



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

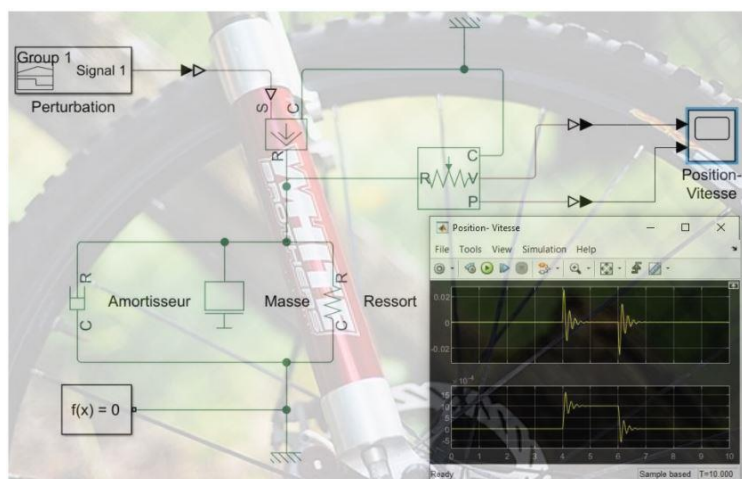
Liberté  
Égalité  
Fraternité



N°11

Mars 2025

Cette édition n°11 de la lettre **ÉduNum STI** explore l'importance de **la simulation multiphysique** et des **jumeaux numériques** des systèmes en sciences de l'ingénieur à l'occasion de l'introduction des épreuves pratiques pour la session 2025. Cette année marque également l'arrivée des premiers diplômés de la **filière CIEL**, mettant en lumière le rôle clé de l'accompagnement des enseignants à travers des formations en ligne dédiées. Par ailleurs, une activité innovante est proposée autour de l'implémentation d'un modèle de *machine learning* sur une cible embarquée type *Raspberry Pi*, offrant ainsi une approche concrète des applications en **intelligence artificielle**.

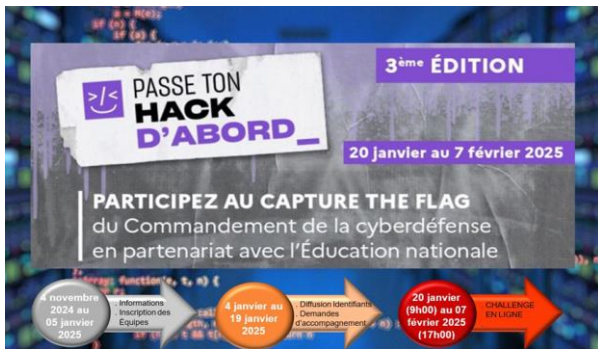


DNE – TN3. Simulation avec MATLAB. Clark Young clark1, CC0, Wikimedia Commons

## SOMMAIRE

<b>ACTUALITÉS</b>	<b>3</b>
Challenge Cybersécurité : <i>Passe ton Hack d'abord</i> , un défi <i>Capture The Flag</i>	3
<b>PRATIQUES PÉDAGOGIQUES</b>	<b>4</b>
Les jumeaux numériques en sciences de l'ingénieur : une approche pédagogique incontournable dans l'analyse comportementale des systèmes	4
<b>SE FORMER</b>	<b>7</b>
La filière CIEL : une continuité de formation : de Bac-3 à Bac+2	7
<b>USAGES ET EXPÉRIMENTATIONS</b>	<b>9</b>
Travaux académiques mutualisés 2023-2024 : productions pédagogiques	9
<b>POUR ALLER PLUS LOIN</b>	<b>10</b>
Implémentation d'une IA en <i>machine learning</i> dans une cible embarquée	10

