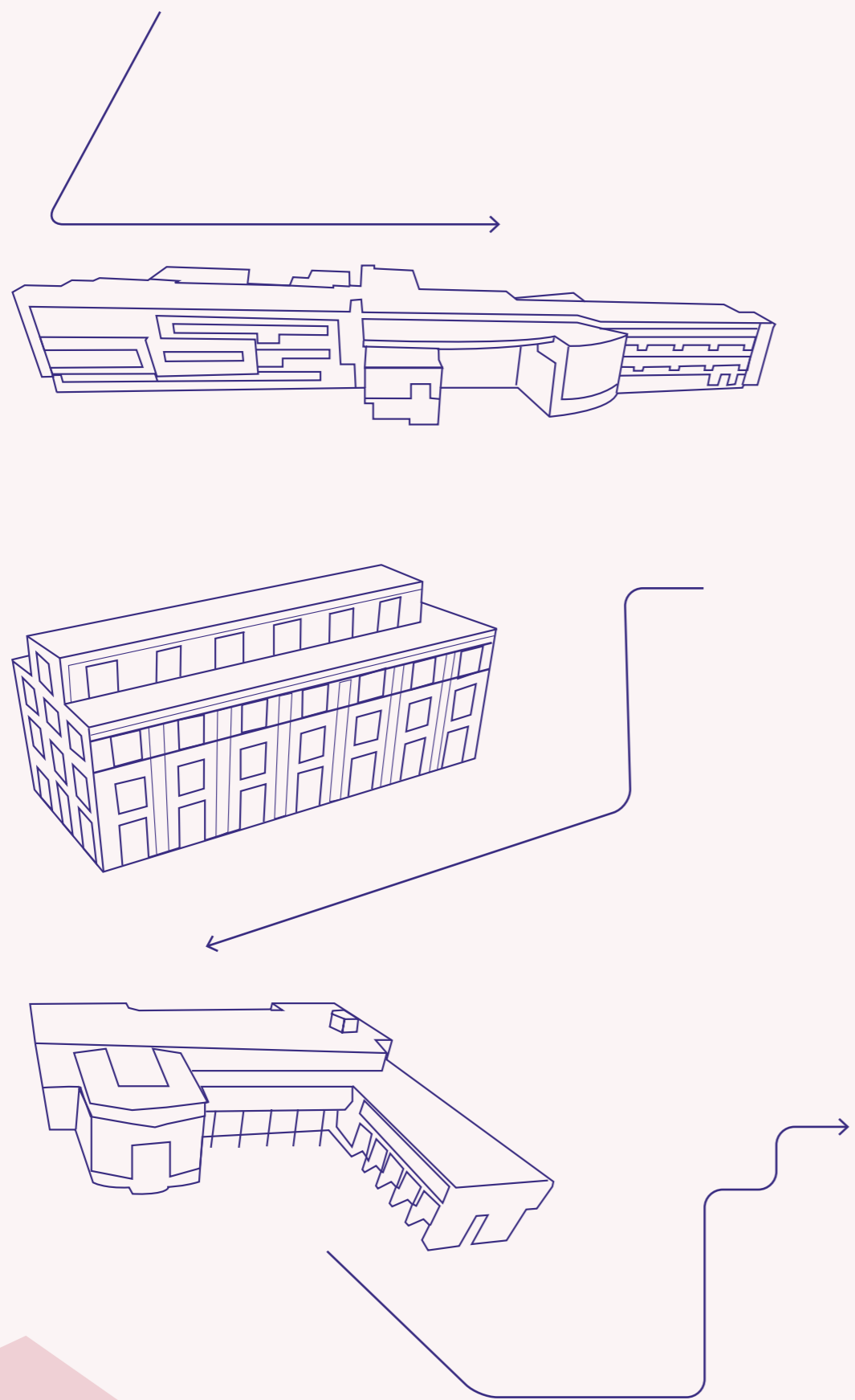


**NOS ENJEUX  
SOCIÉTAUX**

**VOS DÉFIS  
TECHNOLOGIQUES  
ET INDUSTRIELS**



## ÉDITO

Nos sociétés sont - et ont toujours été - en constante évolution. Des évolutions (sociales, climatiques, industrielles, ...) accompagnées par les sciences dans toutes leurs diversités qui, en plus d'**apporter la connaissance** nécessaire aux changements, véhiculent des **valeurs fortes et indispensables à la vie en collectivité** telles que la coopération, la tolérance, l'esprit critique et l'ouverture sur le monde.

C'est sur cette **relation continue et à double sens entre sciences et société** que repose le modèle INSA. Le concept d'*ingénieur-e humaniste* tel que développé par Gaston Berger<sup>1</sup> et Jean Capelle<sup>2</sup> est celui d'un-e ingénieur-e qui **produit et pense la technique**, qui ne se demande pas seulement si c'est techniquement possible mais aussi si c'est humainement souhaitable.

À l'INSA Centre Val de Loire, Établissement Public à caractère Scientifique, Culturel et Professionnel, notre mission est de permettre aux citoyens et citoyennes de **comprendre le monde** dans lequel ils et elles vivent et de les **préparer à vivre** dans celui de demain. Cette mission se décline à travers nos trois activités : la production de connaissances via la **recherche** ; la **formation** de la nouvelle génération d'ingénieur-es et de paysagistes par l'enseignement supérieur ; et la **valorisation** par l'innovation pour les entreprises et par la diffusion de la culture scientifique auprès de la société.

À travers la **structuration de nos activités autour de grands enjeux**, nous avons voulu **expliquer notre contribution** à la société et aux transformations qui la traversent. Nous avons voulu **exprimer notre identité et nos spécificités** pour mieux identifier nos forces.

