

L'IA au quotidien dans les métiers de la recherche:

Enjeux, opportunités et défis

Vianney Lebouteiller (CNRS @ IRFU/DAP/AIM)

05/12/2023



- **Contexte**
 - Conjonction :
 - 1) de l'émergence des outils dopés à l'intelligence artificielle
 - 2) d'une nouvelle vision et reconnaissance des *soft skills* (compétences « socioprofessionnelles »)
 - 3) de la généralisation du télétravail
- **Les utilisations de l'IA : enjeux, opportunités et défis**
 - Définitions de l'IA et de la recherche
 - L'IA comme outil de calcul
 - L'IA comme assistant au quotidien
- **La mise en lumière des *soft skills* à l'ère de l'IA**

DATA SCIENCE

Étude de l'extraction automatisée de connaissances à partir de grands ensembles de données

AI

Systèmes et machines qui peuvent réaliser des tâches qui requièrent habituellement une intelligence humaine

Supervised machine learning

Algorithmes qui apprennent/décident

[intervention humaine dans la structuration du contexte et problème + solution]

Unsupervised machine learning

Algorithmes qui apprennent/décident

[sans intervention humaine]

Deep learning

Fusion de techniques incluant au moins des réseaux de neurones profonds dans une structure complexe/hierarchique, destinées à résoudre des problèmes complexes

Reproduire la fonction des intelligences humaines

- Raisonnée, kinesthésique, émotionnelle, sociale, créative...

Reproduire le fonctionnement des intelligences humaines

- Cerveau artificiel, conscience...

Intelligences étendues

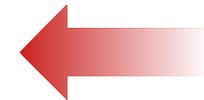
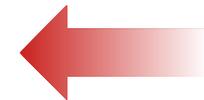
- Autres spécialisations, très grands jeux de données...

Super/ultra-intelligences

Prédictions / classification

Exploration / liens

Complexité



Recherche & IA

Le manuel Frascati (OCDE, 2015 ; définition et classification de la R&D) définit la recherche comme un « *travail créatif et systématique entrepris en vue d'accroître la somme des connaissances - y compris la connaissance de l'humanité, de la culture et de la société - et de concevoir de nouvelles applications des connaissances disponibles* ».

L'IA dépasse désormais largement les capacités humaines sur des jeux de données spécifiques liés entre autres aux grands jeux de données, aux images et au Traitement du Langage Naturel.

À ce titre, l'IA permet **au moins** d'ores et déjà ou dans le court terme des **outils** fonctionnels

d'assistance / d'automatisation / d'accélération

du travail quotidien

dans les différents aspects de l'environnement de la recherche fondamentale et appliquée.



The Measurement of Scientific, Technological
and Innovation Activities



Frascati Manual 2015

GUIDELINES FOR COLLECTING AND REPORTING
DATA ON RESEARCH AND EXPERIMENTAL
DEVELOPMENT



 OECD

Ressources

Peu de recul et de recherches sur l'impact spécifique de l'IA sur les métiers de la recherche

- Relativement superficielles et basées sur des ressentis d'acteurs
- Biaisées par la période récente de la pandémie et ses conséquences encore floues sur le long terme

Quelques références:

- *“Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research”*, 2023
- Chubb et al. (2022): *“Speeding up to keep up: exploring the use of AI in the research process”*
- Xu et al. (2021): *“Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research”*
- *“L'intelligence artificielle, objet philosophique”*, France Culture
- + analyse personnelle...



L'IA comme outil de calcul

Outils de calcul informatique (1/2)



Des progrès techniques récents...

- Apprentissage supervisé & prédictions
- Détection d'anomalies
- Apprentissage par renforcement pour trouver la meilleure approche
- Réseaux de neurones propageant les incertitudes
- IA génératives (simulations, bruit, décomposition signal etc...)