## Challenge Cybersécurité : *Passe ton Hack d'abord*, un défi *Capture The Flag*



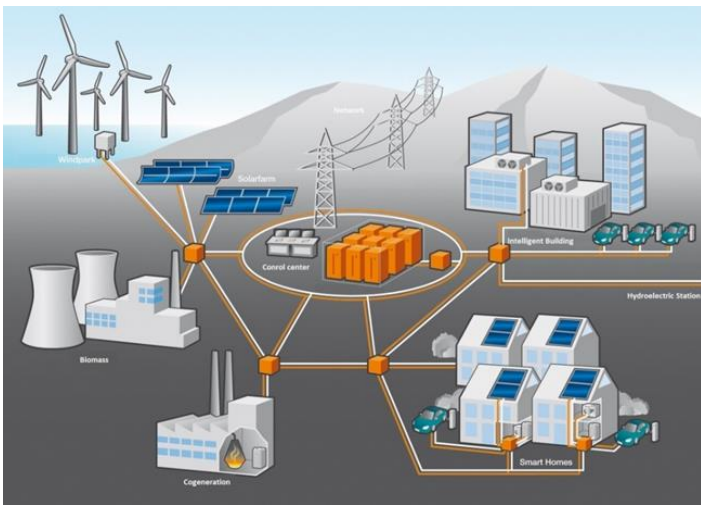
Cet évènement a été organisé par le Commandement de la Cyberdéfense (COMCYBER) du ministère des Armées et des Anciens Combattants et la direction générale de l'enseignement scolaire (DGESCO) du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. L'inscription au CTF était ouverte à toute classe de lycée de voie générale,

technologique ou professionnelle, mentions complémentaires jusqu'au BTS en lycée. Le [règlement de l'édition 2025](#) précise les objectifs et modalités de ce défi. Différents liens avec la filière **CIEL**, « **Cybersécurité, Informatique et réseaux, Électronique** » (baccalauréat professionnel, BTS, mentions complémentaires) peuvent être soulignés :

- Modules d'analyse réseau et sécurité
  - Étude des protocoles réseau (TCP/IP, HTTP) pour comprendre les schémas d'attaque
  - Utilisation d'outils d'analyse de trames de données ou un gestionnaire de logs pour décoder les données
- Cybersécurité proactive
  - Apprentissage des mécanismes de défense contre les attaques (*firewall*, IDS/IPS, authentification renforcée)
  - Gestion et analyse des incidents de sécurité
- Programmation et automatisation
  - Écriture de scripts simples en *Python* pour traiter les fichiers de logs automatiquement (exemple : repérer des motifs répétitifs dans les IP ou les *timestamps*)
- Gestion des risques
  - Rédaction de recommandations pour améliorer la sécurité, comme enseigné dans les volets méthodologiques et organisationnels du programme

## Les jumeaux numériques en sciences de l'ingénieur : une approche pédagogique incontournable dans l'analyse comportementale des systèmes

Le [référentiel](#) de la spécialité des [sciences de l'ingénieur](#) englobe une approche exigeante des méthodologies développées pour le monde industriel et l'ingénierie. La session 2025 va voir la mise en place des **ECE** (évaluation des compétences expérimentales). Une [banque nationale de sujets](#) met à disposition des enseignants des sciences de l'ingénieur des systèmes multiphysiques, support aux évaluations de fin d'année.



Miloš Klivan, CC0, via Wikimedia Commons

Un **jumeau numérique** est une réplique virtuelle d'un système réel, utilisé pour simuler, analyser et optimiser son comportement dans divers scénarios. Parmi les contenus pédagogiques des sciences de l'ingénieur, il est un élément essentiel dans la caractérisation des éléments unitaires, des processus et des systèmes dans leurs environnements. Le jumeau numérique peut se concevoir à différents stades d'analyse d'un système

global. Il peut modéliser un élément simple multiphysique entrant dans la composition d'un produit, représenter le modèle numérique d'un ensemble ou participer à la modélisation à grande échelle d'un système complexe. Dans tous les cas, il interagit avec les sollicitations extérieures pour répondre de manière fidèle au système réel.

### La simulation, le prototype, le système réel et les jumeaux numériques dans le référentiel des sciences de l'ingénieur<sup>1</sup>

Ledit référentiel met en lumière l'importance d'une approche systémique et transdisciplinaire, notamment à travers la modélisation et l'expérimentation des systèmes techniques. Parmi les outils numériques, les jumeaux numériques occupent une place centrale pour simuler, analyser et valider le comportement des systèmes. Ces modèles permettent de représenter des systèmes réels dans toutes leurs dimensions physiques et fonctionnelles. L'objectif principal est de comparer les résultats simulés aux données expérimentales, afin de mieux comprendre les écarts constatés.

