

Demande d’habilitation à diriger des recherches

Utilisation de connaissances pré existantes pour booster les performances des modèles de machine learning

Introduction

L’intelligence artificielle (IA) s’est imposée comme un pilier central dans le paysage scientifique contemporain, avec le machine learning (ML) en tête de cette révolution. Ce paradigme, fondé sur l’exploitation massive des données, a permis la conception de modèles ‘data-driven’ capables de découvrir des corrélations d’une complexité inédite. Toutefois, cette focalisation sur les données brutes se fait souvent au détriment d’une compréhension mécanistique profonde des systèmes étudiés, reléguant l’interprétation des résultats au second plan. Cette approche pose un défi particulier dans des disciplines comme la biologie, la médecine et l’immunologie, où la rareté des données est courante, notamment pour les maladies rares. Or, ces disciplines ne sont pas dépourvues de connaissances préexistantes : des décennies de recherches et de littérature scientifique offrent un socle riche sur lequel il est possible de structurer les données et d’élaborer des interprétations éclairées. Dans ce contexte, je propose de mener des recherches à la croisée de l’IA et de l’immunologie, visant à développer des approches d’IA qui, tout en adoptant les techniques avancées du ML, intègrent et valorisent les connaissances expertes existantes. L’objectif est double : premièrement, garantir que l’apprentissage des machines ne se fasse pas en partant de zéro, mais bénéficie des décennies de savoir accumulé ; deuxièmement, veiller à ce que les modèles ainsi créés soient interprétables, permettant ainsi de mieux comprendre les systèmes complexes à la lumière de l’état de l’art des connaissances actuelles. Cette démarche ambitionne non seulement de combler le fossé entre corrélations et causalités, mais aussi de contribuer à une compréhension plus profonde et mécanistique des phénomènes étudiés.

Projet Scientifique

Axe 1 : Extraction des connaissances

Le premier axe de recherche se concentre sur l’exploitation des vastes réservoirs de connaissances scientifiques, souvent encapsulées sous forme de données non structurées, principalement textuelles. Les bases de données comme PubMed, Cochrane, et d’autres, contiennent une mine d’informations issues de décennies de recherche, mais leur nature non structurée rend l’extraction de connaissances exploitables complexe et laborieuse. Pour surmonter ce défi, il est essentiel de développer des outils capables de transformer ces données textuelles en informations structurées, prêtes à être intégrées dans des modèles d’intelligence artificielle. Parallèlement, il est tout aussi crucial de pouvoir extraire des connaissances structurées à partir de bases de données spécialisées telles que KEGG, InnateDB, et d’autres, qui encapsulent des relations biologiques complexes, notamment en immunologie. Ce projet s’appuiera sur les récentes avancées en matière de

grands modèles de langage (LLM) pour automatiser et améliorer l'extraction de ces connaissances, en exploitant leur capacité à comprendre et structurer des textes scientifiques complexes. En combinant ces approches, cet axe de recherche vise à créer une passerelle entre les connaissances non structurées et structurées, permettant une intégration harmonieuse de l'expertise existante dans les modèles d'intelligence artificielle, et ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la recherche en biologie et en immunologie.