...répondant à des besoins spécifiques

- Stockage intelligent (compression de données)
- Puissance de calcul
- Algorithmes optimisés
- Débogage, écriture, conversion de programmes informatiques, documentation de code
- Stratégies de calcul
- Jumeaux numériques d'objets (par ex: instruments)

Illustration : l'IA en astrophysique



Convergence

- Des outils, logiciels → **Machine learning**
- De la puissance des ordinateurs → **Exascale**
- Des nouveaux observatoires collectant beaucoup de données → **Big data**
- Besoin d'agir rapidement → **Time domain**

Big data

- Euclid : 30 ans de HST par semaine !
- SDO : 1.5 Tb/jour
- LSST : 20 Tb/nuit
- SKA : 10^{18} bytes/nuit

Besoins en machine learning

- Transitoires (SN, GRB,...) : LSST 10 millions d'alertes / nuit, rapides et leur brillance chute rapidement.
- Météo solaire
- Classification des galaxies
- Recherche d'astéroïdes, comètes
- Détection d'exoplanètes

Outils de calcul informatique (2/2)

Évolution du métier pour intégrer des **expertises spécifiques externes** (traitement de **grands jeux de données**, nouvelles techniques/technologies **complexes**) à mettre en œuvre pour un chercheur dans un domaine donné

→ Difficultés principales:

- Trouver les bons interlocuteurs
- Trouver un langage commun

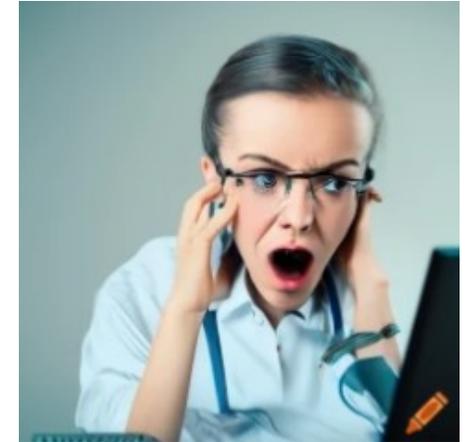
L'IA comme outil de **match-making** ou comme **outil de calcul et de programmation**

⚠ **Effet de boîte noire** (similaire aux codes complexes et aux collaborations)

- Peut-on suffisamment bien **comprendre** l'outil avant de l'utiliser ? Doit-on faire confiance ? → concept d'"*explainable AI*" (étapes/prises de décisions spécifiquement conçues pour être comprises par un humain)
- La recherche tente d'expliquer un phénomène par des liens de **causalité**, pas seulement de **corrélation**
 - → Résultats compatibles avec les observations pour des raisons inconnues (voire fausses)
 - → Mais : mise en évidence des corrélations qui mènent à des causalités inattendues

+ utilisations « banales »:

- Débogage, écriture, conversion de programmes informatiques, documentation de code...
- Algorithmes optimisés





Utilisation de l'IA (modèles de langage) au quotidien dans l'environnement de la recherche

Outils de documentation

L'IA pour cartographier les connaissances

- **Digestion** des nouvelles publications au quotidien (nombre, résultats originaux ou non, en contradiction...)
 - ⚠ Biais potentiels de sélection/priorité
- **Bibliographie**, état des lieux (et consensus?)
 - Écriture d'un article de revue automatique sur un sujet arbitraire
- **Extraction** des idées/résultats dans un document long, complexe et/ou mal écrit
- Faciliter des études **interdisciplinaires** via une analyse des ressources bibliographiques ou le *match-making*
- **Aide continue** lors du processus de réflexion
 - Nouveau standard pour recherches dans la littérature et/ou sur internet
 - Interrogation d'« interfaces » avec des chercheurs via leur production numérique (sorte de machine à café / cantine mondiale...)





Exemples d'outils de documentation

- IA conversationnelle adaptée au travail de recherche (avec sources !) : perplexity.ai
- Interroger un PDF : [ChatPDF](https://chatpdf.com)
- Assistant documentaliste au quotidien (*brainstorming*, résumés de travaux, organisation des sources etc.) : elicit.org

Interprétation des résultats biaisée par la forme ?

