

# Entreprise numérique

Feuille de route -  
mai 2024



Feuille de route à destination  
des commissions de normalisation

## Entreprise numérique

Face aux enjeux industriels et sociétaux, la normalisation est une réponse.

Les transformations environnementale et digitale nécessitent des trajectoires politiques fortes, des solutions technologiques mais aussi des normes pour accélérer la diffusion des nouvelles innovations et leur appropriation par les acteurs du marché. Les normes sont par ailleurs un vecteur de la confiance, indispensable pour garantir l'acceptation sociétale de ces grandes transformations.

La stratégie 2023-2027 de l'UNM vise à stimuler et encourager les parties prenantes à proposer de nouvelles solutions normatives, en particulier sur les thématiques liées aux transformations environnementale et digitale. En normalisation, aucune décision d'apparence technique n'est neutre : elle aura toujours des répercussions industrielles et économiques. La capacité à proposer des initiatives normatives constitue un levier d'influence des parties prenantes françaises dans le système

de normalisation européen et international, que l'UNM entend contribuer à renforcer.

Pour encourager les parties prenantes à proposer de nouvelles solutions normatives, un axe de la stratégie de l'UNM consiste à développer des feuilles de route ou stratégies de normalisation adressant des thématiques transverses aux domaines de l'UNM.

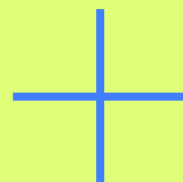
La présente feuille de route est élaborée avec les organisations représentatives des parties prenantes concernées. Elle vise à proposer un plan d'actions aux commissions de normalisation de l'UNM identifiées pour la thématique adressée. Elle est endossée politiquement par les professions associées mais ne présente pas de caractère contraignant pour les commissions de normalisation. C'est un outil de dialogue, souple et vivant.

**Cette feuille de route cherche à répondre aux questions suivantes :**  
**Quels besoins ont été identifiés ? Quelles normes doivent être développées ? Quelles caractéristiques doivent être introduites ?**  
**Selon quelles priorités et sous quelle échéance ?**

La feuille de route met en perspective les besoins identifiés avec les travaux de normalisation engagés. Elle valorise d'une part la contribution de la normalisation en appui aux grandes transformations et d'autre part, l'action bien souvent invisible des près de 2000 experts engagés dans les commissions de normalisation de l'UNM.

# Sommaire

Contexte.....	4
Enjeux.....	7
État des lieux normatif.....	9
Analyse stratégique.....	10
Plan d'action.....	11
1. Ontologie des normes de la mécanique.....	11
2. Simulation numérique.....	12



## Contexte

La transformation numérique ne peut se résumer à la modernisation du système d'information. Il s'agit, pour les entreprises, de repenser leur stratégie numérique pour permettre une véritable amélioration de leur fonctionnement de l'entreprise et de leurs performances.

Cette transformation numérique bouleverse l'industrie mécanique : développement, production, robotisation, maintenance prévisionnelle, modélisation et simulation numérique, cybersécurité... L'industrie est à la recherche de solutions fiables et pérennes pour mener cette transformation. La normalisation constitue une réponse à ce besoin.

C'est parce que l'UNM est au cœur de Mecallians et d'un réseau de 2 000 experts que des réflexions sont en cours sur les différentes thématiques ci-dessous.

## Simulation numérique

La simulation numérique, de plus en plus présente tout au long du cycle de vie des produits, apporte un complément essentiel voire une alternative aux essais mécaniques, particulièrement en raison de leur impact en termes de coûts et délais, leurs contraintes sécuritaires, les difficultés d'organisation et parfois même leurs limitations. Bien que largement utilisée en conception et en pré-validation, la simulation numérique reste encore relativement marginale en validation, où les essais demeurent largement utilisés pour apporter les éléments de preuve nécessaires à l'évaluation de la conformité. Comment encourager les entreprises mécaniciennes à s'emparer de la simulation numérique par le biais des normes ?