Axe 2 : Utilisation des connaissances

Le deuxième axe de recherche se concentre sur la valorisation des connaissances préexistantes, extraites à partir de données scientifiques, en les intégrant dans des modèles sophistiqués pour améliorer la compréhension des systèmes biologiques complexes. Une fois les connaissances extraites, l'enjeu est de les organiser de manière à représenter les observations sous forme de graphes, qui capturent les relations complexes entre entités biologiques telles que gènes, protéines, et voies métaboliques. Ces graphes serviront de base pour le traitement via des réseaux de neurones graphiques (GNN), qui sont spécialement conçus pour exploiter la structure des graphes et extraire des informations pertinentes. En parallèle, ces représentations graphiques seront intégrées dans des approches topologiques de data mining, qui permettent de découvrir des motifs récurrents et des structures cachées dans les données complexes. Ces techniques topologiques, combinées avec les GNN, offriront une vision plus globale et structurée des interactions biologiques, allant au-delà des simples corrélations pour mettre en lumière les mécanismes sous-jacents. Enfin, ces connaissances structurées seront utilisées pour construire des "disease maps" (cartes des maladies) via des réseaux bayésiens. Ces réseaux permettront de modéliser les relations probabilistes entre différentes variables biologiques, facilitant ainsi la compréhension des mécanismes de maladies complexes. L'intégration de ces différents outils et approches fournira une méthodologie robuste pour explorer les systèmes biologiques et immunologiques, tout en permettant une interprétation plus fine et mécanistique des données, ouvrant la voie à de nouvelles découvertes et applications en médecine.

Projet pédagogique

Co-Encadrement de thèses

1. Développement de nouveaux outils de segmentation pour les analyses d'images générées par le cytomètre de masse Hypérion
 - Doctorante : Yvonne SCULLER
 - Débutée le 01 novembre 2020 et soutenue le 17 novembre 2023, financée par la Région Bretagne et le projet européen 3TR
 - Encadrement : Dr. Christophe Jamain (HDR) - 50%
 - Co-encadrement : Dr. **Nathan Foulquier** - 50%
 - Productions scientifiques notables:

- YOUPI: Your performant, intelligent tool for segmenting cells from Imaging Mass Cytometry data, Y Scuiller, P HEMON, M Le Rochais, JO Pers, C Jamin, **N Foulquier**, *Frontiers in Immunology* 14, 885, (2023).
 - dépôt à l'Agence pour la Protection des Programmes (NOM DE L'OEUVRE : BYORING ; Version : 1.0 ; date de la version : 17/02/2023)
2. Identification de signatures biologiques pour la stratification des patients atteints de maladies auto-immunes systémiques : cas du lupus érythémateux systémique
 - Doctorante : Eleonore BETTACCHIOLI
 - thèse débutée le 01 février 2022, soutenance prévue pour janvier 2025, financée dans le cadre d'un contrat d'Assistant Hospitalier Universitaire
 - Encadrement : Pr. Maryvonne DUEYMES (HDR) - 40%
 - Co-encadrement : Dr. **Nathan Foulquier** - 30 %, Dr. Christophe Jamain (HDR) - 30%
 - Productions scientifiques notables:
 - Anti-Ro52 antibodies are associated with higher disease severity in patients with Sjögren's disease through activation of the interferon pathway, Eléonore Bettacchioli, Alain Saraux, Alice Tison, Divi Cornec, Maryvonne Dueymes, **Nathan Foulquier**, Sophie Hillion, Anne-Marie Roguedas-Contios, Anas-Alexis Benyoussef, PRECISESADS Clinical Consortium, PRECISESADS Sjögren Consortium, Marta Alarcon-Riquelme, Jacques-Olivier Pers, Valérie Devauchelle-Pensec, *Annals of the Rheumatic Diseases*,
 3. Interest of biological drifts in the context of systemic autoimmune diseases: a topological data analysis approach.
 - Doctorant : Clément BÉZIER
 - Débutée le 01 janvier 2024, financement CIFRE avec la société BIOLOG-BOOK
 - Encadrement : Pr. Valérie Devauchelle-Pensec (HDR) - 50%
 - Co-encadrement : Dr. **Nathan Foulquier** - 50 %
 4. Associating deep learning with prior knowledge to predict the efficacy of targeted therapies in patients suffering autoimmune diseases.
 - Doctorant : Inigo CLEMENTE LARRAMENDI
 - Débutée le 01 novembre 2023, financée dans le cadre d'un projet européen MSCA appelé SIGNATURE
 - Encadrement : Dr. Christophe Jamin (HDR) - 50%
 - Co-encadrement : Dr. **Nathan Foulquier** - 50%

