



Article professionnel

Article

2025

Published version

Open Access

This is the published version of the publication, made available in accordance with the publisher's policy.

Intelligence artificielle en neuroradiologie diagnostique

Kurz, Félix Tobias; Lövblad, Karl-Olof

How to cite

KURZ, Félix Tobias, LÖVBLAD, Karl-Olof. Intelligence artificielle en neuroradiologie diagnostique. In: La Lettre de l'AMG, 2025, vol. 19, n° 6, p. 12–15.

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:186189>



Prof. Dr. Dr. Felix T. Kurz



Prof. Dr. Karl-Olof Lövblad

Expérience partagée et perspectives

Intelligence artificielle en neuroradiologie diagnostique

L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) en neuroradiologie diagnostique s'est imposée dans la pratique clinique courante : de l'analyse automatisée des images à l'optimisation des protocoles d'imagerie, l'IA redéfinit progressivement le rôle du radiologue. Retour sur les usages actuels, les innovations en cours, et les perspectives concrètes de cette révolution numérique.

L'intelligence artificielle

(IA) désigne des systèmes informatiques capables d'exécuter des tâches relevant habituellement de l'intelligence humaine. Elle inclut le machine learning, qui permet aux systèmes d'apprendre à partir de données, et le deep learning, qui utilise des réseaux neuronaux profonds pour résoudre des problèmes complexes avec une amélioration continue. L'utilisation de l'IA en radiologie remonte aux années 1960,¹ avec des applications neuroradiologiques expérimentales dans les années

1990,² puis l'arrivée du deep learning dans les années 2010, notamment pour prédire la maladie d'Alzheimer via l'IRM cérébrale.³

On distingue trois grands champs d'application: (i) l'analyse d'image automatisée (détection, segmentation, classification, quantification des lésions), (ii) l'optimisation des protocoles et de l'acquisition, avec des algorithmes IA pour réduire le temps d'acquisition IRM, (iii) la génération automatisée de comptes rendus et l'interprétation cli-

nique basées sur des analyses d'image (semi-)automatisées et des données cliniques. Ce dernier domaine reste pour l'instant au stade d'études dédiées, mais de nombreuses applications open source existent déjà, avec des premières études comparatives (benchmarking) montrant une performance comparable à celle des lecteurs radiologues.⁴ Le **Tableau 1** présente une liste des applications actuelles de l'intelligence artificielle en neuroradiologie, classées par ordre décroissant de pertinence pour la pratique clinique.

IA en pratique clinique quotidienne

L'IA est largement utilisée en neuroradiologie, notamment pour les AVC : des logiciels analysent en quelques secondes les données de perfusion et d'angiographie (CT/MR), identifient l'infarctus, la pénombre, le mismatch et les occlusions. Ces outils facilitent la décision thérapeutique, validée par un neuroradiologue.⁵ Dans les réseaux régionaux de centres AVC certifiés, ces outils permettent de standardiser le flux diagnostique et d'en améliorer la comparabilité.

Une autre utilisation quotidienne de l'IA en pratique clinique concerne la volumétrie cérébrale dans les maladies neurodégénératives.⁶ Des outils segmentent automatiquement substance grise, blanche, hippocampe, noyaux gris, et comparent aux normes selon l'âge et le sexe. Cela complète les scores visuels (comme le score d'atrophie du lobe temporal médian) pour le diagnostic et le suivi d'Alzheimer ou des démences vasculaires. Une atrophie corticale légère et progressive étant souvent difficile à détecter visuellement, une évaluation volumétrique automatique et longitudinale offre au clinicien des informations objectives et sensibles sur la progression de la maladie.⁷

L'utilisation de l'IA pour la détection et la quantification des lésions du parenchyme cérébral dans la sclérose en plaques (SEP) est encore moins répandue, bien qu'elle soit déjà proposée par plusieurs fournisseurs reconnus.⁸ Ces outils permettent une détection automatique de la charge lésionnelle, du nombre de plaques et de nouvelles lésions, indépendamment du neuroradiologue interprétant. Ce dernier est toutefois chargé de valider ou corriger les résultats générés. Cet usage présente un intérêt clinique notable, notamment dans le suivi longitudinal et la planification thérapeutique.⁹

En neuro-oncologie, des logiciels intègrent une classification automatique de la réponse thérapeutique selon les critères RANO/iRANO, mais leur usage reste limité aux centres spécialisés.^{10,11} Ces outils devraient progressivement s'imposer dans les réunions pluridisciplinaires comme des tumorboards.

