



HAL
open science

Conception d'un assistant bidirectionnel générique à base d'IA pour la supervision de réseaux et le pilotage d'aéronefs

Moustafa Zouinar, Kahina Amokrane Ferka, Virgil Rousseaux, Flore Vallet

► To cite this version:

Moustafa Zouinar, Kahina Amokrane Ferka, Virgil Rousseaux, Flore Vallet. Conception d'un assistant bidirectionnel générique à base d'IA pour la supervision de réseaux et le pilotage d'aéronefs. ERGO'IA 2023, Oct 2023, Bidart, France. hal-04405058

HAL Id: hal-04405058

<https://hal.science/hal-04405058>

Submitted on 19 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception d'un assistant bidirectionnel générique à base d'IA pour la supervision de réseaux et le pilotage d'aéronefs

Moustafa Zouinar

Orange
Châtillon, France
moustafa.zouinar@orange.com

Kahina Amokrane-Ferka

IRT SystemX
Gif-Sur-Yvette, France
kahina.amokrane-ferka@irt-systemx.fr

Virgil Rousseaux

IRT SystemX
Gif-Sur-Yvette, France
virgil-rousseau@irt-systemx.fr

Flore Vallet^{a,b}

^a Université Paris-Saclay,
CentraleSupélec, Laboratoire
Genie Industriel
^b IRT SystemX
Gif-Sur-Yvette, France
flore.vallet@centralesupelec.fr
flore.vallet@irt-systemx.fr

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author. *ERGO'IA 2023, October 10--13, 2023, Bidart, France.*
ISBN: 979-8-4007-0910-4

Abstract

The management of critical systems exposes human operators to increasingly complex problems and to an ever-growing mass of data. These problems constitute a major challenge for operators, for example in terms of finding relevant information, understanding the situation, identifying the causes of problems, and making decisions, especially in contexts of high time pressure. In this paper, we present the user-centered design approach developed to design an AI-based system whose objective is to assist operators in these contexts. This system is characterized by its genericity; it covers different work situations involving critical systems (airplane, IT system, electrical network, railway transport). It aims at assisting operators in real time in or monitoring and piloting activities.

Author Keywords

Conception centrée utilisateur ; Intelligence Artificielle ; IHM ; aide à la décision ; systèmes critiques.

CSS Concepts

• **Human-centered computing** ~ **Interaction design** ;
Interaction design process and methods; User centered design

Introduction

Les avancées récentes réalisées en Intelligence Artificielle (IA) ouvrent de nouvelles perspectives en matière de développement de systèmes capables de réaliser de plus en plus de tâches complexes. Si ces avancées et leurs applications soulèvent des débats importants sur les risques (éthiques, humains, sociaux, etc.), elles permettent aussi d'envisager le développement d'outils d'aide aux activités professionnelles dans un nombre croissant de secteurs (par exemple en médecine, cybersécurité, industrie, etc.). Ces perspectives posent à nouveau des questions relatives à la démarche de conception de ce type de système, à l'Interaction Humain-Machine (IHM), par exemple en termes de type d'interaction et de ses modalités [van Berkel et al., 2021] ou d'explicabilité.

Cet article présente les premiers travaux réalisés dans le cadre d'un projet de recherche collaboratif nommé CAB (Cockpit Assistant Bidirectionnel) qui s'inscrit précisément dans cette dynamique. L'objectif de ce projet est de concevoir, développer et évaluer un système à base d'IA, visant à assister en temps réel des opérateurs humains dans des activités de supervision de réseaux (électrique, ferroviaire, système d'information) et de pilotage d'aéronefs, en particulier dans des situations complexes (incidents, pannes, etc.)