- ⚠️ Affirmations parfois totalement fausses assésés avec un aplomb convaincant
- ⚠️ Résultats jamais mis en perspective en se basant sur une propre expérience de la vérité et des preuves empiriques
- Besoin d'une utilisation suffisamment experte pour valider le comportement de l'IA et sa fiabilité



I need a bibliography of publications about the internal variations of metallicity within galaxies

✳ Copilot

🗨 Reading response

astrophysics

🔍 Searching web

astrophysics publications Internal variations metallicity within galaxies bibliography

📄 Considering 8 sources

📖 Sources

Internal metallicity distributions of simulate... oup . 1	Mapping Metallicity Variations across Nearby... iop . 2	About Metallicity Variations In the Local... iop . 3	ISM metallicity variations across spral arms In dis... aanda . 4
Astrophysics of Galaxies authors/titles "new.GA" ~... arxiv . 5	The Integrated metallicity profile of the Milky Way [...] nature . 6	[2107.14243] Fornax 3D project: assessing the... arxiv . 7	Fornax 3D project: a two-dimensional view of the... harvard . 8

☰ Answer

Here is a bibliography of publications about the internal variations of metallicity within galaxies in the field of astrophysics:

1. Mehta, B., Trenti, M. (2023). The internal metallicity distributions of simulated galaxies from EAGLE, Illustris, and IllustrisTNG at $z = 1.8-4$ as probed by gamma-ray burst hosts. Oxford Academic. ¹
2. Mapping Metallicity Variations across Nearby Galaxy Disks. (2019). IOPscience. ²
3. About Metallicity Variations in the Local Galactic Interstellar Medium. (n.d.). IOPscience. ³



Avoir des sources clairement identifiées n'empêche pas les erreurs de formulation par l'IA...

what are the main differences between the spitzer space telescope and JWST?

4. Observational range: Spitzer was the first telescope to provide high-resolution images of the universe in the near- and mid-infrared wavelength range ⁷. JWST, on the other hand, is designed to observe the universe primarily in the infrared range, with some capability in the optical and ultraviolet wavelengths ⁶.

In summary, the JWST is a more advanced and powerful telescope than the Spitzer Space Telescope, with a larger primary mirror, more sensitive detectors, and an extended observational range. These differences enable JWST to provide clearer and more detailed images of the universe, allowing scientists to make new discoveries and gain a better understanding of the cosmos.



Anecdote:

- Un collègue enseignant-chercheur surchargé développe un texte de 2-3 pages avec l'IA à partir de 4-5 items (*bullet points*), pour le responsable du département
- Le responsable surchargé résume le texte en 4-5 items

Questions légitimes:

- 1) Est-ce que les items sont les mêmes en entrée et en sortie?
- 2) Est-ce que toute l'information est contenue dans les items?

- **Oui**: quel intérêt à développer?
- **Non**: il y a perte d'informations

Autres outils (communication, organisation...)

- **Documents**
 - Aide à l'écriture / relecture (orthographe, grammaire...) de rapports, publications...
 - + recherche de sources, vérification des affirmations... (⚠ renforcement de biais)
 - Adaptation taille des documents
- Aide à la diffusion dans différentes **langues***
 - **Publications** et **présentations** orales
- **Dissémination** des résultats
 - Adaptation du style à l'audience visée
 - Vers le grand public : remplissage automatique blogs, sites d'actualités...



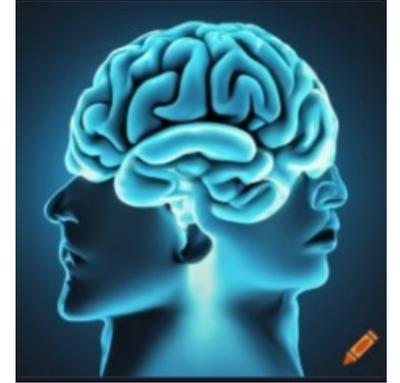
Mais aussi...