## «Pourquoi ?»

C'est la question qui guide nos actions et nous permet ainsi de leur donner du sens. C'est cette question qui nous a poussés à illustrer ce qu'apporte l'INSA CVL comme opérateur de l'État en région Centre-Val de Loire au-delà des activités inhérentes à un établissement d'enseignement supérieur et de recherche. Nous avons voulu, à travers ces quatre enjeux, **structurer notre politique d'établissement** en partant des expertises de nos équipes de recherche pour mieux **servir les besoins des acteurs de notre territoire**. Gagner ainsi en lisibilité sur nos actions nous permettra de gagner d'autant en attractivité auprès de nos futur-es étudiant-es et partenaires économiques ou sociaux. **Car davantage en nombre, c'est davantage en force pour faire face aux défis d'avenirs.**

<sup>1</sup>Philosophe, directeur général de l'enseignement supérieur de 1953 à 1960

<sup>2</sup>Premier directeur de l'INSA à Lyon

**6 LABORATOIRES DE RECHERCHE**  
CITERES, GREMAN, LaMé, LIFAT, LIFO, PRISME

**5 DÉPARTEMENTS DE FORMATION**  
ENP, ERE, GSI, MRI, STI  
**4 MASTERS RECHERCHE**

# 4 ENJEUX SOCIÉTAUX

## INGÉNIERIE POUR LA SANTÉ

### DÉBOUCHÉS

- Gestion des déchets
- Dépollution
- Production & distribution d'eau
- Industrie pharmaceutique
- Transport
- Agroalimentaire
- Agriculture 2.0
- R&D médicale
- ...

## SÉCURITÉ & MAÎTRISE DES RISQUES

### DÉBOUCHÉS

- Défense
- Industries
- Énergies
- Nucléaire
- Aéronautique
- Transport
- Collectivités territoriales
- Constructions
- IoT
- Industries chimiques
- Technologies de l'information et de la communication
- Administration d'État
- Assurance
- ...

## DONNÉES NUMÉRIQUES AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ

### DÉBOUCHÉS

- Industrie 4.0
- Administration d'État
- Services de santé
- Technologies de l'information et de la communication
- Télécommunications
- Transport
- Domotique
- Agriculture 2.0
- Systèmes d'information
- ...

## OPTIMISATION DES RESSOURCES & DES ÉNERGIES

### DÉBOUCHÉS

- Industries du transport
- Énergie (production & distribution)
- Industries chimiques
- Construction BTP
- Agroalimentaire
- R&D
- Technologies de l'information et de la communication
- Collectivités territoriales
- Tourisme
- ...

# INGÉNIERIE POUR LA SANTÉ

Bouleversement climatique, exposition aux polluants dans l'air et les sols, augmentation du nombre de maladies chroniques, ...

**Santé environnementale et santé humaine sont étroitement liées.**

Les défis scientifiques qu'adresse l'INSA CVL sont nombreux et touchent autant au préventif qu'au curatif : du développement de technologies médicales aux échelles micro et nanométriques jusqu'à l'analyse d'images, nos équipes de recherche s'attachent à **développer des outils qui prennent en compte la santé dans sa globalité.**

Grâce à un usage éclairé, raisonné et responsable de ces nouvelles technologies, **les sciences de l'ingénierie apportent des moyens d'action inédits au service de la santé.**

## LABORATOIRES

### IMPLIQUÉS :

GREMAN  
LaMé  
LIFAT  
LIFO  
PRISME

## FORMATIONS

### IMPLIQUÉES :

GSI (ACAD/IAI/IMC)  
MRI (RAI/RE/RSI/SFEN/  
STI (2SU/ASL)  
3 Masters :  
3EA, IMIS et Mécanique

### ODD Objectifs de Développement Durable (ONU) :

3. Accès à la santé ; 6. Accès à l'eau salubre et à l'assainissement ; 9. Innovation et infrastructures ; 14. Protection de la faune et de la flore aquatiques ; 15. Protection de la faune et de la flore terrestres

### SNR Stratégie Nationale de Recherche :

1. Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique ; 4. Santé et bien-être ; 5. Sécurité alimentaire et défi démographique ; 8. Sociétés innovantes, intégratives et adaptatives

### DPS Domaines Prioritaires de Spécialisation (Région) :

1. Ingénierie et métrologie environnementale pour les activités fortement consommatrices de ressources naturelles ; 2. Biotechnologies et services appliqués à la santé et à la cosmétique

## THÈME 1

### Traitement, analyse et apprentissage de données

## MOTS-CLÉS

BIG DATA  
DATA MINING  
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE  
APPRENTISSAGE PROFOND

RÉSEAUX NEURONAUX  
TRAITEMENT D'IMAGE  
VISION PAR ORDINATEUR  
FUSION DE DONNÉES  
AIDE À LA DÉCISION  
SÉCURITÉ DES DONNÉES

## THÈME 2

### Structures biologiques et biomécaniques

## MOTS-CLÉS

MODÉLISATION  
COMPORTEMENT MÉCANIQUE  
TISSUS VIVANTS

MÉTHODE DU CHAOS  
POLYNOMIAL  
STRUCTURE NON LINÉAIRE  
AIDE À LA DÉCISION

## THÈME 3

### Micro & nano systèmes pour la santé et l'analyse environnementale

## MOTS-CLÉS

MICRO & NANO ROBOTIQUE  
BIOMÉDICAL  
GUIDAGE MAGNÉTIQUE  
MILIEUX COMPLEXES

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
VISION ROBOTIQUE  
CONTRÔLE NON DESTRUCTIF  
ULTRASONS

# INGÉNIERIE POUR LA SANTÉ

## THÈME 1

### Traitement, analyse et apprentissage de données

(LIFAT, LIFO, PRISME)

**Les données numériques dans les domaines du biomédical et de la santé sont précieuses, à condition de savoir les analyser et les interpréter.**

Les équipes de recherche de l'INSA CVL développent de nouvelles solutions de traitement des données en s'appuyant sur des méthodes d'intelligence artificielle (IA).