## Jumeau numérique

Dans son rapport Industrie du futur et normalisation de juin 2022, l'AFNOR mettait en lumière l'ensemble des structures de normalisation traitant du jumeau numérique. Pour proposer une méthodologie commune et renforcer les liaisons, l'AFNOR a créé une commission de normalisation sur le jumeau numérique. Suite à la création de cette commission transverse, comment accompagner plus spécifiquement les entreprises mécaniciennes ?



## Ontologie des normes de la mécanique

En 2023, l'UNM, le CETIM et le CRITT Informatique ont démarré une expérimentation pour mettre au point une méthodologie visant à numériser et structurer les paramètres des produits mécaniciens décrits dans les normes, sur la base des normes de terminologie et de nomenclature existantes. L'analyse du parc de normes UNM a conduit à sélectionner les domaines les plus fournis : la robinetterie, les pompes et les engins de terrassement. Cette expérimentation sera ensuite présentée aux différentes commissions de normalisation UNM pour décider des suites à donner.

## Traçabilité acier

Les fournisseurs d'aciers plats, les constructeurs automobiles, les équipementiers, les centres de services ont rédigé ensemble une norme européenne sur le traçage de la qualité des aciers destinés au marché de l'automobile. La norme NF EN 10372, issue de cette collaboration, spécifie une méthode de repérage des défauts isolés situés dans les produits plats (ou bandes) en acier revêtu ou non-revêtu au moyen de code-barres imprimés de façon équidistante sur la bande en cours de laminage.

Cette méthode, appelée « Quality tracking » a pour objectif de transférer des informations complémentaires aux utilisateurs d'acier. La lecture des données fournies par les code-barres permet en particulier à l'utilisateur de localiser les défauts et d'éliminer les parties de bandes qui en comportent.

## Internet des objets pour les boîtes aux lettres

La chute des volumes de courrier se poursuit alors que la quantité de colis distribuée augmente continuellement avec le développement du e-commerce. Il convient en conséquence de favoriser la livraison et le retour des courriers, des colis de tous formats et des commandes de toutes natures, jusqu'à l'alimentaire et donc de bâtir une infrastructure performante de boîtes aux lettres et à colis, individuelles et collectives, urbaine et rurale, unifiée et cohérente, qui permette la livraison/retrait sûre et du premier coup, avec un faible impact environnemental.

Cette évolution nécessite d'avoir des boîtes aux lettres / boîtes à colis connectées munies de serrures numériques permettant un système d'identification digital universel, tout en respectant la directive RGPD et la traçabilité des livraisons.



## Géolocalisation

Le domaine du machinisme agricole compte déjà quelques normes en lien avec la géolocalisation, à savoir : réseaux de commande et de communication de données en série (ISO 11783), modes opératoires d'essai des systèmes de positionnement et de guidage utilisés en agriculture (ISO 12188) ou encore systèmes d'autoguidage pour tracteurs commandés par opérateur et pour machines automotrices (ISO 10975).

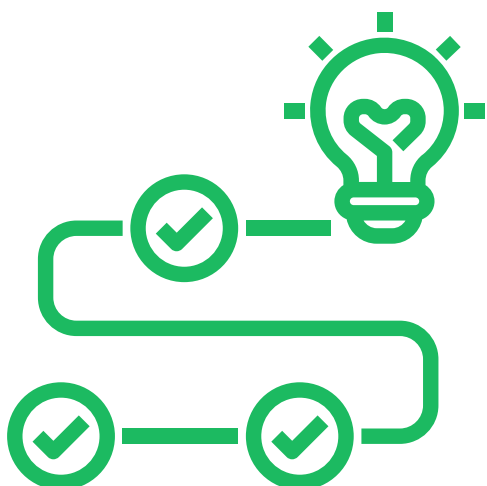
Le règlement machines prévoit de nouvelles exigences sur les lignes haute tension. Pour accompagner cette exigence, de nouvelles normes sur les systèmes de géolocalisation des machines devraient être développées.