D'autres domaines d'application de l'IA en analyse d'images incluent le diagnostic vasculaire (sténoses, anomalies vasculaires), la détection d'anévrismes, ainsi que l'analyse des données fonctionnelles issues de l'IRM fonctionnelle (IRMf) et de l'imagerie par tenseur de diffusion (DTI).¹²⁻¹⁴ Ces approches présentent un potentiel clinique élevé, mais restent aujourd'hui limitées à des centres de recherche spécialisés et ne sont pas encore utilisées en routine clinique.

IA pour l'optimisation des protocoles d'imagerie

L'utilisation de l'IA pour le choix automatisé des protocoles, le positionnement des coupes et la délimitation du champ d'examen constitue un domaine en plein essor, déjà proposé par tous les grands fabricants d'équipements d'imagerie, et intégré par défaut dans les nouvelles plateformes de scanners.¹⁵

Ces applications visent à améliorer l'efficacité, la qualité et la standardisation de l'imagerie, des objectifs centraux dans une discipline confrontée à une pression temporelle importante, à une augmentation du nombre d'exams et à une complexification croissante des demandes diagnostiques. Les systèmes d'IA repèrent automatiquement les repères anatomiques et positionnent avec grande précision le volume à explorer, indépendamment de l'opérateur. De plus, des outils IA permettent de sélectionner automatiquement des paramètres d'acquisition adaptés au patient, en tenant compte

En neuro-oncologie, des logiciels intègrent une classification automatique de la réponse thérapeutique selon les critères RANO/iRANO, mais leur usage reste limité aux centres spécialisés.

par exemple de l'âge, de l'indication clinique ou de la pathologie suspectée. Cela réduit la variabilité inter-examens et garantit une qualité constante des données, essentielle pour les suivis longitudinaux.

Cette approche est complétée par des outils de détection et correction des mouvements en temps réel. Les systèmes d'IA identifient les artefacts de mouvement ou une qualité d'image insuffisante dès l'acquisition, et proposent un feedback immédiat pour corriger ou répéter automatiquement la séquence concernée.¹⁶ Cela est particulièrement utile en pédiatrie, en situation d'urgence, ou chez des patients présentant une compliance réduite (gériatrie, troubles neurologiques ou psychiatriques).

Pour réduire le temps d'acquisition tout en maintenant une haute qualité d'image, des algorithmes de reconstruction basés sur le deep learning sont utilisés.¹⁷ Ces techniques exploitent des réseaux neuronaux pour reconstruire des données sous-échantillonnées, permettant ainsi une réduction significative du bruit, une amélioration du rendu des structures fines (par exemple corticale), et une diminution du temps d'examen jusqu'à 50%. Cela contribue à désengorger la logistique des scanners, à améliorer le confort du patient et à limiter les artefacts liés aux mouvements pendant les longues séquences.

Ces technologies sont désormais intégrées aux interfaces utilisateurs des scanners et font partie du quotidien en neuroradiologie, avec un impact tangible sur l'efficacité et la reproductibilité des examens.

L'émergence des Large Language Models (LLMs)

Un potentiel considérable est actuellement attribué au développement et à l'utilisation des grands modèles de langage (LLMs). Leur déploiement vise principalement à soutenir et structurer le

Les systèmes d'IA identifient les artefacts de mouvement ou une qualité d'image insuffisante dès l'acquisition, et proposent un feedback immédiat pour corriger ou répéter automatiquement la séquence concernée.

processus de compte rendu radiologique, avec, à terme, l'objectif d'une interprétation automatisée fondée sur l'analyse d'image par intelligence artificielle.⁴

Les premières applications intègrent déjà les LLMs dans les outils de reconnaissance vocale et de documentation des comptes rendus, en proposant des rapports structurés à partir de textes libres ou de données d'image, en standardisant les formulations, et en générant des pistes diagnostiques. Il a ainsi été démontré que les LLMs peuvent produire des comptes rendus radiologiques structurés à partir de données brutes, comme les en-têtes DICOM, volumes segmentés, ou métadonnées d'image.¹⁸

Les LLMs peuvent également être utilisés pour hiérarchiser les hypothèses diagnostiques, mettre en évidence des constellations atypiques, ou signaler des éléments cliniques manquants – une aide précieuse dans les cas complexes en neuroradiologie, comme les démences atypiques, les lésions multiples, ou les évolutions tumorales inhabituelles.^{4,19}

Des projets pilotes cliniques testent actuellement des outils basés sur les LLMs utilisant déjà des modèles structurés, des standards terminologiques (tels que RadLex, RadGPT) et

des données multimodales (imagerie, bilans biologiques, anamnèse).^{20,21} L'intégration technique dans les systèmes PACS et RIS est réalisable, mais nécessite encore une validation rigoureuse en matière de protection des données, de sécurité clinique et de responsabilité médico-légale.