Tout en garantissant un haut niveau de **sécurité et de confidentialité**, nos équipes analysent et classifient de grands jeux de données en créant des algorithmes d'**apprentissage profond à base de réseaux neuronaux convolutionnels**. Ces approches permettent d'**analyser et d'interpréter automatiquement des images biomédicales** afin de reconnaître et de localiser des zones d'intérêts et des formes spécifiques comme les tumeurs. Elles travaillent également à l'exploration de grandes quantités de données médicales afin d'en extraire des informations (data mining).

Les méthodes descriptives ou prédictives utilisées visent à construire des modèles en fonction de critères préalablement définis, et ainsi à expliquer ou prévoir un ou plusieurs phénomènes.

**Des recherches similaires peuvent être appliquées en agriculture** afin d'optimiser les rendements tout en protégeant les sols. Nos équipes développent des outils d'**aide à la décision** à partir des données de terrain (drones, satellites, capteurs) grâce à des techniques de **vision par ordinateur**.

Les données obtenues sont de natures multiples (images, vidéos, données météo, nature des sols, ...) et nécessitent des approches d'IA multimodales afin de coupler les données. L'analyse et l'extraction automatique de ces données permettent alors d'apporter des informations en termes d'état de santé des cultures (détection précoce des symptômes, prédiction des maladies, ...) et donc de préconisation de traitement.

## THÈME 2

### Structures biologiques et biomécaniques

(LaMé)

En santé humaine, la connaissance fine des tissus vivants (peau, os, parois des organes, ...) est indispensable. Nos équipes de recherche travaillent à **prédire le comportement mécanique** de ces derniers via une triple approche mêlant modélisations, simulations et analyses afin d'apporter des outils d'**aide à la décision** au corps médical.

En effet, les propriétés mécaniques des tissus vivants varient naturellement, entraînant des incertitudes dans les modèles biomécaniques. À l'INSA CVL, nos équipes cherchent à mesurer l'impact de ces incertitudes (orientation des fibres, épaisseur de la paroi, ...) sur la réponse des structures du corps humain.

L'étude de la sensibilité globale des modèles à ces paramètres physiques passe par l'utilisation de la méthode du chaos polynomial afin de déterminer quels paramètres d'entrée présentent la plus grande contribution sur la variabilité de la réponse mécanique des tissus.

Ces approches permettent de mieux **analyser et comprendre les propriétés de ces structures dynamiques** et ainsi de guider plus finement les médecins sur l'emplacement idéal et à moindre risque pour l'incision ou la pose d'implants.

## THÈME 3

### Micro & nano systèmes pour la santé et l'analyse environnementale

(GREMAN, PRISME)

Les techniques médicales actuelles demandent une précision et un ciblage accrus que l'utilisation de robots aux échelles micro ou nanoscopiques rendent possibles. Si leur usage se démocratise, leur **guidage à l'intérieur du corps humain reste un défi** du fait des milieux complexes traversés et des difficultés de localisation en temps réel. En développant des approches mathématiques innovantes qui mêlent la prédiction de la trajectoire et la reconstruction en 3D des volumes à partir d'images médicales, nos équipes de recherche **ajustent les forces magnétiques qui contrôlent le mouvement des robots**. D'autres outils s'appuyant sur des techniques d'intelligence artificielle (vision robotique, deep learning, ...) permettent également d'**affiner la précision du bras robotisé** qui contrôle les mouvements.

Un second axe de recherche porte sur l'analyse environnementale. **Grâce à des techniques ultrasonores**, nos équipes étudient les gradients physico-chimiques et analysent les variations spatiales et temporelles des ressources en eau (eau de surface, nappes aquifères souterraines). **Les données récoltées permettent de modéliser** les transferts hydriques verticaux et horizontaux et ainsi de fournir une cartographie de la ressource en eau (qualité et disponibilité) à l'échelle de la frange urbaine, en particulier pour les pays en voie de développement.

#### PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES :

Plateforme acoustique & piézoélectricité  
Laboratoire d'analyses vibratoires  
Plateforme de micromanipulation magnétique  
Plateforme de micromanipulation par contact  
Plateforme WIFIBOT  
Plateforme Pioneer 3-DX

#### PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ : DREAM



# 2 SÉCURITÉ & MAÎTRISE DES RISQUES

Grâce aux progrès scientifiques et technologiques, nos sociétés n'ont eu de cesse de se développer. La contrepartie à ce bien-être croissant ? Une complexification des systèmes avec, à la clé, une plus grande vulnérabilité aux menaces et aux dangers, engendrant des atteintes à la sécurité des humains, de l'environnement et des infrastructures.

**Identifier les facteurs qui nous rendent vulnérables nous permettra de mieux comprendre les défis auxquels nous devons faire face, pour ainsi penser nos sociétés et territoires plus résilients.**

Outre les risques naturels, industriels et environnementaux, nos sociétés connectées sont de plus en plus exposées au **risque informatique**. **Parer les attaques et protéger les données** constituent un axe fort des recherches en sécurité et maîtrise des risques menées à l'INSA CVL pour, à titre d'exemple, **sécuriser l'approvisionnement en eau potable ou la distribution d'électricité, protéger les données médicales et bancaires ou encore éviter toute intrusion dans un système d'information.**

**LABORATOIRES IMPLIQUÉS :**  
CITERES  
GREMAN  
LaMé  
LIFO  
PRISME

**FORMATIONS IMPLIQUÉES :**  
ENP  
ERE (IGR/IQ/MEE)  
GSI (ACAD/IAI/IMC/PMFSI)  
MRI (RAI/RE/RSI/SFEN/STLR)  
STI (2SU/4AS/ASL)  
**3 Masters :**  
IMIS, Mécanique, Risques & environnements

**ODD Objectifs de Développement Durable (ONU) :**  
9. Innovation et infrastructures ; 11. Villes et communautés durables ;  
12. Consommation responsable ; 14. Protection de la faune et de la flore aquatique ;  
15. Protection de la faune et de la flore terrestre

**SNR Stratégie Nationale de Recherche :**  
2. Une énergie propre, sûre et efficace ; 3. Le renouveau industriel ;  
8. Sociétés innovantes, intégratives et adaptatives ; 10. Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