## Standardisation OPC-UA

Les machines doivent pouvoir communiquer entre elles, pour des questions d'efficacité et d'optimisation. Pour ce faire, l'entreprise doit se doter d'un système de production industriel. Le protocole OPC-UA est un standard d'échange d'informations et de services, indépendant et sécurisé. OPC-UA développe des Companion Specifications pour accompagner les industriels dans la mise en œuvre du protocole. Quel soutien l'UNM / Mecallians peut apporter aux industriels pour participer à la construction de ces Companion Specifications ?

## SMART standards

Le projet SMART Standards vise à rendre le contenu des normes lisible par une machine, afin que les utilisateurs de normes puissent l'importer directement dans leurs systèmes (gain de temps et réduction des risques d'erreurs dues au copier/coller ou d'interprétation). Il vise également à faciliter la création de normes qui répondent aux besoins numériques des utilisateurs. Le projet est développé dans trois structures différentes : le CEN/CENELEC (Smart Standards), l'ISO (SMART) et l'IEC (SG 12). L'UNM participe activement aux travaux côté CEN/CENELEC.



En conclusion, du fait de leur caractère généralisable à l'ensemble des commissions de normalisation, **les ontologies et la simulation numérique** constituent un point de départ. Les autres thématiques pourront être déclinées dans les commissions au cas par cas, selon le besoin.



## Enjeux

Parmi l'ensemble des thématiques liées à la transformation numérique, l'**UNM a fait le choix de se focaliser sur les ontologies et la simulation numérique** : ces projets peuvent être largement dupliqués au sein des commissions de normalisation de l'UNM. En déployant ces deux thématiques, l'UNM accompagne ses parties prenantes dans leur transition numérique.

Les commissions de normalisation sont composées d'une diversité de parties prenantes. Interroger les différentes typologies de parties prenantes permet de dégager les enjeux spécifiques liés à chaque typologie, à savoir :

- Fournisseur / fabricant : les aider à intégrer les solutions numériques
- Utilisateur : mieux appréhender les évolutions digitales, les intégrer dans la production, exploiter les données
- Support technique : accompagner à l'appropriation
- Évaluateur : se baser sur des modèles fiables et reconnus



Des enjeux spécifiques liés à la transition numérique se dégagent selon les typologies de parties prenantes, néanmoins la transition numérique est à ses prémices. Les enjeux de la transition numérique pour la normalisation consistent, à ce jour, à construire le portefeuille de normes et plus particulièrement à répondre aux enjeux suivants :

▶ **La transition numérique bouscule les codes de l'industrie mécanique. Les documents normatifs proposent un cadre de travail partagé. Ces documents normatifs fournissent ainsi des solutions fiables et pérennes pour aider les parties prenantes à entreprendre cette transition.**

▶ **Par le biais de la normalisation et des normes, les parties prenantes se dotent d'outils pour exploiter des données tout en en gardant la maîtrise. En d'autres termes, les normes, construites sur la base du consensus, évitent que de très grandes entreprises prennent un monopole et dictent leurs règles.**

▶ **Les normes constituent un outil permettant de donner des preuves de conformité. Par exemple, une entreprise souhaite développer un essai par simulation numérique. Quels sont les points de contrôle permettant de valider le modèle choisi pour mener cette simulation ?**

▶ **Les normes permettent l'interopérabilité : les normes décrivent des produits selon un format standardisé. Ces données deviennent ainsi exploitables, comparables et intégrables à des données systèmes ou machines. Ces éléments communiquent ensemble.**

▶ **La simulation numérique offre de nouvelles perspectives pour optimiser des essais et mieux exploiter les résultats : ainsi, ces normes offrent de nouvelles données et approches permettant de questionner les normes existantes, les compléter ou en développer de nouvelles.**

▶ **La transition numérique révolutionne l'industrie mécanique... mais aussi la normalisation ! La norme du futur sera directement lisible par les machines : les erreurs d'interprétation seront drastiquement réduites et le travail des parties prenantes de la mécanique se verra facilité.**





# État des lieux normatif

Dans son rapport *Industrie du futur et normalisation* du 8 juin 2022, l'AFNOR précise que les normes posant les fondamentaux de la simulation sont disponibles (plusieurs centaines de normes) et qu'il reste à développer les cas d'usage pour assurer une meilleure appropriation par le monde industriel.

