DIABY
	N'zebo Moïse KOUAMENAN
	Jean-Jacques AHOUE
	Ouemela Venance BAN
	EGORAN Blandine Akissi Épse Kouassi
	Oulaï Solange DOUMUN
	Salomon Patrick Emmanuely TANOH
	Beugre Ange Emmanuel DAGO
	Sopie Reine D'avila Christelle KOUAO
	Kossou Yves Bertrand BEUGRE
	Gnakan Maguil MOUTO
	Ousmane COULIBALY
	Boni Michel BITCHI
Responsable de l'édition des actes	Kouakou Appoh Enoc KRA
Membres de l'édition des actes	Naga COULIBAY
	Koffi Joël KOUAKOU
	Ousmane SIDIBE
	Soualiho ALADJI
	Karna SORO
	Fatogoma Etienne SILUE
	Nahon FOFANA
Accueil / Restauration / Hébergement	Senaho Alice DANHI
	Lebe Prisca KOUAKOU
	Manou Honorine MORO
	Bintou SIDIKI

	COMMUNICATION
Responsable charge de communication	Patrick ASSAMOA
Charge de communication	Mamadou YEO
	Nohan SIDIBE
	Martin Luthere King N'GBO
Maître de Cérémonie / Communication	Yao Martin KOYE
	INFORMATIQUE
Responsable informatique	Roger KPON
Membres de la commission informatique	Oulai Alain DAN
	Mohamed FOFANA
	Mory OUATTARA
	Cheick SYLLA
	Godefroy KASSIN
	Gnagnile DAOU
	Jean Francois OUANTO
	Jean Jacques ANZIAN
	Adjaratou FOFANA
	Ble Jean Mathieu TEHE
	Kpon Nestor GBA
	Cheick SYLLA
	TRANSPORT ET LOGISTIQUE
Responsable logistique / Transport	Metangbo DIOMANDE
Logistique / Transport	Kouadio Olivier KOUADIO
	Yao Eugène N'DRI
	Ludovic Mousso YAPO
	Lancine SIDIBE
	Aboubacar Adama OUATTARA
	Bian David Claver KATO

	PROTOCOLE
Responsable protocole	Severin KONIN
Protocole	Kouamé YAO
	Souleymane DIOMANDE
	Désiré ASSEU
	Emmanuel GOZOUA
	Ake Brice Patrick AKE
	TOURISME
Tourisme et membre de secrétariat	Narcisse ABOYA
Tourisme	Kouassi Aimé YAO
	N'guessan Olivier KONAN
	Ibrahima SAGNON
	Kouamé Ferdinand N'ZI

PRÉSENTATION

À l'initiative du Fonds pour la Science, la Technologie et l'Innovation (FONSTI), du Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) et de l'Université Polytechnique de San Pedro (USP), un colloque international sur le thème ***« l'Afrique à l'ère de l'Intelligence Artificielle (IA) : enjeux et défis pour un développement durable et inclusif »*** s'est tenu du 06 au 09 mai 2025 à San-Pedro, dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire.

Bien que remontant, selon certains écrits, à l'Antiquité grecque et à la réflexion philosophique sur la nature de l'intelligence et la possibilité de mécaniser la pensée humaine, c'est véritablement à partir des années 1940, à travers les travaux de scientifiques tels que Alan Turing en 1950, Marvin Lee Minsky en 1969, John Mc Carthy en 1978 ou encore les conférences de la Fondation Macy entre 1946 et 1956 que l'Intelligence Artificielle (IA) prend son envol. Ses progrès très rapides en font aujourd'hui un outil puissant capable d'influencer un ordre international auquel n'échappe pas l'Afrique. Ce qui fait dire au Français Nicolas Miailhe, fondateur de *The Future Society*, que *« l'Afrique est en passe de devenir un terrain d'affrontement pour les empires digitaux »*.

C'est à juste titre que cette troisième édition des colloques du FONSTI-PASRES, en collaboration avec l'Université Polytechnique de San Pedro, prend tout son sens, pour une Afrique qui veut prendre part au débat sur *« les enjeux et les défis de l'Intelligence Artificielle »*. D'où l'objectif de cette rencontre scientifique : favoriser une réflexion approfondie sur la manière dont l'Afrique peut tirer parti de l'Intelligence Artificielle pour un développement durable et inclusif, tout en étant consciente des défis à surmonter pour garantir que ces avancées technologiques bénéficient à l'ensemble de sa population.

L'engouement suscité par cette thématique explique la mobilisation de la communauté scientifique africaine et internationale, avec des participants appartenant à une soixantaine d'institutions universitaires, fondations et centre de recherches répartis dans dix-huit pays : l'Allemagne, le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun, la Chine, le Congo Brazzaville, les États-Unis d'Amérique, la France, la Guinée, Madagascar, le Mali, le Maroc, le Niger, la République Démocratique du Congo, le Sénégal, la Suisse, le Togo et le pays hôte, la Côte d'Ivoire.

I. LA CÉRÉMONIE D'OUVERTURE

Elle s'est déroulée dans la matinée du mardi 06 mai 2025 dans l'auditorium de l'Université Polytechnique de San Pedro. Trois (3) allocutions ont ponctué cette phase protocolaire du colloque.

Ouvrant la série des discours, le Président de l'Université Polytechnique de San Pedro, Professeur MÉÏTÉ Méké, s'est dit heureux de recevoir ce parterre de personnalités et des participants venus d'horizons divers à qui il a souhaité la

bienvenue en langue locale Krou. Dans son double rôle de tuteur de l'événement et de Président du Comité scientifique, il a situé l'auditoire sur l'objectif général du colloque et les sept (07) axes de réflexion retenus.

Intervenant à la suite du Président de l'Université Polytechnique de San Pedro, le Secrétaire général du FONSTI, Dr SANGARE Yaya, a exprimé toute sa gratitude aux participants, aux institutions partenaires telles que la DFG et l'Union Africaine et, plus particulièrement, au Président de l'Université Polytechnique de San Pedro, Professeur MÉÏTÉ Méké, pour leur engagement dans la réussite de cette rencontre scientifique. Faisant un retour en arrière, il a situé le cadre de ce troisième colloque international du FONSTI, levier stratégique d'animation scientifique et catalyseur de recherche, qui s'inscrit dans la lignée des deux précédentes éditions organisées à Yamoussoukro en 2022 et à Korhogo en 2023. Conscient des enjeux liés à la production de connaissances rigoureuses et à la valorisation de la recherche, il a appelé à un renforcement de la diplomatie scientifique en Afrique.

Clôturant la série des allocutions, Professeur KOBÉA Arsène, Directeur de cabinet, représentant le Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Professeur Adama DIAWARA, s'est dit honoré par cette marque de considération pour avoir été sollicité pour le parrainage de ce colloque international. L'intelligence Artificielle qu'il présente comme la quatrième révolution industrielle est, pour lui, l'occasion d'un véritable sursaut de conscience, d'une mobilisation collective autour d'un avenir africain technologique, mais aussi humain, juste et résilient. À la fin de son propos, il a déclaré ouvert le colloque international sur le thème ***« L'Afrique à l'ère de l'Intelligence Artificielle (IA) : enjeux et défis pour un développement durable et inclusif »***, auquel il a souhaité plein succès.

II. LES CONFÉRENCES

Deux conférences ont été dites en plénière le mardi 06 mai 2025 dans l'Auditorium de l'Université Polytechnique de San Pedro. Il s'agit, d'une part, de la conférence inaugurale et, de l'autre, d'une conférence sur la stratégie nationale de l'Intelligence Artificielle.

1. La conférence inaugurale

Organisée dans la matinée du mardi 06 mai 2025, elle a été présentée par Dr MAHAMAN Bachir Saley de la Division Sciences Technologie et Space-Commission de l'Union Africaine qui a choisi comme sujet de réflexion : ***« L'Afrique à l'Ère de l'Intelligence Artificielle : Usages, Défis de Souveraineté, Opportunités de Développement et Enjeux d'Inclusion »***.

Sa conférence s'est articulée autour de deux axes principaux, assortis de recommandations visant à renforcer l'intégration stratégique de l'Intelligence Artificielle (IA) sur le continent africain.

Dans un premier temps, il a mis en lumière les opportunités qu'offre l'Intelligence Artificielle pour le développement économique, social et culturel de l'Afrique. Selon lui, cette technologie représente un levier puissant de transformation, susceptible d'accélérer la croissance et l'innovation. Toutefois, il a souligné que la présence de l'IA en Afrique reste encore marginale, en particulier comparée à des régions comme les États-Unis ou l'Union européenne. C'est dans cette optique que l'Union Africaine, par l'entremise du Conseil des ministres, a élaboré une stratégie politique inclusive visant à encadrer et à promouvoir l'adoption de l'IA à l'échelle continentale.

Le second volet de son intervention a porté sur les limites et les défis associés à l'utilisation de l'IA. Parmi les difficultés relevées, le Dr MAHAMAN Bachir Saley a mentionné l'indisponibilité des données personnelles, la faible pénétration des technologies numériques et l'insuffisance des investissements en infrastructures informatiques. Il a également souligné l'ambivalence de l'IA en matière d'emploi : si elle constitue une source potentielle de création de nouveaux métiers, elle représente également un risque de suppression d'emplois existants, notamment dans les secteurs peu numérisés.

Concernant les recommandations, le Conférencier a appelé les États africains à s'approprier l'intelligence artificielle en l'intégrant de manière transversale dans les politiques publiques, en particulier dans la gestion des services publics.

2. Conférence sur la stratégie nationale de l'Intelligence Artificielle

Elle a été animée par M. KAKOU-MARCEAU Franck, Sous-directeur en charge de l'Intelligence Artificielle et de l'Économie Numérique au Ministère de la Transition Numérique et de la Digitalisation, juste après la conférence inaugurale.

Appelé à présenter la stratégie ivoirienne de l'Intelligence Artificielle, l'intervenant a précisé que cette nouvelle technologie n'est plus un sujet de prospective, mais se trouve au cœur de la transformation des sociétés modernes. Poursuivant son intervention, il a précisé que la Côte d'Ivoire s'est engagée dans une transformation numérique ambitieuse et profonde qui vise, entre autres, à moderniser l'administration et à répondre efficacement aux défis structurels ivoiriens. Pour y arriver, la stratégie du gouvernement ivoirien en la matière qui court jusqu'à l'horizon 2030 s'appuie sur trois piliers et cinq axes stratégiques, pour un investissement global de 912 milliards de francs CFA en 5 ans.

Il a conclu sa conférence par une citation fort expressive : *« L'Intelligence Artificielle ne doit pas être une technologie d'exclusion, mais une technologie d'opportunité »*.

Au cours des échanges, les participants ont estimé que le budget alloué au développement de l'Intelligence Artificielle est beaucoup trop modeste pour un pays comme la Côte d'Ivoire qui a un budget annuel de 15 000 milliards de francs CFA. Par ailleurs, des questions relatives à la stratégie d'inclusion de la population et à

l'état actuel de la couverture nationale en fibre optique ont été soulevées. En réponse à ces préoccupations, M. KAKOU-MARCEAU a, d'abord, fait comprendre que le budget alloué à l'Intelligence Artificielle n'était pas définitif et pouvait subir des modifications dans sa phase d'exécution. Il a, ensuite, expliqué que la couverture actuelle de la Côte d'Ivoire en fibre optique est de 5 000 kilomètres sur 15 000 kilomètres prévus par le Ministère de la Transition Numérique et de la Digitalisation. Il a terminé cette série de questions-réponses, en confirmant la priorité et la place de la population dans cette stratégie.

