

# Technet

Les technologies  
de fabrication  
avancées

---

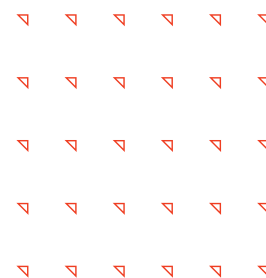
L'Initiative  
technologique  
nationale

LES USINES  
DU FUTUR  
DANS L'ÉCONOMIE  
NUMÉRIQUE



## # 1

## LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE



Le monde d'aujourd'hui est sur le point de passer à une économie entraînée par les technologies de nouvelle génération, appelée l'« économie numérique », qui est en fait une économie fondée sur les données ou, plutôt, une **économie pilotée par les données dites « intelligentes »**. Un élément central de cette économie est l'industrie manufacturière de haute technologie qui doit être apte à faire face aux exigences de compétitivité internationale, d'efficacité et de haute productivité du travail.

Pour satisfaire à ces exigences, l'industrie est en pleine transformation qui comporte la numérisation totale, l'automatisation et la mise en place des systèmes intelligents jusqu'à l'avènement des systèmes cyberphysiques et la convergence des mondes physique et numérique. Ces changements technologiques profonds s'accompagnent du développement des processus d'affaires foncièrement nouveaux à tous les niveaux.

**LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DANS L'INDUSTRIE EST FONDÉE SUR L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE FABRICATION AVANCÉES QUI SONT DÉVELOPPÉES ET MISES EN ŒUVRE PAR LE BIAIS DE PROGRAMMES D'ENVERGURE DANS LES GRANDES ÉCONOMIES MONDIALES : L'« ADVANCED MANUFACTURING PARTNERSHIP » AUX ÉTATS-UNIS, L'« INDUSTRIE 4.0 » EN ALLEMAGNE, LES « USINES DU FUTUR » (FACTORIES OF THE FUTURE PPP) DANS L'UNION EUROPÉENNE, LE « MADE IN CHINA 2025 » EN CHINE, ETC.**

En réponse aux enjeux de la nouvelle réalité économique, la Russie a lancé l'**Initiative technologique nationale (ITN)**.



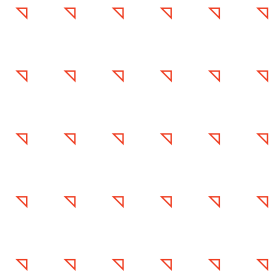
« Il est absolument indispensable que nous réfléchissions aux façons dont nous affronterons les enjeux de demain. À cet effet, je propose de mettre en œuvre une initiative technologique nationale. À partir d'une démarche de prospective à long terme, il faut identifier les défis auxquels devra faire face la Russie d'ici 10-15 ans et sélectionner les solutions de pointe dont nous aurons besoin pour assurer la sécurité nationale, garantir un niveau de vie élevé et développer les industries fondées sur les technologies de prochaine génération ».

Vladimir Poutine,  
Président de la Fédération de Russie,  
extrait du Discours annuel devant l'Assemblée fédérale,  
le 4 décembre 2014

L'importance des technologies de fabrication avancées au sein de l'Initiative technologique nationale est déterminée par leur caractère transversal, c'est-à-dire leur applicabilité à la plupart des nouveaux marchés de l'ITN et à l'industrie manufacturière de haute technologie. C'est par le biais du développement, de la mise à l'échelle et de la mise en application des technologies de fabrication avancées en Russie qu'il est possible de créer les produits et services de haute technologie compétitifs au niveau mondial.

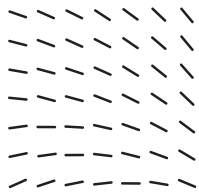
# # 2

## QU'EST-CE QUE L'ITN?

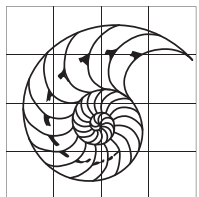


L'initiative technologique nationale (ITN) est un programme interinstitutionnel d'ensemble visant à créer des marchés foncièrement nouveaux et à assurer le leadership technologique de la Russie à l'horizon 2035 qui a été proposé par le président russe Vladimir Poutine dans son Discours annuel devant l'Assemblée fédérale le 4 décembre 2014.

