

Elements de langage

Année 2025-2026
DE L'INGÉNIERIE
CONSTRUIRE UN AVENIR SOUTENABLE



C'EST QUOI, L'INGENIERIE ?



A ACADÉMIE
DES TECHNOLOGIES
POUR UN PROGRÈS RAISONNÉ, CHOISI ET PARTAGÉ

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Version du 1à juin 2025.

SOMMAIRE

L'INGENIERIE ET SES SCIENCES	3
L'INGÉNIEURIE VERSUS LES SCIENCES DE L'INGÉNIEURIE	3
L'INGÉNIEURIE VERSUS LES TECHNOLOGIES	3
LES SECTEURS D'APPLICATION DE L'INGÉNIEURIE	3
L'INGÉNIEURIE SOUTENABLE ET RESPONSABLE	4
DEUX ENJEUX MAJEURS	4
LES DEFIS DES SCIENCES DE L'INGENIERIE ET LEURS PERSPECTIVES DE RECHERCHE	5
INGÉNIEURIE POUR L'ENVIRONNEMENT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE	5
INGÉNIEURIE POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE	5
INGÉNIEURIE POUR LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE	6
INGÉNIEURIE POUR LA SANTÉ	6
MATÉRIAUX DU FUTUR	6
INGÉNIEURIE POUR LE DÉVELOPPEMENT DES CONNAISSANCES ET DES SCIENCES FONDAMENTALES	7

L'INGENIERIE ET SES SCIENCES

L'ingénierie¹ concerne la conception, la fabrication, la maintenance, le recyclage d'objets et de systèmes, qu'ils soient artificiels ou issus du vivant, qu'ils soient réels ou virtuels. Elle est mise en œuvre par de multiples acteurs, du technicien au chercheur en passant par l'ingénieur. Elle est en prise directe avec les enjeux sociétaux et socio-économiques, apportant ainsi des solutions majeures en impactant profondément les transformations sociétales actuelles ou à venir ainsi que les activités économiques concernées.

L'ingénierie versus les sciences de l'ingénierie

L'ingénierie mobilise une démarche scientifique et des sciences qui rassemblent toutes les disciplines de base nécessaires à l'étude de ces systèmes, en s'inscrivant dans un continuum allant de la recherche fondamentale aux applications pour la société. Une approche système (on considère le système étudié dans sa globalité, incluant l'étude de ses impacts) et multi- voire transdisciplinaire est privilégiée. Par essence-même, les sciences de l'ingénierie contribuent à « construire le monde », au-delà de sa seule compréhension.

Les disciplines de l'ingénierie : acoustique, bioingénierie des systèmes issus du vivant, électromagnétisme, électronique, énergétique et thermodynamique, génie des procédés, génie électrique, mécanique des fluides, mécanique des solides, nanotechnologies, photonique, sciences des matériaux.

L'ingénierie versus les technologies

Les technologies², dont le sens premier est l'étude des outils et techniques, font référence aux outils, aux méthodes, aux techniques et aux connaissances utilisées pour créer, améliorer un système ou un procédé. Alors que l'ingénierie est le processus de conception et de création de solutions techniques, les technologies sont les outils et connaissances qui rendent ces solutions possibles. En d'autres mots, l'ingénierie utilise des technologies, souvent de pointe, pour atteindre ses objectifs : biotechnologies, nanotechnologies, ..

Les secteurs d'application de l'ingénierie

L'ingénierie et ses sciences adressent de nombreux secteurs d'applications :

- Aéronautique et espace,
- Agriculture et agroalimentaire,
- Construction et génie civil,
- Défense,
- Dépollution et remédiation,
- Électronique et photonique,
- Environnement et biodiversité,
- Énergies renouvelables et hydrogène,
- Industries culturelles et créative,
- Matériaux,
- Nucléaire,
- Recyclage,
- Réseaux électriques,
- Santé,
- Sport,
- Stockage d'énergie et batteries,
- Transports terrestres et navals (dont électromobilité).

¹ Étymologiquement, le mot ingénierie vient de la racine latine "genere", qui signifie créer ou produire.

² Le mot technologie vient du grec technología (τεχνολογία) téchnē (τέχνη), « art », « compétence », ou « artisanat » et -logos (λόγος), « parole », « langue », capacité de communiquer, et signifie traité sur un art, exposé des règles d'un art, qui traite d'un art ou des règles d'un art

L'ingénierie soutenable et responsable

A cette quête d'innovation et de recherche du toujours plus performant, s'est plus récemment adossé le concept d'ingénierie soutenable ou d'Ingénierie verte. Celui-ci repose sur le développement de procédés et technologies permettant d'utiliser les ressources tout en préservant l'environnement et les réserves naturelles pour les générations futures, encourageant le développement de systèmes à faible consommation énergétique, et proposant des solutions efficaces pour leur recyclage.