- Prise de **notes** en direct (conférences, réunions...)
- Gestion **emploi du temps**, liste de **tâches** et organisation du travail
- Gestion **messagerie** (spams, filtres intelligents...)
- ...

Outils d'assistance à la recherche

Ensemble des utilisations décrites précédemment

- Aide pratique quant à la **concrétisation**
- Aide pratique quant à la **restitution, divulgation** etc.
- Aide indirecte au processus de **réflexion** via l'interrogation d'interfaces



Extraction de **nouveaux résultats** plausibles et non-triviaux via **rapprochements** dans la littérature

- **Undiscovered public knowledge (UPK)**:
 - Les trouvailles, hypothèses et résultats existent immergés dans la littérature mais sans visibilité (journaux obscurs, mauvais indexage...) ou alors résultat morcelé dans différentes publications
- **Literature-based discovery (LBD)** :
 - Combinaison de résultats ou affirmations dans différentes études (papier 1 trouve que « A affecte B » et papier 2 trouve que « B affecte C » → une hypothèse naturelle devient « A affecte C »)
- Nombre vertigineux de « trouvailles » potentielles sans hiérarchie de la pertinence/portée
 - ⚠ Un nouveau résultat n'est pas nécessairement intéressant ou source d'innovation (c-à-d motivant une action, un engouement)

Illustration

Équipe **pluridisciplinaire**, constituée d'astrophysiciens (PI F. Galliano; DAp/AIM) + développeurs d'outils de linguistique informatique de la société *iris.ai* en partie constituée elle-même d'anciens chercheurs

- Explorer l'énigme centenaire des Bandes Diffuses Interstellaires (*DIBs*), une forêt de centaines de bandes en absorption dans le domaine visible
- **Traitement Automatique du Langage (NLP)** dans **différents domaines** scientifiques
- Informations pertinentes trouvées en biologie:
 - Pigments visuels de divers animaux, dont la chimère éléphant, le dauphin et certains papillons
 - Molécule d'hème (base de l'hémoglobine)

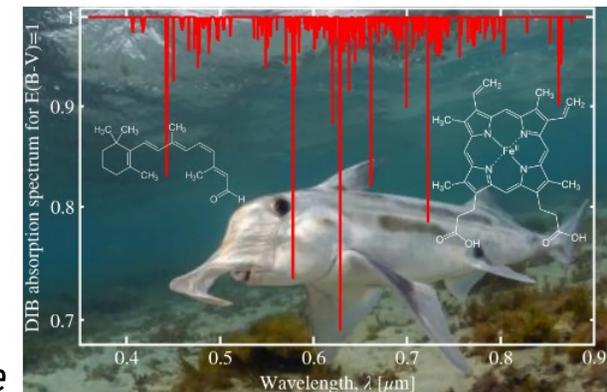
14 décembre 2022

Chimères éléphants, dauphins et papillons : une source d'information pertinente pour une énigme astrophysique centenaire

Une équipe du Département d'Astrophysique, en collaboration avec la compagnie privée Iris.

[Lire la suite](#)

Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science



Outils de sélection et évaluation

L'IA pour accompagner l'évaluation et la publication des résultats

- **Assister** les évaluateurs et éditeurs pour alléger/accélérer le processus de publication
- Par exemple : [AIRA](#) (*Artificial Intelligence Review Assistant* pour l'éditeur Frontiers) ou [iris.ai](#)
 - Plagiat (mais outils puissants existent déjà)
 - Choix automatisé des catégories
 - Tests de qualité des textes et des rapports
 - Formatage, qualité du langage, intégrité des images...
- **Sélection** des pairs évaluateurs (utile pour minimiser certains biais, conflits d'intérêt...)
- ⚠ Risques d'incompréhension / rejet si cadre d'utilisation pas clair (ex : évaluation)