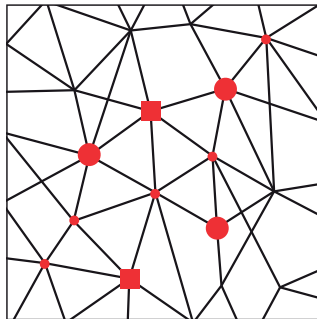
**DANS LE CADRE DE L'ITN, LA RUSSIE METTRA UN ACCENT PARTICULIER SUR LES MARCHÉS QUI SONT SUSCEPTIBLES DE CRÉER LES INDUSTRIES FONDÉES SUR LES TECHNOLOGIES DE PROCHAINE GÉNÉRATION NÉCESSAIRES POUR ASSURER LA SÉCURITÉ NATIONALE ET GARANTIR UN NIVEAU DE VIE ÉLEVÉ.**



Energynet

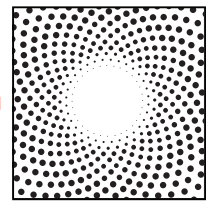


Safenet

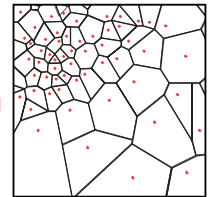


Technet

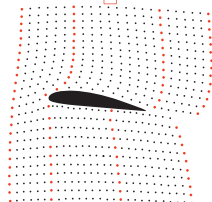
Domaine d'action transversal visant à apporter un appui technologique aux nouveaux marchés de l'ITN et à l'industrie manufacturière de haute technologie.



Foodnet



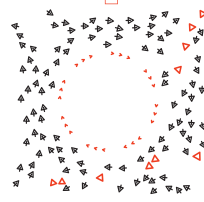
Healthnet



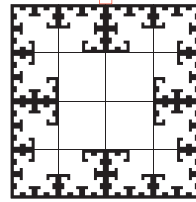
Aeronet



Marinet



Autonet

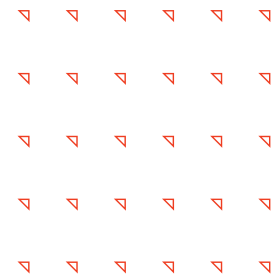


Finnet



Neuronet

## # 3

QU'EST-CE QUE  
TECHNET?

**TECHNET (LES TECHNOLOGIES DE FABRICATION AVANCÉES) EST UN DOMAINE D'ACTION TRANSVERSAL VISANT À APPORTER UN APPUI TECHNOLOGIQUE AUX NOUVEAUX MARCHÉS DE L'ITN ET À L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE DE HAUTE TECHNOLOGIE.**

Technet est conçu pour le développement, la mise à l'échelle et la mise en application des technologies de fabrication avancées. C'est à l'occasion de la réunion du Présidium du Conseil présidentiel pour la modernisation de l'économie et le développement de l'innovation du 16 septembre 2014 que ces technologies ont pour la première fois fait l'objet d'une attention particulière. D'après le concept de l'ITN, les technologies de fabrication avancées sont les suivantes :

**la conception numérique et simulation** comme une combinaison de la conception assistée par ordinateur (CAO) ; de la modélisation mathématique, de l'ingénierie assistée par ordinateur (IAO) et du calcul haute performance (HPC), de l'optimisation assistée par ordinateur (OAO) ; de la fabrication assistée par ordinateur (FAO) avec un accent particulier sur la fabrication additive (fabrication additive assistée par ordinateur, FAAO) ; de la conception bionique pilotée par la simulation et l'optimisation ; des modèles intelligents ; des jumeaux numériques intelligents ; du système de gestion des données techniques (SGDT ou PDM) et de la gestion du cycle de vie des produits (PLM) ;

**les nouveaux matériaux** : principalement mais non exclusivement les matériaux composites, métamatériaux, poudres métalliques pour la fabrication additive ;