D'autre part, des paramètres autres que la viabilité économique ou la performance dans l'usage d'un objet ou d'un système entrent en ligne de compte, comme les valeurs qu'il véhicule ou bien ses impacts environnementaux et sociaux, directs ou indirects. Aujourd'hui, il est indispensable de chercher, de développer, d'innover, en conscience.

Contribuer à construire un monde plus soutenable, en prenant en compte les questions éthiques qui lui sont liées, tel est l'enjeu majeur actuel des sciences de l'ingénierie, et des orientations de recherche sont déjà visibles dans cette direction : développement de nouveaux carburants à partir de biomasse développement de d'hydrogène vert, étude du vieillissement pour une faible empreinte écologique, développement de technologies au service de l'environnement, écoconception, ... sont autant d'exemples de ce changement de paradigme qui vise à promouvoir une ingénierie soutenable et responsable.

Deux enjeux majeurs

L'ingénierie et ses sciences visent 2 enjeux majeurs :

- L'adaptation au changement climatique, et son atténuation, ainsi que la préservation des ressources et de la biodiversité, dans un cadre de transitions énergétique et écologique,
- Le renforcement de l'autonomie stratégique de la France et de l'Europe (réindustrialisation, résilience, ...).

LES DEFIS DES SCIENCES DE L'INGENIERIE ET LEURS PERSPECTIVES DE RECHERCHE

La recherche en sciences de l'ingénierie est par essence une recherche à vocation appliquée et habilitante, dont la finalité est de faire progresser les connaissances et technologies pour accompagner les transformations de la société. Elle est à ce titre en prise directe avec les enjeux sociétaux et socio-économiques, et il est important de situer les sciences de l'ingénierie par rapport aux enjeux sociétaux auxquels elles se rattachent.

Les perspectives³ des sciences pour l'ingénierie s'organisent autour de quatre grands domaines liés aux grands défis de société (environnement, énergie, santé et numérique), ainsi que deux axes transversaux à ces domaines.

Ingénierie pour l'environnement et le développement durable

Les sciences de l'ingénierie visent à développer des systèmes et des technologies propres pour limiter les pollutions et réduire les émissions, ainsi qu'à optimiser la gestion des ressources naturelles (eau, énergie, matériaux). Elles permettent de concevoir des systèmes de recyclage et d'économie circulaire plus performants. Elles contribuent à réduire l'empreinte carbone en innovant dans les matériaux et procédés industriels. Elles participent à la création de capteurs et systèmes de mesure pour surveiller et protéger les écosystèmes. Elles permettent de développer des infrastructures durables et résilientes face aux changements climatiques.

Les perspectives en recherche concernent : 1. Intégration de notions de cycle de vie dès la conception des systèmes et écoconception, 2. Recherches sur le vieillissement et la durabilité des matériaux et des structures dans leur environnement, 3. Développement de nouveaux matériaux et de nouveaux procédés pour le génie civil et la construction du futur, 4. Recherches sur l'évaluation et la gestion des risques environnementaux et technologiques, 5. Recherches en géomécanique et en acoustique pour l'environnement, 6. Développement de nouveaux capteurs intelligents pour le monitoring environnemental.

Ingénierie pour la transition énergétique

Les sciences de l'ingénierie constituent un moteur de la transition énergétique, en intervenant aussi bien au niveau des technologies, des composants que des systèmes. Elles permettent de concevoir des technologies plus efficaces pour produire de l'énergie renouvelable (photovoltaïque par exemple), ou pour optimiser le stockage via les batteries et l'hydrogène en vue de pallier l'intermittence de la production d'énergie. Elles contribuent à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, réseaux et transports. Elles développent des systèmes intelligents de transport et de gestion de l'énergie électrique, notamment les smartgrids.

Les perspectives en recherche concernent : 1. Développement de nouveaux procédés de stockage, de

³ Issus du rapport de prospective Sciences de l'ingénierie 2030, écrite par CNRS Ingénierie et paru en 2025

récupération, d'intégration et de conversion de l'énergie, 2. Recherche de nouveaux matériaux et carburants, 3. Gestion du sous-sol de manière éco-responsable (géothermie, stockage d'énergie, séquestration de déchets...), 4. Recherches en électronique de puissance et développement de réseaux électriques intelligents pour intégrer les systèmes d'énergie renouvelable et intégrer les nouveaux besoins dans le cadre d'une électrification accrue (véhicules électriques, production de chaleur utile, ..).

