

Outil d'évaluation du niveau de maturité technologique (NMT)

Le présent outil d'évaluation du NMT répartit neuf niveaux de maturité technologique (NMT) en quatre grands stades de développement de la technologie :

1. Recherche fondamentale
2. Recherche et développement
3. Projets pilotes et usines de démonstration
4. Adoption précoce

L'outil fournit une description de chaque NMT ainsi qu'une liste de vérification permettant de déterminer si la technologie se situe effectivement à ce NMT.

Principes directeurs

Il convient d'appliquer les principes suivants lors de la détermination du NMT d'une technologie :

- **Commencer par le stade général de développement de la technologie** : Lors de la détermination d'un NMT, il est préférable de commencer par le stade de développement général de la technologie avant d'évaluer le NMT précis.
- **Dans le doute, mieux vaut être prudent** : En cas d'incertitude entre deux niveaux de NMT durant l'évaluation d'une technologie, il convient d'attribuer le NMT le plus bas.
- **Veiller à ce que l'environnement de travail soit bien compris** : Un élément important des différents NMT est l'environnement de test d'une technologie. Il est important de bien comprendre les conditions réelles attendues et comment, le cas échéant, l'environnement de test (p. ex. en laboratoire, dans un environnement simulé ou dans un environnement opérationnel) représente ces conditions.
- **Un NMT est seulement valide dans l'environnement opérationnel précis pour lequel il a été testé** : Si une technologie développée doit être déployée dans un environnement opérationnel différent de celui pour lequel elle a été testée, celle-ci ne sera plus considérée comme entièrement développée. Elle devra alors être testée et retravaillée pour qu'elle soit considérée au même NMT dans le nouvel environnement opérationnel.

Distinction importante : On considère qu'une technologie **a atteint un NMT précis** si elle a satisfait à les exigences de ce niveau et de tous les niveaux précédents. On considère qu'une technologie **se situe à un certain NMT** si l'équipe de recherche travaille à satisfaire les exigences de ce niveau.

Aux fins des initiatives et des programmes de technologies propres du gouvernement fédéral, les promoteurs et les programmes doivent se servir du barème du NMT pour décrire le NMT que l'équipe de recherche s'efforce actuellement d'atteindre (c.-à-d. le NMT auquel la technologie se situe actuellement).

Tableau des niveaux de maturité technologique (NMT)¹

Stage de développement de la technologie	NMT	Définition	Description	Liste de vérification des activités permettant d'atteindre ce niveau
Recherche fondamentale	1	Observation et mention des principes fondamentaux	La recherche scientifique commence par les propriétés d'une technologie potentielle observées dans le monde physique. Ces propriétés fondamentales font l'objet de rapports dans la littérature.	<input type="checkbox"/> Les activités de recherche fondamentale ont été menées et les principes fondamentaux ont été définis. <input type="checkbox"/> Les principes et les résultats ont été publiés dans la littérature (p. ex. des articles de recherche, des articles évalués par des pairs, des livres blancs).
	2	Formulation du concept de l'application ou de la technologie	La recherche appliquée commence par la détermination des applications pratiques de principes scientifiques fondamentaux. L'accent est mis sur une compréhension accrue de la science et sur la corroboration des observations scientifiques fondamentales faites au cours des travaux du NMT 1. L'analyse de la faisabilité des applications spéculatives est menée et mentionnée dans les études scientifiques.	<input type="checkbox"/> Les applications des principes fondamentaux ont été déterminées. <input type="checkbox"/> Les applications et les analyses justificatives ont été publiées dans la littérature (p. ex. études analytiques, petits éléments de code pour les logiciels, articles comparant les technologies).
Recherche et développement	3	Validation de principe expérimentale	Les activités de recherche et développement commencent. Les applications passent du stade théorique au stade de travail expérimental. La faisabilité de composants technologiques distincts est validée au moyen d'études analytiques et d'études en laboratoire. On n'a pas encore tenté d'intégrer les composants dans un système complet.	<input type="checkbox"/> La validation de principe ou la fonction analytique et expérimentale essentielle ont été mises au point. <input type="checkbox"/> Les composants distincts ont été validés dans un environnement de laboratoire .
	4	Validation du ou des composants dans un environnement de laboratoire	Les composants technologiques de base sont intégrés de façon « spéciale » pour valider le bon fonctionnement commun dans un environnement de laboratoire . Le système « spécial » sera probablement un mélange de matériel sur place et de quelques composants	<input type="checkbox"/> Les composants intégrés de façon « spéciale », les sous-systèmes ou les sous-processus ont été validés dans un environnement en laboratoire . <input type="checkbox"/> La différence entre l'intégration « spéciale » et les résultats des tests par rapport aux objectifs attendus du système est comprise.