Néanmoins, les cas d'usage et initiatives correspondent bien souvent à des cas isolés.

## Simulation numérique

Afin de progresser sur le déploiement de la simulation numérique, l'UNM a mené, en 2022, une recherche visant à identifier deux éléments :

- Les normes générales AFNOR portant sur la simulation numérique (deux normes recensées) ;
- Les normes issues des commissions de normalisation UNM comportant des essais cycliques et répétitifs. Le but de cette démarche consistait à identifier les essais pouvant être trop nombreux ou trop coûteux et chronophages, et que la simulation numérique peut remplacer ou optimiser.

## Ontologie des normes de la mécanique

Les normes mécaniciennes constituent un recueil de données considérable pour l'élaboration de dictionnaires numériques de domaines.

Les normes contiennent des descriptions de familles de composants ou d'équipements, proposées sous une forme terminologique (nom, définition, illustration, etc.) et complétées par des caractéristiques techniques, elles-mêmes associées à des informations technico-terminologiques (nom, symbole, unité de mesure, ...).

En 2023, l'UNM, le CETIM et le CRITT Informatique ont démarré une expérimentation pour mettre au point une méthodologie visant à numériser et structurer les paramètres des produits mécaniciens décrits dans les normes, sur la base des normes de terminologie et de nomenclature existantes. L'analyse du parc de normes UNM a conduit à sélectionner les domaines les plus fournis : la robinetterie, les pompes et les engins de terrassement.

Ces travaux ont permis de vérifier la faisabilité de construction des dictionnaires de domaine à partir du parc de normes de la mécanique, et de garantir l'interopérabilité pour permettre d'échanger des produits ou des catalogues indépendamment des systèmes qui les produisent, ou les consomment.



# Analyse stratégique

Pour déployer la **simulation numérique** et l'**ontologie des normes de la mécanique**, l'UNM a mené une analyse SWOT, qui a permis de construire un plan d'action.

## Forces

- Travaux menés en étroite collaboration avec le CETIM
- Implication du CETIM dans les commissions de normalisation
- Faire porter la voix des mécaniciens dans d'autres instances de normalisation transverses
- Travaux sur l'IoT et OPC UA suivis par l'UNM
- Existence de l'UNM 03 Mécatronique (dont le domaine d'application peut évoluer)

## Opportunités

- Développer des normes pour la conformité d'une simulation numérique
- Utiliser la simulation numérique pour questionner les normes mécaniques existantes ou les compléter
- Communiquer les cas d'usage aux commissions pour une meilleure appropriation
- Fournir des outils et une grille de lecture
- Possibilité de créer des guides sous l'égide MECALLIANS qui répondent rapidement à un besoin industriel
- Promouvoir l'usage de la simulation numérique dans les commissions de normalisation
- Être moteur et leader sur le développement de normes mécaniciennes du numérique
- Création d'agences de maintenance ISO pour la mise à jour des normes en temps réel
- Passeport numérique des produits (DPP)

## Faiblesses

- Manque d'interlocuteurs sur les questions numériques, en dehors du CETIM, dans les commissions de normalisation
- Faible maturité des experts produits sur les questions numériques en normalisation
- Faible activité du CEN et de l'ISO sur les questions liées au numérique (SMART Standards)
- Absence du CEN sur les sujets numériques et manque de flexibilité sur la gestion des dictionnaires (agences de maintenance)
- Manque de structure pour défendre une position mécanicienne
- De nombreuses initiatives mais qui correspondent à des cas isolés
- Manque de visibilité sur les documents à écrire [Quelle typologie de documents ? Peut-on écrire des normes ?]

## Menaces

- Autant de simulations numériques que d'objets d'étude ?
- Perte de leadership des mécaniciens sur les données relatives à ses produits (concurrence avec d'autres instances ou consortia)
- Délaissement des normes au profit des spécifications des fournisseurs



De façon générale, cette analyse permet d'identifier plusieurs opportunités pour déployer la normalisation du numérique au sein des commissions de normalisation.