« Franchement la recherche sans évaluation ça pose un problème. C'est un système assez génial d'ailleurs. Celui qui agit est en même temps celui qui évalue. Qui peut penser que c'est raisonnable ? Je vois que ça peut être confortable. »



⚠️ Considérations générales (1/4)

Cadres d'utilisation

- **Prudence / opportunité** : La génération actuelle d'outils IA est utilisée (et indirectement imposée) immédiatement
 - L'adaptation de la société à l'innovation est-elle trop rapide et de quel recul avons-nous besoin ?
 - Y-a-t'il trop de techniques et d'outils ?
- **Chaos des solutions** actuelles et du choix des outils et utilisations
 - Quels outils privilégier, quels critères, comment bien **comparer**
 - Est-ce que les outils doivent être **adaptés** aux biais culturels et
 - Est-ce que les outils doivent être **uniformisés** pour effacer toute
- Risque d'utilisation cachée/honteuse si **cadre** pas clair sur l'utilisation
- Les grands modèles IA sont demandeurs en **ressources** et potentiels
 - Mise en commun des ressources et outils ? *"Green (environnement) foot, j'ai envie de dire, il faut que ce soit clair quand elle est utilisée et pourquoi, voilà."*
- **Inégalités** devant l'accès au calcul (GPUs) et aux outils
 - Exagération possible des disparités entre pays
 - Risque de sélection de futurs stagiaires/étudiants/post-doctorants avec peu de diversité culturelle/humaine
 - Si moins de main d'œuvre est utile, l'exposition à un éventail de pratiques scientifiques diverses (par ex: post-doc étrangers) peut devenir restreinte





Considérations générales (2/4)



Données d'entrée

- **Origine** des données d'entrées (consentement, données privées...) → cf. GitHub
- **Qualité / « réalité »** des données d'entrées (par ex : « consanguinité », données falsifiées etc...)
- **Biais** : reflet d'une certaine réalité vs. réalité non-désirable

Données de sortie

- « Déluge d'information » : flot généré seulement gérable par des IA
- Maintien/exagération des **biais** (sélection de collaborateurs, publications quotidiennes, sources...)
 - Seules des IA pourront faire cette sélection si le volume de texte devient trop important (par exemple si les textes sont eux-mêmes générés par des IAs...)



Considérations générales (3/4)



Interaction humain ↔ IA

- La **perception** de l'IA est positive quand il s'agit de faciliter les tâches (résolution de problèmes) mais devient négative quand il s'agit de décisions, de création ou tout autre concept identifié comme essentiellement humain
 - Faire confiance, suivre l'intuition, se sentir investi d'une mission..
- Inversement, diaboliser l'IA pourrait nous faire sous-estimer une potentielle émergence de vraie intelligence
- Quel degré d'autonomie / de pouvoir décisionnel pour l'IA?

Personnalité IA

- « **Personnalité** » induite par les *pre-prompts/prompts* opaque, changeante, on ne sait pas avec "qui" l'on converse
 - IA nourrie d'un ensemble d'informations dominées par la langue/culture de certains pays, les clients dans différentes langues ne font que traduire la réponse fournie sans contexte culturel
 - Sous-représentation possible de certains comportements, certaines langues, cultures...
- La suppression des biais humains dans les données est très dépendante des cultures, quelle doit être la « personnalité » idéale ?



Considérations générales (4/4)



Métier de chercheur

- Recherche **indépendante, ouverte et reproductible** ?
 - Problème des outils payants, modèles non open-source, chaos des solutions actuelles
 - Des codes vraiment **open-source** seront-ils disponibles sur le long terme pour garantir une recherche suffisamment indépendante et reproductible ?
 - Acteurs privés comme source de recherche/résultats → **conflits d'intérêt**, recherche indépendante etc.
 - Quel **crédit** donner aux publications, applications ou brevets rendus possibles grâce à l'IA ?
- Quels sont les **objectifs** de la recherche fondamentale, doit-on les redéfinir à l'ère de l'IA ?