Lancé par l'IRT SystemX dans le cadre de son programme de recherche « Intelligence Artificielle et Ingénierie Augmentée » (IA2), ce projet d'une durée de 48 mois (2020-2024), réunit quatre partenaires industriels (Dassault Aviation, Orange, RTE, SNCF). L'une des principales originalités, mais aussi l'un des principaux défis de ce projet est par conséquent de couvrir différents contextes industriels. Ce défi

constitue un ensemble de questions de recherche importantes pour le projet : dans quelle mesure peut-on construire un assistant à base d'IA générique à différentes situations (différents métiers, différentes activités, différents environnements de travail, etc.) mais ayant a priori un certain nombre de points communs ? Comment procéder ? Selon quels principes faut-il concevoir un tel système, notamment par rapport à l'humain et à son activité ? L'objectif de cet article est de, premièrement, décrire les principes généraux mobilisés pour la conception du système, en particulier du point de vue de l'utilisation de l'IA. Ensuite, nous présentons la démarche de conception centrée utilisateur (CCU) qui a été mise en œuvre, depuis l'analyse des contextes d'usage potentiels du système jusqu'à l'élaboration des premières maquettes IHM.

Principes pour la conception d'un assistant à base d'IA

L'IA connaît aujourd'hui un regain d'intérêt sans précédent. L'amélioration spectaculaire de ses performances dans de nombreux domaines (vision par ordinateur, traitement automatique du langage naturel, etc.) a entraîné des interrogations et des recherches sur ses applications et ses conséquences dans le monde du travail. L'une des interrogations concerne l'automatisation des tâches et ses conséquences sur l'emploi, notamment l'idée que cela va se traduire par un remplacement massif des travailleurs par des machines [Zouinar, 2020]. Mais, les travaux menés depuis longtemps en ergonomie et facteurs humains sur l'automatisation montrent que cette perspective substitutive ne paraît pas réaliste [Parasuraman et Manzey, 2010]. Rejetant cette perspective des travaux

mettent l'accent sur la *complémentarité* entre l'humain et l'IA [Zouinar, 2020]. Il s'agit de développer des systèmes capables de *collaborer* avec les humains [Hermann et Huang, 2020] [Leibig et al., 2022] [Reverberi et al., 2022]. Il convient toutefois de noter que cette perspective n'est pas nouvelle ; elle traverse les recherches en IA et le rôle des ordinateurs en général depuis au moins les années 60 [Licklider, 1960].

Dans la continuité de cette perspective de complémentarité, un premier principe qui guide le projet de conception de l'assistant à base d'IA en question ici est d'assister les opérateurs, par exemple en leur fournissant une meilleure compréhension des événements, en facilitant la réalisation de certaines tâches, en les alertant sur des problèmes ou encore en les aidant à prendre les décisions les plus adaptées à la situation, et non pas de les remplacer. Ce principe va dans le sens de ce qui est aujourd'hui appelé « Intelligence Artificielle centrée sur l'Humain » [Xu, 2019] [Shneiderman, 2020], qui s'inscrit dans la continuité de la CCU.

Un deuxième principe est que l'humain garde le contrôle de la prise de décision finale et de l'exécution des actions décidées. Le système peut tout au plus suggérer des actions, sous forme de recommandations ; il peut cependant prendre des initiatives, par exemple alerter l'opérateur lorsqu'un événement particulier se produit. Le système peut apprendre de l'opérateur et réciproquement : c'est l'idée de *bidirectionnalité* ou plus précisément d'*apprentissage bidirectionnel*. Par exemple, le système peut suggérer des stratégies de résolution de problème inconnues de l'opérateur. Dans ce cas, on peut faire

l'hypothèse d'un enrichissement cognitif de l'opérateur qui acquiert une nouvelle connaissance. Inversement, l'opérateur peut enrichir la base de *connaissances* du système, par exemple, en lui indiquant des choix d'actions ou des stratégies qui n'étaient pas dans cette base. Cependant, comme le précise [Miller, 2023], l'assistance par la recommandation d'actions est à utiliser avec précaution. Le risque avec cette stratégie d'assistance est qu'elle peut se traduire par des phénomènes délétères bien documentés sur les biais d'automatisation comme la sur-confiance (*over-reliance*), c'est-à-dire l'application non critique de recommandations qui peuvent être inadaptées ou la méfiance (*under-reliance*), c'est-à-dire le rejet de celles-ci même lorsqu'elles sont pertinentes. Selon Miller, pour éviter ces écueils, il vaut mieux privilégier une stratégie *évaluative* dans laquelle le rôle de l'IA serait non pas de formuler des recommandations mais des options de décision ou hypothèses. L'opérateur choisirait l'option qui lui conviendrait sur la base de l'évaluation par l'IA de chacune des options. L'auteur souligne cependant que la stratégie par la recommandation garde son intérêt dans les situations de forte pression temporelle, ce qui est le cas des situations de travail auxquelles le système en question est ici destiné [Miller, 2023].