III. LES PANELS

Au nombre de cinq, ils se sont déroulés en matinée les 06, 07 et 08 mai 2025 dans l'Auditorium de l'Université Polytechnique de San Pedro.

1. Panel 1 : « Intelligence Artificielle et Durabilité : repenser l'environnement, l'agriculture et l'inclusion sociale en Afrique ».

Quatre panelistes ont présenté des communications sur le thème ***« Intelligence Artificielle et Durabilité : repenser l'environnement, l'agriculture et l'inclusion sociale en Afrique »***.

La première communication, dont l'auteur est le Docteur Mélanie WEYNANTS (Chercheure à l'Institut Max-Planck de Biogéochimie d'Allemagne), a montré à travers des cas pratiques comment l'Intelligence Artificielle peut aider à prévoir les catastrophes naturelles et donc préserver, de façon globale, l'environnement. À sa suite, Docteur COULIBALY Naga (Enseignant-chercheur à l'Université Polytechnique de San Pedro) a présenté une communication qui a permis de voir le bénéfice que les agriculteurs africains peuvent tirer de l'Intelligence Artificielle. Les données disponibles tels que les big data, les données de télédétection et les capteurs sont autant d'éléments énumérés qui permettent d'adopter une agriculture de précision, de limiter les maladies des plantes et de faire un suivi de l'approvisionnement. L'étude présentée par Docteur Wenda BAUCHSPIES des États-Unis s'inscrit dans la même dynamique d'aide au paysannat africain. C'est ainsi que dans l'optique de proposer une alternative au désherbage manuel à la houe, elle nous fait découvrir deux robots agricoles développés et déployés pour lutter contre les mauvaises herbes. Une autre idée développée dans le cadre de ce panel est celle de Docteur DAYAMBA Kayaba Marc Francis (Conseiller Technique au Ministère de la Transition Digitale des Postes et de la Communication Électronique du Burkina Faso). Convaincu que l'Afrique ne peut pas se permettre de rater le virage de l'Intelligence Artificielle, il propose en guise d'actions à mener : l'établissement d'un cadre réglementaire pour le développement de l'Intelligence Artificielle en Afrique, la formation de ressources humaines de

qualité, la sensibilisation des acteurs sur les usages néfastes de l'Intelligence Artificielle.

2. Panel 2 : « Intelligence Artificielle, Gouvernance et Régulation : éthique, souveraineté numérique et défis politiques pour l'Afrique ».

Le thème soumis à débat dans ce panel est ***« Intelligence Artificielle, Gouvernance et Régulation : éthique, souveraineté numérique et défis politiques pour l'Afrique »***. Une thématique qui a mobilisé les réflexions de quatre experts.

Le premier paneliste, Professeur KARAMOKO Tiéba (Philosophe-Éthique des Technologies et Bioéthique), a adossé son intervention sur une recommandation de l'UNESCO, à partir d'inquiétudes suscitées par l'Intelligence Artificielle. Afin de lever ces appréhensions, Il a proposé un cadre stratégique de régulation qui tient en sept points : une vision qui doit s'adosser à des principes éthiques, une gouvernance institutionnelle de l'IA, un partenariat public-privé pour une IA responsable, l'éthique et la responsabilité algorithmique qui impose une exigence de transparence et de responsabilité, une inclusion sociale dans la diversité, une appropriation mentale et linguistique de l'IA et le développement des capacités accompagnée d'une sensibilisation des populations.

Le second paneliste, M. Jérôme RIBEIRO (Président Fondateur de Human IA), a fait une mise en perspective de l'Intelligence Artificielle dans le contexte africain qui l'a conduit, en fin de compte, à suggérer une adaptation de la stratégie de l'IA aux cultures africaines, au lieu de copier, systématiquement, le modèle européen. On retrouve dans cette dynamique de reconversion des mentalités, M. KAKOU-MARCEAU Franck, le troisième paneliste.

Pour lui, en effet, l'embarquement de l'Afrique dans le train de la digitalisation et de l'Intelligence Artificielle implique une transformation profonde des pratiques. Par conséquent, l'intégration de l'Intelligence Artificielle dans les processus décisionnels doit permettre d'élaborer des politiques basées sur des données probantes et actualisées, renforçant ainsi leur pertinence et leur efficacité.

Au-delà de ces préoccupations, cette révolution numérique soulève, également, des questions éthiques importantes concernant son utilisation. Quoiqu'il en soit, pour M. N'DIAYE Talla de l'UNESCO, quatrième panéliste, une stratégie efficace en matière de sécurité de données africaines doit prendre en compte, l'implication de la population, l'intégration des valeurs éthiques, la création des setups adaptés aux besoins des Africains et la protection des données, afin de garantir la souveraineté des États Africains.

En fin de compte, la promotion d'une approche transdisciplinaire associant experts en Intelligence Artificielle, décideurs politiques et communautés locales a été jugée indispensable pour garantir que les solutions développées répondent aux besoins réels et s'inscrivent dans une perspective de développement durable.

3. Panel 3 : « Intelligence Artificielle et Santé : Innovations, Enjeux et Perspectives pour l'Afrique ».

Quatre contributions scientifiques ont placé au cœur de leurs réflexions la thématique suivante : ***« Intelligence Artificielle et Santé : Innovations, Enjeux et Perspectives pour l'Afrique ».*** Les quatre intervenants sont, soit des praticiens de la santé, soit des experts exerçant dans des ONG et organismes spécialisés.

Après avoir présenté les principes éthiques de l'IA édictés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la première paneliste, Mme Noémie Yétéma NIKIEMA NIDJERGOU de l'OMS AFRO, s'est félicitée de l'introduction de l'Intelligence Artificielle dans les soins de santé ; une politique qui, pour elle, constitue une solution palliative au déficit de médecins en Afrique. C'est dans ce cadre qu'elle a présenté des outils, tels que SARAH, qui utilisent les bases de données des médecins pour répondre aux préoccupations des patients et aider ces praticiens de la santé à la prise de décisions.

Intervenant en seconde position dans la liste des panelistes, M. TIAMBO Franck (Directeur des Opérations à KimboCare SA – Suisse) a soutenu qu'une implémentation intelligente de l'IA dans la santé, améliorerait considérablement la prise en charge des populations africaines en matière de santé. L'outil de financement intelligent de la santé, appelé ***KimboCare***, qu'il a présenté à l'auditoire s'inscrit dans son dispositif de démonstration d'une IA qui garantit la traçabilité et l'accroissement des soins curatifs et préventifs.

Le troisième paneliste, Professeur BILÉ Philippe Émile, Médecin Ophtalmologue à l'Université Alassane Ouattara de Bouaké, a choisi de nous parler de la télémédecine, en s'appuyant sur sa spécialité qu'est l'ophtalmologie. Avant tous propos, il a tenu à préciser que *« l'IA ne remplace pas les médecins. Elle propose, c'est le médecin qui décide »*. Toutefois, il est convaincu que l'introduction de cet outil dans la médecine va contribuer à compenser les déficits de personnels, d'équipements et de logiciels adaptés, en améliorant la pratique de la télémédecine et en réduisant les inégalités.

Quant au quatrième paneliste, Professeur BAKAYOKO Cheick Oumar, Médecin, Informaticien et spécialiste en informatique de la santé, il a présenté l'Intelligence Artificielle comme un outil qui contribuerait, de manière significative, à réduire le taux de mortalité due aux erreurs médicales.

Les échanges qui ont suivi l'exposé des panelistes ont permis d'insister, davantage, sur les conditions de pérennisation de ce nouvel outil, telles que l'existence d'une bonne connexion, des équipements adaptés, la motivation des acteurs médicaux, et la mise en place d'une implémentation intelligente de l'IA, en restant attentif à toutes les ressources que l'humain met en place pour augmenter sa productivité.

4. Panel 4 : « IA et Sécurité : enjeux de gouvernance, cybermenaces, protection des données et résilience numérique ».

Quatre contributions scientifiques livrées, respectivement, par M. Cyprien ÉKRA (Fondateur et Directeur Général de Afro Data Security), M. Ousmane THIARE (Directeur Général du CINERI au Sénégal), Dr OUATTARA Mory (Enseignant-chercheur à l'Université Polytechnique de San Pedro) et Dr DJAKO Doffou Jérôme (Enseignant-chercheur à ESATIC – Côte d'Ivoire) ont permis de cerner les enjeux et les défis de l'usage de l'Intelligence dans le domaine de la sécurité, à travers un thème bien choisi : ***« IA et Sécurité : enjeux de gouvernance, cybermenaces, protection des données et résilience numérique ».***

Les communications ont, d'abord, permis de mettre en lumière le déficit numérique en Côte d'Ivoire, avec une seule ligne internet et une seconde en négociation ; un déficit auquel n'échappe pas l'Université Polytechnique de San Pedro confronté, non seulement, à l'absence de personnel qualifié pour la gestion du Data center de l'institution, mais également, à l'instabilité du circuit électrique et au manque de moyens financiers pour la maintenance de cette technologie fort coûteuse.

Les panelistes ont, ensuite, éclairé l'auditoire sur la possibilité de se passer de l'Intelligence Artificielle dans le processus de transformation digitale. Les craintes liées à une IA poreuse ne sont pas absentes de cette volonté de se mettre à équidistance de cette nouvelle technologie, avec notamment des possibilités d'intrusions dans le système qui peuvent engendrer des données erronées pour la population. Les décideurs ont donc été appelé à plus de vigilance sur la question.

Malgré cela, les intervenants sont d'avis qu'il est difficile de se passer de l'Intelligence Artificielle dans un monde en pleine mutation technologique. Pour ce faire, ils estiment que l'Afrique doit s'approprier l'Intelligence Artificielle, en créant ses propres règles et normes afin qu'elle l'intègre totalement avec ses propres cultures.

A la suite des débats qui ont suivi cette série de communications, la mutualisation des efforts des pays africains pour établir des règles et des normes en IA, afin de préserver leur souveraineté a été suggérée. Par ailleurs, l'utilisation d'énergies renouvelables comme mesures palliatives aux problèmes d'électricité et la prudence dans l'acquisition des matériels afin d'éviter les espionnages, les trucages et les vols de données figurent au nombre des recommandations qui ont été faites, en clôture de panel.

5. Panel 5 : « IA, Éducation, Emploi et Finance : mutations, opportunités et enjeux pour l'Afrique ».

Quatre communications ont meublé ce dernier panel, avec des contributions scientifiques portant sur ***« IA, Éducation, Emploi et Finance : mutations, opportunités et enjeux pour l'Afrique »***.

