

LES DOMAINES SCIENTIFIQUES DES DÉCODEUSES

Les sciences informatiques regroupent une large diversité de thématiques, souvent interdisciplinaires. Elles vont de l'algorithmique (utilisée dans beaucoup de domaines des sciences informatiques) à la cybersécurité, en passant par les sciences du logiciel, l'intelligence artificielle ou le traitement du signal et des images.

Selon les avancées technologiques et les questions sociétales, les domaines des sciences informatiques évoluent constamment pour en faire émerger de nouveaux : c'est le cas par exemple de l'informatique durable, plus respectueuse de l'environnement, ou de l'informatique quantique, qui prévoit des algorithmes pour l'ordinateur du futur.

Cette fiche définit les domaines qui sont liés à l'activité scientifique des douze portraitées de la BD.


L'ALGORITHMIQUE



Un algorithme propose une **méthode de résolution d'un problème donné** comme un enchaînement d'étapes de base (des suites finies d'instructions) facile à réaliser, comme une recette de cuisine organisée en étapes élémentaires. En algorithmique, on conçoit et on compare des algorithmes.

L'algorithmique est l'**un des socles de la recherche en sciences informatiques** : bien que millénaire, elle est omniprésente dans ce domaine scientifique et est toujours très active. D'une part, de nouveaux problèmes à résoudre astucieusement arrivent en permanence, comme par exemple la conception de stratégies de déconfinement optimales en période de pandémie ! D'autre part, des changements technologiques peuvent complètement rebattre les cartes en introduisant de nouvelles instructions de base permettant alors d'obtenir des algorithmes bien plus efficaces que précédemment, comme par exemple pour la factorisation des nombres entiers que l'algorithme quantique de Peter Shor a révolutionnée en 1994. Enfin, la place croissante des algorithmes dans notre vie quotidienne soulève des enjeux sociétaux dans lesquels les scientifiques ont un rôle important à jouer, en particulier pour rendre explicables les décisions proposées par les algorithmes ou pour certifier la correction et l'équité de ces dernières.

Pour aller plus loin :  [Claire Mathieu, chercheuse en informatique](#)

 [Les algorithmes menacent-ils la démocratie ?](#)

L'AUTOMATIQUE

L'automatique s'intéresse au **pilotage et au contrôle de systèmes dynamiques** physiques, biologiques, construits par les humains, qui évoluent dans le temps et parfois dans l'espace. Cela peut concerner aussi bien les véhicules autonomes qu'une réaction chimique en chaîne, en passant par un environnement quantique. Souvent qualifié de "technologie cachée", ce domaine est au carrefour des mathématiques et de l'ingénierie.

Ces systèmes dynamiques doivent être constamment contrôlés pour que la fonction demandée soit maintenue : ainsi, le réfrigérateur enclenche son moteur dès que la température est trop haute, le régulateur augmente le régime moteur dès que la voiture ralentit dans une côte, etc. À tout moment, un "correcteur", un algorithme de contrôle, calcule les actions à réaliser par divers actionneurs (pompe, accélérateur...) pour maintenir la fonction demandée, pour éviter que le système ne s'emballe ou ne s'arrête.

L'automatique est la science qui propose de concevoir ces algorithmes de contrôle, mais aussi des algorithmes de surveillance, de diagnostic et d'estimation. Si les algorithmes qui commandent un réfrigérateur sont simples, ceux qui permettent de maintenir un satellite ou une fusée sur sa trajectoire sont ultra-complexes et requièrent une grande expertise. L'automatique est un secteur clé pour la recherche et le développement des technologies de pointe.

Pour aller plus loin :  [L'ère de l'automatique](#)

 [Françoise Lamnabhi-Lagarrique, reine de l'automatique](#)



LA BIOINFORMATIQUE



La bioinformatique vise à **concevoir des méthodes informatiques et mathématiques pour résoudre des problèmes biologiques**. L'enjeu est de comprendre et interpréter les données expérimentales issues, par exemple, des génomes, des structures de protéines, et plus généralement de toutes les connaissances sur les molécules du vivant au sein des cellules.