Enseignements

1. Cours sur les données de santés, leurs intégration, sécurisation et exploitation dans un environnement de recherche hospitalier
 - Prévu pour la faculté de médecine, en 2025
 - Volume de 15 heures
2. Cours d'introduction aux analyses bio-informatique et à la programmation en R et python
 - Effectué à l'IUT génie biologique en 2024, prévision d'une nouvelle intervention pour 2025
 - Volume de 10 heures
3. Cours de mathématiques (théorie des graphes) et supervision de travaux dirigés (programmation en langage C)
 - Effectué à L'Ecole Nationale des Ingénieurs de Brest (ENIB), en 2017
 - volume de 40 heures
4. Travaux dirigés sur la réduction de dimension et le machine learning*
 - Effectué à L'Ecole Nationale des Ingénieurs de Brest (ENIB), en 2017
 - Volume de 8 heures
5. Introduction à l'utilisation de ressources informatiques dans le cadre du C2I
 - Effectué à l'université de Bretagne occidentale (UBO), en 2016
 - Volume de 20 heures
6. Introduction à l'utilisation du framework Galaxy pour l'analyse de données génétique,
 - Effectué à l'Ifremer, en 2015
 - Volume de 8 heures

Projet

L'abondance d'outils utilisant l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de la santé, notamment dans les systèmes d'aide à la décision, souligne l'importance d'enseigner les principes fondamentaux de cette technologie aux professionnels de santé amenés à les utiliser. Le projet pédagogique s'articule autour de deux thématiques principales. La première vise à acculturer les participants à l'univers de l'IA, en mettant l'accent sur l'IA générative et son impact sur les métiers de la santé. Cette section abordera également l'explicabilité des algorithmes et les limites de l'IA, telles que la dépendance aux données, en explorant des concepts comme la malédiction des dimensions. La seconde thématique porte sur la notion de données. Elle comprend un enseignement sur la donnée médicale, depuis sa création jusqu'à sa valorisation et son partage via des standards internationaux d'interopérabilité. Elle traitera également de la donnée en tant que mesure, et

donc approximation de la réalité, des biais d’acquisition auxquels elle peut être sujette, et de leurs impacts potentiels sur l’entraînement des algorithmes de machine learning. Ce projet pédagogique vise ainsi à doter les professionnels de santé des compétences nécessaires pour comprendre et utiliser efficacement les outils d’IA dans leur pratique quotidienne.

Vulgarisation

Il est également envisagé une communication des travaux auprès du grand public en capitalisant sur la popularité de l’intelligence artificielle et en mettant en avant l’impact concret de l’utilisation de cette dernière sur le parcours de soin des patients. Ces communications utiliseront comme vecteur des événements de vulgarisation scientifiques dans lesquels le LBAI est régulièrement impliqué.