Néanmoins, on constate une absence de l'expertise dans le domaine du numérique au sein des commissions de normalisation. Afin de pouvoir progresser sur le déploiement des projets numériques, il conviendra de construire un plan de communication pour sensibiliser les parties prenantes.



# Plan d'action

Ce plan d'action, qui concerne la simulation numérique et l'ontologie, décrit les actions entreprises au cours de l'année 2023 et propose une vision à 5 ans. Ce plan d'action fera l'objet de mises à jour au cours des prochaines années.

## 1. Ontologie des normes de la mécanique

### Court terme (2023-2025)

L'expérimentation réalisée en 2023 a permis de mettre au point une méthodologie pour trois cas d'études : la robinetterie industrielle, les engins de terrassement et les pompes hydrauliques. Ces cas d'études ont été ou seront présentés aux commissions UNM concernées d'ici au premier trimestre 2024, afin de décider des suites à donner. La méthodologie pourra ensuite être présentée à toutes les commissions de normalisation dans le but de la déployer dans d'autres domaines. Un plan de communication est en cours de développement pour sensibiliser les parties prenantes.

Au début des années 2000, l'UNM et le CETIM ont mis en place une agence de maintenance à l'ISO/TC 29 pour la création d'un dictionnaire en ligne sur les outils coupants (série de normes ISO 13399).

Auparavant, la société Sandvik Coromant devait gérer 250 formats différents pour répondre aux demandes de ses clients. Un travail de normalisation a permis d'établir un langage commun partagé qui sert toutes les parties prenantes. Les entreprises peuvent télécharger l'ensemble des propriétés et les traiter dans leurs propres systèmes d'information pour décrire leur produit à l'aide des propriétés normalisées.

En parallèle, l'UNM assure depuis novembre 2022 le secrétariat du groupe CEN/TC 33/WG 4/TG 18 qui développe une structure pour des modèles de données spécifiques pour la quincaillerie de bâtiment couverts par le CEN/TC 33/WG 4, sur la base des principes développés par le CEN/TC 442. Ces travaux sont basés sur une étude préalablement menée par l'UNIQ et le CETIM.

Le CEN/TC 33/WG 4/TG 18 définira un ensemble de propriétés pour les objets BIM pour la quincaillerie des portes et des fenêtres, à l'appui des processus numériques utilisant un format lisible par les machines. Il définira également un ensemble de propriétés pour les objets BIM génériques, incluant éventuellement des valeurs génériques.

Le calendrier est en cours d'élaboration et devrait être affiné en janvier 2024. L'objectif étant de déployer les travaux européens dans les trois prochaines années.

### Moyen terme (2026-2027)

Décrire un composant numériquement permet de participer à la construction de son jumeau numérique. Les données collectées au cours de la phase 1 (2023-2025) permettront de construire la réflexion autour du jumeau numérique.



## 2. Simulation numérique

### Court terme (2023-2025)

#### PROJETS DU CETIM

Le projet de développement de la simulation numérique à l'UNM, basé sur les travaux du CETIM, est constitué de trois axes de travail :

##### Axe 1 :

Développer une méthodologie générique d'utilisation de la simulation numérique pour le domaine de la mécanique comme aide à l'amélioration des normes. L'objectif consiste à écrire un guide de bonnes pratiques en simulation numérique qui devra préciser les exigences d'exactitude, de crédibilité et de confiance dans les résultats obtenus par modélisation et simulation numérique.