C'est un domaine qui mêle des disciplines variées : informatique, biologie, mathématiques (en particulier les statistiques), mais aussi physique ou chimie. Ces recherches ont des **applications en biologie**, bien sûr : conception d'un algorithme pour identifier de nouveaux pathogènes à partir de leurs génomes, ou compréhension de l'évolution d'une population animale dans un milieu. Mais **les enjeux touchent aussi à la santé** : développer une base de données et une ontologie regroupant les connaissances sur les ARN d'une même famille de virus, utiliser des méthodes d'apprentissage statistique pour prédire l'apparition d'une maladie chez un patient à partir de nombreux résultats d'analyses médicales ou concevoir de nouveaux médicaments par l'étude de la forme des protéines en trois dimensions. Enfin, la bioinformatique joue un rôle primordial dans les **thématiques liées à l'environnement** : elle permet d'analyser des images de plantes prises régulièrement pour étudier leur croissance dans certaines conditions climatiques, ou de mieux comprendre la diversité microscopique des océans.

Pour aller plus loin :



[La bioinformatique, une alliée de taille contre le Covid-19](#)



[Sur la piste des génomes artificiels](#)



[Des algorithmes qui ont la forme](#)

LA CYBERSÉCURITÉ

Les **objets numériques** issus des sciences informatiques, qu'ils soient matériels (ordinateurs, objets connectés, réseaux informatiques) ou immatériels (logiciels, données, systèmes d'information), sont de plus en plus souvent la **cible d'attaques**. Le domaine de la cybersécurité développe des méthodes en amont pour éviter ou détecter de tels actes malveillants. Les défis qu'il soulève représentent un enjeu majeur aussi bien au niveau scientifique et technologique qu'au niveau sociétal et économique.



Par la diversité des problèmes abordés et la complexité des solutions produites, ce domaine **mobilise de nombreux volets des sciences informatiques** : algorithmique, cryptologie, méthodes formelles, architecture des systèmes informatiques, réseaux, sciences du logiciel ou encore différents volets de l'intelligence artificielle (raisonnement, apprentissage, fouille de données). Ce domaine s'impose dans des applications sensibles où le besoin de sécurité est crucial (vote, données de santé, véhicules autonomes), et doit plus généralement répondre au désir de confiance des citoyennes et citoyens dans les sciences informatiques.

Enfin, la cybersécurité doit **garantir**, face aux attaques de demain, la **fiabilité de nos systèmes** qui auront alors accès à de plus grandes capacités de calcul voire même à des paradigmes nouveaux (comme les technologies de calcul quantique).

Pour aller plus loin :



[Dossier "Objectif cybersécurité" de CNRS le Journal](#)



[Quand les attaques informatiques ciblent le matériel](#)



[Rançongiciels : la recherche passe à l'offensive](#)



[Entre transparence et confidentialité, les défis du vote électronique](#)

LA GESTION DE DONNÉES



Les données sont omniprésentes : météorologiques, géographiques, astrophysiques, analyses médicales, comptes bancaires... Du fait de leur volume important, on parle de **big data**. La manipulation de ces données est une des utilisations les plus courantes des ordinateurs. Pour cela, les données sont stockées dans des **bases de données**, puis analysées, comparées et croisées avec d'autres.

Le développement du web, et en particulier du web sémantique qui s'emploie à faire des liens entre le sens des contenus, a donné un nouvel essor à ce domaine. La représentation formelle des connaissances pour la collecte, le stockage et l'exploitation d'informations utilise des techniques issues de l'intelligence artificielle. Les objets étudiés (par exemple les étoiles, les météorites, les planètes...) et leurs relations (une étoile est une boule de gaz, une planète est une boule de gaz) sont décrits en utilisant un vocabulaire commun structuré : c'est une ontologie. Les scientifiques définissent ensuite des règles logiques qui régissent ces connaissances (par exemple, "si une boule de gaz brille par elle-même alors c'est une étoile").