La première communication, dont l'auteur est le Professeur YAPO Achiépo (Vice-Président de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire), a tenté de clarifier la notion de l'Intelligence Artificielle. Poursuivant sa communication, il a énuméré quatre façons de faire l'IA : l'élicitation, l'extraction des connaissances, l'optimisation des connaissances et l'hybridation des connaissances.

À sa suite, le Docteur Isaac BAYOH (Fondateur et Directeur de l'Intelligence Artificielle chez FuturAfric – Côte d'Ivoire) a souligné que l'Afrique ne manque pas d'intelligence mais qu'elle manque de système. Selon son raisonnement, pendant que Singapour investit massivement dans l'éducation technologique et que la Chine forme près de 10 millions d'ingénieurs en Intelligence Artificielle, l'Afrique quant à elle consacre moins de 1% de son PIB à la recherche.

Une autre idée développée par le Professeur MÉITÉ Méké (Président de l'Université Polytechnique de San Pedro) sur *« l'Intelligence Artificielle et la gestion des établissements universitaires : cas de l'USP »*, a permis de mettre en lumière les performances de cet établissement classé parmi les meilleures institutions d'enseignement supérieur d'Afrique Subsaharienne, selon le dernier classement de *Times Higher Education* pour le compte de l'année 2024. Cette réussite, il l'attribue à l'application d'un système de gestion intégrée, dont l'essentiel repose sur deux grands piliers : l'automatisation de la gestion pédagogique et la dématérialisation des services administratifs.

Clôturant la série des interventions, le Professeur Sourou MÉATCHI, quatrième panéliste, a insisté davantage sur l'incidence que pourrait avoir l'Intelligence Artificielle sur les questions d'emploi en Afrique. Pour lui, en effet, l'Intelligence Artificielle ne va pas détruire les emplois, mais plutôt modifier ou améliorer l'intelligence humaine.

IV. VISITE DES POSTERS ET SESSION SUR LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE ENTRE L'AFRIQUE ET L'ALLEMAGNE

1. Visite des posters

Quatre posters (04) ont été exposés dans le hall de l'Auditorium de l'Université Polytechnique de San-Pedro, dont la visite a été programmée dans la matinée du mardi 06 mai 2025. Ils portent sur trois (03) des sept (07) axes thématiques retenus.

Le poster 1 présenté dans le cadre de l'Axe 1 **(IA, éducation – formation et recherche)**, à travers une méthodologie s'appuyant sur la théorie du choix rationnel, présente un tableau analytique des bénéfices et des risques de l'utilisation de l'Intelligence Artificielle dans la formation des étudiants du système LMD dans une institution universitaire ivoirienne, l'Université Polytechnique de Man.

Le second poster présenté dans le cadre de l'Axe 5 **(IA et environnement)** préconise une solution, alliant IA et apprentissage automatique, qui permet

d'analyser et de cartographier les effets de l'orpaillage artisanal sur les terres et les écosystèmes. Elle ouvre ainsi la voie à une gestion plus durable des ressources, surtout pour une Afrique désireuse d'être aussi une puissance technologique.

Quant aux posters 3 et 4, qui achèvent la visite, ils portent sur des questions liées à l'agriculture durable traitées dans le cadre de l'Axe 7 **(IA et agriculture)**. Le premier poster met en confrontation deux méthodes de prédiction de l'index glycémique des aliments : le test in vivo et la méthode RNA en référence au Réseau Neuronal Artificiel. Le second met en avant une autre méthode de prédiction, la simulation Monte Carlo, qui a permis d'évaluer les dangers auxquels s'exposent les consommateurs de lait cru.

2. Session sur la coopération scientifique entre l'Afrique et l'Allemagne

Cette activité parallèle au colloque a eu lieu dans l'après-midi du mercredi 07 mai 2025 au sein de l'Auditorium de l'Université Polytechnique de San Pedro. Son animatrice Mme Kathrin KNODEL, Spécialiste des programmes de coopération scientifique internationale et de la promotion de la recherche à la Fondation allemande pour la recherche (DFG) a présenté la stratégie de coopération scientifique de la DFG avec les pays africains résumée dans la thématique suivante : ***« Coopération scientifique entre l'Afrique et l'Allemagne : la stratégie et les programmes de soutien de la DFG »***. Globalement, cette session a permis de présenter les axes stratégiques et les instruments de financement de la DFG destinés aux chercheurs et institutions africaines et de discuter des défis, des opportunités et des perspectives d'une coopération scientifique plus inclusive, durable et structurante. Les échanges ont donné la preuve de l'intérêt porté par la communauté scientifique africaine, présente à ce colloque, à cette passerelle stratégique créée dans l'optique d'accélérer l'intégration des chercheurs africains dans les grands réseaux de recherche internationaux, tout en consolidant l'autonomie des institutions africaines dans la gestion et la valorisation de la recherche.

V. LES TRAVAUX EN ATELIERS

1. Les communications

Deux cent seize (216) communications réparties en sept axes thématiques ont été présentées dans différents ateliers. Les présentations programmées dans les salles du bâtiment UFR de l'Université Polytechnique de San Pedro ont été faites selon le format suivant : 180 en présentiel et 36 en ligne. Cette rubrique rend compte de la synthèse des communications dans les sept (07) axes retenus dans le cadre de ce colloque international.

Axe 1 : Intelligence Artificielle, éducation – formation et recherche

L'ensemble des communications de cet axe, au nombre de cinquante-neuf (59), interrogent sur l'impact de l'intelligence artificielle sur l'éducation, la formation et la recherche dans les institutions scolaires et universitaires de l'Afrique de l'Ouest. Ces études ont mis en relief la nécessité d'intégrer l'Intelligence Artificielle dans les systèmes éducatifs et de recherche scientifique mais également les défis liés à l'utilisation de cet outil innovant.

À travers plusieurs approches (modélisation, enquêtes qualitatives, analyses critiques), les contributions scientifiques ont passé en revue les opportunités que l'Intelligence Artificielle pourrait offrir à l'amélioration de l'enseignement et de l'apprentissage, à travers les tâches liées à la programmation des enseignements souvent marquées par des conflits de déséquilibres des charges pédagogiques mais également, l'introduction de nouveaux outils pédagogiques tel que l'Intelligence Artificielle Générative (IAG) et le modèle prédictif innovant pour le suivi des parcours d'apprentissage. Selon les auteurs, l'Intelligence Artificielle offre une opportunité significative pour transformer l'enseignement supérieur, rendant l'éducation plus accessible et adaptée aux besoins des étudiants et du marché de l'emploi. Il en est de même pour la recherche, domaine dans lequel l'Intelligence Artificielle est de plus en plus utilisée dans les activités de recherche pour des tâches comme la prédiction, la détection d'anomalie, la recherche documentaire.

Cependant, pour la plupart des communicants qui ont également révélé les effets contrastés de l'Intelligence Artificielle sur les apprentissages, des défis liés à cette poussée technologique doivent être relevés. Ces auteurs craignent, en effet, une réduction des capacités de réflexion critique et d'aptitude au raisonnement, des fraudes académiques, les risques de plagiat quand les jeunes ne sont pas bien formés à l'utilisation de l'Intelligence Artificielle, ainsi qu'une réduction des libertés humaines. Ainsi, une Intelligence Artificielle conçue sans participation communautaire serait-elle vouée à l'échec.

Axe 2 : Intelligence Artificielle et économie

Cet axe a mobilisé vingt-quatre (24) communications qui ont développé, sous divers angles, des questions liées à l'influence de l'Intelligence Artificielle sur l'économie.

Ces contributions scientifiques ont, d'abord, permis de mettre en lumière le besoin de satisfaire aux exigences des sociétaires qui poussent les institutions à s'orienter de plus en plus vers le numérique et l'Intelligence Artificielle pour proposer une diversité d'offres et de services. Aussi, dans une approche d'optimisation du commerce transfrontalier dans la ville de Bondoukou en Côte d'Ivoire, il a été souligné le manque d'infrastructures numériques et la faible adoption de technologie qui constituent un frein pour le développement du

commerce transfrontalier. En outre, explorant la manière dont les opérateurs du secteur hôtelier de San Pedro perçoivent l'Intelligence Artificielle, ses avantages, ses défis et son implication dans leurs activités d'hôtellerie, les résultats ont permis de constater que plus de 75% reconnaissent le potentiel de l'Intelligence Artificielle. Même si, il faut l'avouer, moins de 30% en font usage et ont des qualifications sur cet outil de la quatrième révolution industrielle. Enfin, mettant en exergue les moteurs d'innovation de produits pour un développement durable en Afrique, on retient que l'Intelligence Artificielle, avec ses capacités d'analyse prédictive, et le Design Thinking, avec son approche centrée sur l'utilisateur, permettent de créer des produits adaptés aux besoins locaux, tout en accélérant les cycles d'innovation.

Axe 3 : Intelligence Artificielle et santé

Les vingt-cinq (25) communications de cet axe ont étudié le rôle de l'Intelligence Artificielle (IA) dans la résolution des problématiques de santé en Afrique, en mettant en avant ses multiples impacts sur les soins médicaux, la santé et la condition humaine.

Les communicants ont, d'abord, mis en évidence le rôle crucial que peut jouer l'Intelligence Artificielle dans la gestion des données médicales et le suivi thérapeutique régulier des patients en Afrique, à travers la conservation et la traçabilité sur une longue période de leurs données sanitaires. On retrouve dans cette même dynamique, le diagnostic et la prise en charge précoce des problèmes de santé mentale et de maladies spécifiques en Afrique.

Ils ont, ensuite, souligné le rôle potentiel de l'Intelligence Artificielle dans la résolution des problèmes d'accessibilité géographique aux soins de santé. En effet, selon les communications présentées, l'Intelligence Artificielle constitue une opportunité pour démocratiser l'accès aux soins de santé et stimuler le développement en Afrique, malgré des avancées numériques limitées.

Toutefois, dans leurs interventions, les participants ont relevé les défis et les craintes liés à l'introduction de l'Intelligence Artificielle dans le domaine médical en Afrique. Si ces auteurs ne remettent pas en cause les succès médicaux liés à l'intelligence clinique artificielle, ils émettent des craintes quant à la problématique sécuritaire qu'elle peut engendrer chez les patients. D'autres défis majeurs liés à l'utilisation de l'Intelligence Artificielle dans le domaine de la santé en Afrique sont les inégalités d'accès à cette technologie, la pénurie de personnel qualifié, la faible infrastructure technologique, l'éthique, l'accès limité à l'électricité et l'analphabétisme. Ils ont relevé, également, que bien que l'Intelligence Artificielle puisse révolutionner les soins médicaux en comblant les lacunes d'accès à la santé grâce à ses avancées technologiques, elle pourrait entraîner une dépendance croissante aux outils numériques et un effondrement de la relation de soins médecin-patient.

Axe 4 : Intelligence Artificielle et gouvernance

Les vingt-quatre (24) communications inscrites dans cet axe révèlent une pluralité d'approches et de perspectives qui convergent vers un même objectif : démontrer le rôle structurant que peut jouer l'Intelligence Artificielle (IA) dans la transformation des systèmes de gouvernance contemporains, en particulier dans les contextes africains. Issues de champs disciplinaires variés, ces contributions mettent en lumière l'apport de l'Intelligence Artificielle dans la modernisation des services publics, le renforcement de la sécurité, l'optimisation des politiques sectorielles et la promotion d'une gouvernance éthique, inclusive et durable.