<sup>1</sup> L'épreuve de spécialité sciences de l'ingénieur du baccalauréat général comporte une évaluation des compétences expérimentales ou de simulation. [Bulletin officiel n° 19 du 9 mai 2024](#)

Ces écarts proviennent de plusieurs facteurs :

- Simplifications inhérentes aux modèles mathématiques ;
- Conditions idéales dans la simulation *versus* la complexité des phénomènes réels (par exemple, frottements ou déformations non linéaires) ;
- Incertitudes dues à la précision des capteurs et des mesures physiques.

Le référentiel encourage ainsi l'exploitation des jumeaux numériques pour connecter les concepts théoriques à des contextes pratiques, en formant les élèves à corréler simulation et réalité pour ajuster les modèles numériques. Plusieurs compétences sont ciblées :

- Modéliser des systèmes pluri-technologiques ;
- Identifier et quantifier les écarts entre simulations et mesures expérimentales ;
- Ajuster les modèles numériques pour améliorer leur fiabilité et leur prédictibilité.

Des ressources pédagogiques sur la simulation multiphysique en sciences de l'ingénieur sont consultables en [académie](#) et sur [éduscol](#).

### **Les attendus dans les phases de travaux pratiques et expérimentales**

Les phases expérimentales, essentielles en SI, développent chez les élèves une méthode scientifique complète : observer, analyser, expérimenter, modéliser et valider. Les modèles numériques associés aux systèmes réels offrent ici un cadre idéal pour structurer ces étapes.

Lors des travaux pratiques, l'élève est amené à :

- **Formuler des hypothèses** : à partir d'un modèle numérique, simuler les réponses d'un système à différentes contraintes (par exemple, l'effet des forces ou de la température sur une structure ou la réponse d'un moteur sur différentes charges entraînées) ;
- **Comparer simulation et expérimentation** : les résultats numériques sont confrontés aux données issues de tests réels et des résultats attendus ;
- **Interpréter les écarts observés** : en identifiant les causes physiques matérielles et logicielles et en distinguant les erreurs de modélisation des limites liées au système physique (imprécision des capteurs, variables négligées et l'intégration des protocoles de mesures).

Les jumeaux numériques permettent de multiplier les scénarios avant de passer à des expérimentations coûteuses ou risquées. Cette approche précieuse favorise :

- Une **analyse approfondie des écarts** pour améliorer la précision des modèles ;
- Une **maîtrise des outils numériques** utilisés dans les environnements industriels ;
- Une **réflexion critique** sur les hypothèses de modélisation.

Par exemple, un élève peut modéliser un pont soumis à des charges dynamiques, simuler les déformations attendues, puis comparer ces prévisions avec des mesures réalisées sur un prototype physique réduit. Les écarts constatés alimentent une discussion sur les limites de la simulation et les ajustements nécessaires au modèle. De la même manière, la modélisation multiphysique permet d'intégrer les interactions des composants de différents domaines, dans notre cas des systèmes mécatroniques par exemple. De la même manière, les systèmes automatiques comportant des asservissements pourront être analysés efficacement en étudiant leur comportement via les courbes de réponses indicielles.

### **Les jumeaux numériques dans l'industrie, un intérêt pour une efficacité accrue**

Dans le milieu industriel, les jumeaux numériques sont devenus des outils stratégiques pour optimiser les processus, prévenir les défaillances et améliorer la productivité. Leur rôle s'étend sur plusieurs étapes du cycle de vie des systèmes techniques :

- **Conception** : simulation rapide de multiples scénarios sans fabriquer de prototypes physiques ;
- **Production** : surveillance en temps réel des machines pour détecter les anomalies (maintenance prédictive) ;
- **Exploitation** : amélioration continue grâce aux données collectées pendant l'utilisation.

Des exemples d'applications industrielles peuvent être cités dans différents secteurs :

- **Aéronautique** : Airbus utilise des jumeaux numériques pour modéliser la dynamique des avions, prédire l'usure des composants et optimiser la maintenance.
- **Automobile** : Renault intègre des simulations numériques pour tester de nouveaux concepts de moteurs sans les construire physiquement.
- **Énergie** : Dans les centrales électriques, des jumeaux numériques surveillent l'efficacité des turbines, anticipant les pannes grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle.