À ce stade, les LLMs complètent, mais ne remplacent pas l'expertise médicale. À long terme, ils pourraient contribuer à réduire la charge de travail, à améliorer la qualité et l'homogénéité des comptes rendus, et à diminuer le temps nécessaire par examen. Leur adoption en routine dépendra fortement d'une réglementation claire, d'une validation clinique continue et de la confiance des utilisateurs.²²

Combinés aux outils de segmentation déjà disponibles sur le marché, les LLMs pourraient permettre à l'avenir une génération de rapports totalement automatisée, dans laquelle les anomalies d'imagerie seraient directement traduites en un compte rendu clinique validé, intégrant des classifications normalisées et des suggestions d'aide à la décision.

Conclusion

L'IA transforme progressivement la neuroradiologie clinique. Des outils matures existent déjà pour la détection des AVC, le suivi neurodégénératif ou la planification des examens. D'autres, comme les LLMs, ouvrent la voie à une automatisation intelligente du raisonnement diagnostique. La validation clinique, l'encadrement réglementaire et l'adhésion des utilisateurs seront les clés pour une adoption durable et éthique. ●

Prof. Dr. Dr. Felix T. Kurz
Responsable d'unité de
neuroradiologie diagnostique

Prof. Dr. Karl-Olof Lövgren
Chef de service de neuroradiologie
diagnostique et interventionnelle

Domaine	Cas d'usage	Fonctionnalités typiques de l'IA	Statut clinique
 Imagerie des AVC aigus	Détection d'occlusion, quantification du noyau/zone pénumbrale, score ASPECTS	Analyse automatisée des données CT/IRM pour occlusion vasculaire, perfusion, alerte rapide	Très répandu (FDA + CE)
 Volumétrie cérébrale/ Démence	Quantification de l'atrophie (hippocampe, cortex), comparaison normative	Segmentation automatisée avec comparaison à des bases normatives par âge et sexe	Routinière (FDA + CE)
 Détection de lésions dans la SEP	Segmentation et suivi volumétrique des lésions sur T2/FLAIR	Détection automatique de lésions de la substance blanche et suivi longitudinal	Courant dans les centres SEP
 Reconstruction IRM assistée par IA	Dénombrement, augmentation de la résolution, réduction du temps d'acquisition	Réduction du bruit et amélioration des détails via des modèles de deep learning intégrés	Courant avec les IRM modernes
 Optimisation/ planification IRM	Prescription automatique de coupes, protocoles adaptés au patient	Positionnement automatisé, détection de mouvement, aide à la sélection de protocoles	Intégré aux scanners
 Neuro-oncologie (segmentation tumorale)	Volumétrie des gliomes, distinction progression/pseudoprogression, critères RANO	Segmentation automatique des tumeurs et rapports structurés de volume	En expansion en milieu spécialisé
 Génération de rapports & automatisation	Résumés proposés, aides différentielles, rapports structurés	Intégration des résultats d'analyse dans des rapports partiellement ou entièrement générés	En phase d'intégration
 Détection d'anévrismes/ anomalies vasculaires	Détection sur CTA, triage et alerte	Dépistage automatisé des anomalies vasculaires avec priorisation	Usage limité, précoce
 Contrôle qualité/ détection de mouvement	Suivi des mouvements, artefacts, relance automatique	Indicateurs de qualité intégrés en acquisition et retour en temps réel	Fonction intégrée fournisseur
 IRM fonctionnelle (repos ou tâche)	Analyse ICA, connectivité, réseaux cérébraux	Prétraitement automatisé et reconnaissance de motifs de connectivité	Phase de recherche uniquement

Tableau 1. Applications actuelles de l'intelligence artificielle en neuroradiologie classées selon leur pertinence clinique.