**les technologies additives** : les systèmes, matériaux, procédés et services de fabrication additive ;

**les technologies CNC et la fabrication hybride**, y compris les machines-outils à commande numérique et systèmes d'entraînement ;

**la détection industrielle** : l'intégration des capteurs intelligents et contrôleurs dans l'équipement de production, l'atelier ou toute une usine ;

**la robotique industrielle** : principalement les cellules de fabrication flexible ;

**les systèmes d'information de l'entreprise** : les systèmes de contrôle industriel (ICS), les systèmes d'exécution des fabrications (MES), les progiciels de gestion intégrés (PGI ou ERP), les logiciels d'applications d'entreprise (EAS) ;

la génération, la collecte, le stockage, la gestion, le traitement et le transfert du **Big Data intelligent** ;

**l'Internet industriel** ;

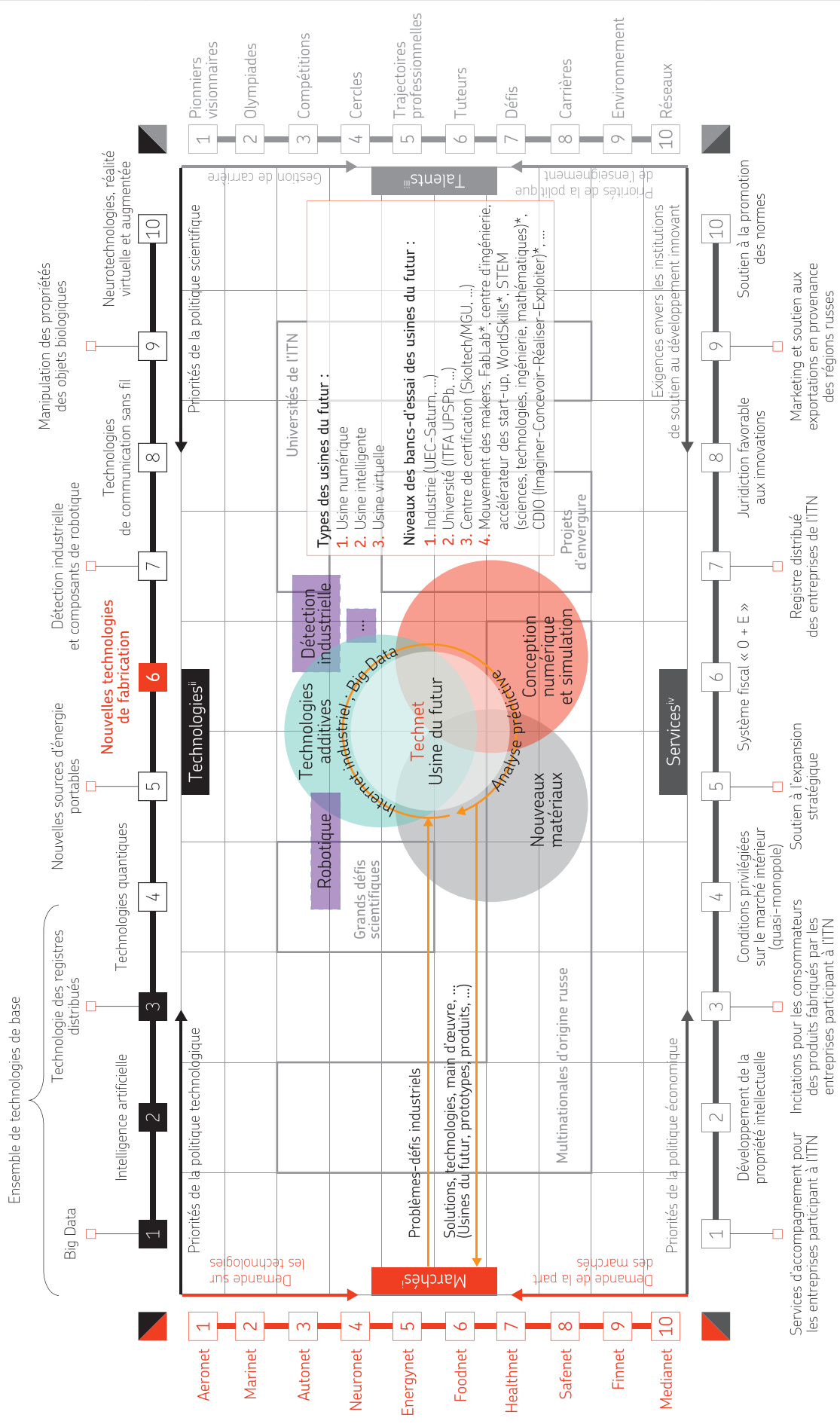
**la réalité virtuelle et augmentée** ;