## THÈME 1 Analyse, modélisation & simulation

### MOTS-CLÉS

EXPLOSION  
INCENDIE  
ONDE DE CHOC  
MILIEUX COMPLEXES

MÉCANIQUE DES FLUIDES NUMÉRIQUES  
MÉTHODE DES ÉLÉMENTS FINIS  
AIDE À LA DÉCISION  
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

## THÈME 2 Caractérisation & sûreté de fonctionnement

### MOTS-CLÉS

SYSTÈMES DYNAMIQUES  
MODÈLE DE MARKOV  
TRANSDUCTEURS À ULTRASONS

CARACTÉRISATION MÉCANIQUE  
SYSTÈMES D'USINAGE  
CONTRÔLE NON DESTRUCTIF

## THÈME 3 Risques naturels & environnementaux

### MOTS-CLÉS

RÉSILIENCE ENVIRONNEMENTALE  
AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES  
ÉCOLOGIE

AGRICULTURE 2.0  
AIDE À LA DÉCISION

## THÈME 4 Sécurité & protection des systèmes et des données

### MOTS-CLÉS

RÉSEAUX D'OBJETS CONNECTÉS  
INTERNET DES OBJETS (IoT)  
ARCHITECTURE DE SÉCURITÉ  
CYBERSÉCURITÉ

CRYPTOGRAPHIE  
CHIFFREMENT  
INTÉGRITÉ  
ORDINATEUR QUANTIQUE

# SÉCURITÉ & MAÎTRISE DES RISQUES

## THÈME 1

### Analyse, modélisation & simulation

(LaMé, LIFO, PRISME)

Réduire les risques, quelle qu'en soit leur nature, nécessite de mieux les appréhender. Les équipes de recherche de l'INSA CVL s'emploient à comprendre les mécanismes sous-jacents à l'apparition du risque, analysent les caractéristiques de l'incident et testent les réponses à apporter pour prévenir le risque ou en réduire sa gravité.

Historiquement spécialisées sur les **risques d'explosions**, nos équipes possèdent une vraie expertise pour déterminer les conditions de survenue de la détonation de **nuages de gaz distribués de façon non-uniforme** dans un volume. Elles s'intéressent également à la **propagation des ondes de choc dans des milieux complexes** (milieux compartimentés dans les centrales nucléaires ou sites pétrochimiques par exemple) en utilisant des lois de similitudes.

D'autres modèles permettent d'étudier la **dégradation des matériaux au feu** (pyrolyse, émission de gaz et de particules, ...). Si un incendie se déclare, des simulations numériques de **mécanique des fluides** nous permettent de suivre la propagation du feu dans un milieu donné et d'étudier sa réponse suite au déclenchement des mécanismes d'extinction via la **modélisation d'écoulements complexes** (3D, transitoires, turbulents et multiphasiques).

Enfin, nos équipes s'attachent à **prédire les dommages sur un ouvrage** exposé à une onde de choc ou sur un matériau soumis à de fortes sollicitations mécaniques. C'est un axe de recherche crucial pour garantir la sécurité des personnes en cas d'explosion. Nous étudions ainsi la précision et la robustesse de **modèles de calcul par méthode des éléments finis en dynamiques**, en utilisant des approches stochastiques (modèle de Markov) et des études de sensibilité des résultats aux variations des paramètres d'entrée.

## THÈME 2

### Caractérisation & sûreté de fonctionnement

(GREMAN, LaMé, PRISME)

Être sûr-e que les systèmes remplissent les fonctions demandées de manière fiable et sur l'ensemble de leur durée d'activité est un impératif pour garantir la sécurité des biens et des personnes. Pour cela nos équipes analysent et soumettent les systèmes à diverses contraintes afin d'**évaluer leur durabilité et leur fiabilité**.

Si des **sollicitations thermomécaniques et vibratoires** permettent d'étudier la durabilité d'assemblages mécaniques comme les véhicules de transport, nous travaillons aussi sur d'autres méthodes pour apprécier l'usure des systèmes de façon indirecte. Ainsi, nous développons des méthodes d'**analyse de systèmes dynamiques (modèle de Markov)** où l'usure est estimée à partir de la mesure d'un ou plusieurs paramètres physiques (vibrations, émission acoustique, ...) qui peuvent apparaître au cours du processus d'usinage. Nos équipes développent aussi de nouvelles méthodes de **contrôle non destructif** via des recherches sur les **transducteurs à ultrasons et les microsystèmes acoustiques** pour la caractérisation des milieux complexes. Ces techniques permettent aux industriels de vérifier en continu la sécurité et la durabilité des matériaux, des canalisations ou des ouvrages utilisés.

Un autre axe de nos recherches se concentre sur le risque d'explosion et d'incendie. Nous étudions la performance des retardateurs de flammes et la **caractérisation du comportement au feu des matériaux** (composites ou biosourcés) grâce à des essais menés avec un calorimètre à cône ou en les soumettant à un flux thermique constant.

## THÈME 3

### Risques naturels & environnementaux

(CITERES, PRISME)

À travers une **approche interdisciplinaire** mêlant sciences sociales, sciences écologiques et sciences de l'ingénieur, nous développons une approche systémique du fonctionnement des villes et des territoires. Nous nous intéressons particulièrement aux espaces vulnérables (risque d'inondation, gestion des espèces exotiques envahissantes, ...) afin de penser leur aménagement selon leurs contraintes et potentialités. Pour ce faire, nos équipes intègrent des données géographiques (**cartographie et analyse d'image**), analysent les **dynamiques écosystémiques** et prennent en compte les **attentes sociétales et institutionnelles** en matière de sécurité et d'aménagement des paysages, dans l'objectif d'améliorer la résilience et le développement durable des territoires.

Un autre axe de recherche s'intéresse à la prévention des risques environnementaux, notamment via le développement d'**outils d'aide à la décision**.

Ces approches, appliquées au domaine de l'agriculture par exemple, mettent en jeu intelligence artificielle, robotique et objets connectés et permettent de réduire fortement l'utilisation de produits phytosanitaires afin d'aboutir à une production plus durable et plus respectueuse des sols et du vivant.