Ces ontologies facilitent l'ouverture des données (*Open Data*) et permettent de corréler plusieurs sources de données (*Linked Data*) pour extraire de nouvelles connaissances.

De nouveaux langages et méthodes de raisonnement sont inventés pour exprimer des relations entre des entrepôts de connaissances, et pour utiliser, partager et exploiter les données et les connaissances présentes sur le web de manière intensive et automatique.

Pour aller plus loin :

 [Des outils pour cartographier des données massives](#)

 [Verdir les centres de données](#)

 [Covid-19 : l'indispensable apport de la science des données](#)

 [Ontologies informatiques](#)

L'INFORMATIQUE DURABLE

L'informatique durable (ou **green computing**) vise à repenser les systèmes informatiques pour **diminuer leurs impacts environnementaux** directs et indirects. Il s'agit d'améliorer l'**efficacité énergétique des parties matérielles et logicielles des systèmes informatiques** et d'appliquer une forme de sobriété numérique (frugalité, résilience) dans le but de réduire la consommation énergétique et de limiter leurs impacts environnementaux.



Les enjeux sont nombreux : réduire la consommation énergétique des réseaux Internet à l'aide de modèles mathématiques et d'algorithmes, éco-concevoir des logiciels pour les rendre moins énergivores, améliorer l'efficacité des processeurs pour les ordinateurs, optimiser la gestion des bases de données dans les *data centers*, inventer des modèles d'IA économes en données, ressources et énergie, ou encore proposer des systèmes informatiques réparables, adaptables et durables. De nombreux domaines des sciences informatiques doivent être revus en profondeur pour remplir ces objectifs.

Pour aller plus loin :

 [Dossier "Focus thématiques sur les sciences informatiques écoresponsables"](#)

 [Comment rendre les applications moins énergivores ?](#)

 [La 5G est-elle soluble dans la sobriété ?](#)


L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



Dans les années 1950, le mathématicien Alan Turing soulève la question de **reproduire dans les machines une forme d'intelligence** : le concept d'intelligence artificielle (IA) est né. Les chercheuses et chercheurs en IA développent des approches de déduction logique et les automatisent sous la forme d'algorithmes pour jouer aux échecs, reconnaître des caractères imprimés, poser un diagnostic médical à partir de symptômes, etc. Pour mener le système vers une décision ou un comportement attendu, l'optimisation de ces algorithmes nécessite une **phase d'apprentissage** à partir d'un ensemble d'exemples, appelées données d'entraînement. Le système intelligent est alors capable d'**améliorer ses performances avec l'expérience**.

De nombreuses approches exploitent cette stratégie : on parle d'apprentissage statistique ou automatique. Dans ce domaine, les réseaux de neurones artificiels dits profonds ont connu de grands succès récents : la notion d'intelligence artificielle est souvent réduite à ces aspects alors qu'elle est plus vaste. Ces dernières années, aidées par l'explosion de la taille des bases de données disponibles et par l'augmentation considérable de la puissance de calcul des machines, la recherche et l'innovation en IA ont connu une grande accélération. Par exemple, la victoire de machines sur des humains aux échecs et au jeu de go, ou les performances des véhicules autonomes, en sont des succès marquants.

Pour aller plus loin :

 [Dossier "Comment l'intelligence artificielle va changer nos vies" de CNRS le Journal](#)

 [Gabriel Peyré, chercheur en intelligence artificielle](#)

 [Athénaïs, une IA joueuse multi-championne](#)

 [Peut-on faire confiance à l'intelligence artificielle ?](#)

LES NEUROSCIENCES COMPUTATIONNELLES

Les neurosciences tentent de **comprendre comment fonctionne le cerveau**. Il s'agit d'un champ de recherche interdisciplinaire, au carrefour entre la biologie, la psychologie, la médecine, la physique, les mathématiques et l'informatique. L'apport des sciences informatiques aux neurosciences est devenu fondamental et comprend deux axes.