Productions scientifiques

Articles

1. Recommendations of the French Society of Rheumatology for the management in current practice of patients with polymyalgia rheumatica. Wendling D, Al Tabaa O, Chevet B, Fakih O, Ghossan R, Hecquet S, Dernis E, Maheu E, Saraux A, Besson FL, Alegria GC, Cortet B, Fautrel B, Felten R, Morel J, Ottaviani S, Querellou-Lefranc S, Ramon A, Ruysse-Witrand A, Seror R, Tournadre A, Foulquier N, Verlhac B, Verhoeven F, Devauchelle-Pensec V. *Joint Bone Spine*. 2024 Apr 5;91(4):105730. doi: 10.1016/j.jbspin.2024.105730.
2. Dual MPO/PR3 ANCA positivity and vasculitis: insights from a 7-cases study and an AI-powered literature review. Bettacchioli E, Foulquier JB, Chevet B, Gall EC, Hanrotel C, Lanfranco L, de Moreuil C, Lambert Y, Dueymes M, Foulquier N, Cornec D. *Rheumatology (Oxford)*. 2024 Mar 29;keae170. doi: 10.1093/rheumatology/keae170.
3. Identification of outcome domains in primary Sjögren’s disease: A scoping review by the OMERACT Sjögren disease working group. Nguyen Y, Beydon M, Foulquier N, Gordon R, Bouillot C, Hammitt KM, Bowman SJ, Mariette X, McCoy SS, Cornec D, Seror R. *Semin Arthritis Rheum*. 2024 Apr;65:152385. doi: 10.1016/j.semarthrit.2024.152385. Epub 2024 Jan 30.
4. Reply. Bettacchioli E, Saraux A, Foulquier N, Cornec D, Devauchelle-Pensec V. *Arthritis Rheumatol*. 2024 Feb 7. doi: 10.1002/art.42820.
5. The Sjögren’s Working Group: The 2023 OMERACT meeting and provisional domain generation. Gordon RA, Nguyen Y, Foulquier N, Beydon M, Gheita TA, Hajji R, Sahbudin I, Hoi A, Ng WF, Mendonça JA, Wallace DJ, Shea B, Bruyn GA, Goodman SM, Fisher BA, Baldini C, Torralba KD, Bootsma H, Akpek EK, Karakus S, Baer AN, Chakravarty SD, Terslev L, D’Agostino MA, Mariette X, DiRenzo D, Rasmussen A, Papas A, Montoya C, Arends S, Yusof MYM, Pintilie I, Warner BM, Hammitt KM, Strand V, Bouillot C, Tugwell P, Inanc N, Andreu JL, Wahren-Herlenius M, Devauchelle-Pensec V, Shiboski CH, Benyoussef A, Masli S, Lee AYS,

- Cornec D, Bowman S, Rischmueller M, McCoy SS, Seror R. *Semin Arthritis Rheum*. 2024 Apr;65:152378. doi: 10.1016/j.semarthrit.2024.152378. Epub 2024 Jan 23.
6. Using prior knowledge to convert raw data into images and classify them: the DPIX algorithm. Application in a biomedical context, Nathan Foulquier, Christophe Le Gal, Alain Saraux, Jacques-Olivier Pers, Laurent Gaubert, Pascal Redou, *Journal of Artificial Intelligence Research* (submitted)
 7. Anti-Ro52 antibodies are associated with higher disease severity in patients with Sjögren’s disease through activation of the interferon pathway, Eléonore Bettacchioli, Alain Saraux, Alice Tison, Divi Cornec, Maryvonne Dueymes, Nathan Foulquier, Sophie Hillion, Anne-Marie Roguedas-Contios, Anas-Alexis Benyoussef, PRECISESADS Clinical Consortium, PRECISESADS Sjögren Consortium, Marta Alarcón-Riquelme, Jacques-Olivier Pers, Valérie Devauchelle-Pensec, *Annals of the Rheumatic Diseases*, (submitted)
 8. YOUPI: Your performant, intelligent tool for segmenting cells from Imaging Mass Cytometry data, Y Scuiller, P Hemon, M Le Rochais, JO Pers, C Jamin, N Foulquier, *Frontiers in Immunology* 14, 885, (2023).
 9. Towards a universal definition of disease activity score thresholds: the AS135 score, Nathan Foulquier, Baptiste Chevet, Guillermo Carvajal Alegria, Léa Saraux, Valérie Devauchelle-Pensec, Pascal Redou, Alain Saraux, *Clin Exp Rheumatol*;41(5):1009-1016 (2023)
 10. Assessing the robustness of clinical trials by estimating Jadad’s score using artificial intelligence approaches, Tiphaine Casy, Alexis Grasseau, Amandine Charras, Bénédicte Rouvière, Jacques-Olivier Pers, Alain Saraux, Nathan Foulquier *Computers in Biology and Medicine* 148, 105851, (2022)
 11. Sjögren’s syndrome: Towards precision medicine, Laurence Laigle, Christelle Le Dantec, Perrine Soret, Emiko Desvaux, Sandra Hubert, Nathan Foulquier, Philippe Moingeon, Mickaël Guedj, Jacques-Olivier Pers, *Medecine Sciences: M/S* 38 (2), 148-151, (2022).
 12. Peut-on utiliser l’intelligence artificielle pour une revue systématique de la littérature en rhumatologie?, N Foulquier, B Rouvière, A Saraux, *Revue du Rhumatisme* 89 (1), 5-7, (2022).
 13. Machine Learning for the Identification of a Common Signature for Anti-SSA/Ro 60 Antibody Expression Across Autoimmune Diseases, Nathan Foulquier, Christelle Le Dantec, Eleonore Bettacchioli, Christophe Jamin, Marta E Alarcón-Riquelme, Jacques-Olivier Pers, *Arthritis & Rheumatology* 74 (10), 1706-1719, (2022). 3.
 14. A new molecular classification to drive precision treatment strategies in primary Sjögren’s syndrome, Perrine Soret, Christelle Le Dantec, Emiko Desvaux, Nathan Foulquier, Bastien Chassagnol, Sandra Hubert, Christophe Jamin, Guillermo Barturen, Guillaume Desachy, Valérie Devauchelle-Pensec, Cheïma Boudjeniba, Divi Cornec, Alain Saraux, Sandrine Jousse-Joulin, Nuria Barbarroja, Ignasi Rodríguez-Pintó, Ellen De Langhe, Lorenzo Beretta, Carlo Chizzolini, László Kovács, Torsten Witte,