Profil de chercheur et compétences

- Quel **profil** de chercheur dans 25 ans ?
 - Vers une recherche beaucoup plus interdisciplinaire, experts utilisation IA mais pas en calcul ?
 - Les produits de résultats seront-ils sous la forme de publications écrites ?
- Quelle **formation** prévoir étant donné l'émergence de l'IA ? Quelles **compétences** ?
 - Compétences minimales/suffisante pour maîtriser du mieux possible la démarche scientifique
 - La formation passe par l'apprentissage, l'observation, l'implication, l'expérience (y compris d'échecs)
 - L'apprentissage ne concerne pas seulement des compétences labos ou analytiques mais aussi l'apprentissage continu des sous-entendus, de la culture de la communauté...
 - Risque que l'apprentissage devienne de moins bonne qualité

Cœur du métier de chercheur-ingénieur

Ce qui reste ? (Ce qui importe ?)

- Processus **d'innovation**
- Recherche de **problèmes** plutôt que de solutions
- Quêtes sans but précis autre que l'inspiration d'une personne ou d'un groupe de personnes
- Quêtes raisonnées inspirées par la stratégie, les objectifs d'une société, d'un gouvernement...



L'IA ne peut pas (pour l'instant) :

- Définir son propre espace d'hypothèses, son propre design expérimental
- Interpréter des accidents comme source d'inspiration et d'innovation
- Concevoir une intuition de la réalité qui ne soit pas un simple rapprochement de concepts déjà proposés
 - Quelques recherches en cours sur le concept et les applications de "*computational serendipity*"

L'IA peut :

- Confirmer/guider une intuition humaine
- Reproduire/transformer/associer/bonifier des informations retenues
- Provoquer un *breakthrough* → ne veut pas nécessairement dire innovation au sens industriel ou même intellectuel

Quelles sont les compétences importantes, vont-elles changer?

Mise en lumière des *soft skills*



1) L'IA relève des « *hard skills* »

***Hard skills* : compétences « métier »**

- Spécifique au métier -- « expertise »
- Outils existent pour quantifier et évaluer, entraîner ces compétences

2) Indépendamment (initialement), les *softs skills* sont de plus en plus reconnues

***Soft skills* : compétences transférables / transversales / socioprofessionnelles / polyfonctionnelles**

- Relations interpersonnelles et sociales (par ex : autonomie, créativité...)

3) Le télétravail – qui a changé les habitudes de travail depuis la pandémie – repose sur les *soft skills*

En particulier : autonomie, persévérance, coordination...

Conjonction et dynamique inattendues qui pourraient modifier en profondeur les métiers (de recherche ou non)

Pourquoi s'intéresser aux *soft skills* dans la recherche ?

- Rôle de + en + reconnu et estimé dans les organisations **privées ou publiques** dans le cadre de **l'innovation** et de la **transformation**
 - Selon plusieurs études récentes, ~2/3 compétences importantes pour l'innovation sont des *soft skills*
- L'émergence de l'IA redéfinit l'éventail et la part des compétences **métier vs. socio-professionnelle**

L'innovation implique :

- Une action **collective**, une fédération, un enthousiasme, un engouement autour d'une idée pour la mettre en pratique
- Et donc de la persuasion, de la conviction, de la confiance... c-à-d
 - Compétences qui distinguent l'IA de l'humain sans doute pour assez longtemps (la simulation des *soft skills* n'est pas aussi efficace que la simulation des *hard skills* ; perception de l'IA)
 - Compétences que l'on acquiert dans la recherche / qui améliorent la recherche

Consulter
le journal

Le Monde

Se connecter

ACTUALITÉS ▾ ÉCONOMIE ▾ VIDÉOS ▾ DÉBATS ▾ CULTURE ▾ LE GOÛT DU MONDE ▾

CAMPUS · UNIVERSITÉS

Quand le diplôme ne suffit plus, l'importance des « soft skills »

Autonomie, créativité, capacité à travailler en équipe... autant de compétences devenues capitales pour les recruteurs de jeunes diplômés de masters.