Il ressort de l'ensemble des travaux que l'Intelligence Artificielle, lorsqu'elle est convenablement encadrée et intelligemment intégrée aux dispositifs institutionnels, peut accroître considérablement l'efficacité des services étatiques. À titre d'illustration, des expérimentations ont montré l'intérêt de son utilisation dans la gestion automatisée de la circulation urbaine à travers la régulation intelligente des feux tricolores, dans la collecte digitalisée des impôts, ou encore dans la gestion sanitaire des déchets ménagers par le biais de systèmes de cartographie. Ces applications démontrent une volonté manifeste d'adapter les outils technologiques au service des politiques publiques, dans une perspective de gouvernance proactive et de proximité. Le champ universitaire lui-même est cité comme un terrain d'expérimentation fertile pour des usages internes de l'Intelligence Artificielle en matière de pilotage administratif.

Parallèlement, la sécurité demeure un domaine central dans lequel l'Intelligence Artificielle est perçue comme un levier de transformation. Plusieurs communications ont insisté sur sa capacité à renforcer les dispositifs de surveillance, à faciliter le démantèlement des réseaux criminels, à contrôler les mouvements migratoires ou encore à lutter contre l'incivisme routier grâce aux technologies de vidéo-verbalisation.

Cependant, un certain nombre de communications ont exprimé des réserves et des interrogations critiques face à l'expansion de l'Intelligence Artificielle. En particulier, les risques liés à la protection des données personnelles, à la surveillance de masse, à l'aliénation de l'humain ou à l'instrumentalisation politique de ces outils ont été soulevés avec acuité. La crainte que l'Intelligence Artificielle, loin de servir l'humanité, n'en vienne à la déposséder de son autonomie et de sa dignité, constitue un motif récurrent de préoccupation. À ce titre, la nécessité d'un encadrement éthique et juridique rigoureux a été unanimement reconnue.

Axe 5 : Intelligence Artificielle et environnement

La convergence entre l'Intelligence Artificielle et les sciences environnementales offre des solutions novatrices qui ont retenu l'attention des participants qui ont proposé vingt-deux (22) communications. Les solutions

novatrices évoquées ont été mises en œuvre, méthodologiquement à travers diverses techniques complémentaires.

La première est l'utilisation d'algorithmes avancés tels que Random Forest, les réseaux de neurones artificiels comme le Perceptron MultiCouche (PMC), et les modèles hybrides combinant régression linéaire multiple et apprentissage profond; des algorithmes qui, selon les auteurs, ont permis d'améliorer considérablement la modélisation des phénomènes environnementaux complexes. Ces approches se révèlent particulièrement efficaces pour la classification d'images satellitaires, la prédiction des flux biogéochimiques, l'analyse des débits hydriques extrêmes et la modélisation des échanges gazeux entre atmosphère et hydrosphère.

La seconde technique mise en évidence par les communicants se retrouve dans le recours à la télédétection satellitaire qui, par l'exploitation des images Sentinelles et Landsat, couplée à des algorithmes de classification supervisée, permet de cartographier les changements d'occupation du sol avec une précision atteignant 97%.

Une troisième avancée technologique révélée au cours des ateliers sur l'Axe 5 est relative aux systèmes de vision par drone qui, par l'exploitation de l'algorithme YOLO, renforcent la surveillance environnementale en temps réel.

Ces avancées impliquent une transformation profonde des pratiques de gestion environnementale en Afrique de l'Ouest. L'intégration de l'Intelligence Artificielle dans les processus décisionnels permet désormais d'élaborer des politiques environnementales basées sur des données probantes et actualisées, renforçant ainsi leur pertinence et leur efficacité.

Axe 6 : Intelligence Artificielle, communication, art et culture

Cet axe comprend trente-une (31) communications de divers auteurs dans une interdisciplinarité qui aligne questionnements, résultats et perspectives de recherche. Ces différentes communications dégagent six champs d'étude qui ont meublé des réflexions autour de cette thématique.

Le premier champ aborde la question de l'Intelligence Artificielle en rapport avec la sauvegarde et la promotion des patrimoines. Ces communications présentent l'Intelligence Artificielle comme un moyen efficace pour la sauvegarde et la préservation numérique des patrimoines, à l'image du Fort de Dabou en Côte d'Ivoire citée à titre d'illustration. De même, elles montrent que l'Intelligence Artificielle contribue à garantir une communication efficace sur ces patrimoines.

Le deuxième champ de réflexion synthétise plusieurs études sur l'usage de l'Intelligence Artificielle (IA) et du numérique dans les domaines de la communication, du patrimoine et de la culture en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso. Les travaux des différents communicants explorent notamment l'impact des réseaux sociaux sur le journalisme, les réflexions éthiques autour de l'Intelligence Artificielle à travers la littérature, et la transformation de la communication numérique grâce à

cette technologie. Ils abordent, également, la valorisation du patrimoine culturel par la numérisation 3D, les perceptions ambivalentes des agences publicitaires face à l'Intelligence Artificielle et la réappropriation identitaire du *Nouchi* via les réseaux sociaux. Dans l'ensemble, ces recherches montrent que l'Intelligence Artificielle engendre d'importantes mutations sociales et culturelles, tout en appelant à une adoption critique et inclusive.

Le troisième champ est en prééminence axé sur un objectif, celui de comprendre ou de mettre en lumière l'impact de l'intelligence artificielle sur les activités, l'évolution et la productivité humaine. L'objectif des communicants étant d'analyser et de comprendre la dualité entre Intelligence Artificielle et les activités de développement.

Dans un quatrième champ, l'Intelligence Artificielle est perçue par certains auteurs à la fois comme un outil d'innovation, par son rôle croissant joué dans la pédagogie et la rentabilité des campagnes publicitaires, et un facteur de risques sociétaux, culturels et éthiques. À travers des exemples comme des faux journaux télévisés ou de fausses déclarations attribuées à des personnalités, il démontre comment l'Intelligence Artificielle peut nuire à la démocratie et à la cohésion sociale.

Le champ suivant met en lumière le potentiel de l'Intelligence Artificielle à résoudre des problèmes sociaux, notamment en favorisant la communication et l'inclusion des populations vulnérables, en particulier les personnes non-scolarisées en Côte d'Ivoire et en Afrique. L'exemple des assistants vocaux en langues locales et de traducteurs automatiques par l'Intelligence Artificielle est fort édifiant dans ce processus qui vise à améliorer le quotidien des populations.

Le dernier champ met en lumière les conditions du développement de l'Afrique à l'ère des technologies de l'Intelligence Artificielle et de la robotique, tout en ressortant l'attitude à adopter par les Africains face au projet mirobolant d'une Intelligence Artificielle omnipotente et omniprésente.

Globalement, toutes les communications convergent vers une idée forte : l'intégration de l'Intelligence Artificielle en Afrique doit être critique, éthique et adaptée aux réalités socioculturelles locales, afin d'en tirer les bénéfices tout en minimisant les risques.

Axe 7 : Intelligence Artificielle et agriculture durable

L'exercice auquel se sont livrés les auteurs des trente-une (31) communications présentées dans cet axe était d'explorer, sous divers angles, la contribution de l'Intelligence Artificielle au développement d'une agriculture durable en Afrique.

La prolifération des maladies des plantes, dans un continent où la sécurité alimentaire est déjà préoccupante, ne pouvait que mobiliser les efforts des chercheurs qui ont trouvé dans l'Intelligence Artificielle un outil précieux pour relever le défi d'une agriculture saine.

Aux efforts de prédiction ou de détection des maladies des plantes, se greffe indubitablement l'amélioration de la qualité de la production agricole qui a également retenu l'attention des communicants. Par exemple, pour l'amélioration des pratiques de séchage du café, des modèles mathématiques basés sur les réseaux de neurones artificiels afin de simuler le séchage ont été présentés. Dans ces procédés, améliorer la qualité du produit suppose également une capacité à détecter les anomalies. Une nouvelle approche s'inscrivant dans cette dynamique a été mise en évidence. Il s'agit de l'approche de détection de défauts basée sur un réseau Deep-One-Class (DOC) qui s'appuie exclusivement sur les données de fèves normales pour apprendre une distribution de référence, détectant ensuite les anomalies comme des écarts significatifs par rapport à cette norme.

Les enjeux de sécurité et de souveraineté alimentaire qui préoccupent toute l'Afrique imposent, également, des pratiques nouvelles pour améliorer les rendements afin de nourrir une population en constante augmentation. Des expériences réalisées au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire et au Sénégal, que les communicants ont présenté avec beaucoup de maestria, ont permis de constater que les producteurs africains, avec une part importante de femmes, sont animés d'une réelle volonté de s'approprier les nouvelles technologies pour améliorer leurs rendements agricoles.

Au-delà de ces trois sous-thèmes, les questions éthiques ont été également évoquées. Il s'agit, ici, de rendre les individus sensibles aux principes à même de soutenir une agriculture durable et de proposer des solutions en vue d'un bon usage de l'Intelligence Artificielle dans l'implémentation de cette forme d'agriculture.

De ces différentes études, il est évident que l'intelligence artificielle peut être utilisée dans différents domaines afin d'améliorer la sécurité alimentaire, notamment dans l'analyse des données agricoles, la surveillance des ressources alimentaires et la prévision des crises alimentaires.

2. Les textes sélectionnés

Parmi les communications présentées lors des ateliers, certaines ont été soumises à l'examen de la Commission des actes en vue d'une publication. À l'issue d'un rigoureux processus d'évaluation, les textes suivants ont été retenus et publiés. Ce sont :

- treize (13) articles relevant de l'axe 1 ;
- huit (08) articles relevant de l'axe 2 ;
- huit (08) articles relevant de l'axe 3 ;
- huit (08) articles relevant de l'axe 4 ;
- neuf (09) articles relevant de l'axe 5 ;
- dix-neuf (19) articles relevant de l'axe 6 ;
- neuf (09) articles relevant de l'axe 7.