Le premier consiste à **développer des outils pour acquérir, traiter et interpréter les signaux émis par le cerveau**, tels que les électro-encéphalogrammes ou encore l'imagerie cérébrale. Le second axe, appelé neurosciences computationnelles, consiste à **modéliser et simuler** sur des ordinateurs l'**activité neuronale** et la façon dont le cerveau traite l'information. Les applications des neurosciences computationnelles sont nombreuses, en particulier en médecine et en psychologie : comprendre et traiter les maladies mentales et neurodégénératives, l'épilepsie, les accidents vasculaires cérébraux, l'autisme, les troubles du développement, etc. Mieux comprendre le cerveau permet également de s'en inspirer pour mettre au point des algorithmes et des robots plus intelligents.



Pour aller plus loin :  [Connecter le cerveau et la machine](#)

 [L'art de couper les têtes sans faire mal](#)

 [Les IRM cérébrales ont leur traducteur automatique](#)

LA RÉALITÉ VIRTUELLE



La réalité virtuelle englobe les technologies numériques qui créent des **environnements virtuels réalistes ou imaginaires** avec lesquels les utilisateurs et les utilisatrices peuvent **interagir en temps réel**. L'interaction se fait avec tout le corps et ses effets sont perceptibles par la vue, l'ouïe et le toucher, grâce à des casques et des périphériques (gants ou des manettes) ou des salles de simulation : ceci crée le **sentiment d'immersion**. L'utilisateur est représenté par un avatar et peut rencontrer d'autres avatars ou des agents autonomes (êtres artificiels).

La réalité virtuelle se développe dans le divertissement, la formation professionnelle, mais aussi dans l'industrie, les médias, les transports, l'architecture, la communication, l'art, ou encore la médecine. Elle est amenée à jouer un rôle central dans le métavers, domaine qui croise les expertises en informatique, psychologie cognitive, ingénierie et neurosciences.

La recherche vise à améliorer l'immersion et l'interaction entre l'humain et l'environnement virtuel, en concevant de nouveaux dispositifs matériels et de nouveaux algorithmes pour simuler le monde virtuel ou faciliter l'interaction. La simulation numérique présente encore de nombreux défis en matière de modélisation géométrique, rendu réaliste, et perception dans un contexte dynamique. Les scientifiques explorent aussi l'impact physiologique et psychologique des interactions avec les mondes virtuels, en étudiant des contenus et des dispositifs immersifs.

Pour aller plus loin :  [Dossier "Où en est la réalité virtuelle" de CNRS Le Journal](#)

 [Pourquoi les assistants virtuels ont besoin d'un corps](#)

 [La réalité virtuelle enfin tactile](#)

LA ROBOTIQUE

La robotique est un domaine de recherche pluridisciplinaire, qui **conçoit et met en œuvre des machines physiques** pouvant effectuer des tâches diverses (naviguer, manipuler des objets, assister un ouvrier ou un chirurgien...) avec un **certain degré d'autonomie dans des environnements réels**. Ces machines sont dotées de capteurs, d'actionneurs, de calculateurs et autres composants mécatroniques leur conférant des **capacités de perception, de raisonnement et d'action**.

Les robots permettent l'automatisation de chaînes de montage dans l'industrie ou le déplacement et la réalisation de tâches plus complexes dans des environnements plus ou moins bien maîtrisés : terrestres, sous-marins, aériens ou spatiaux. Des systèmes robotiques sont aussi utilisés dans le secteur médical (prothèses, assistances à la chirurgie).

La recherche et l'innovation en robotique se concentrent sur la conception de systèmes mécatroniques avancés et de nouveaux modèles mathématiques et algorithmiques pour



améliorer les systèmes de contrôle sensori-moteur au plus près des capteurs et des actionneurs. Les capacités de décision et d'apprentissage des robots sont constamment améliorées (souvent à l'aide d'intelligence artificielle). Les interactions physiques et sociales des robots avec l'humain exigent la conception de nouveaux capteurs (interfaces basées sur le toucher et microélectronique), ainsi que la prise en compte de l'autonomie, la prise de décision et la sécurité.