Par Jessica Gourdon

Publié le 02 juillet 2021 à 07h00, modifié le 02 juillet 2021 à 14h56 · Lecture 5 min.





Les compétences transversales ou soft skills de l'innovation sont un ensemble dynamique et interrelié de compétences engagées vers le développement de la capacité individuelle et collective de l'humain à se situer, à interagir et à configurer un environnement dans une optique de transformation.

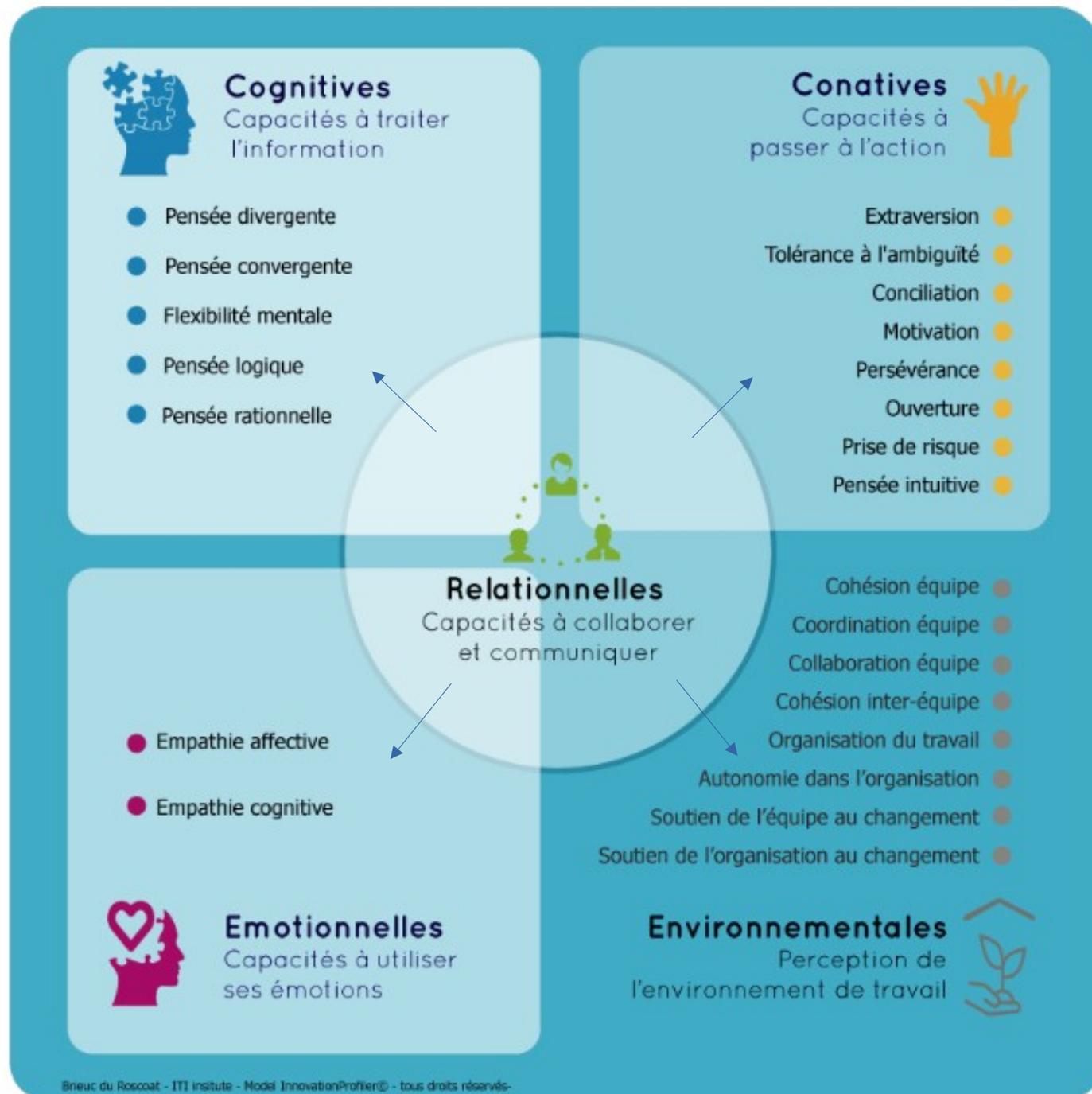
Elles sont constituées de processus cognitifs (capacités à diverger, converger, flexibilité mentale...), de facteurs conatifs (motivation, ouverture, extraversion...), émotionnels (empathie) et relationnels (communiquer, collaborer) qui permettent à l'humain d'agir dans un contexte incertain et sur une situation nouvelle.