SOMMAIRE

AXE 1	
Aka Stéphane KOFFI ; Daouda KONÉ ; NankengSerge TAPIGUÉ ; Kra Kouakou Donatien KOUMAN ; **Affoué Anne-Marie YAO** ; **Bi Tah Aristo Régis KOËT** et **Moussa GRAFOUTÉ** : Développement d'un dispositif électronique intelligent de monitoring du transformateur de puissance.	3
Boua Paulin Sylvain AKREGBOU : Usage de chatgpt dans l'enseignement supérieur ivoirien : nécessité d'une éducation à l'intelligence artificielle générative des enseignants et étudiants.	19
Daouda KONÉ ; Emma Georgina H. ZORO ; Nankeng Serge TAPIGUÉ ; Aka Stéphane KOFFI ; Tanoh Ange-Pierre ASSOUMOU ; Bi Tah Aristo Regis KOËT et Moussa GRAFOUTÉ : Contribution de l'intelligence artificielle au diagnostic du changeur de prise en charge (CPEC) des transformateurs de puissance de Côte d'Ivoire.	35
Djibril DIOUF : Enjeux de l'intelligence artificielle à l'école : l'apprenant, l'enseignant et le politique.	49
Emma Georgina Hueva ZORO ; Daouda KONÉ ; **Aka Stéphane KOFFI ; Nankeng Serge TAPIGUÉ ; Tanoh Ange-P. ASSOUMOU ; Bi Tah Aristo Régis KOËT et Moussa GRAFOUTÉ :** Réseaux neuronaux pour diagnostiquer la dégradation des huiles des transformateurs de puissance.	63
Eppié Augustine Michaella BONGBA : Usage des outils de traduction automatiques (OTA) dans les travaux dirigés de thème au département d'études germaniques de l'UAO : diagnostic, enjeux et perspectives.	75
Évariste Dupont BOBOTO : Intelligence artificielle-intelligence humaine : quels rapports ?	89
Guy Roland AMOIKON : Intelligence universelle, intelligence humaine et intelligence artificielle : critique du devenir des intelligences en contexte éducatif africain.	103
Laurent Hospice MABANZA : L'intelligence artificielle et l'avenir de l'éducation en afrique : défis et perspectives pour une humanité nouvelle.	117
Mamie Solotiana Junaux Paul RANDRIAMANANTENA et Andriamihamina TSIMILAZA : Une perspective didactique sur l'intelligence artificielle pour l'enseignement des sciences en milieu rural.	129
Nankeng Serge TAPIGUE ; Aka Stéphane KOFFI ; Daouda KONÉ ; Konan Jean Aurélien KOUAKOU ; N'Dri Estelle KOUAKOU ; Bi Tah Aristo Régis KOËT et Moussa GRAFOUTÉ : Proposition d'une architecture intelligente pour le monitoring des transformateurs de puissance	147
Yacouba KONE : Éducation aux médias et intelligence artificielle : fiches pédagogiques EDHC pour collèges ivoiriens.	157

Yacouba OUATTARA, Niemtiah OUATTARA, Taki Romaric YIAN, Koffi Mathias YAO et Soualiho OUATTARA : Optimisation de la recherche en Afrique par l'IA : classification des signaux EEG via le machine learning.	173
AXE 2	
Agoussi Alphonse MOGUÉ et Seydou KONÉ : Intelligence artificielle et économie du travail : enjeux et perspectives.	187
Aïkpa Benjamin DIOMAND et Ibrahima KINDA : Penser l'intelligence artificielle et le marché du travail africain avec Marx.	199
Bakary BOLA, MBA : IA et design thinking : moteurs d'innovation de produits pour un développement durable en Afrique.	213
Gli Modeste Franck MAH et Moro Jean Martial AHORO : L'intelligence artificielle et la réinvention de la trajectoire économique ivoirienne : 2000-2020	229
Kouadio Frédéric Alain-Charles DJE et Thiédjé Gaudens-Omer KOUAKOU : L'effet potentiel de l'intelligence artificielle sur le marché du travail en Afrique.	243
Mansé BAMBA et Dabié Désiré Axel NASSA : Intelligence artificielle et optimisation du commerce transfrontalier : cas de Bondoukou dans le contexte de l'intégration économique ouest-africaine.	263
Moro Jean Martial AHORO ; Gli Modeste Franck MAH et N'Dri Laurent KOUAKOU : Adaptations de la microfinance ivoirienne au numérique et à l'intelligence artificielle (1976- 2022).	283
Thiédjé Gaudens-Omer KOUAKOU et Kouadio Frédéric Alain-Charles DJE : Intelligence artificielle, développement financier et croissance économique.	299
AXE 3	
Adlès Francis KOUASSI et Pascal Olivier ASSEU : Modèle hybride par stacking pour la détection précoce et précise du diabète.	333
Lhaur-Yaigaiba Annette OUATTARA et Tenguel Sosthène N'GUESSAN : Prise en charge des hémoglobinopathies : contribution de l'intelligence artificielle.	353
Mohamed BOUBACAR BILCHA : La biomedicalisassion en Afrique : apport de l'intelligence artificielle.	371
N'guessan Rémi BLASSI : L'intelligence artificielle et la question de l'amortalité de l'homme.	385
Ousmane DIARRASSOUBA : L'intelligence artificielle appliquée à la gestion de la santé mentale positive en Afrique	401
Sylvain Konan KOUADIO : Intelligence artificielle et sexualité humaine : le devenir humain en questionnement.	413

Tenguel Sosthène N'GUESSAN ; Yao Gaël N'DRI et Lhaur-Yaigaiba Annette OUATTARA : Intelligence artificielle et sante en Afrique : entre perception, opportunités et défis.	427
Yaya BAMBA : L'intelligence artificielle en médecine et la problématique de la sécurité informatique des patients.	445
AXE 4	
Affoua Marie-Rose YAO : Gestion du désordre urbain à Port-Bouët pour une économie circulaire via l'intelligence artificielle.	459
Bienvenu Éric TRA BI TRA : La problématique de la réglementation de l'Intelligence Artificielle (IA) en Afrique dans un contexte mondial marqué par l'essor fulgurant du digital.	473
Judith Bienvenue MBEDE : L'Intelligence Artificielle (IA) dans le domaine militaire : une incidence réelle sur la souveraineté des états africains.	489
Konan Simon KOUAME : Intelligence artificielle et sécurité routière en Côte d'Ivoire.	515
Ladji BAMBA : L'intelligence artificielle et sécurité du passeport ivoirien, lutte contre l'immigration clandestine.	531
Mamadou YEO : Télésurveillance et développement du tourisme dans la ville de San Pedro.	545
N'guessan Hervé SANHEIN : L'intelligence artificielle au service de la lutte contre la faim en Côte d'Ivoire	561
Yacouba KOURAOGO et Silué KOLO : La cybersécurité a l'ère de l'intelligence artificielle.	577
AXE 5	
Alhousseiny AG OUFENE : La protection de l'environnement face a l'intelligence artificielle au Mali	595
Aristide Gountôh DOUAGUI ; Sylvestre Kouakou Assoué KOUADIO et Michel Armand Rock BOUADOU : Optimiser les forages d'eau en milieux discontinus par les réseaux de neurones.	609
Kouadio KRAH ; Sié OUATTARA ; Gbelé OUATTARA ; Marc Euphrem ALLIALY et Alain CLEMENT : Vers une reconnaissance autonome des minéraux dans les roches : approche par deep learning et imagerie microscopique.	619
Luc-Donald DALIE ; Bienvenue N'dah MOUALE MOUTOUAMA et Mamadou SORO : Système de détection de drones pour la gestion de l'environnement.	635
Mahyao Germain ADOLPHE ; Gilles Léonce NIAMKETCHI ; Hauverset Assiénin N'GUESSAN ; Bel Aurore Martine KABLAN ; Obed Dessan GOGOUE ; Christophe Bini ADOU et Brou KOUAME : Effet de scenarios de changements climatiques sur l'elaeiculture en Côte d'Ivoire.	655

Marcel Konan YAO ; Kouakou Urbain KOFFI ; SANGARÉ Naminata épouse Soumahoro et Koffi Sébastien OUFFOUÉ : Modélisation de la fugacité du CO_2 dans le canal de Vridi.	673
N'Guessan Edouard KOUAKOU ; Dibi BROU ; Arthur Brice KONAN-WAIDHET ; Jean-Yves Mikel KOUADIO et N'Guessan Edouard KOUAKOU : Gestion des effluents agro-industriels par simulation d'un bioreacteur UASB avec le logiciel biowin.	685
Salaha ASSOUMANE AYOUBA ; Eboua Narcisse WANDAN ; Koffi René DONGO ; Jacob NANDJUI ; Abdoulatif ABASS SALEY et Lipoublida DJAGRÉE : Utilisation des algorithmes d'apprentissage automatique pour l'étude d'impacts de l'orpaillage sur la dynamique d'occupation des sols à Kokumbo, Côte d'Ivoire entre 2013 et 2023.	703
Sionfoungon Kassoum COULIBALY : IA et éthique environnementale : réflexion sur les défis d'une IA verte.	725
AXE 6	
Achille César VAH : Le patrimoine socio-culturel dan-ouest entre perturbation et résistance à l'ère de l'intelligence artificielle.	741
Akpolê Koffi Daniel YAO : Limites et bornes de l'intelligence artificielle : le désenchantement kantien.	755
Atché Michel AKA ; Yao Jean Térence Gauthier LASME ; N'doua Etienne ETTIEN ; Kouakou Modeste KOFFI ; Kouakou Siméon KOUASSI ; César SABI : Contribution à la sauvegarde numérique du fort de Dabou (sud Côte d'Ivoire)	765
Bi Vagbé Gethème IRIÉ ; Sata YÉ ; Nekezi Cédric YALÉTY : Intelligence artificielle et tourisme culturel à San Pedro : une analyse des perceptions.	783
Christine Mackay TIRCOMNICU et Koffi Noël BRINDOU : Une IA Africanfuturiste: Opportunités de Développement Durable de l'Afrique dans *Lagoon* de Nnedi Okorafor	801
Décoster Dominique Tia MANOUAN et Odilon Yapo ACHIEPO : Le rôle de la cybernétique dans le développement de l'intelligence artificielle.	825
Dieudonné-Désiré AMANI : Robolution et néohumains à l'ère de l'intelligence artificielle : l'exemple de *mission* de Xavier de Broca.	831
Elisabeth Ella BAKI ; Jean- Jacques AHOUÉ et Sidiki Koné BOUAKARI : Apport de l'intelligence artificielle dans le projet « Denguélé Misri Ni Kourou »	843
Ibrahima KARAMOKO et Dekao Fabrice TIEMOU : L'IA peut-elle remplacer l'humain dans l'éducation linguistique? Une analyse critique des assertions de Elon Musk.	857
Koffi KOUASSI : Langage humain et langage artificiel : Lecture dialogique des défis de l'intelligence artificielle en Afrique.	877