##### Axe 2 :

Montrer comment la simulation numérique peut permettre d'améliorer ou compléter les normes. Pour cet axe, deux normes ont été choisies par le CETIM pour mener cette simulation :

- ▶ La norme NF E 22-057-02 *Transmissions mécaniques - Calcul de la capacité des arbres et axes - Partie 2 : Facteurs d'influence.*

Le présent document détermine les facteurs d'influence (coefficients de surface, coefficients théoriques ou effectifs de concentration des contraintes, etc.) permettant de calculer la fatigue des arbres et axes selon la NF E 22-057-1 *Généralités.*

Les formules et abaques utilisées dans la norme sont principalement issues de la littérature spécialisée, toutefois certaines configurations ne sont pas ou peu traitées, notamment celles avec des combinaisons de singularités géométriques (effet de la proximité de singularités dans les calculs de concentration de contrainte). En s'appuyant sur des travaux initiés par la commission professionnelle *Transmissions Mécaniques* réalisés sur la période 2019-2021, le CETIM traitera, par des calculs éléments finis, le cas de quelques combinaisons de singularités dans le but de compléter la norme par de nouvelles équations ou de nouveaux abaques de détermination du coefficient de concentration de contraintes combinés (Kt).

Ces résultats seront transférés à la commission de normalisation UNM 05 *Transmissions mécaniques.*

- ▶ La norme ISO 12107 *Matériaux métalliques - Essais de fatigue - Programmation et analyse statistique de données*

Cette norme spécifie des méthodes pour la planification expérimentale des essais de fatigue et l'analyse statistique des données obtenues. L'objectif est de déterminer les propriétés de fatigue des matériaux métalliques avec un degré de confiance élevé et un nombre pratique d'échantillons.



Dans le cas spécifique de la méthodologie staircase, le nombre d'échantillons requis est élevé et la norme ne traite pas du cas où le nombre d'échantillons disponibles est réduit, ce qui empêche son utilisation pour de nombreuses situations industrielles.

Pour cette analyse, le CETIM étudiera l'impact du nombre d'échantillons sur la qualité et la précision des résultats des analyses statistiques en regard de leur utilisation pour le dimensionnement de pièces mécaniques et du contexte technico-économique associé (gain technique par rapport aux moyens économiques mis en jeu dans la réalisation des essais). Le choix historique fait quant à ces nombres d'échantillons imposés en fonction des méthodes d'analyses sera également interrogé. Les résultats seront transférés à la commission UNM AC 101-10 *Essais mécaniques des matériaux métalliques*.

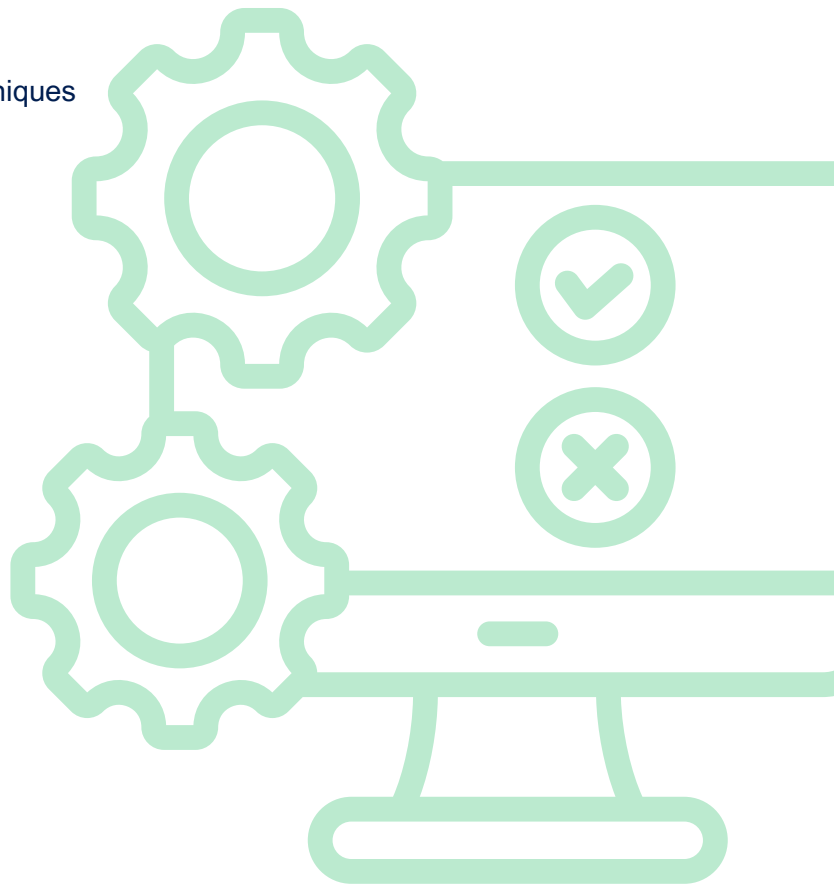
Les essais de simulation menés sur ces deux normes devront, en parallèle, permettre de confronter le guide de bonnes pratiques sur la simulation numérique.