Ces exemples illustrent le transfert de compétences entre l'enseignement des sciences de l'ingénieur et les attentes des employeurs. Former les élèves à l'usage des jumeaux numériques, comme le prévoit le référentiel de la filière, les prépare directement aux enjeux technologiques de demain.

### **Conclusion**

Les jumeaux numériques constituent un outil puissant et polyvalent, capable de représenter fidèlement les systèmes techniques à différentes échelles, depuis un composant élémentaire jusqu'à des systèmes complexes dans leur environnement global. Lorsqu'ils interagissent avec

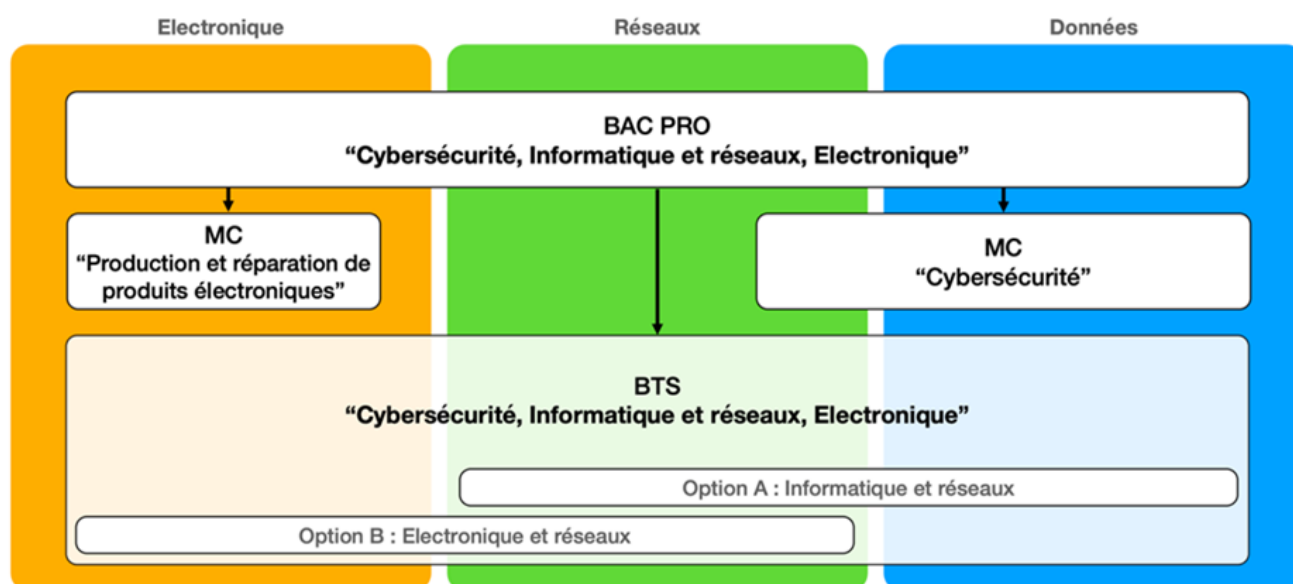
leur environnement externe, ils révèlent tout leur potentiel en offrant une vision dynamique et précise des interactions.

Dans un cadre pédagogique, leur intégration en SI répond aux défis actuels de l'enseignement. Les jumeaux numériques permettent aux élèves de comprendre la complexité des systèmes réels, d'analyser les écarts entre attendus, théorie et pratique, et de manipuler des outils technologiques largement utilisés dans l'industrie. De la validation d'un modèle multiphysique élémentaire, comme un moteur, à son intégration dans des systèmes plus vastes, tels qu'un réseau de type *Smart Grid*, ils offrent une approche systémique optimisée en termes de temps, de coûts et de ressources.

Au-delà des produits techniques, cette méthodologie s'applique également à d'autres domaines, comme la conception des bâtiments grâce au BIM (*Building Information Modeling*). Elle permet une gestion en temps réel des interactions entre les différents corps de métiers, rendant ainsi les projets plus efficaces et cohérents. En résumé, les jumeaux numériques favorisent une compréhension approfondie des systèmes complexes tout en développant des compétences transversales et une vision critique, faisant de cet outil un levier incontournable pour la pédagogie et l'ingénierie de demain.