**les systèmes experts et l'intelligence artificielle.**

Prise isolément, aucune technologie de fabrication avancée, si avancée qu'elle soit, ne peut conférer un avantage concurrentiel durable sur le marché. Ce sont les solutions technologiques complexes qui sont donc nécessaires pour le développement et la fabrication, dans les plus brefs délais, des **produits** de nouvelle génération **compétitifs à l'échelle mondiale**. Aux termes de la feuille de route « Technet », ces solutions composées des meilleures technologies de premier rang mondial sont dénommées « **usines numériques, intelligentes et virtuelles du futur** ».

L'Initiative technologique nationale

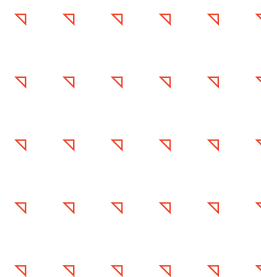
LA MATRICE DE L'ITN



Source : Institut des technologies de fabrication avancées de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg à partir des informations de l'Agence des initiatives stratégiques

## # 4

# LA STRUCTURE À MULTINIVEAUX DES USINES DU FUTUR



## L'USINE DU FUTUR EST UN CERTAIN TYPE DE PROCESSUS D'AFFAIRES OU UNE MÉTHODE DE COMBINAISON DES PROCESSUS D'AFFAIRES AYANT LES CARACTÉRISTIQUES SUIVANTES :

- la création de plateformes numériques qui sont une sorte d'écosystèmes des technologies numériques avancées. En utilisant l'analyse prédictive et le Big Data, l'approche plateforme permet d'intégrer les ingénieurs de conception et les fabricants répartis territorialement, d'améliorer la flexibilité et de faciliter la personnalisation tout en satisfaisant aux demandes des clients ;
- le développement d'un système de modèles numériques de nouveaux produits et de procédés. Les modèles numériques doivent avoir un haut niveau d'adéquation par rapport aux produits physiques et procédés réels (convergence des mondes physique et numérique pour générer les effets de synergie) ;
- la numérisation de l'intégralité du cycle de vie des produits, du concept et de la conception à la fabrication, l'utilisation, le service après-vente et le recyclage. Plus tard dans le cycle de vie sont apportées les modifications à un produit, plus élevés sont les coûts liés à ces modifications. En reportant les coûts plus en amont pour réaliser la conception, il est possible d'apporter toutes les modifications plus tôt dans le cycle de vie où elles sont moins onéreuses. Les caractéristiques d'un produit qui le rendent compétitif à l'échelle mondiale et attrayant pour les consommateurs sont définies tôt dans le cycle de vie, pendant la phase de conception, avant qu'une représentation physique ne soit créée.

## LES USINES DU FUTUR EXIGENT DES COMPÉTENCES ENTIÈREMENT NOUVELLES. LES COMPÉTENCES ESSENTIELLES SONT LES SUIVANTES :

- une réponse rapide et adaptée aux demandes des clients et du marché ;
- l'utilisation de l'ingénierie système pour affronter la complexité, traiter un problème dans son intégralité et prendre en considération tous les composants en interaction organisés en un tout ;
- la constitution d'une matrice à multiniveaux des objectifs et contraintes qui sous-tend le nouveau paradigme de la conception numérique et simulation. Ce paradigme permet de réduire les risques, les expérimentations et les remaniements liés aux allers-retours traditionnels entre la conception et la fabrication quand les ingénieurs retouchent et finalisent les conceptions par le biais d'essais physiques longs et coûteux sur prototypes ;
- le développement et la validation (comparaison avec les données expérimentales) des modèles intelligents, c'est-à-dire des modèles ayant un haut niveau d'adéquation par rapport aux produits physiques et procédés réels ;
- la gestion des modifications tout au long du cycle de vie ;
- la certification numérique fondée sur les milliers d'essais virtuels des composants et du système complet.