Kouassi Honoré ELLA : IA et nécessité d'un supplément d'âme : l'Afrique à la croisée des chemins.	889
N'founoum Parfait Sidoine KOUAME : Intelligence artificielle et gestion des migrations en Côte d'Ivoire.	905
N'guessan Hervé SANHEIN : L'intelligence artificielle au service de la lutte contre la faim en Côte d'Ivoire	923
Nassirou IMOROU : L'intelligence artificielle et la mort de l'auteur : fictions américaines littéraires et cinématographiques.	937
Thierry Roland GBEZE et Henri-Joël KOFFI : Perceptions de l'intelligence artificielle par les professionnels du marketing digital à Abidjan.	957
Waliyu KARIMU : Vidéos tiktok truquées et images falsifiées : étude des malveillances de l'IA sur les réseaux sociaux en Côte d'Ivoire.	977
Yao Jean-Claude N'DA : L'intelligence artificielle dans la communication interne : de sa connaissance à son intégration dans les organisations ivoiriennes.	995
Zié TUO : Le recours à l'espace numérique en temps de COVID-19 : cas de l'église baptiste de Côte d'Ivoire	1009
Zoumana DIAKITE : L'IA et valeurs humaines : d'une IA inspirée des valeurs culturelles africaines.	1025
AXE 7	
Badjo Julienne SOGBOU-ATIORY : Intégration de solutions d'IA innovantes pour l'optimisation des activités des productrices d'attiéké à jacqueville au sud de la Côte d'Ivoire.	1053
Donilèmin Jules SILUE ; Yao Lambert N'GUESSAN et Béhou Gérard N'GUESSAN : Identification des maladies virales liées aux feuilles de manioc par l'apprentissage profond.	1071
Emilie Jocelyne ROBET ; Behiblo N'Guessan Bah KONAN ; Hermann Kouamé YEBOUE et Ernest Kouakou AMOIKON : Évaluation des effets nutritionnels du sorgho, du mil et du fonio.	1089
Faloukou DOSSO : Intelligence artificielle et agroécologie en Afrique noire : pour une politique durable d'approvisionnement alimentaire.	1103
Guei Simplice KOUA : L'intelligence artificielle et les enjeux éthiques d'une agriculture durable en Afrique.	1117
Kan Benjamin KOUAME ; Anauma Casimir KOKO ; Kouassi Maxime KONAN ; Kouakou Levi Moïse KOFFI et Nogbou Emmanuel ASSIDJO : Évaluation quantitative du risque d'exposition à l'aflatoxine m1 chez les consommateurs de lait cru de vache à Daloa par simulation monte Carlo.	1131
Messoun Alain ESSOI : Communication et innovation agricole : état des lieux, perceptions et défis de l'agriculture intelligente dans le district des savanes (Côte d'Ivoire).	1141

N'guessan Hervé SANHEIN : L'intelligence artificielle au service de la lutte contre la faim en Côte d'Ivoire.	1167
Ouatili DAH : Vers une économie post-travail.	1181

AXE 1

CONTRIBUTION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU DIAGNOSTIC DU CHANGEUR DE PRISE EN CHARGE (CPEC) DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE DE CÔTE D'IVOIRE

CONTRIBUTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO THE DIAGNOSIS OF THE ON-LOAD TAP CHANGER (OLTC) OF POWER TRANSFORMERS IN CÔTE D'IVOIRE

Daouda KONÉ*
kone.daoud20@ufhb.edu.ci
(+225) 07-57-95-36-23
Département de Technologie, UFR : SSMT
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte D'ivoire

Emma Georgina H. ZORO
gina_zoro@yahoo.fr
(+225) 01-51-74-75-44
Département de Physique, UFR : SSMT
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte D'ivoire

Nankeng Serge TAPIGUÉ
sergent.35@gmail.com
(+225) 05-65-27-69-88
Département de Technologie, UFR : SSMT
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte D'ivoire

Aka Stéphane KOFFI
aka.koffi53@ufhb.edu.ci
(+225) 07-08-11-16-68
Département de Technologie, UFR : SSMT
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte D'ivoire

Tanoh Ange-Pierre ASSOUMOU
assoumoutanhoange@gmail.com
(+255) 01-42-57-14-19
Direction du Transport d'énergie et Télécommunications
Compagnie Ivoirienne de l'Électricité (CIE), Abidjan, Côte D'ivoire

Bi Tah Aristo Regis KOËT
regkoet@cie.ci
(+225) 07-57-03-89-03
Direction du Transport d'énergie et Télécommunications
Compagnie Ivoirienne de l'Électricité (CIE), Abidjan, Côte D'ivoire

Moussa GRAFOUTÉ
grafoutemoussa@gmail.com
(+225) 07-47-65-60-34
Département de Technologie, UFR : SSMT
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte D'ivoire

**correspondance*

RÉSUMÉ

Le Changeur de Prise en Charge (CPEC) opère des commutations pour assurer le bon fonctionnement du transformateur de puissance. Toutefois, ces commutations entrainent l'apparition d'arcs électriques dégradant l'huile diélectrique du CPEC par la formation de gaz dissous inflammables. La fiabilité du diagnostic de l'huile est enjeu capital pour garantir l'intégrité du transformateur. Ainsi, l'objectif de ce travail est de développer un modèle de l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer le diagnostic des huiles isolantes. Dans cette étude, un modèle de Réseau de Neurones Artificiels (RNA) est développé en utilisant des données de gaz dissous disponibles dans des bases de données internationales. La performance du RNA a ensuite été comparée à celle des méthodes traditionnelles d'analyse des huiles notamment le triangle de Duval et la norme IEEE std C57.139, en utilisant des huiles de CPEC prélevées sur sites après trois (3) ans de service à la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE). Les résultats ont montré des performances comparables entre l'IA et la méthode de Duval pour d'identification des défauts dans l'huile du CPEC. Les défauts thermiques sévères (T3) sont plus fréquents dans l'huile du CPEC avec un taux d'apparition de 50% contre 30% pour les décharges de faible intensité (D1). Les défauts T3 augmentent la température de l'huile au-delà de 700 °C, causant son oxydation et la perte des propriétés diélectriques. Ce qui constitue un risque majeur d'avaries du transformateur de puissance.

Mots-clés : Intelligence artificielle, Huile minérale, Changeur de prise en charge, Transformateur de puissance, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

The On-Load Tap Changer (OLTC) operates switching taps to ensure the proper operation of the power transformer. However, these switching operations cause the formation of electric arcs, which degrade the OLTC's dielectric oil through the formation of flammable dissolved gases. The reliability of oil diagnostics is critical to ensuring transformer integrity. Therefore, the objective of this work is to develop artificial intelligence (AI) model to improve insulating oil diagnostics. In this study, an Artificial Neural Network (ANN) model was developed using dissolved gas data available in international databases. The performance of the ANN was then compared to traditional oil analysis methods, including the Duval triangle and IEEE std C57.139, using OLTC oils sampled on-site after three (3) years of service at the Ivorian Electricity Company (CIE). The results showed comparable performances between AI and Duval method for identifying defects in OLTC oil. Severe thermal defects (T3) are more frequent in OLTC oil with an occurrence rate of 50% compared to 30% for low intensity discharges (D1). T3 defects increase the oil temperature beyond 700 °C, causing its oxidation and loss of dielectric properties. This constitutes a major risk of damage to the power transformer.

Keywords: Artificial intelligence, Mineral oil, On-load tap changer, Power transformer, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Le transformateur de puissance sert à élever ou à abaisser la tension du réseau électrique afin de permettre le transport d'énergie sur de longues distances. Il se compose principalement de traversées aux entrées-sorties, de circuit magnétique transformant l'énergie et d'un changeur de prises en charge (CPEC). Lorsqu'une variation importante de tension se produit sur le réseau électrique, le CPEC effectue des commutations pour l'ajuster automatiquement garantissant ainsi, le bon fonctionnement du transformateur de puissance (M. Edwell et al., 2022).

Cependant, ces manœuvres de commutations entraînent la formation d'arcs électriques qui dégradent l'huile diélectrique isolante dans laquelle baigne le CPEC. La dégradation de l'huile minérale isolante entraine la formation de produits dérivés gazeux inflammables pouvant entraîner la perte du transformateur de puissance. Les principaux gaz dissous qui se forment lors de la décomposition de l'huile minérale isolante du CPEC sont l'hydrogène (H_2), le méthane (CH_4), l'éthane (C_2H_6), l'éthylène (C_2H_4), l'acétylène (C_2H_2), le dioxyde de carbone (CO_2) et le monoxyde de carbone (CO) (M. S. A. Khiar *et al.*, 2012). Des enquêtes ont prouvé que les

dysfonctionnements du CPEC constituent l'une des causes principales de la perte des transformateurs de puissance (M. Edwell, 2022); (F. Ismail *et al.*, 2022).

Il existe de nombreuses méthodes traditionnelles d'analyse de gaz dissous dans l'huile notamment le triangle de Duval, le carré d'ETRA, le triangle de Gouda et la norme IEEE std C57.139 (S. Bustamante, 2024). Toutefois, la méthode de Duval est l'une des plus répandues pour l'identification des défauts dans l'huile du CPEC. En effet, cette méthode graphique permet la détection une large gamme de défauts dans l'huile diélectrique de manière relativement simple. Avec cette méthode de Duval, les défauts du CPEC sont alors catégorisés en surchauffes de faible (T1), moyenne (T2) et forte (T3) énergies, décharges partielles (DP), arcs électriques de faible (D1) et forte (D2) intensités et vieillissement thermique (M. Duval, 2002).

Toutefois, ces dernières années, des modèles d'intelligence artificielle (IA) sont de plus en plus employés pour améliorer la fiabilité du diagnostic de l'état de l'huile par l'analyse des gaz dissous (M. Edwell et al., 2022). Les modèles d'IA ont montré des performances supérieures pour l'identification de défauts de l'huile diélectrique par rapport aux méthodes traditionnelles (A. Peimankar and A. Lapthorn, 2015) ; (F. Jakob et al., 2003). Par ailleurs, des comparaisons effectuées entre différents modèles d'IA ont révélé que le modèle de réseau de neurones artificiels (RNA) présente une meilleure performance dans le diagnostic des huiles du CPEC (F. Jakob et al., 2003). En général, les modèles de RNA sont entrainés sur des données labélisées suivant des conventions établies par les méthodes traditionnelles. Or, plus récemment, des améliorations ont été apportées dans la méthode de Duval pour améliorer sa précision dans l'identification des défauts du CPEC (M. Duval, 2008) ; (Y. Yue et al., 2022). Cependant, peu d'études ont été réalisées sur le développement de modèle de RNA basé sur cette version améliorée de la méthode de Duval pour le diagnostic de CPEC.

Par ailleurs, habituellement, à la Compagnie Ivoirienne de l'Electricité (CIE), le planning de la maintenance des CPEC prévoit un remplacement systématique de la charge d'huile chaque trois (3) ans. Ce planning de maintenance ne tient pas compte de l'état réel de l'huile isolante du CPEC. Or, une huile très dégradée peut conduire à la perte du transformateur (M. Edwell et al., 2022). La mise en place d'IA pour l'analyse de l'état des huiles est devenue un enjeu capital pour non seulement optimiser les coûts de la maintenance mais aussi prévenir la perte des transformateurs de puissance.

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'une part de développer un modèle de RNA conformément aux améliorations de la méthode de Duval et d'autre part de conduire un diagnostic de l'état des CPEC des transformateurs de puissance installés en Côte d'Ivoire. Le matériel utilisé et les différentes méthodes d'analyse des données pour atteindre cet objectif sont d'abord présentés. Puis, les résultats obtenus sont commentés afin d'évaluer le travail réalisé.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sections ci-après décrivent le matériel utilisé pour la collecte des données et la méthodologie de travail.

1.1. Matériel

Le matériel utilisé lors de ce travail est constitué d'une part de résultats des analyses d'échantillons d'huiles issus d'une base de données internationales et d'autre part de données de terrain collectées d'échantillons d'huiles fournis par la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE). Ces échantillons ont été prélevés de CPEC des transformateurs de puissance installés dans différentes localités de la Côte d'Ivoire.