## SE FORMER

### La filière CIEL : une continuité de formation de Bac-3 à Bac+2



Portail national éducol STI

Depuis sa mise en place, la filière CIEL s'impose comme un modèle de continuité de formation réfléchi, mêlant le dynamisme des baccalauréats professionnels, la spécialisation des mentions

complémentaires (MC), et la préparation approfondie des étudiants en BTS. L'année 2025 marquera une étape majeure avec la sortie des premiers diplômés de cette filière.

### Une progression pensée pour l'excellence

La filière CIEL propose un parcours structuré qui répond aux besoins croissants des secteurs de la cybersécurité, l'informatique et les réseaux, l'électronique. L'enchaînement entre les différentes formations permet aux étudiants :

- D'acquérir les bases solides en Bac Pro, avec un apprentissage technique et pratique, idéal pour une entrée rapide dans la vie professionnelle ou la poursuite d'études ;
- De se spécialiser grâce aux MC qui ajoutent des compétences pointues et directement applicables aux réalités du terrain ;
- De viser l'expertise avec le BTS, formation pluridisciplinaire qui prépare les étudiants à occuper des postes stratégiques ou à poursuivre des études supérieures (licences professionnelles, masters, écoles d'ingénieurs).

Ce parcours complet incarne une vraie valeur ajoutée pour les étudiants, leur permettant de construire un projet professionnel cohérent et de s'intégrer efficacement dans un marché de l'emploi exigeant et en constante évolution. Des ressources de formations adaptées aux compétences des référentiels sont disponibles : [IBM skills](#), [CISCO Skills for All](#), [SecNum Académie](#), [éduscol](#), parcours [Magistère](#) (cybersécurité, valorisation de la donnée).

<b>BTS CIEL – IR (1)</b>
<b>BTS CIEL – ER (1)</b>
<b>BAC PRO Cybersécurité, Informatique et réseaux, Electronique (2)</b>
<b>MC CYBERSECURITE (3)</b>
<b>MC Production et réparation de produits électroniques (4)</b>

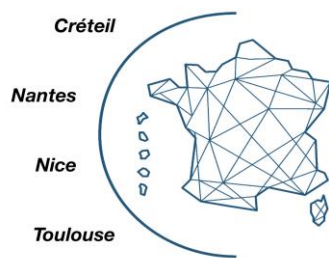
	ANSSI	CNIL	AWS Academy	CISCO Skills for All	IBM SkillsBuild	STORMSHIELD	Autres Ressources
Cybersécurité et Hygiène Informatique	MOOC SecNum Académie	MOOC RGPD		Introduction à la Cybersécurité Principe de Cybersécurité	Les Fondamentaux de la Cybersécurité	(1) Guide de la Cyber et Guide de l'Hygiène	
Sécurité des Réseaux On-Premises et Cloud			Introduction to Cloud : Semestre 1 Module 1 à (2)(4)	Equipements Réseaux et Configuration de Base Principe de Base des Réseaux	IBM Cloud (1) Essentials et Docker Essentials Introduction au Cloud (2)(3)(4)	(1)(3) CSNA	(1) Docker
Valorisation et Sécurisation de la Donnée				(1)(3) CyberOps Associate (A venir)	(1) Data Sciences Foundations (Facultatif)		(1) DevOps

Portail national eduscol STI



# USAGES ET EXPÉRIMENTATIONS

## Travaux académiques mutualisés 2023-2024 : productions pédagogiques

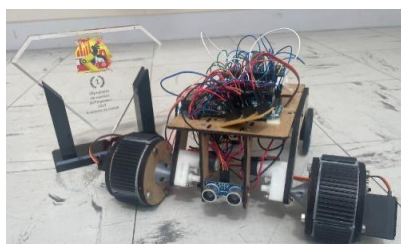


Afin de développer les usages pédagogiques du numérique, la direction du numérique pour l'éducation (DNE) met en œuvre des travaux académiques mutualisés (TraAM) qui permettent de croiser les pratiques entre les académies autour de problématiques éducatives émergentes. Les TraAM mènent à des **scénarios pédagogiques** en lien avec le cadre de référence des compétences numériques (CRCN) et participent au développement

d'une culture numérique. Les TraAM qui se sont déroulés au cours de l'année 2023-2024 ([synthèse nationale](#)) en voie technologique ou professionnelle ont abouti à des expérimentations et permis le développement d'usages pédagogiques sur la thématique suivante :