## LA STRUCTURE À MULTINIVEAUX DES USINES DU FUTUR

## L'Initiative technologique nationale

I. L'usine du futur est un certain type de processus d'affaires ou une méthode de combinaison des processus d'affaires ayant les caractéristiques suivantes :

- II. La main d'œuvre pour les usines du futur :
1. « Forces spéciales d'élite en ingénierie » ;
  2. Normes fédérales d'enseignement d'État (master appliqué, ...) ;
  3. Normes professionnelles ;
  4. ...

III. Cadre législatif et réglementaire :

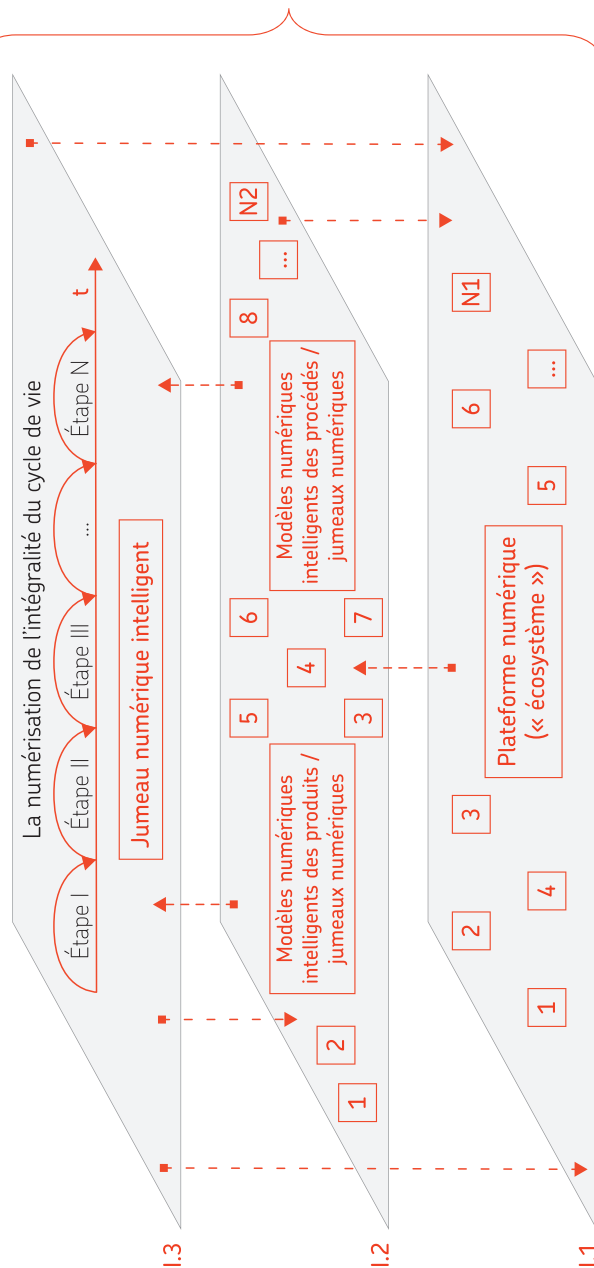
1. Victoires rapides >> Meilleures pratiques >> Réglementation >> ...
2. Certification (certification numérique fondée sur les modèles mathématiques validés) ;
3. ...

I.3 La numérisation totale du cycle de vie des produits (XAO, PLM, MES, PGI, ...)