Ingénierie pour la transformation numérique

Il s'agit de créer les infrastructures matérielles (réseaux, systèmes de communication, capteurs, processeurs) qui soutiennent le numérique. Les sciences de l'ingénierie permettent de développer de nouveaux outils numériques pour la conception de matériaux, de composants, de systèmes, de circuits et d'architectures intégrées. Elles intègrent les potentialités de l'intelligence artificielle, des jumeaux numériques, des technologies quantiques et de la robotique. Elles favorisent l'interopérabilité et la fiabilité des technologies pour une transformation numérique durable, plus sobre et sécurisée.

Les perspectives en recherche concernent : 1. Recherches sur de nouveaux matériaux, procédés et systèmes en vue d'une plus grande sobriété numérique, 2. Développement de nouveaux outils numériques pour la conception de matériaux, de systèmes, de composants, de circuits et d'architectures intégrées, 3. Développement de technologies de cybersécurité, des technologies quantiques ou d'intégration hétérogène, 4. Recherches sur de nouvelles technologies de communications à longue distance, radiofréquences et optiques, d. Exploration des possibilités offertes par l'IA et les jumeaux numériques.

Ingénierie pour la santé

Les sciences de l'ingénierie contribuent à mieux comprendre le vivant et à développer des outils de diagnostic innovants, comme des capteurs implantés ou des systèmes d'imagerie portables. Elles ouvrent aussi la voie à de nouvelles approches thérapeutiques, allant des dispositifs biologiques/technologiques à l'implantation de robots miniaturisés, en passant par des thérapies assistées par IA, des thérapies physiques permettant un traitement local optimisé ou de nouvelles stratégies de production et de délivrance des médicaments, en vue d'une médecine plus précise et personnalisée.

Les perspectives en recherche concernent : 1. Modélisation du vivant, 2. Développement de nouvelles technologies pour le dépistage et le diagnostic reposant sur de nouvelles générations de capteurs implantés ainsi que sur des concepts innovants d'imagerie médicale portable et hybride, 3. Recherches sur de nouvelles approches thérapeutiques issues de nouveaux dispositifs biologiques/technologiques implantés, de l'intégration de robots miniaturisés sûrs et autonomes, de thérapies physiques permettant un traitement local optimisé, ou de nouvelles stratégies de production et de délivrance des médicaments.

Matériaux du futur

Transversal à tous les domaines, ce défi explore la création de matériaux artificiels et métamatériaux aux propriétés inédites, qui n'existent pas naturellement. Quant aux matériaux plus classiques et de grande diffusion (métaux, semiconducteurs, céramiques, polymères...), ce défi vise aussi à optimiser la chaîne allant des procédés de fabrication du matériau aux propriétés du système qui l'utilise, tout en réduisant leur coût énergétique de fabrication, afin de préparer les technologies de demain.

Les perspectives en recherche concernent : 1. Recherches sur des matériaux artificiels ou métamatériaux en vue d'obtenir des propriétés physiques nouvelles, 2. Optimisation de la chaîne allant du procédé de fabrication d'un matériau aux propriétés du système qui l'utilise, 3. Réduction du coût énergétique des procédés de mise en œuvre des matériaux.

Ingénierie pour le développement des connaissances et des sciences fondamentales

Les sciences de l'ingénierie jouent un rôle central dans l'évolution de la recherche scientifique, servant de catalyseur pour le développement des connaissances et l'avancement des sciences fondamentales. Elles permettent de concevoir des instruments et méthodes de pointe, comme l'imagerie optique aux limites, les technologies neuromorphiques ou dans le domaine des plasmas. Elles contribuent à repousser les limites de l'observation et à élargir notre compréhension du monde, de l'infiniment petit à l'infiniment grand.

Année 2025-2026
DE L'INGÉNIERIE
CONSTRUIRE UN AVENIR SOUTENABLE

**CONTACTS &
ADRESSES**

LIONEL BUCHAILLOT

Directeur de CNRS Ingénierie

lionel.buchaillot@cnr.fr

LAURENT NICOLAS

Délégué scientifique en charge

du pilotage de l'Année

laurent.nicolas@cnr.fr

ANNEE DE L'INGENIERIE

www.anneeingénierie.fr

cnrसान्नेदेलingenierie@cnr.fr

T: numéro de téléphone

Adresse mail