Le troisième principe est que le coût de l'interaction avec le système ne doit pas dégrader le travail de l'opérateur, par exemple en augmentant sa charge de travail. Il s'agit d'un problème classique de l'automatisation qu'il est important de prendre en compte en amont [Broadbent, 1983]

Un dernier principe est que le système soit capable de produire des explications de ce qu'il produit, en

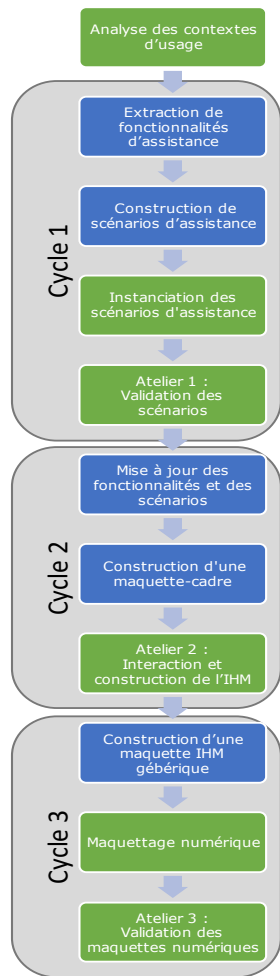


Figure 1: Les cycles du processus CCU

particulier les recommandations. C'est le principe de l'explicabilité qui est devenue un enjeu central en IA, en particulier lorsque des algorithmes d'apprentissage complexes sont utilisés, comme l'apprentissage profond [Zouinar, 2020].

Enfin, le fonctionnement du système, à la fois du point de vue des fonctionnalités d'assistance, d'interface et d'interaction, doit être adaptable aux profils des opérateurs, à leur activité et à la situation en cours lorsque cela est nécessaire. L'adaptabilité est non seulement importante du point de l'interaction humain-machine mais aussi pour faire en sorte que le système s'ajuste dynamiquement au contexte pour offrir une assistance contextuellement pertinente aux opérateurs [Dorneich et Roger 2017] [Tarpin-Bernard, 2017].

Démarche de conception mise en œuvre

Le premier travail du projet a consisté à déterminer les fonctionnalités potentiellement pertinentes de l'assistant à base d'IA¹. Pour cela, chaque partenaire industriel a réalisé un travail d'analyse des contextes d'usage envisagés, en particulier le travail des opérateurs (tâches réalisées, outils utilisés, difficultés rencontrées dans leurs activités, procédures, etc.). Ce travail - qui s'est appuyé sur des entretiens avec des opérateurs ou des experts connaissant bien les activités concernées, des observations et l'analyse de documents, a été essentiel pour construire une compréhension mutuelle de ces contextes ainsi qu'une

¹ Le sujet de cet article étant la démarche de conception mise en œuvre, la partie IA ne sera pas approfondie

² Pour certains partenaires, pour des raisons de disponibilité, il n'a pas toujours été possible de disposer d'opérateurs. Ils ont

uniformisation de la terminologie entre les différents partenaires.

A partir de cette première phase, la démarche CCU suivie par le projet s'est déroulée en une succession de cycles de conception détaillés ci-après (Figure 1). Chaque cycle comprend des étapes : (1) d'analyse de données spécifiques aux cas d'usages et de reformulation des besoins associés ; (2) de génération de solutions de conception génériques ; (3) d'ateliers de conception participative avec des opérateurs ou experts² de leurs activités, dénommés *opérateurs* dans la suite de l'article.