Obstacles concernant les *soft skills* :

- Identifier
 - (beaucoup de définitions non rigoureuses souvent liées uniquement au développement personnel)
- Évaluer la maîtrise
 - (souvent associé à des impressions subjectives dominées par des liens/groupes sociaux)
- Entraîner
 - (ce ne sont pas des compétences 100 % innées)
- Évaluer l'impact
 - (avec les hard skills)
- Convaincre soi-même & les autres que les compétences ont été acquises
 - (il ne suffit pas de cocher une case, il faut un contexte d'exploitation)

- Créativité
- Originalité
- Proposition
- Vue holistique
- Réaction aux critiques
- Réaction aux résultats <0
- Résolution de problèmes

- Reconnaître ses émotions / celles des autres
- Comprendre les points de vue
- Partage d'enthousiasme, indulgence...



- Capacité à créer des relations, un réseau
- Motivation
- Ouverture à la nouveauté
- Pensée intuitive
- Prise de risques mesurés
- Gérer l'ambiguïté
- Coopération
- Persévérance ≠ motivation
- Coordonner les efforts, les personnes
- Considérer les objectifs individuels, d'équipes, de la société
- Cohésion
- Autonomie mesurée
- Organisation
- Ouverture au changement
- Compréhension de la culture de la société



Quelques recommandations

- Les *soft skills* peuvent/doivent être améliorées, y compris très tôt dans le cursus scolaire y compris dans les enseignements techniques/scientifiques
 - Travail de groupe, mentors/guides, réflexivité, activités hors travail/cursus
 - Apprentissage de langues : immersion, communication, centré sur l'étudiant, évaluation via participation/initiatives, expression... → accessible à tout le monde !
- Les *soft skills* doivent être adaptées/comprises dans un contexte de travail / besoins d'une société / d'un groupe
 - Décisions prenant en compte à la fois les individus personnellement et le collectif
- Une évaluation qualitative est possible et importante
 - Ni 0 ni 1
- La diversité disciplinaire / culturelle améliore les *soft skills*



Soft skills et doctorat

- Compétences augmentées drastiquement pendant un doctorat
 - Persévérance, autonomie, réactions aux échecs/critiques, identification de problèmes, extraire un consensus, reconnaître/utiliser des sources fiables, communication, travail de groupe, propositions, organisation, connaissance de différentes cultures etc.
- Reconnaissance des *soft skills* pour une recherche de qualité dans les concours (e.g., CNRS)
 - La manière de partager ces compétences et leur impact n'est pas triviale
- Même si les *soft skills* sont des compétences en lien avec d'autres personnes, elles participent au développement personnel
 - Confiance en soi dans le parcours de doctorat / post-doctorat

Not job-specific (stable)

Job-specific (dynamic)