Pour aller plus loin :  [Dossier "Le siècle des robots" de CNRS le Journal](#)

 [Une nouvelle génération de robots chirurgiens prête à éclore](#)

 [Sept questions \(très faciles\) sur les robots](#)


 [Ces microrobots permettent de manipuler des cellules !](#)

LES SCIENCES DU LOGICIEL



Les **langages de programmation** permettent de mettre en œuvre les algorithmes en les traduisant en programmes. Un langage de programmation, comme Java, Python ou PHP, ressemble à une langue : il est composé d'un alphabet, d'un vocabulaire, de règles de grammaire avec un sens bien défini et un environnement de traduction compréhensible par une machine. Lorsqu'une personne qui fait du développement logiciel écrit des programmes, elle s'aide de patrons de conception – arrangements de code pré-rédigés. Elle devra ensuite tester ou prouver son programme pour vérifier qu'il répond bien aux attentes initiales.

Les sciences du logiciel développent des méthodologies pour aider les équipes de développeurs à **maîtriser le volume et la complexité grandissante des logiciels**. Ce domaine de recherche apporte des procédures systématiques et des outils qui permettent de construire des logiciels de grande taille et fiables, avec des coûts d'entretien réduits et de bonnes performances tout en respectant les coûts de construction et les délais. Les recherches dans ce domaine concernent par exemple la réparation automatique de bugs, la preuve automatique des programmes ou encore la réduction de leur consommation énergétique. Les apports en sciences du logiciel trouvent un écho particulier dans la sphère du logiciel libre. Un logiciel libre (comme Linux par exemple) respecte quatre règles : la possibilité d'utiliser le logiciel sans restriction, de l'étudier, de le modifier pour l'adapter à ses besoins et de le redistribuer sous des conditions précises.

Pour aller plus loin :  [Dossier "Les logiciels, moteurs de \(la\) recherche" de CNRS le Journal](#)

 [Valoriser la recherche par le logiciel libre](#)

 [Un logiciel, des milliards de possibilités](#)

 [Naissance du génie logiciel](#)

LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET DES IMAGES

Le traitement du signal et des images englobe les méthodes et technologies permettant d'**accéder à l'information utile fournie par une mesure physique**, pour la stocker, la transporter, la traiter ou l'exploiter. La **qualité de ces mesures**, c'est-à-dire une bonne résolution et des perturbations extérieures (bruit) minimales, est essentielle : elle conditionne la précision de l'information que l'on pourra en retirer (par exemple, le numéro d'immatriculation sur une image de voiture).

Le stockage et la transmission de l'information soulèvent des questions liées à son volume, souvent minimisé par la compression avec des formats spécifiques comme par exemple MP3 et JPEG pour les sons et les images. Le codage de l'information joue ici un rôle essentiel, en particulier pour les télécommunications. L'exploitation des mesures physiques nécessite souvent de résoudre des problèmes dits problèmes inverses car il s'agit de retrouver des propriétés de l'objet observé à partir des mesures. L'observation de la Terre par des satellites permet ainsi de détecter la nature du sol (fleuves, champs cultivés, zones urbaines...), la radioastronomie permet de comprendre la composition du milieu interstellaire. Le traitement du signal et des images mêle modèles mathématiques, conception d'algorithmes, développement logiciel et implémentation matérielle.