## THÈME 4

### Sécurité & protection des systèmes et des données

(LIFO, PRISME)

Garantir la sécurité des systèmes et des données est un enjeu majeur à l'ère du développement massif des **objets connectés** et de la révolution des **ordinateurs quantiques** qui rendent obsolètes les systèmes de chiffrement classiques. À l'INSA CVL, nous nous intéressons au **contrôle d'accès et d'usage** afin de maintenir des propriétés de sécurité via l'analyse des différentes actions des utilisateurs. Pour cela, nos équipes intègrent des modèles de sécurité au sein des systèmes d'exploitation, les protégeant des attaques d'utilisateurs malveillants.

Nos travaux couvrent toute la chaîne de prévention des attaques informatiques : de la **détection des failles des systèmes au développement d'outils de protection**. D'une part, nos équipes développent et simulent des modèles d'attaques sur les données qui peuvent par exemple être utilisées dans le cadre des technologies émergentes de communication sans contact (NFC). D'autre part, elles développent des outils destinés à protéger les systèmes informatiques. Ceux-ci peuvent se décliner en trois mécanismes, allant de la **conformité des données au chiffrement de haut niveau** : détection, dissuasion et prévention.

Ces techniques garantissent la qualité de service attendue tout en assurant **confidentialité, intégrité et accessibilité des données transmises**.

## PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES :

Plateformes expérimentales de détonation & de déflagration  
Plateforme expérimentale « Vesta » - Brûleur NexGen  
Site atelier de la plateforme « Environnement Urbains »  
Laboratoire d'analyses vibratoires  
Bancs de barres d'Hopkinson  
Bancs de caractérisation & modélisation thermomécanique  
Plateforme acoustique et piézoélectricité

## PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ :

DREAM

# 3 DONNÉES NUMÉRIQUES AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ

Les perspectives liées au numérique ne cessent d'évoluer et touchent maintenant à tous les champs applicatifs, dans nos vies personnelles comme professionnelles.

Si la **protection et l'anonymisation** des données restent des prérequis à leur exploitation, le développement de **nouvelles méthodes pour traiter et valoriser des masses de données** est également un champ de recherche des équipes de l'INSA CVL.

Modélisation de phénomènes complexes, maintenance prédictive, industrie 4.0, agriculture ou maison connectée, ... Les défis scientifiques sont nombreux pour penser une **numérisation intelligente de nos sociétés dans un souci de sobriété et de sécurité.**

## LABORATOIRES IMPLIQUÉS :

LIFAT  
LIFO  
PRISME

## FORMATIONS IMPLIQUÉES :

ERE (IQ)  
GSI (ACAD/IMC/PMFSI)  
MRI (RSI/STLR)  
STI (2SU/4AS/ASL)  
Master IMIS

### ODD Objectifs de Développement Durable (ONU) :

3. Accès à la santé ; 9. Innovation et infrastructures ; 11. Villes et communautés durables ; 12. Consommation responsable ; 16. Justice et paix

### SNR Stratégie Nationale de Recherche :

3. Le renouveau industriel ; 6. Transports & systèmes urbains durables ; 7. Société de l'information et de la communication ; 8. Sociétés innovantes, intégratives et adaptatives ; 10. Liberté et sécurité de l'Europe, de ses citoyens et de ses résidents

### DPS Domaines Prioritaires de Spécialisation (Région) :

5. TIC et services pour le tourisme patrimonial

## THÈME 1

### Intelligence artificielle & méthodes numériques

## MOTS-CLÉS

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
TRAITEMENT D'IMAGE  
DATA MINING  
FUSION MULTIMODALE  
THÉORIE DES GRAPHERS  
SÉCURITÉ  
RGPD

## THÈME 2

### Systèmes urbains & industriels connectés

## MOTS-CLÉS

INTERNET DES OBJETS (IoT)  
DOMOTIQUE  
INDUSTRIE 4.0  
OPTIMISATION  
SYSTÈME DE CONTRÔLE  
ET D'ACQUISITION DES DONNÉES  
MAINTENANCE PRÉDICTIVE  
MAINTENANCE CORRECTIVE  
SÉCURITÉ  
CONTRÔLE D'ACCÈS  
CONFIDENTIALITÉ



# DONNÉES NUMÉRIQUES AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ

## THÈME 1

### Intelligence artificielle & méthodes numériques (LIFAT, LIFO, PRISME)

Les activités humaines génèrent des quantités importantes de données ensuite stockées dans des formats numériques variés (texte, image, représentation 3D, ...). **Tout l'enjeu réside dans la capacité à les analyser et les interpréter afin de permettre à l'utilisateur d'extraire des informations pertinentes à partir de ces jeux de données.**

Pour cela nos équipes conçoivent des **approches d'intelligence artificielle**. Ces méthodes visent à **classifier les informations au moyen d'outils de traitement d'images** (filtrage, segmentation, optimisation discrète et continue, extraction de descripteurs de textures, ...) et à les **valoriser grâce, notamment, à la fusion multimodale**. Cette technique permet de combiner des données provenant de sources hétérogènes, de tirer parti de leur complémentarité et donc d'avoir potentiellement des performances supérieures à celles obtenues en utilisant une seule source d'information. Une autre approche repose sur la **théorie des graphes** qui permet d'apporter une **représentation structurée des données**, via l'extraction automatique de motifs et la mise en évidence de tendances ou de corrélations entre ces dernières. En parallèle, un autre axe de recherche porte sur l'**intégrité et la sécurisation des informations traitées par les algorithmes** afin de respecter les normes européennes en matière de protection des données et parer à toute attaque.

De nombreux domaines recourent à ces méthodes d'analyse numériques, que ce soit pour l'amélioration des moteurs de recherche en ligne, dans le contexte de la curation de données pour la valorisation du patrimoine culturel, ou encore pour la recherche et développement industriel ou médical afin d'obtenir une représentation complète des résultats dans un temps très court.