**Le numérique dans les enseignements STI : pratiques pédagogiques et plus-values**  
*Jumeaux numériques, modèles multiphysiques, cybersécurité, STIM, réalisation collaborative, maquettes 3D, simulation numérique, intelligence artificielle, design, arts appliqués, continuité pédagogique, chef-d'œuvre...*

### # ACADÉMIE DE CRÉTEIL



Académie de Créteil

#### Les outils numériques au service du projet d'ingénierie

La séquence proposée a pour objectif de mettre en lumière l'utilisation des outils numériques dans le cadre de projets d'ingénierie (STI). Le projet répond à une problématique de mobilité pour les personnes handicapées en milieu urbain. Les [travaux](#)

réalisés proposent de construire et d'optimiser la modélisation multiphysique du système afin de valider les performances attendues.

### # ACADÉMIE DE NANTES

#### Initier les élèves de seconde Bac Pro toutes filières au fonctionnement d'une entreprise de production digitalisée

Le [scénario FaB-Brique](#) favorise une approche réaliste des pratiques professionnelles, en s'appuyant sur une activité ludique et collective de production industrielle. Elle permet aux élèves d'identifier le fonctionnement d'une entreprise, les services, les rôles, mais aussi de percevoir l'intérêt du numérique pour coopérer.



Académie de Nantes

## # ACADEMIE DE NICE



### Sensibiliser à la cybersécurité pour se préserver du cyberharcèlement scolaire

Un [jeu sérieux](#) vise à sensibiliser, prévenir et informer les élèves de lycées professionnels sur les enjeux et les difficultés du cyberharcèlement. S'appuyant sur le programme national PHARE, cette activité ludique familiarise les participants avec la cybersécurité et ses métiers, dans le but de prévenir le cyberharcèlement scolaire et promouvoir les mesures de protection individuelle.

## # ACADEMIE DE TOULOUSE

### Favoriser la pratique du numérique dans la démarche du projet en arts appliqués en voie professionnelle

Une [expérimentation de l'utilisation du numérique](#) pour développer les compétences numériques et pour favoriser leur utilisation dans les différentes phases de la démarche de projet en voie professionnelle : investigation, expérimentation et réalisation, et communication.

## POUR ALLER PLUS LOIN //

### Implémentation d'une IA en *machine learning* dans une cible embarquée

L'implémentation de l'IA sur des cibles et processeurs embarqués nécessite des précautions. L'IA dite de classification avec *MATLAB* présente des limites (puissance, taille des modèles, vitesse d'exécution, compatibilité des bibliothèques, consommation d'énergie). Le passage d'un environnement de simulation au prototypage constitue une solution de validation efficace et la *Raspberry Pi* est idéale pour expérimenter et prototyper des modèles d'IA.

#### Application et mise en œuvre

Ce [projet](#) de *smart farming* propose une approche agricole utilisant des technologies avancées pour accroître la productivité face à une population mondiale croissante. L'utilisation de l'intelligence artificielle permet de surveiller les cultures et d'effectuer un épandage sélectif de produits phytosanitaires, ce qui est crucial pour l'agriculture de précision. Le projet sur la surveillance de vigne décrit le traitement des données et des calculs avec *MATLAB* pour détecter des feuilles de vigne malades ou saines, en utilisant une carte *Raspberry Pi* et une *webcam* pour la reconnaissance des feuilles malades. Les élèves doivent analyser les temps

de calcul et utiliser des techniques de *deep learning* pour la mise en œuvre du modèle d'inférence (ou de prédiction).



SimonWaldherr - Travail personnel, CC BY-4.0, Wikimedia

## Lettre ÉduNum proposée par la direction du numérique pour l'éducation Sous-direction de la transformation numérique (DNE – TN3)

✉ [Contact courriel](#)

Vous recevez cette lettre car vous êtes abonné à la lettre ÉduNum STI  
Souhaitez-vous continuer à recevoir la lettre ÉduNum STI ?

### [Abonnement/Désabonnement](#)

À tout moment, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données qui vous concernent (articles 15 et suivants du RGPD).  
Pour consulter nos mentions légales, [cliquez ici](#).