- Eléonore Bettacchioli, Anne Buttgereit, Zuzanna Makowska, Ralf Lesche, Maria Orietta Borghi, Javier Martin, Sophie Courtade-Gaiani, Laura Xuereb, Mickaël Guedj, Philippe Moingeon, Marta E Alarcón-Riquelme, Laurence Laigle, Jacques-Olivier Pers, *Nature communications* 12 (1), 3523, (2021). 48.
15. The growing role of precision medicine for the treatment of autoimmune diseases; results of a systematic review of literature and Experts' Consensus, Roberto Giacomelli, Antonella Afeltra, Elena Bartoloni, Onorina Berardicurti, Michele Bombardieri, Alessandra Bortoluzzi, Francesco Carubbi, Francesco Caso, Ricard Cervera, Francesco Ciccía, Paola Cipriani, Emmanuel Coloma-Bazán, Fabrizio Conti, Luisa Costa, Salvatore D'Angelo, Oliver Distler, Eugen Feist, Nathan Foulquier, Marco Gabini, Vanessa Gerber, Roberto Gerli, Rosa Daniela Grembiale, Giuliana Guggino, Ariela Hoxha, Annamaria Iagnocco, Suzana Jordan, Bashar Kahaleh, Kim Lauper, Vasiliki Liakouli, Ennio Lubrano, Domenico Margiotta, Saverio Naty, Luca Navarini, Federico Perosa, Carlo Perricone, Roberto Perricone, Marcella Prete, Jacques-Olivier Pers, Costantino Pitzalis, Roberta Priori, Felice Rivellesse, Amelia Ruffatti, Piero Ruscitti, Raffaele Scarpa, Yehuda Shoenfeld, Giovanni Triolo, Athanasios Tzioufas, *Autoimmunity reviews* 20 (2), 102738, (2021). 23.
 16. Rheumatological features of Whipple disease, Alice Tison, Pauline Preuss, Clémentine Leleu, François Robin, Adrien Le Pluart, Justine Vix, Guillaume Le Mélédo, Philippe Goupille, Elisabeth Gervais, Grégoire Cormier, Jean-David Albert, Aleth Perdriger, Béatrice Bouvard, Jean-Marie Berthelot, Nathan Foulquier, Alain Saraux, *Scientific reports* 11 (1), 12278 (2021). 12.
 17. Can we use artificial intelligence for systematic literature review in rheumatology?, N Foulquier, B Rouviere, A Saraux, *Joint Bone Spine* 88 (3), 105109, (2021). 3.
 18. Geographic Location Determines Differentially Methylated Gene Expressions in Autoimmune Diseases, Jacques-Olivier Pers, Hajar Bahane, Christelle Le Dantec, Nathan Foulquier, Marta E Alarcon-Riquelme, Pierre Youinou, PRECISESADS Clinical Consortium, *Immuno* 1 (4), 529-544, (2021).
 19. Épigenetique des maladies auto-immunes: méta-analyse de la littérature par intelligence artificielle, N Foulquier, B Rouviere, C Amandine, V Devauchelle Pensec, D Cornec, JO Pers, A Saraux, *Revue du Rhumatisme* 88, A131-A132, (2021)
 20. SARS-CoV-2 infection in patients with primary Sjögren syndrome: characterization and outcomes of 51 patients, R Giacomelli, A Afeltra, E Bartoloni, O Berardicurti, M Bombardieri, A Bortoluzzi, F Carubbi, F Caso, R Cervera, F Ciccía, P Cipriani, E Coloma-Bazán, F Conti, L Costa, S D'Angelo, O Distler, E Feist, N Foulquier, M Gabini, V Gerber, R Gerli, Rd Grembiale, G Guggino, A Hoxha, A Iagnocco, S Jordan, B Kahaleh, K Lauper, V Liakouli, E Lubrano, D Margiotta, S Naty, L Navarini, F Perosa, C Perricone, R Perricone, M Prete, Jo Pers, C Pitzalis, R Priori,