1. Meyers, P.H. *et al.* Automated computer analysis of radiographic images *Radiology* **83**, 1029–1034 (1964).
2. Van Leemput, K., Maes, F., Vandermeulen, D. & Suetens, P. Automated model-based tissue classification of MR images of the brain. *IEEE Trans Med Imaging* **18**, 897–908 (1999).
3. Payan, A. & Montana, G. Predicting Alzheimer's disease: a neuroimaging study with 3D convolutional neural networks. Preprint at <https://doi.org/10.48550/arXiv.1502.02506> (2015).
4. Kim, S. H. *et al.* Benchmarking the diagnostic performance of open source LLMs in 1933 Eurorad case reports. *NPJ Digit Med* **8**, 97 (2025).
5. Austein, F. *et al.* Comparison of Perfusion CT Software to Predict the Final Infarct Volume After Thrombectomy. *Stroke* **47**, 2311–2317 (2016).
6. Lee, J. Y. *et al.* Clinically Available Software for Automatic Brain Volumetry: Comparisons of Volume Measurements and Validation of Intermethod Reliability. *Korean J Radiol* **22**, 405–414 (2021).
7. Rudolph, J. *et al.* Artificial intelligence–based rapid brain volumetry substantially improves differential diagnosis in dementia. *Alzheimers Dement (Amst)* **16**, e70037 (2024).
8. Seehafer, S. *et al.* Automatic lesion detection at Multiple Sclerosis patients – Comparison of 2D- and 3D-FLAIR-datasets. *Mult Scler Relat Disord* **88**, 105728 (2024).
9. Peters, S. *et al.* AI supported detection of cerebral multiple sclerosis lesions decreases radiologic reporting times. *Eur J Radiol* **178**, 111638 (2024).
10. Dessoude, L. *et al.* Development and routine implementation of deep learning algorithm for automatic brain metastases segmentation on MRI for RANO-BM criteria follow-up. *Neuroimage* **306**, 121002 (2025).
11. Suter, Y. *et al.* Evaluating automated longitudinal tumor measurements for glioblastoma response assessment. *Front Radiol* **3**, 1211859 (2023).
12. Din, M. *et al.* Detection of cerebral aneurysms using artificial intelligence: a systematic review and meta-analysis. *J Neurointerv Surg* **15**, 262–271 (2023).
13. Pinto-Coelho, L. How Artificial Intelligence Is Shaping Medical Imaging Technology: A Survey of Innovations and Applications. *Bioengineering (Basel)* **10**, 1435 (2023).
14. Egle, M. *et al.* Determining the OPTIMAL DTI analysis method for application in cerebral small vessel disease. *Neuroimage Clin* **35**, 103114 (2022).
15. Denck, J., Haas, O., Guehring, J., Maier, A. & Rothgang, E. Automated Protocoling for MRI Exams – Challenges and Solutions. *J Digit Imaging* **35**, 1293–1302 (2022).
16. Chen, Z. *et al.* Deep Learning for Image Enhancement and Correction in Magnetic Resonance Imaging – State-of-the-Art and Challenges. *J Digit Imaging* **36**, 204–230 (2023).
17. Rastogi, A. *et al.* Deep-learning-based reconstruction of undersampled MRI to reduce scan times: a multicentre, retrospective, cohort study. *Lancet Oncol* **25**, 400–410 (2024).
18. Moezzi, S. A. R., Ghaedi, A., Rahmian, M., Mousavi, S. Z. & Sami, A. Application of Deep Learning in Generating Structured Radiology Reports: A Transformer-Based Technique. *J Digit Imaging* **36**, 80–90 (2023).
19. Akinci D'Antonoli, T. *et al.* Large language models in radiology: fundamentals, applications, ethical considerations, risks, and future directions. *Diagn Interv Radiol* **30**, 80–90 (2024).
20. Howell, L. *et al.* RADEX: a rule-based clinical and radiology data extraction tool demonstrated on thyroid ultrasound reports. *Eur Radiol* (2025) doi:10.1007/s00330-025-11416-4.
21. Obuchowicz, R. *et al.* Artificial Intelligence-Empowered Radiology – Current Status and Critical Review. *Diagnostics (Basel)* **15**, 282 (2025).
22. Artsi, Y. *et al.* Large Language Models in Radiology Reporting – A Systematic Review of Performance, Limitations, and Clinical Implications. 2025.03.18.25324193 Preprint at <https://doi.org/10.1101/2025.03.18.25324193> (2025).