¹ Adaptation de : AIE (2020), GAO des É.-U. (2020), Département de l'Énergie des É.-U. (2015), Département des Transports des É.-U.(2015), Département de la Défense des É.-U. (2010), Commission européenne (2017), NYSERDA (2018), PICC (2017).

Stage de développement de la technologie	NMT	Définition	Description	Liste de vérification des activités permettant d'atteindre ce niveau
			spéciaux qui peuvent nécessiter une manipulation, un calibrage ou un alignement particuliers pour fonctionner.	
	5	Validation du ou des composants semi-intégrés dans un environnement simulé	Les composants technologiques de base intégrés fonctionnent pour les applications prévues dans un environnement simulé . Les configurations sont en cours d'élaboration, mais peuvent être soumises à des changements fondamentaux. La technologie et l'environnement au NMT 5 sont plus proches de l'application finale qu'elles l'étaient au NMT 4.	<input type="checkbox"/> Les composants/sous-systèmes ou processus semi-intégrés ont été validés dans un environnement simulé . <input type="checkbox"/> La différence entre l' environnement simulé et l' environnement opérationnel prévu et la comparaison entre les résultats des tests et les attentes sont comprises.
Projets pilotes et démonstration	6	Démonstration du système ou du processus prototype dans un environnement simulé	Un modèle ou un prototype qui représente une configuration quasi souhaitée est en train d'être développé à l'échelle pilote, généralement plus petite que la pleine échelle. Le modèle ou le prototype sont testés dans un environnement simulé .	<input type="checkbox"/> Le modèle ou le prototype sont développés à l'échelle pilote. <input type="checkbox"/> Le système pour le modèle ou le prototype se rapproche de la configuration souhaitée pour ce qui est du rendement et du volume, à une échelle généralement plus petite que la pleine échelle. <input type="checkbox"/> Le système pour le prototype ou le modèle à l'échelle pilote a été démontré dans un environnement simulé . <input type="checkbox"/> La différence entre l' environnement simulé et l' environnement opérationnel et entre les résultats et les attentes est comprise.
	7	Démonstration du système prototype prêt (forme, ajustage et fonction) dans un environnement opérationnel approprié	Un prototype à pleine échelle est démontré dans un environnement opérationnel , mais sous certaines conditions (p. ex. des tests sur le terrain). À ce stade, la conception finale est presque terminée.	<input type="checkbox"/> Un prototype à pleine échelle prêt (forme, ajustage et fonction) est développé. <input type="checkbox"/> Un prototype à pleine échelle est démontré dans un environnement opérationnel , mais sous certaines conditions.

Stage de développement de la technologie	NM T	Définition	Description	Liste de vérification des activités permettant d'atteindre ce niveau
	8	Mise au point de la technologie actuelle et qualification au moyen de tests et de démonstrations	Il est prouvé que la technologie fonctionne dans sa forme finale et dans les conditions prévues. Ce stade représente généralement la fin du développement de la technologie. À ce stade, les opérations sont bien comprises, les procédures opérationnelles sont élaborées et les derniers ajustements sont effectués.	<input type="checkbox"/> La configuration finale de la technologie est développée. <input type="checkbox"/> La configuration finale est testée avec succès dans un environnement opérationnel . <input type="checkbox"/> La capacité de la technologie à satisfaire aux exigences opérationnelles a été évaluée et les problèmes ont été consignés; des plans, des options ou des mesures pour résoudre les problèmes ont été déterminés.
Adoption précoce	9	Validation de la technologie réelle par le déploiement réussi dans un environnement opérationnel	L'application réelle de la technologie dans sa forme finale est effectuée dans toute une série de conditions opérationnelles. Ce stade, parfois appelé « opérations du système », est celui où la technologie est retravaillée et adoptée.	<input type="checkbox"/> La technologie a été déployée avec succès et a fait ses preuves dans toute une série de conditions opérationnelles. <input type="checkbox"/> Les rapports d'opérations, de tests et d'évaluation ont été réalisés.
Offerte sur le marché		Le développement de la technologie est terminé.	La technologie est offerte sur le marché ou a été vendue directement à un acheteur du secteur privé ou public, dans son état actuel d'offre de service, à des fins autres que les tests ou le développement. La technologie est commerciale et compétitive, mais pourrait nécessiter un travail d'intégration supplémentaire pour être adoptée à grande échelle.	<input type="checkbox"/> La technologie est offerte sur le marché ou a été vendue dans son état actuel d'offre de service, à des fins autres que les tests ou le développement.