- **Cycle 1 : Formulation de fonctionnalités d'assistance et construction de scénarios**

A partir de l'analyse des contextes d'usage, l'équipe projet a extrapolé un certain nombre de fonctionnalités d'assistance. Une première architecture système haut niveau a été modélisée en langage Sys ML [Hause, 2015]. Elle comporte : 1) le rôle de l'assistant, 2) les fonctions génériques d'assistance (par exemple, corréler des événements, recommander des actions, alerter, prioriser les tâches, etc.) et des fonctions spécifiques à chaque contexte d'usage (supervision de réseaux ou pilotage d'aéronefs).

Les fonctionnalités choisies ont été introduites dans douze scénarios d'assistance génériques définissant l'interaction entre l'assistant, l'opérateur et l'environnement de travail (outils métiers). Ces

donc été « représentés » soit par des anciens opérateurs soit par des personnes qui ont une bonne connaissance opérationnelle de leur travail. Le choix des participants fût donc fortement contraint par leur disponibilité.

scénarios génériques ont ensuite été transposés en des scénarios d'usage spécifiques pour les rendre réalistes et compréhensibles par les opérateurs, en s'inspirant de la conception basée sur les scénarios [Carroll, 1995]. Le scénario « gestion d'un événement » qui décrit comment l'assistant aide un opérateur à traiter un événement (par exemple, un incident ou une panne) a été traité en priorité par l'équipe de conception. En effet, il a l'avantage d'être commun à tous les cas d'usage et de couvrir la majorité des fonctions système.

A titre d'exemple, pour RTE, le scénario d'assistance présente une alerte de surcharge potentielle sur une ligne électrique, ce qui conduit l'assistant à proposer son aide à l'opérateur (dispatcheur) en lui suggérant des parades (i.e. des solutions au problème de surcharge). Dans le cas d'Orange, le scénario décrit une assistance à des superviseurs du système d'information (SI) dans l'activité de diagnostic relative à l'occurrence d'un incident applicatif sur le réseau SI, grâce à la recherche de *corrélations* entre cet incident et des incidents similaires passés concernant la même application. Pour Dassault Aviation, le scénario décrit comment l'assistant aide des pilotes à traiter des pannes se produisant dans un avion commercial, en leur proposant la procédure adaptée et le contrôle de la réalisation de celle-ci. Enfin, dans le cas de SNCF, l'assistance porte sur la gestion d'incidents (par exemple, un malaise voyageur) touchant un train supposé être autonome mais supervisé à distance par des opérateurs. Dans ce dernier cas, l'assistant peut aider l'opérateur en lui proposant la procédure à suivre.

Ce processus de construction des fonctionnalités a abouti à une première série d'ateliers de *validation* de ces scénarios. L'objectif de ces ateliers était de

présenter aux opérateurs les scénarios de gestion d'un événement imaginés afin de valider avec eux leur pertinence au regard à la fois du contexte d'usage visé, de leurs activités et de leurs besoins. Ces premiers ateliers, qui se sont déroulés à distance par visiophonie en raison de la crise sanitaire, ont été filmés intégralement puis analysés. Ce travail a permis de valider l'intérêt potentiel des fonctionnalités de l'assistant introduites dans les scénarios d'assistance.

- **Cycle 2 : Étude de l'interaction et construction des maquettes IHM**

La validation des scénarios avec les opérateurs a permis la mise à jour des fonctionnalités de l'assistant et l'enrichissement des scénarios d'assistance. La suite de la conception s'est centrée sur l'étude de l'interaction opérateur-assistant et la définition de l'interface utilisateur. Ce travail était un défi important car il soulevait la question de savoir dans quelle mesure il était possible de concevoir une interface commune à tous les contextes d'usage, tout en y intégrant des éléments spécifiques.