I.2 Développement des systèmes de modèles numériques des produits et des procédés ;

I.1 Création d'une plateforme numérique (« écosystème ») ;

### TECHNET (LES TECHNOLOGIES DE FABRICATION AVANCÉES)



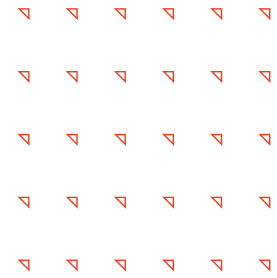
Les compétences essentielles :

1. Problèmes-défis industriels : une réponse rapide et adaptée aux demandes des clients ;
2. Ingénierie système ;
3. Matrice à multiniveaux des objectifs, ressources et contraintes ( $-10^4$ — $10^5$ ) ;
4. Développement et validation des modèles mathématiques ayant un haut niveau d'adéquation ;
5. Cycle de vie (XAO, PLM, MES, PGI, ...) ;
6. Qualité contrôle en amont et en aval (recours généralisé aux essais virtuels – certification numérique) ;
7. Système de motivation ;
8. ...

Source : Institut des technologies de fabrication avancées de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg à partir des documents de travail préparés lors d'une série de réunions d'Andrei Belousov, conseiller du Président de la Fédération de Russie, avec les dirigeants du groupe de travail « Technet » de l'ITN



## # 5

LES USINES DU FUTUR.  
LES CONCEPTS CLÉS

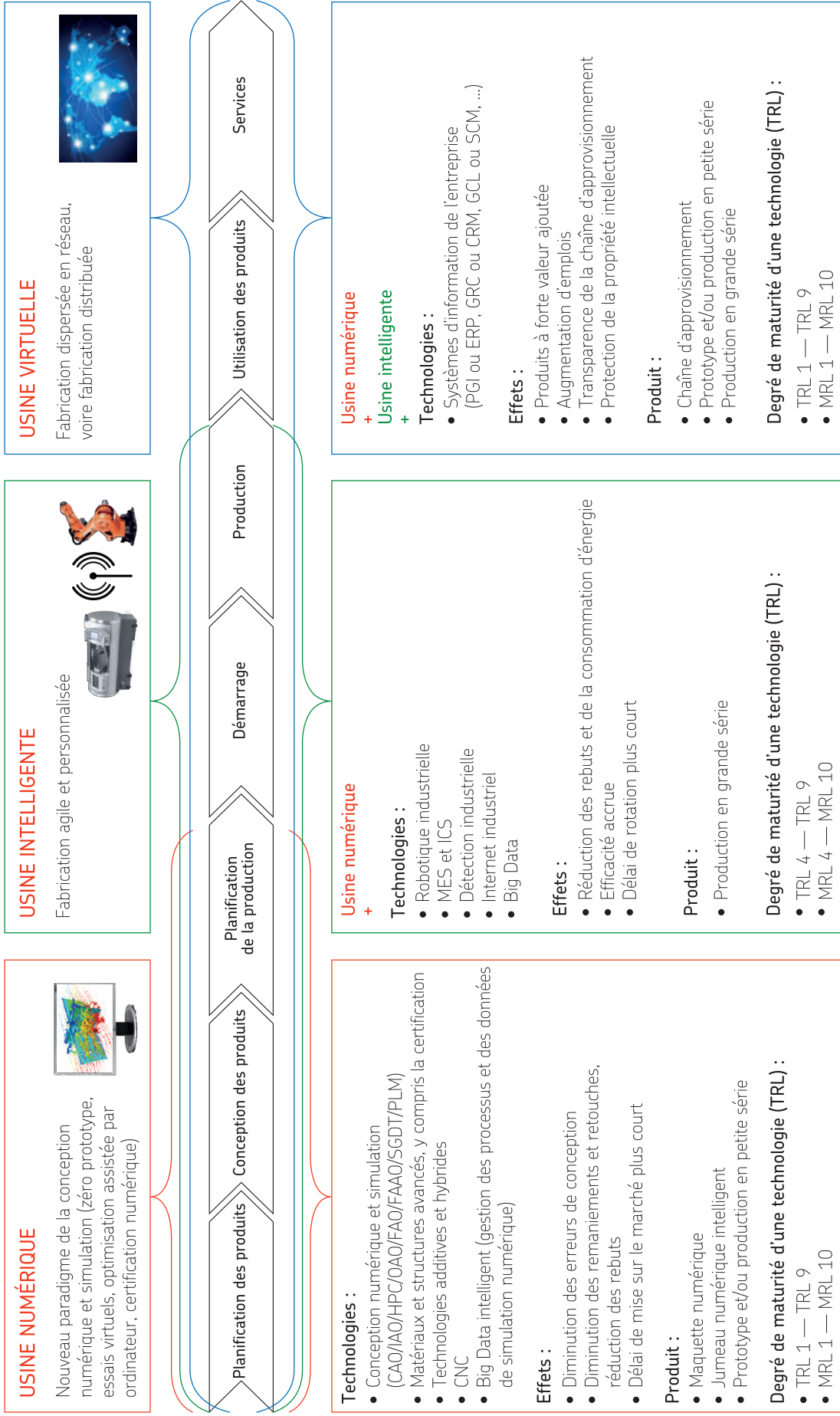
**LES USINES NUMÉRIQUES** sont des solutions technologiques complexes assurant dans les plus brefs délais le développement et la fabrication des produits de nouvelle génération compétitifs à l'échelle mondiale. Elles couvrent le cycle de vie des produits, depuis les études de R&D et la planification des produits quand les caractéristiques fondamentales d'un produit sont définies, en passant par le développement des maquettes numériques et jumeaux numériques jusqu'au prototypage et la production en petite série (la production zéro papier, la continuité numérique ou « digital thread »). L'usine numérique implique les modèles intelligents des produits (machines, structures, engins, appareils, dispositifs, etc.) qui sont développés grâce à l'utilisation du nouveau paradigme de la conception numérique et simulation dénommé « Smart Digital Twin - [(Simulation & Optimization) Smart Big Data]-Driven Advanced (Design & Manufacturing) ».