1.1.1. Apprentissage du réseau de neurones artificiels (RNA)

Une base de données contenant cent (100) échantillons de gaz dissous a été constituée de données extraites de bases internationales (M. Duval, 2002), (IEEE std C57.139, 2015), (I. A. R. Gray, 2018), (F. Jakob et *al*., 2003), (Griffin and Lewand, 2005), (Haema *et al.*, 2011), (R. Singh, 2022), (M. S. A. Khiar et al., 2014) et (Y. Yue *et al*., 2022). Ces données ont servi à l'apprentissage du réseau de neurones artificiels.

1.1.2. Application du RNA

Les dix (10) échantillons d'huile minérale isolante à diagnostiquer, ont été prélevés sur des transformateurs de puissance installés dans différentes villes de Côte d'Ivoire après trois (3) ans de service. Le tableau 1 présente la description de ces échantillons d'huile.

Table 1: Échantillons d'huiles de CPEC collectés sur des transformateurs de puissance de la Côte d'Ivoire

Date de collecte	Caractéristiques des transformateurs de puissance		Localisation	Codes des échantillons	Temps de service de l'huile
	Tension(kV)	Puissance (MVA)			
09/05/2024	90/30	24	Vavoua	VAV	3 ans
12/05/2024	90/16,5	16	Séguéla	SEG	
05/07/2024	90/33	24	Abengourou	AB24	
06/07/2024	90/15	36	Abengourou	AB36	
08/07/2024	90/30	20	Agnibilékro	AGN	
17/07/2024	90/33	24	Tanda	TAD	
19/07/2024	90/30	24	Sérébou	SER	
22/07/2024	90/15	16	Dimbokro	D16	
23/07/2024	90/30	24	Dimbokro	DIM24	
28/07/2024	90/30	10	Marabadiassa	MAR	

Source : Conception des auteurs

1.2. Méthodes

Les échantillons d'huiles ont été soumis à une analyse chromatographique pour déterminer les concentrations de gaz dissous. Puis, ces résultats sont utilisés pour faire le diagnostic des huiles par la méthode du triangle de Duval et à l'aide du modèle de réseau de neurones élaboré.

1.2. 1. Analyse chromatographique

L'analyse chromatographique est une méthode qui permet la détermination des concentrations des gaz dissous dans des échantillons d'huile de transformateur de puissance. Ces gaz constitués de H_2, CH_4, CH_2, C_2H_4, C_2H_6, CO et CO_2 sont formés comme résultats des dégradations thermique et électrique de l'huile. L'analyse des gaz dissous dans l'huile permet d'identifier les défauts du CPEC. Pour cette étude, les analyses chromatographiques ont été conduites à l'aide du dispositif Myrkos Portable DGA, modèle MicroGC. Les échantillons d'huile de CPEC prélevés sur site ont été analysés suivant les recommandations de la norme ASTM D3612 (ASTM D3612, 2017).

1.2.2. Triangle de Duval

Le triangle de Duval modifié de la figure 1 est utilisé pour l'analyse des gaz dissous des huiles de changeur de prise en charge (Khiar et al., 2012). Cette méthode se base sur trois gaz spécifiques : le méthane (CH_4), l'acétylène (C_2H_2), et l'éthylène (C_2H_4). La concentration du gaz dissous notée (C_X) est exprimée en parties par millions (ppm). L'application des trois équations (1), (2) et (3) permet de déterminer les coordonnées du point dans le triangle de Duval. La zone de localisation du point dans le triangle de Duval définit le type de défaut. Le triangle est donc divisé en plusieurs zones de défauts dont celles des arcs électriques de faible énergie (D1) et de forte énergie (D2), des défauts thermiques dont la température est moins de 300 ºC (T1), ceux de températures comprises entre 300 ºC et 700 ºC (T2) et enfin ceux de températures de plus de 700 ºC (T3). L'absence de défaut dans le CPEC est matérialisée (N). Toutefois, les zones X1 et X3 indiquent respectivement des défauts anormalement sévères (M. Duval, 2008).

$$\%CH_4 = \frac{100 \times C_{CH_4}}{C_{CH_4} + C_{C_2H_4} + C_{C_2H_2}} \quad (1)$$

$$\%C_2H_4 = \frac{100 \times C_{C_2H_4}}{C_{CH_4} + C_{C_2H_4} + C_{C_2H_2}} \quad (2)$$

$$\%C_2H_2 = \frac{100 \times C_{C_2H_2}}{C_{CH_4} + C_{C_2H_4} + C_{C_2H_2}} \quad (3)$$

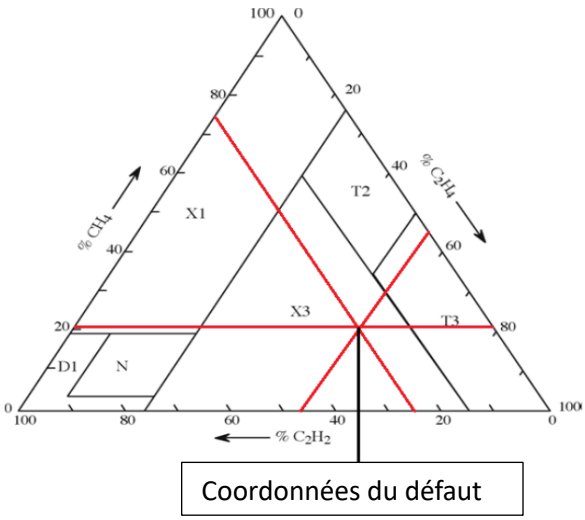

Figure 1 : Triangle de Duval modifié pour le CPEC (M. S. A. Khiar et al., 2012).

1.2.3. Modélisation du réseau de neurones artificiels d'analyse des gaz dissous

La base de données**,** constituée de données extraites d'études précédentes, contenant les concentrations des différents gaz dissous et les défauts associés**,** a été utilisée pour l'entraînement, le test et la validation du modèle de RNA. Les entrées du RNA sont les concentrations de gaz dissous (H_2, CH_4, CH_2, C_2H_4 et C_2H_6) exprimées en ppm et les sorties sont les défauts associés. Les sorties ont été labélisées suivant la convention de Duval. Ainsi, les différentes sorties sont : N, T1, T2, T3, D1 et D2. Un RNA contenant deux (2) couches cachées, composées respectivement de dix (10) et trente (30) neurones, a été modélisé sous Python (Scikit Learn). La répartition des données pour les phases d'entrainement, de test et de validation du modèle a respectivement été de 60%, 20% et 20% des données.

Le développement du modèle a nécessité l'import de la bibliothèque Pandas de Python pour le prétraitement des données qui a consisté à charger l'ensemble des données, gérer des valeurs manquantes, sélectionner des gaz clés de la méthode de Duval (notamment H_2, CH_4, CH_2, C_2H_4, C_2H_6) et normaliser les valeurs d'entrée dans l'intervalle 0 - 1. Le module NeuralNetwork.py a été utilisé pour définir les paramètres du RNA dont le nombre de couches cachées et aux entrée-sortie, la fonction d'activation qui est RELU dans notre cas d'étude et la méthode d'entraînement et d'évaluation du modèle.

Le modèle de RNA ainsi développé a été utilisé pour le diagnostic des 10 échantillons d'huile de CPEC prélevés sur le réseau électrique de la Côte d'Ivoire. L'analyse chromatographique réalisée sur ces échantillons d'huile collectés sur site a fourni les données des gaz dissous. Les résultats obtenus ont été comparés à la méthode de Duval dans le but d'évaluer la performance du modèle de RNA dans l'identification des défauts des CPEC.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus par les deux méthodes de diagnostics des huiles sont présentés et interprétés.

2.1. Analyse basée sur la coloration de l'huile

La coloration de l'huile constitue le premier indicateur visuel de son état. La couleur d'une huile peut déjà nous fournir des indices sur son niveau de dégradation. Comme illustré à la figure 2, les huiles soumises à notre étude présentent des variations de couleur allant du clair au sombre. Une huile claire et transparente, comme l'échantillon d'huile neuve « NEV », suggère une huile en bon état, sans signes apparents de vieillissement ou de dégradation. À l'inverse, les huiles plus foncées, telles que VAV et DIM24, indiquent un vieillissement avancé, souvent lié à des phénomènes d'oxydation dus aux manœuvres de commutations.

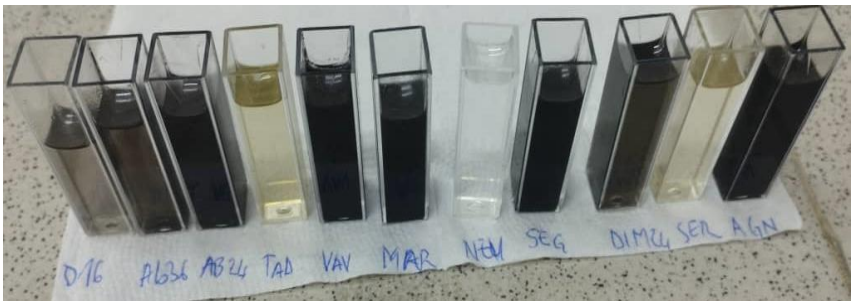

Figure 2 : Coloration des 11 échantillons d'huiles de CPEC

Cependant, il est important de souligner que la couleur de l'huile ne constitue pas un indicateur fiable à elle seule. Certains échantillons, comme TAD et SER peuvent présenter une teinte relativement claire toutefois, par rapport à l'huile neuve, leur teinte diffère, suggérant des signes de défauts internes qui peuvent être détectés lors des analyses des gaz dissous. La simple inspection visuelle ne suffit pas pour déterminer précisément l'état de l'huile ou pour déterminer le type de défauts présents. Ainsi, bien que l'analyse visuelle de la coloration puisse orienter le

diagnostic initial, elle reste insuffisante pour évaluer l'état réel de l'huile. C'est pourquoi il est nécessaire de compléter cette observation par des analyses approfondies, telles que l'analyse des gaz dissous, l'analyse chromatographique pour établir un diagnostic fiable et poussé.

2.2. Analyses chromatographiques des gaz dissous

Les résultats obtenus à l'issue de l'analyse des gaz dissous sont consignés dans le tableau 2.

2.2.1. Base de données

Le tableau 2 présente la base de données contenant les concentrations des gaz dissous pour les 10 échantillons, issus de l'analyse effectuée. Ces données ont servi à valider le modèle d'intelligence artificielle développé pour le diagnostic des défauts des huiles du CPEC.