## THÈME 2

### Systemes urbains & industriels connectés (LIFAT, LIFO, PRISME)

L'internet des objets (IoT) offre de nombreuses potentialités pour la gestion des systèmes urbains (bâtiments intelligents, réseaux d'eau et d'électricité connectés, ...) ou des procédés industriels (automatisation, usines connectées, ...). L'interconnexion entre les objets permet de rassembler **un grand nombre de données et donc de nouvelles connaissances qui optimisent les performances des systèmes.**

L'industrie 4.0 repose sur la présence de nombreux capteurs qui permettent notamment aux robots d'une chaîne de production de dialoguer sur les données acquises et ainsi de s'adapter aux besoins. Un des axes de recherche de nos équipes consiste en la **mise au point de capteurs logiciels simplifiés et à bas coût** dont la perte d'information est compensée par une **double approche mêlant algorithmes mathématiques et vision par ordinateur**. Cette méthode permet de reconstruire les données afin de contrôler plus finement le mouvement des systèmes mécatroniques.

Un second axe de recherche concerne la **maintenance prédictive et corrective des installations**. Nos équipes développent des **méthodes de calcul basées sur les chaînes de Markov afin de prédire** l'aptitude d'un matériel à fonctionner sans défaillance et à être maintenu ou rétabli. Grâce aux **systèmes de contrôle et d'acquisition de données en temps réel** (SCADA) il devient possible de suivre le temps de pannes de tous les équipements à la seconde près, et de prédire la disponibilité d'installations complexes.

Cependant, le traitement de ces informations nécessite un haut niveau de protection. L'INSA CVL possède une **expertise dans le domaine du contrôle d'accès et est très impliqué dans la sécurité de l'IoT** (interopérabilité, authentification, confidentialité et intégrité dans les systèmes hétérogènes).

DONNÉES NUMÉRIQUES  
AU SERVICE DE  
LA SOCIÉTÉ

**PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ :**  
S<sup>2</sup>E<sup>2</sup>  
DREAM

# 4 OPTIMISATION DES RESSOURCES & DES ÉNERGIES

Nos villes, nos infrastructures et nos sociétés sont toujours plus consommatrices de ressources. L'urgence climatique et la dégradation des écosystèmes nous rappellent la nécessité de (re)penser des modes de production et de consommation plus durables, plus efficaces et plus respectueux de notre environnement.

Nos équipes accompagnent industriels et collectivités vers une société soutenable dans les domaines de l'énergie (production, conversion, stockage), des matériaux (développement et caractérisation) et du paysage à travers l'étude de nos interactions à notre environnement grâce à un regard croisé mêlant technologies et sciences écologiques et sociales.

**LABORATOIRES  
IMPLIQUÉS :**  
CITERES  
GREMAN  
LaMé  
LIFAT  
PRISME

**FORMATIONS  
IMPLIQUÉES :**  
ENP  
ERE (IGR/IQ/MEE)  
GSI (ACAD/IMC/PMFSI)  
MRI (RAI/RE/SFEN)  
3 Masters :  
3EA, Mécanique, Risques  
& environnements

## ODD Objectifs de Développement Durable (ONU) :

- 7. Recours aux énergies renouvelables ; 9. Innovation et infrastructures ;
- 11. Villes et communautés durables ; 12. Consommation responsable ;
- 13. Lutte contre le réchauffement climatique

## SNR Stratégie Nationale de Recherche :

- 1. Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique ;
- 2. Une énergie propre, sûre et efficace ; 3. Le nouveau industriel ;
- 6. Transports et systèmes urbains durables

## DPS Domaines Prioritaires de Spécialisation (Région) :

- 1. Ingénierie et métrologie environnementale pour les activités fortement consommatrices de ressources naturelles ; 3. Conception de systèmes pour le stockage de l'énergie ;
- 4. Technologies de l'efficacité énergétique pour la construction et la rénovation des bâtiments

## THÈME 1 Stockage & conversion d'énergie

### MOTS-CLÉS

MICROÉLECTRONIQUE  
SUPERCONDENSATEUR  
PIÉZOÉLECTRICITÉ  
NANOMATÉRIAUX  
SYNTHÈSE  
CARACTÉRISATION

NANOSTRUCTURES  
HYDROGÈNE  
INFLAMMABILITÉ  
RISQUE EXPLOSION  
CARACTÉRISATION MÉCANIQUE  
CARACTÉRISATION VIBRATOIRE

## THÈME 2 Structures & durabilité des matériaux

### MOTS-CLÉS

COMPORTEMENT MÉCANIQUE  
STRUCTURES VIBRANTES  
ABSORBEURS DYNAMIQUES

CONCEPTION ROBUSTE  
MAINTENANCE PRÉDICTIVE  
CONTRÔLE NON DESTRUCTIF

## THÈME 3 Durabilité des relations société-paysage-biodiversité

### MOTS-CLÉS

AMÉNAGEMENT  
DES TERRITOIRES  
PAYSAGES  
PATRIMOINE

SOCIO-ÉCOSYSTÈMES  
PRÉSERVATION  
& RESTAURATION  
INTERDISCIPLINARITÉ  
NUMÉRIQUE

## THÈME 4 Ouvrages, formes & processus urbains

### MOTS-CLÉS

AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES  
PATRIMOINE CULTUREL  
DOMOTIQUE  
INTERNET DES OBJETS (IoT)

ANALYSE D'IMAGE  
CONTRÔLE NON DESTRUCTIF  
INCENDIE  
SÉCURITÉ



# OPTIMISATION DES RESSOURCES & DES ÉNERGIES

## THÈME 1

### Stockage & conversion d'énergie

(GREMAN, PRISME)

Le développement de **technologies innovantes en microélectronique** requiert l'utilisation de matériaux possédant des propriétés et des fonctionnalités dites remarquables ; dans ce cadre nous travaillons notamment à leur **synthèse et à leur caractérisation**. Nos équipes ont par exemple mis au point des nanostructures **d'oxyde de zinc (ZnO), un matériau semi-conducteur et piézoélectrique**. Sa capacité à se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique offre de nombreuses opportunités pour l'alimentation des appareils nomades nécessitant des **micro-sources d'énergies**. D'autres matériaux intéressent nos équipes tel le **silicium poreux (PS)** dont la texturation à l'échelle nanométrique offre des propriétés électriques, optiques, chimiques, ... très différentes des matériaux massifs. Elles étudient expérimentalement l'influence de plusieurs paramètres afin d'optimiser les propriétés et ainsi répondre aux exigences de la **microélectronique de puissance : source d'énergie à haute densité et à haut rendement**.