**LES USINES INTELLIGENTES** sont des solutions technologiques complexes assurant dans les plus brefs délais la fabrication des produits de nouvelle génération compétitifs à l'échelle mondiale, depuis la pièce brute jusqu'à la pièce finie. La particularité de la fabrication intelligente est le fort degré d'automatisation et de robotisation qui permet de réduire considérablement les pertes de qualité dues à l'erreur humaine (production zéro ouvrier). Les usines intelligentes utilisent habituellement les maquettes numériques et jumeaux numériques développés par les usines numériques. L'usine intelligente implique l'équipement de production (les machines-outils à commande numérique, robots industriels, etc.), ainsi que les systèmes de contrôle industriel (ICS) et les systèmes d'exécution des fabrications (MES).

**LES USINES VIRTUELLES** sont des solutions technologiques complexes assurant dans les plus brefs délais le développement et la fabrication des produits de nouvelle génération compétitifs à l'échelle mondiale en reliant les usines numériques et/ou intelligentes en un réseau distribué. L'usine virtuelle implique les logiciels d'applications d'entreprise (EAS) qui permettent de développer et utiliser, comme une entité unique, les modèles virtuels des procédés de fabrication et processus organisationnels, logistiques et autres au niveau des chaînes d'approvisionnement mondiales (approvisionnement => production => distribution et logistique => ventes => service après-vente) et/ou au niveau des actifs de production distribués.

LES COMPOSANTES / COUCHES DES USINES DU FUTUR

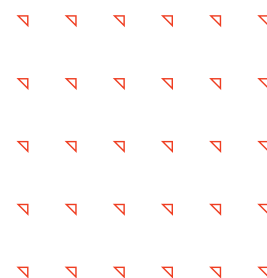
L'Initiative technologique nationale



Source : Institut des technologies de fabrication avancées de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg à partir des informations de la Commission européenne

## # 6

## LES OBJECTIFS DE LA FEUILLE DE ROUTE « TECHNET »



La feuille de route « Technet (les technologies de fabrication avancées) » a été approuvée le 14 février 2017 à la réunion du Présidium du Conseil présidentiel pour la modernisation de l'économie et le développement de l'innovation présidée par le Premier ministre de la Fédération de Russie Dmitri Medvedev.