- F Rivellese, A Ruffatti, P Ruscitti, R Scarpa, Y Shoenfeld, G Triolo, A Tzioufas, Autoimmunity reviews, (2021)
21. Can artificial intelligence replace manual search for systematic literature? Review on cutaneous manifestations in primary Sjögren's syndrome, Laure Orgeolet, Nathan Foulquier, Laurent Misery, Pascal Redou, Jacques-Olivier Pers, Valérie Devauchelle-Pensec, Alain Saraux, Rheumatology 59 (4), 811-819, (2020). 23.
 22. New criteria and new methodological tools for devising criteria sets of inflammatory rheumatic diseases., N Foulquier, P Redou, JO Pers, A Saraux, Clinical and experimental rheumatology 38 (4), 776-782, (2020). 4.
 23. Maladie d'Osgood Schlatter: quelle imagerie?, J Rabouin, N Foulquier, S Jousse Joulin, V Devauchelle Pensec, F Garrigues, JP Laporte, G Prado, A Saraux, Revue du Rhumatisme 87, A82 (2020)
 24. Méga-analyse de la littérature portant sur l'efficacité de l'activité physique et de la nutrition dans la gonarthrose et la polyarthrite rhumatoïde, P Nougues, N Foulquier, D Guellec, C Daien, G Prado, A Saraux, Revue du Rhumatisme 87, A245-A246 (2020).
 25. Utilisation de l'intelligence artificielle pour la revue systématique de la littérature portant sur les manifestations cutanées du syndrome de Gougerot-Sjögren primitif, L Orgeolet, N Foulquier, L Misery, P Redou, J-O Pers, V Devauchelle-Pensec, A Saraux, Annales de Dermatologie et de Vénéréologie 146 (12), A246, (2019)
 26. How health information technologies and artificial intelligence may help rheumatologists in routine practice, N Foulquier, P Redou, A Saraux, Rheumatology and Therapy 6, 135-138, (2019). 3.
 27. Pathogenesis-based treatments in primary Sjogren's syndrome using artificial intelligence and advanced machine learning techniques: a systematic literature review, Nathan Foulquier, Pascal Redou, Christophe Le Gal, Bénédicte Rouvière, Jacques-Olivier Pers, Alain Saraux, Human Vaccines & Immunotherapeutics 14 (11), 2553-2558, (2018). 19.
 28. The smell of us-crowdsourcing human body odor evaluation, Marguerite Benony, Marianne Cardon, Arnaud Ferré, Jean Coquet, Nathan Foulquier, Florian Thonier, Lucas Le Lann, Henry De Belly, Alexandre Evans, Aakriti Jain, Juan Manuel García Arcos, Jason Bland, Ian Marcus, Ariel B Lindner, Edwin H Wintermute, Human Computation 3 (1), 161-179, (2016). 2.