Tableau 2 : Concentrations des gaz dissous dans les échantillons prélevés sur site

Échantillons	Concentration des gaz dissous (ppm)					Localité
	H_2	CH_4	C_2H_6	C_2H_4	C_2H_2	
Échantillon 1	13	1908	5826	21352	501	Abengourou 36MVA
Échantillon 2	0	7969	12972	56201	501	Abengourou 24MVA
Échantillon 3	16	36	35	98	917	Dimbokro 16MVA
Échantillon 4	12	810	1594	6546	2596	Dimbokro 24MVA
Échantillon 5	14	22	46	145	9	Séguéla
Échantillon 6	0	0	26	312	2210	Sérébou
Échantillon 7	12	489	1422	6390	24	Agnibelekro
Échantillon 8	0	479	4346	8626	0	Vavoua
Échantillon 9	15	29	123	81	83	Marabadiassa
Échantillon 10	0	397	94	990	7190	Tanda

Source : Conception des auteurs

2.2.2. Analyse des résultats de gaz dissous

Le modèle de RNA développé, a été validé avec un score F1 de 91% dans sa capacité d'identification des défauts du CPEC. Ce score pourrait davantage être amélioré avec une taille plus étendue de la base de données. Le tableau 3 présente les résultats du diagnostic des dix échantillons d'huile du CPEC fournis par le modèle

de RNA et la méthode du triangle de Duval. Ces résultats montrent des performances similaires entre les deux méthodes pour l'identification de défauts pour chaque échantillon considéré. Cette correspondance démontre la capacité de l'IA à reproduire les interprétations réalisées par les méthodes traditionnelles, renforçant ainsi sa crédibilité en tant qu'outil de diagnostic fiable.

Tableau 3 : Identification des défauts dans les huiles de CPEC par le RNA et le triangle de Duval

Échantillons	Défaut déterminé par le RNA	Défaut identifié par Duval
AB36	T3	T3
AB24	T3	T3
D16	D1	D1
DIM24	D2	D2
SEG	T3	T3
SER	D1	D1
AGN	T3	T3
VAV	T3	T3
MAR	D2	D2
TAD	D1	D1
Huile Neuve	N	N

Source : Conception des auteurs

Ce tableau illustre également la répartition des différents types de défauts identifiés dans les échantillons d'huile du CPEC en Côte d'Ivoire. En effet, cinq (5) échantillons présentent le défaut T3, trois (3) échantillons sont atteints d'un défaut D1 tandis que le défaut D2 est présent dans deux (2) échantillons. Les défauts T3 et D2 plus sévères, causent une dégradation accentuée du CPEC conduisant à une coloration plus sombre de l'huile (M. Duval, 2008). Les résultats de gaz dissous du tableau 3 corrèlent bien avec les photographies des huiles de la figure 2.

Les concentrations de certains gaz (voir le tableau 2), tels que l'hydrogène (H_2), l'acétylène (C_2H_2), l'éthylène (C_2H_4) et le méthane (CH_4)**,** ont souvent dépassé les seuils critiques définis par la norme IEEE std C57.139. Ainsi, les quantités de gaz dissous accumulées dans les huiles des transformateurs de Vavoua, Abengourou 24 MVA, d'Abengourou 36 MVA, Dimbokro 24 MVA, Agnibilékro, Séguéla et Marrabadiassa ont atteint un niveau de dégradation qualifié d'alarmant (IEEE std C57.139, 2015). Ces transformateurs sont soumis à des formes sévères de défauts électriques et thermiques qui causent la perte des propriétés diélectriques de l'huile

et une usure des contacts (M. S. A. Khiar *et al.*, 2014). Une opération de remplacement de la charge d'huile des CPEC concernés, est nécessaire car ces types de défauts peuvent provoquer une défaillance soudaine du transformateur de puissance.

Par contre, trois échantillons sur les dix (10) prélevés sur site présentent un défaut de type D1. Ce sont des défauts électriques de faibles intensités. Les huiles atteintes de ce type défaut ont une coloration plus claire et proche de celle de l'huile neuve (voir la figure 2). Ces huiles semblent en bon état et peuvent donc servir pendant encore un certain temps. Un planning de maintenance axé sur la détermination de l'état réel des huiles est indispensable pour une gestion optimale des ressources humaine, matérielle et financière allouées aux opérations de maintenance du CPEC des transformateurs de puissance.

CONCLUSION

Dans cette étude, un modèle de réseau de neurones artificiels a été développé avec un score F1 de 91% pour la détection des défauts du CPEC en utilisant une base de données internationales labélisées selon les recommandations de la méthode de Duval améliorée. Ce modèle d'IA a été utilisé pour identifier les défauts dans des échantillons huiles ayant trois ans de service dans le compartiment du changeur de prises en charge des transformateurs de puissance de la Côte d'Ivoire. Les analyses ont montré que les défauts sévères de types T3 et D2 sont majoritaires avec un pourcentage d'apparition de 70% dans les échantillons d'huile. Ce type de défauts accentuent la dégradation des huiles et la perte de propretés diélectriques, ce qui constitue un risque majeur d'avaries pour le CPEC et le transformateur de puissance. Par contre, les décharges électriques de faibles intensités (D1) ont un taux d'apparition de 30% dans les échantillons d'huile. Ces huiles faiblement dégradées peuvent encore servir réduisant ainsi les coûts des opérations de la maintenance des transformateurs de puissance. L'analyse de l'état de l'huile diélectrique est donc une étape importante pour l'optimisation du planning de maintenance des transformateurs de puissance.

REMERCIEMENTS

- Une reconnaissance particulière est adressée au FONSTI pour le soutien financier qui a permis la réalisation de cette recherche.
- Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement la Compagnie Ivoirienne de l'Electricité (CIE) pour la collecte des échantillons d'huile de CPEC à travers la Côte d'Ivoire.
- Nous exprimons notre gratitude au Laboratoire IR3T pour l'analyse des gaz dissous dans les échantillons collectés par la CIE.

- Nous remercions SKAN Technologies et Afrik LabTech pour leur collaboration scientifique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ASTM D 3612 – 01, 2017, « Standard Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography », p. 1–3, [En ligne], https://store.astm.org/d3612-96.html (Page consultée le 07 mai 2025)

BUSTAMANTE Sergio, MANANA Mario, ARROYO Alberto, LASO Alberto and MARTINEZ Raquel, 2024, « Evolution of graphical methods for the identification of insulation faults in oil-immersed power transformers: A review ». Renew. Sustain. Energy Rev., 199, p. 114473, [En ligne], https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114473 (Page consultée le 07 juin 2025)

DUVAL Michel, 2002, « A review of faults detectable by gas-in-oil analysis in transformers », IEEE Electrical Insulation Magazine, 18, p. 8–17, [En ligne], https://doi.org/10.1109/MEI.2002.1014963 (Page consultée le 04 juin 2025)

DUVAL Michel, 2008, « The duval triangle for load tap changers, non-mineral oils and low temperature faults in transformers », IEEE Electrical Insulation Magazine, 24, pp. 22–29, [En ligne], https://ieeexplore.ieee.org/document/4665347 (Page consultée le 04 juin 2025)

EDWELL. Mharakurwa, 2022, « In-Service Power Transformer Life Time Prospects: Review and Prospects », Journal of Electrical and Computer Engineering, p. 1-20, [En ligne], https://doi.org/10.1155/2022/9519032 (Page consultée le 04 juin 2025)

GRAY Ian Alexander Robert, 2018, « Condition-Based Assessment of On-Load Tap Changers », Technical Bulletin, 66, p. 1–8, [En ligne], http://wearcheck.co.zw/shared/TB66.pdf (Page consultée le 17 mai 2025)

GRIFFIN Paul and LEWAND Lance, PECK Richard and LETENDRE Norman, FRIEZE Denny and JOHNSON Joseph, 2005, «Load tap changer diagnostics using oil tests – a key to condition-based maintenance », Proceedings of the 2005 Annual International Conference of Doble Clients, p. 1–21, [En ligne], https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://files.engineering.com/download.aspx%3Ffolder%3D1db56989-0652-4e4a-ae92-fe3e5ddac91d%26file%3D2005, LTC_Diagnostics.pdf&ved=2ahUKEwjo4ZOh4rKPAxXQW0EAHabGH_MQFnoECBUQAQ&usg=AOvVaw1ILarQiNn-2-VcQVNMPqDj, (Page consultée le 17 mai 2025)

HAEMA Juthathip, PHADUNGTHIN Rattanakorn, and SUWANASRI Thanapong, 2011, « Diagnosis Techniques for Condition Assessment of Power Transformer Load Tap Changer », GMSARN International Journal, 5, p 89 – 96, [En ligne] https://gmsarnjournal.com/home/wp-content/uploads/2015/07/vol5no2.pdf#page=14, (Page consultée le 17 mai 2025)

IEEE std C57.139-2015, 2015, « IEEE Guide for Dissolved Gas Analysis in Transformer Load Tap Changers », p. 1–42. [En ligne], https://ieeexplore.ieee.org/document/7464235 (Page consultée le 01 mars 2025)

ISMAIL Firas Basim, MAZWAN Maisarah, AL-FAIZ Hussein, MARSADEK Marayati, HASINI Hasril, AL-BAZI Ammar and GHAZALI Young Zaidey, 2022, « An Offline and Online Approach to the OLTC Condition Monitoring: A Review », Energies, 15(17), p. 6435, [En ligne], https://doi.org/10.3390/en15176435 (Page consultée le 23 février 2025)

JAKOB Fredi., JAKOB Karl, JONES Simon and YOUNGBLOOD Rick, 2003, «Use of gas concentration ratios to interpret LTC & OCB dissolved gas data», Proceedings: Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing and Coil Winding Technology, p. 301–304, [En ligne], https://doi.org/10.1109/EICEMC.2003.1247901 (Page consultée le 23 mai 2025).

KHIAR Mohd Shahril Ahmad, GHANI Shari Ab, CHAIRUL Imran Sutan, THAYOOB Yasmin Hanum Md and GHAZALI Young Zaidey Yang, 2014, « On-site OLTC monitoring using duval triangle and DWRM», 2nd International Conference on Technology, Informatics, Management, Engineering & Environment. p. 216–221, [En ligne], https://doi.org/10.1109/TIME-E.2014.7011621 (Page consultée le 23 mars 2025).

KHIAR Mohd Shahril Ahmad, THAYOOB Yasmin Hanum Md, GHAZALI Young Zaidey Yang, GHANI Shari Ab and CHAIRUL Imran Sutan, 2012, « Condition assessment of OLTC using duval triangle and static winding resistance test», IEEE International Power Engineering and Optimization Conference Melaka, Malaysia, p. 432–435, [En ligne], https://doi.org/10.1109/PEOCO.2012.6230903 (Page consultée le 30 mai 2025).

PEIMANKAR Rahman and LAPTHORN Andrew, 2015, « Condition Assessment of Transformers Load Tap Changers Using Support Vector Machine », Proceedings of the 19th International Symposium on High Voltage Engineering, p. 23-28, [En ligne]; https://www.academia.edu/22896177/Condition_Assessment_of_Transformers_Load_Tap_Changers_Using_Support_Vector_Machine#loswp-work-container (Page consultée le 12 mars 2025)

SINGH Ramjeet, 2022, « Dissolved Gas Analysis is an Art of Testing and Analysis Method for the Incipient Faults in Power Equipment - Like Transformers and OLTCs ». Power Res. - J. CPRI, 18(2), p. 113–120, [En ligne], https://doi.org/10.33686/pwj.v18i2.1088 (Page consultée le 22 mars 2025)

YUE Yunkai, YANG Dingqian and HAN Dandan, 2022, « Application of Duval Pentagon in State Diagnosis of On Load Tap Changer. » J. Phys. Conf. Ser., 2247, p. 1–11, [En ligne], https://doi.org/10.1088/1742-6596/2247/1/012021 (Page consultée le 22 janvier 2025)