### Axe 3 :

Déterminer les normes supplémentaires candidates à la mise en œuvre d'outils numériques pour optimiser leur application.

En se basant sur l'expérience des experts et le guide de bonnes pratiques, une liste de normes candidates sera établie dans le but de définir des travaux à réaliser sur la période 2024 - 2025. Ces normes seront choisies parmi les plus utilisées et dans des domaines distincts :

- Dimensionnement de pièces mécaniques
- Analyses de données
- Vérification et étalonnage
- Réalisation d'essais
- Métrologie...



# PROJET DE LA COMMISSION UNM CNS SENS « SOUDAGE – STRATÉGIE, ENVIRONNEMENT, TERMINOLOGIE, HYGIÈNE »

Le soudage est un procédé dont la maîtrise s'appuie de plus en plus sur des modèles numériques de compréhension et de prédiction des déformations et contraintes. La simulation est aujourd'hui employée lors de la conception, la fabrication ou la justification des assemblages dans un grand nombre des industries manufacturières.

L'industrie nucléaire étend son utilisation dans des dossiers de sûreté : ces simulations numériques s'inscrivent ainsi dans un cadre de réglementation nucléaire impliquant une démarche proportionnée aux enjeux, un cadre de modélisation et de qualification des outils de calculs scientifiques assurant la quantification des incertitudes.

L'évolution en norme internationale de l'AWI ISO/TS 18166 *Simulation numérique pour le soudage - Exécution et documentation* est motivée principalement par une description améliorée des méthodes de simulation, la fourniture de bonnes pratiques concrètes et effectives pour les utilisateurs et l'ajout d'éléments de vérification et validation des calculs et de leurs critères associés.

La commission UNM CNS SENS, qui pilote cette révision, prévoit de publier un projet révisé à l'ISO/TC 44 *Soudage et techniques connexes* en septembre 2025.

## Moyen terme (2026-2027)

Sur la base de toutes les initiatives liées à la transition numérique, le plan d'action à moyen terme aura pour but de :

### Axe 1 :

Regrouper et donner de la visibilité à l'ensemble des initiatives liées à la transition numérique. Cette visibilité doit s'accompagner de « success stories ». En parallèle, les livrables développés dans le cadre de la simulation numérique (guide de bonnes pratiques, cas d'étude sur les normes) devront être promus au sein des commissions de normalisation selon un plan de communication.

Ces actions ont pour but d'identifier les industriels prêts à s'investir en normalisation pour déployer la transition numérique dans les normes.

### Axe 2 :

Lorsque les soutiens et parties prenantes seront identifiées, il conviendra de créer une structure de normalisation dédiée au numérique, incluant toutes les thématiques identifiées ci-dessus. Cette structure aura pour objectif de mener une veille, développer des guides et documents normatifs. Cette structure de normalisation aura une vision globale des livrables normatifs et des commissions de normalisation de l'UNM : elle sera en capacité d'accompagner les commissions de normalisation souhaitant utiliser les outils numériques pour écrire ou faire évoluer les normes.



# Bibliographie

Industrie du futur et normalisation, AFNOR, 8 juin 2022

Ontologie A4, Construction d'ontologies de domaine à partir des normes de la mécanique, CETIM, UNM, CRITT Informatique

Ontologie Méthodologie V2, Méthodologie de numérisation du parc de normes mécaniciennes

Numérisation des normes mécaniciennes, Eric Sardet, CRITT Informatique





UNM - 45 rue Louis Blanc - 92400  
Courbevoie Tel : +33 (0)1 47 17 67 67  
[unm.fr](http://unm.fr)