Commnication orales

1. Natural language processing approaches for systematic literature review, OMERACT, 2023, Colorado Springs, USA
2. Machine learning to perform disease signature extraction from multi-omics data, Machine learning, Multi-omics of Chronic Inflammatory Diseases. From Molecular Signatures to Novel Clinical Diagnostics, International SYSCID Symposium , 2022, Kiel, Germany
3. Machine Learning for the Identification of a Common Signature for Anti-

- SSA/Ro 60 Antibody Expression Across Autoimmune Diseases, Société française d'immunologie, SFI, 2022, Nice, France
4. Le traitement du langage naturel dans le domaine biomédical, Groupement Interrégional Réseau de recherche clinique Grand Ouest, GIRCIGO, 2022, Nantes, France
 5. Machine learning to perform disease signature extraction from multi-omics data in autoimmune diseases, LabEx IGO, Immunotherapy-Graft-Oncology, 2022, Nantes, France
 6. Intelligence artificielle en rhumatologie, Société Française de Rhumatologie, SFR, 2020, Paris, France
 7. Biomarkers detection through machine learning approaches, HarmonicSS, 2019, Venise, Italy
 8. Using prior knowledge to convert raw data into images and classify them, IBSAM, 2019, Brest, France
 9. Intelligence artificielle et Médecine générale, JMX, 2019, Brest, France

Communiation par affiches

1. Natural language processing for systematic literature review, OMERACT, 2023, Colorado Springs, USA
2. Using prior knowledge to convert raw data into images and classify them: the DPIX algorithm, application in a biomedical context, Biomedical Engineering Systems and Technologies, BIOSTEC, 2023, Lisbonne, Portugal
3. Using prior knowledge to improve machine learning performance in patient classification, 3TR, 2022, Amsterdam, Netherlands.
4. Machine learning to perform disease signature extraction from multi-omics data, Machine learning, Multi-omics of Chronic Inflammatory Diseases. From Molecular Signatures to Novel Clinical Diagnostics, International SYSCID Symposium , 2022, Kiel, Germany
5. Machine Learning for the Identification of a Common Signature for Anti-SSA/Ro 60 Antibody Expression Across Autoimmune Diseases, Société française d'immunologie, SFI, 2022, Nice, France
6. Using prior knowledge to convert raw data into images and classify them, IBSAM, 2019, Brest, France
7. Natural language processing for systematic literature review, Journées Scientifiques UBL, 2019, Rennes, France
8. Natural language processing for systematic literature review, IBSAM, 2018, Brest, France

Séminaire invité

1. L'IA générative pour les modèles de langages pour la veille bibliographique, Sandoz, 2024, Paris, France
2. Intelligence et traitement du langage naturel dans le milieu médical, Sandoz, 2022, Daphne Capela, Paris, France
3. Quelle place donner à l'intelligence artificielle et les nouvelles technologies

dans le rhumatisme psoriasique, La Lettre du Rhumatologue (edimark),
Jennifer Levy Benkemoun, 2022, Paris, France

4. L'Intelligence Artificielle en rhumatologie : mythe ou réalité ?, Pfizer,
Daniele Kanaan, 2021, Dinard, France

Brevet

1. BYORING

- Inventeurs: Yvonne Sculler (70%), Nathan Foulquier (15%) Patrice Hemon (15%)
- Numero: DV5080