Un travail de réflexion a été mené pour mutualiser les besoins des opérateurs en termes d'interaction avec l'assistant. Une *maquette-cadre* constituée de quatre zones principales a été produite. Une première zone fournit des informations contextuelles sur l'environnement ou le système supervisé (par exemple un réseau électrique, un système d'information, d'un réseau ferroviaire, une carte de vol) ; une deuxième est dédiée à l'affichage d'événements particuliers qui doivent être traités ; une troisième zone comprend des fonctions d'organisation de tâches et, enfin, la quatrième montre une ligne de temps censée

représenter de façon chronologique des événements (passés, en cours, éventuellement futurs).

Cette maquette-cadre, qui peut être vue comme une maquette de type *wireframe*, a servi de support pour une nouvelle série d'ateliers de *conception créative* pour chaque partenaire. Les ateliers, d'une durée de 3h ont été réalisés en présentiel et ont été filmés. Ils étaient découpés en deux explorations créatives consistant chacune à enrichir, modifier ou retravailler la maquette-cadre de support en y ajoutant les besoins utilisateurs en termes d'informations et d'interaction avec l'assistant. Plus concrètement, la maquette a été présentée aux participants sur un support papier et a été discutée avec eux individuellement puis collectivement pour permettre une confrontation des points de vue.

Ces ateliers ont permis de confirmer la pertinence des principes de base de la maquette-cadre, à savoir l'organisation de l'interface en différentes zones dédiées aux différentes fonctionnalités imaginées.

Cycle 3 : Principes d'interaction avec l'IA et maquette d'IHM générique

Les besoins en informations et interaction exprimés par les opérateurs au cours des ateliers de la phase précédente ont été mutualisés et retranscrits sous la forme d'une maquette numérique générique (Figure 2). En termes d'interaction avec l'IA, nous avons mis en place les principes suivants : c'est à l'initiative de l'opérateur que l'IA propose des recommandations ou des informations sur le contexte (zone assistance CAB), l'opérateur a le choix de mettre en œuvre l'une des

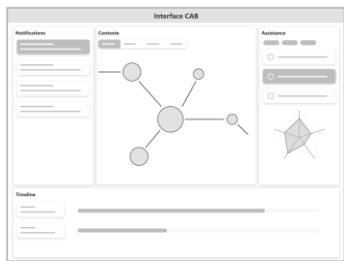


Figure 2 : La maquette IHM numérique générique

recommandations ou non, de proposer une solution ou de construire une solution avec l'IA.

L'un des changements importants par rapport à la maquette-cadre est la réorganisation des zones en un *centre de notifications*, qui regroupe l'ensemble des événements et / ou tâches à traiter par l'opérateur ; deux zones de visualisation d'*informations contextuelles spatiales* (par exemple, sous forme de carte ou de graphe) et *temporelle* (sous forme de ligne de temps) ; et une zone d'*assistance* qui introduit notamment les recommandations proposées par l'assistant ainsi que des critères de choix associés. Selon le contexte d'usage, chaque zone affiche différents types d'informations et/ou de fonctions (Figure 3). Cela découle directement des besoins exprimés par les opérateurs lors des ateliers de conception créative.

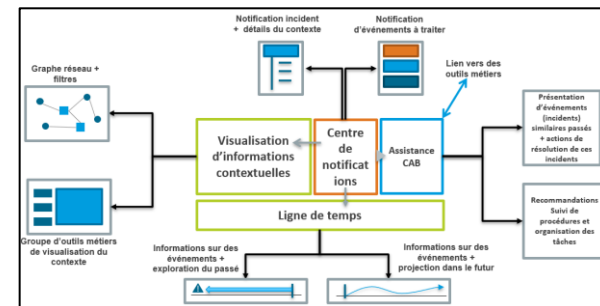


Figure 3 : Architecture modulaire de la maquette IHM générique adaptée aux différents contextes d'usage.