Un second axe des recherches sur l'énergie menées à l'INSA CVL concerne l'hydrogène. C'est une source prometteuse mais de nombreux défis restent à résoudre dont celui de son stockage : que ce soit sur les **sites de production de l'hydrogène ou lors de son addition dans le gaz de ville, le risque d'explosion existe**. Nos équipes cherchent à le prédire via des **tests d'inflammabilité** et à déterminer, grâce à des essais et des modélisations, les conditions et les effets des explosions. Elles s'intéressent également à la quantification de la **tenue mécanique et vibratoire des systèmes de fixation de réservoirs sous pression**, contribuant ainsi au développement de la mobilité hydrogène.

## THÈME 2

### Structures & durabilité des matériaux

(GREMAN, LaMÉ, PRISME)

Ce thème de recherche est consacré à la durabilité dans le temps des matériaux et des structures, afin de **maximiser les performances des systèmes tout en économisant les ressources**. Notre démarche met en jeu des expérimentations et des modélisations d'une part, et des approches de contrôle non destructif d'autre part, de façon à vérifier leur état sans les abîmer.

Les systèmes mécaniques sont soumis à de nombreuses sollicitations (chocs, excitations périodiques, vent, ...). Celles-ci ne sont généralement pas souhaitables car elles génèrent une perte d'énergie et endommagent les structures. En élaborant des **modèles dynamiques**, nos équipes étudient leur **comportement mécanique** afin d'identifier la fréquence, l'intensité et la position des vibrations. Ces études nous permettent ensuite de développer des **absorbeurs dynamiques linéaires** afin de protéger les structures vibrantes telles que les éoliennes ou les avions. Elles servent également à travailler à la **conception robuste** des mécanismes pour rendre leurs performances optimales et insensibles aux variations.

Une autre façon de s'assurer de l'intégrité des systèmes dans le temps repose sur la **caractérisation structurale des matériaux** via la propagation d'ondes mécaniques ou élastiques. Nos équipes travaillent au développement de **méthodes acoustiques non linéaires et au post-traitement de données multimodales** (ultrason, acoustique, rayons X) afin de caractériser et localiser des endommagements faibles ou précoces. **Ces techniques de contrôle non destructif (CND)** permettent de procéder aux opérations de maintenance ou de remplacement de matériaux, assemblages ou dispositifs uniquement lorsque cela est nécessaire et d'optimiser ainsi la durée de vie des structures.

## THÈME 3

### Durabilité des relations société-paysage-biodiversité

(CITERES)

L'aménagement des territoires peut entraîner des perturbations dans les dynamiques des paysages et des écosystèmes. Grâce à une **approche croisée mêlant sciences écologiques et sciences sociales et territoriales**, nos équipes étudient ces dynamiques afin d'apporter connaissances et outils pour la **gestion, la préservation et la restauration des socio-écosystèmes**. Elles abordent les notions de paysage et d'environnement sous leurs aspects biophysiques et socio-culturels et s'intéressent aux rôles qu'ils jouent dans la manière dont les populations s'approprient leurs territoires.

Par ailleurs, dans un contexte de patrimonialisation et de mise en tourisme, les **paysages** peuvent aussi être considérés comme **facteur de développement** par les acteurs institutionnels. Leurs **dynamiques et représentations sociales** sont ainsi intégrées dans des outils de promotion par le numérique (réalité virtuelle, réalité augmentée, maquette 3D). C'est notamment le cas dans le cadre du programme « Intelligence des Patrimoines » de la région Centre Val de Loire – dans lequel nos équipes sont impliquées – qui permet d'apporter une vision multimodale (historique, architecturale, sociale) du territoire.

## THÈME 4

### Ouvrages, formes & processus urbains

(CITERES, GREMAN, LaMÉ, LIFAT, PRISME)

Comment penser nos villes de façon durables ? C'est le point commun des recherches menées à l'INSA CVL dans des domaines aussi divers que les sciences sociales, écologiques, numériques et de l'ingénierie.

En effet, penser nos villes c'est aussi penser l'usage que nous en avons. Nos équipes s'intéressent aux interactions entre les habitants et leurs espaces de vie et étudient la façon dont les **territoires et les stratégies territoriales façonnent les pratiques des habitants**.

C'est également penser l'usage de nos bâtiments et les rendre plus intelligents. Dans cette optique l'INSA CVL travaille sur des **capteurs à faible coût** qui mettent en jeu des approches de **vision par ordinateur et de traitement et d'analyse d'images**. Ces capteurs visent à fournir des informations enrichies sur le comportement des habitants pour optimiser la sécurité du bâtiment, la gestion de l'énergie ou encore accroître l'autonomie des seniors.

Enfin, c'est aussi préserver le patrimoine bâti. D'autres axes de recherche consistent à caractériser l'état des pierres des bâtiments classés via des **méthodes de contrôle non destructif** ou à améliorer la **protection du patrimoine notamment en cas d'incendie**. Nos équipes étudient ainsi les écoulements et la propagation du feu dans le cadre du développement de systèmes innovants d'extinction incendie dans le but de sécuriser les bâtiments et les œuvres qu'ils contiennent.

### PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES :

Site atelier de la plateforme « Environnement Urbains »

CERTeM - Centre d'Etudes et de Recherches Technologiques en Microélectronique

Plateforme acoustique & piézoélectricité

Plateforme déflagration

### PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ :

S<sup>2</sup>E<sup>2</sup>

Polymeris

Cosmetic Valley

# MÉTHODOLOGIE

La méthodologie adoptée par l'INSA Centre Val de Loire pour structurer ses activités de recherche et de formation autour d'enjeux qui répondent aux défis scientifiques, sociétaux, environnementaux et technologiques repose sur quatre étapes. Elle est nourrie du retour d'expérience des INSA Lyon, Rouen et Toulouse.

## ÉTAPE 1 – APPROPRIATION

Un questionnaire a été envoyé à l'ensemble des enseignant-es chercheurs et chercheuses de l'INSA CVL afin d'identifier leurs thématiques de recherche, les applications possibles et recueillir leur appréciation des liens éventuels avec les [objectifs de développement durable \(ODD\)](#). Le **taux de réponse de 75%** nous a permis de dégager thématiques de recherche principales et grands champs applicatifs.

Cette première analyse des activités de recherche de l'INSA CVL a été complétée par une **lecture attentive et approfondie** des dernières évaluations de l'HCCERES et des informations disponibles sur internet au 25 juin 2020 pour chaque équipe de recherche concernée.

## ÉTAPE 2 – DÉFINITION DES ENJEUX

La définition des enjeux propres à l'INSA CVL a répondu à quatre impératifs : 1 - exprimer la **diversité et les spécificités des recherches** menées au sein de l'institut ; 2 - être en lien avec les **problématiques sociales et industrielles** ; 3 - rendre compte d'une **recherche impliquée** qui questionne les impacts et usages des travaux de recherche sur la société et son évolution ; 4 - témoigner de la **transversalité des sujets**.

Par ailleurs, une approche matricielle permet de faire le lien entre chacun des quatre enjeux de l'INSA CVL, les 17 ODD, les [10 défis de la stratégie nationale de recherche](#) et les [5 domaines de spécialisations de la région Centre-Val de Loire](#). Cette structuration offre un cadre institutionnel et une légitimité qui transcende les frontières et les institutions.

## ÉTAPE 3 – CONCERTATION

Les enjeux et les thématiques de recherche attendues ont ensuite été discutées lors d'**entretiens individuels avec un représentant désigné par chaque laboratoire** entre le 16 juillet et le 2 septembre 2020.

Collégalement, cela a permis de préciser les contours des enjeux, de retravailler les termes employés et d'affiner les contributions des équipes. Une version finalisée de **cette cartographie a été présentée en Conseil Scientifique le 8 octobre 2020**.

## ÉTAPE 4 – LIENS AVEC LA FORMATION

Une fois ce travail effectué par la direction de la recherche et de la valorisation, un protocole similaire a été appliqué par la direction des formations et de la vie étudiante afin de valoriser les synergies entre les activités de recherche et de formation autour des quatre enjeux sociétaux de l'INSA CVL.

L'étape 1 d'appropriation s'est appuyée sur la lecture attentive de la page « Formation » du site internet de l'institut et sur l'analyse des syllabi et maquettes pédagogiques de chaque formation. Une cartographie des liens entre les options de 5A et les enjeux a ensuite été **présentée aux directeurs et directrice des formations pour consolidation** lors d'entretiens individuels entre le 18 décembre 2020 et le 29 janvier 2021.

Un rapprochement des données avec les enquêtes d'insertion a ensuite permis de compléter la cartographie par les secteurs de débouchés pour les diplômés-es.

# LEXIQUE

## Laboratoires de recherche :

- CITERES** : Cités, Territoires, Environnement et Sociétés  
**GREMAN** : Groupe de Recherche en Matériaux Microélectronique, Acoustique et Nanotechnologies  
**LaMé** : Laboratoire de Mécanique Gabriel Lamé  
**LIFAT** : Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Tours  
**LIFO** : Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans  
**PRISME** : Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes, Mécanique et Énergétique

## Départements de formation :

- ENP** : ÉCOLE DE LA NATURE ET DU PAYSAGE  
**ERE** : ÉNERGIES, RISQUES ET ENVIRONNEMENT  
**IGR** : Ingénierie & Gouvernance des Risques  
**IQ** : Ingénierie de la Qualité  
**MEE** : Maîtrise de l'Efficacité Énergétique  
**GS** : GÉNIE DES SYSTÈMES INDUSTRIELS  
**ACAD** : Acquisition, Analyse et Décision  
**IAI** : Ingénierie des Achats Industriels  
**IMC** : Ingénierie Mécanique et Conception  
**PMFSI** : Performance, Maintenance, Fiabilité des Systèmes Industriels  
**MRI** : MAÎTRISE DES RISQUES INDUSTRIELS  
**RAI** : Risques Accidentels et Industriels  
**RE** : Risques et Environnement  
**RSI** : Risques et Systèmes Industriels  
**SFEN** : Sécurité de Fonctionnement en Énergie Nucléaire  
**STLR** : Sécurité en Transport, Logistique et Robotique  
**STI** : SÉCURITÉ ET TECHNOLOGIES INFORMATIQUES  
**2SU** : Sécurité des Systèmes Ubiquitaires  
**4AS** : Architecture, Administration, Audit & Analyse de Sécurité  
**ASL** : Architecture & Sécurité Logicielle

## Masters recherche :

- MASTER 3EA** : ÉLECTRONIQUE, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, AUTOMATIQUE  
**MASTER IMIS** : INFORMATIQUE MOBILE, INTELLIGENTE ET SÉCURISÉE





## CONTACTS

DIRECTION DE LA RECHERCHE  
ET LA VALORISATION

[direction-recherche-valorisation@listes.insa-cvl.fr](mailto:direction-recherche-valorisation@listes.insa-cvl.fr)  
02 48 48 40 08

DIRECTION DES PARTENARIATS

[relations.entreprises@insa-cvl.fr](mailto:relations.entreprises@insa-cvl.fr)  
07 88 87 24 12

<https://www.insa-centrevaldeloire.fr>