Pour aller plus loin :  [Le traitement du signal au service de la surveillance des éoliennes](#)

 [De Fourier à la compression d'images et de vidéos](#)

 [Dis-moi "bonjour" et je te dirai qui tu es](#)

 [Tout ce que les algorithmes de traitement d'images font pour nous](#)

QUIZZ

(IL PEUT Y AVOIR PLUSIEURS RÉPONSES JUSTES PARMIS LES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS)

Avec la bioinformatique, on peut :

- A. Transformer des bactéries en ordinateurs
- B. Identifier si de nouveaux variants du virus de la Covid-19 sont apparus dans la population
- C. Trouver de nouveaux médicaments personnalisés

Le traitement du signal permet de :

- A. Concevoir un réseau social assurant le respect de la vie privée
- B. Mieux comprendre comment bien se brosser les dents
- C. Extraire efficacement l'information utile d'une mesure physique
- D. Améliorer la sécurité routière en adaptant les panneaux de signalisation
- E. Tout comprendre, tout expliquer, tout prédire

Que peut-on dire sur les robots ?

- A. Le mot robot vient du tchèque "robota" qui signifie travail forcé
- B. Un robot n'est qu'un assemblage de pièces mécaniques et électroniques
- C. Un robot est une machine programmable, équipée de capteurs et d'actionneurs
- D. Les robots sont capables de ressentir des émotions
- E. Le mixeur de cuisine est aussi un robot

Pour exécuter un algorithme sur un ordinateur :

- A. On le traduit dans un langage de programmation et on obtient alors un programme que l'on peut exécuter
- B. On le traduit avec un dictionnaire
- C. On le traduit en français
- D. On se relève les manches et on l'exécute pas à pas en recopiant les étapes dans un traitement de texte

La réalité virtuelle est :

- A. Le fabuleux monde des rêves
- B. Une sorte de jeu vidéo qui se pratique avec un casque
- C. Un moyen de rééduquer certains patients
- D. Une technologie pour attirer les étudiants en cours

Combien de types de mémoire avons-nous et combien de neurones a le cerveau humain ?

- A. 3 types de mémoire et moins d'un million de neurones
- B. 4 types de mémoire et moins d'un milliard de neurones
- C. 5 types de mémoire et moins d'un billion de neurones
- D. 6 types de mémoire et moins d'un milliard de neurones

La cybersécurité permet de :

- A. Fabriquer des robots armés gardes du corps
- B. Détecter des actes malveillants sur les objets connectés
- C. Concevoir des virus informatiques indétectables

En automatique, un contrôleur permet de :

- A. Vérifier la validité de notre titre de transport
- B. Modifier le comportement naturel d'un système
- C. Faire fonctionner le régulateur de vitesse de notre véhicule

Pourquoi parle-t-on de bug en informatique ?

- A. C'est l'acronyme anglais de *Bit Unit Generator*, un composant qui tombe souvent en panne
- B. C'est le nom de l'ingénieur qui a fait la première erreur de programmation
- C. Une légende raconte que la première panne d'ordinateur a été provoquée par un insecte (*bug* en anglais), qui a provoqué un faux contact

Dans le domaine de la *big data*, quelle est la signification du sigle SGBD ?

- A. Solution et Guide pour Bâtir des Données
- B. Savoir Gérer Beaucoup de Données
- C. Système de Gestion de Base de Données
- D. Système de Gestion de Base de Documents

En intelligence artificielle, l'apprentissage automatique consiste à concevoir des algorithmes nécessitant une phase d'apprentissage pour :

- A. Développer des jeux vidéo remplaçant l'école
- B. Jouer aux échecs
- C. Traduire une phrase en anglais
- D. Apprendre une langue étrangère sans effort pendant son sommeil
- E. Reconnaître un chat sur une image

Que peut-on dire de l'informatique durable ?

- A. Elle consiste à créer des logiciels permettant de quantifier les impacts environnementaux des activités humaines
- B. Son objectif est d'améliorer l'efficacité des systèmes informatiques
- C. Son objectif est d'inventer des modèles d'IA capables d'utiliser d'immenses quantités de données
- D. Elle consiste à développer des logiciels et matériels informatiques à faible consommation énergétique
- E. Son objectif est de limiter/optimiser l'impact environnemental des systèmes informatiques