Conclusion et perspectives

La question centrale posée dans cet article était : dans quelle mesure peut-on construire un assistant à base d'IA générique à différentes situations de travail ayant a priori un certain nombre de points communs ? Pour y répondre, nous avons élaboré une démarche méthodologique qui mobilise la CCU et la conception basée sur les scénarios. Cette démarche s'est révélée efficace et fructueuse pour concevoir un système générique, tout en tenant compte des éléments spécifiques à chaque situation industrielle. Grâce à cette démarche, nous avons pu mutualiser les besoins d'assistance relatifs aux différents cas d'usage. La participation active des opérateurs aux différents ateliers de conception a été déterminante. Sur la base de ces premiers résultats, des maquettes numériques plus complètes ont été élaborées pour chaque contexte d'usage en prenant appui sur la maquette générique. Ces maquettes numériques ont été ensuite présentées aux opérateurs dans le cadre d'une troisième série d'ateliers de conception participative avec l'objectif d'avoir leurs retours. L'analyse de ces ateliers est en cours.

En termes de perspectives, la suite du projet consistera à finaliser le développement du système, décliné selon les différents cas d'usage, puis à réaliser des *évaluations utilisateurs* dont les objectifs et les protocoles sont en cours d'élaboration.

Remerciements

Cet article est le fruit d'un travail collectif réalisé avec les partenaires du projet CAB. Il a été soutenu par le gouvernement français dans le cadre du programme

national France 2030, au sein de l'Institut de Recherche Technologique SystemX.

Références

- [1] Lisanne Bainbridge. 1983. Ironies of automation. *Automatica*. 19 (6): 775–779.
- [2] John M. Carroll (ed.). 1995. Scenario-based design: Envisioning work and technology in system development, John Wiley and Sons, New York.
- [3] Michael C. Dorneich, William Rogers, Stephen D. Whitlow, and Robert DeMers. 2016. Human performance risks and benefits of adaptive systems on the flight deck. *The International Journal of Aviation Psychology*, 26(1-2), 15-35.
- [4] Matthew Hause, M. 2006. The SysML modelling language. In *Fifteenth European Systems Engineering Conference*, 9, 1-12.
- [5] Christoph Friedrich Hermann, and Libin Huang. 2020. Human-Machine Teaming in AI Driven Supply Chains. Master Thesis Report, MIT.
- [6] Nhut Ho, Walter Johnson, Karanvir Panesar, Kenny Wakeland, Garrett Sadler, Nathan Wilson, Bao Nguyen, Joel Lachter, and Summer Brandt. 2017. Application of human-autonomy teaming to an advanced ground station for reduced crew operations. *IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, 1-4.
- [7] Christian Leibig, Moritz Brehmer, Stefan Bunk, Danalyn Byng, Katja Pinker, and Lale Umutlu. 2022. Combining the strengths of radiologists and AI for breast cancer screening: a retrospective analysis. *Lancet Digit. Heal.* 4, 507-519.
- [8] Joseph C. R. Licklider. 1960. Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-1. 4-11.
- [9] Tim Miller. 2023. Explainable AI is Dead, Long Live Explainable AI! Hypothesis-driven decision support. arXiv preprint arXiv:2302.12389.
- [10] Raja Parasuraman and Dietrich H Manzey. 2010. Complacency and bias in human use of automation: Attentional integration. *Human factors*, 52(3), 381-410.
- [11] Carlo Reverberi, Tommaso Rigon, Aldo Solari, Cesare Hassan, Paolo Cherubini, GI Genius CADx Study Group, and Andrea Cherubini. 2022. Experimental evidence of effective human-AI collaboration in medical decision-making. *Sci. Rep.* 12.
- [12] Ben Shneiderman. 2020. Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. *International Journal of Human-Computer Interaction* 36, 6 (2020): 495–504.
- [13] Franck Tarpin-Bernard. 2006. *Interaction homme-machine adaptative*. Doctoral dissertation, INSA de Lyon.
- [14] Wei Xu, W. 2019. Towards human-centered AI: A perspective from human-computer interaction. *Interactions*, 26(4), 42–46.
- [15] Moustafa Zouinar. 2020. Évolutions de l'Intelligence Artificielle : quels enjeux pour l'activité humaine et la relation Humain-Machine au travail ? *Activités* [En ligne], 17-1