Termes clés²

Recherche scientifique : Une recherche visant à élargir la base des connaissances scientifiques théoriques et des prévisions universellement applicables.

Recherche appliquée : L'application des connaissances scientifiques pour résoudre des problèmes pratiques donnés ou répondre à certaines questions.

² Adaptation de : Fondation nationale des sciences des É.-U. (2018), Département de l'Énergie des É.-U. (2015), Département des Transports des É.-U. (2015), SBIR (2014).

Recherche et développement : Un travail systémique visant à créer de nouveaux produits, procédés ou techniques ou à améliorer ceux qui existent déjà.

Validation de principe : Une démonstration analytique et expérimentale de concepts matériels/logiciels.

Modèle : Forme fonctionnelle d'un système, habituellement à échelle réduite, qui répond complètement, ou presque, aux exigences en matière de spécifications opérationnelles.

Prototype : La première représentation du système qui offre les fonctions et le rendement attendus du produit final.

Environnement de laboratoire : Un environnement de test entièrement contrôlé où un nombre limité de fonctions et de variables sont testées. Les tests dans un environnement de laboratoire visent uniquement à démontrer les principes sous-jacents du rendement technique (fonctions), sans égard à l'impact de l'environnement.

Environnement simulé : Un environnement de travail pertinent avec des conditions réalistes contrôlées, généralement à l'extérieur du laboratoire. Si on prévoit d'utiliser la technologie dans divers environnements (p. ex. dans l'Arctique et dans le sud du Canada), elle doit être développée et testée dans un environnement simulé pour toutes les conditions.

Environnement opérationnel : Un environnement « réel » avec des conditions associées à l'utilisation typique du produit ou du processus. Si on prévoit d'utiliser la technologie dans divers environnements (p. ex. dans l'Arctique et dans le sud du Canada), elle doit être développée et testée dans chaque environnement opérationnel.

Références et ressources

Note importante: Le Carrefour de la croissance propre a mené l'élaboration du présent guide au titre de ses responsabilités concernant le volet sur les données administratives de la Stratégie relative aux données sur les technologies propres du gouvernement du Canada³

[AIE] Agence internationale de l'énergie (2020), Technology Perspectives 2020: Special Report on Clean Energy Innovation Accelerating technology progress for a sustainable future. [en anglais seulement]

[GAO des É.-U.] Government Accountability Office des É.-U. (2020), Technology Readiness Assessment Guide. Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects. [en anglais seulement]

[NYSERDA] New York State Energy Research and Development Authority (2018), NYSERDA Technology and Commercialization Readiness Level Calculator Tool. [en anglais seulement]

[SBIR des É.-U.] Small Business Innovation Research Program des É.-U. (2014), Select Appendices: Appendix A Technology Readiness Level (TRL) Descriptions. [en anglais seulement]

CloudwatchHUB (2016), A brief refresher on Technology Readiness Levels (TRL). [en anglais seulement]

Commission européenne (2017), Technology Readiness Level: Guidance Principles for Renewable Energy Technologies. [en anglais seulement]

Commission européenne (2017a), Technology Readiness Level: Guidance Principles for Renewable Energy Technologies. Annexes.

Département de l'Énergie des É.-U. (2010, 2^e édition) Standard Review Plan Technology Readiness Assessment Report. [en anglais seulement]

Département de l'Énergie des É.-U. (2015), Technology Readiness Assessment Guide. [en anglais seulement]

Département de la Défense des É.-U. (2010), Technology Readiness Levels in the Department of Defence. [en anglais seulement]

Département des Transports des É.-U. (2015), Technology Readiness Level. [en anglais seulement]

Ensipire.science (consultation le 17 février 2020), TRL Scale in Horizon 2020 and ERC –Explained. [en anglais seulement]

Fondation nationale des sciences des É.-U. (2018), Definitions of Research and Development: An Annotated Compilation of Official Sources. [en anglais seulement]

Programme d'innovation Construire au Canada (2017), Définitions du Programme d'innovation Construire au Canada. [Plus disponible]

Ressources naturelles Canada (2019), Guide du demandeur pour le programme de croissance propre. Annexe D – Niveau de maturité technologique.

³ Stratégie relative aux données sur les technologies propres du gouvernement du Canada. Accessible à l'adresse : https://www.ic.gc.ca/eic/site/099.nsf/fra/h_00019.html