« La feuille de route « Technet » porte sur les technologies de fabrication avancées. Elles sont tout un ensemble de solutions qui peuvent révolutionner l'industrie manufacturière, la rendre plus efficace et intelligente, par le biais de la numérisation de l'intégralité du cycle de vie des produits, du concept au recyclage ».

Dmitri Medvedev,  
Premier ministre de la Fédération de Russie

La feuille de route « Technet » vise à atteindre les objectifs suivants :

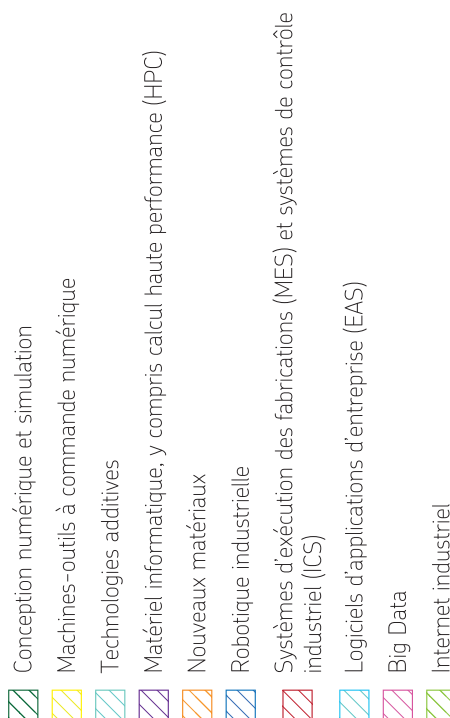
- développer un ensemble de compétences essentielles qui assureraient l'intégration des technologies de fabrication avancées et des modèles d'affaires pour leur promotion en tant qu'usines du futur de première génération et de générations ultérieures ;
- créer des produits personnalisés de nouvelle génération compétitifs à l'échelle mondiale pour les marchés de l'ITN et l'industrie manufacturière de haute technologie.

L'initiative technologique nationale

MARCHÉS MONDIAUX DES USINES DU FUTUR



MARCHÉS MONDIAUX DES TECHNOLOGIES DE FABRICATION AVANCÉES

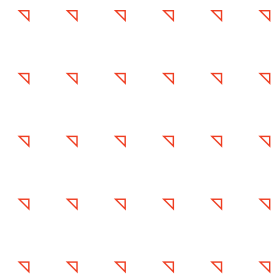


\* Calculs effectués à partir des estimations du groupe de travail « Technet » de l'ITN sur la part moyenne de la conception et de l'ingénierie dans les dépenses d'investissement du secteur manufacturier (7 %). Les dépenses d'investissement sont estimées à 134,5 milliards de roubles, soit 2,2 milliards de dollars (le taux de change moyen pondéré en 2015 selon l'IFRS: 1 USD = 60,96 RUB). D'après le Service fédéral des statistiques de l'Etat (Rosstat), les dépenses d'investissement dans tous les secteurs de l'économie russe s'élevaient à 14,6 trillions de roubles en 2015.

\*\* Ces valeurs ne concernent que la Russie.

\*\*\* Le total est calculé à partir des informations de CIMdata, Commission économique eurasiatique, Gardner Business Media, Wohlers Associates, IDC, PR Newswire, BusinessWire, Sanford L. Moskowitz, WinterGreenResearch, MarketsandMarkets, Gartner, Allied Market Research, Skoltech.

## # 7

LES USINES DU FUTUR.  
LES BANCS D'ESSAI

Afin de créer les usines du futur en sélectionnant et combinant les meilleures technologies de premier rang mondial avec le savoir-faire exclusif intersectoriel, il faut qu'il y ait un lieu où l'on puisse les mettre à l'épreuve en situation réelle. À cette fin, la feuille de route « Technet » prévoit la mise en place de trois bancs d'essai en 2017-2019 :

- le banc d'essai pour la génération des usines numériques, intelligentes et virtuelles du futur auprès du premier Institut des technologies de fabrication avancées russe de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg (ITFA UPSPb) avec la participation du groupe CompMechLab ;



- le banc d'essai pour l'usine du futur auprès d'UEC-Saturn ;



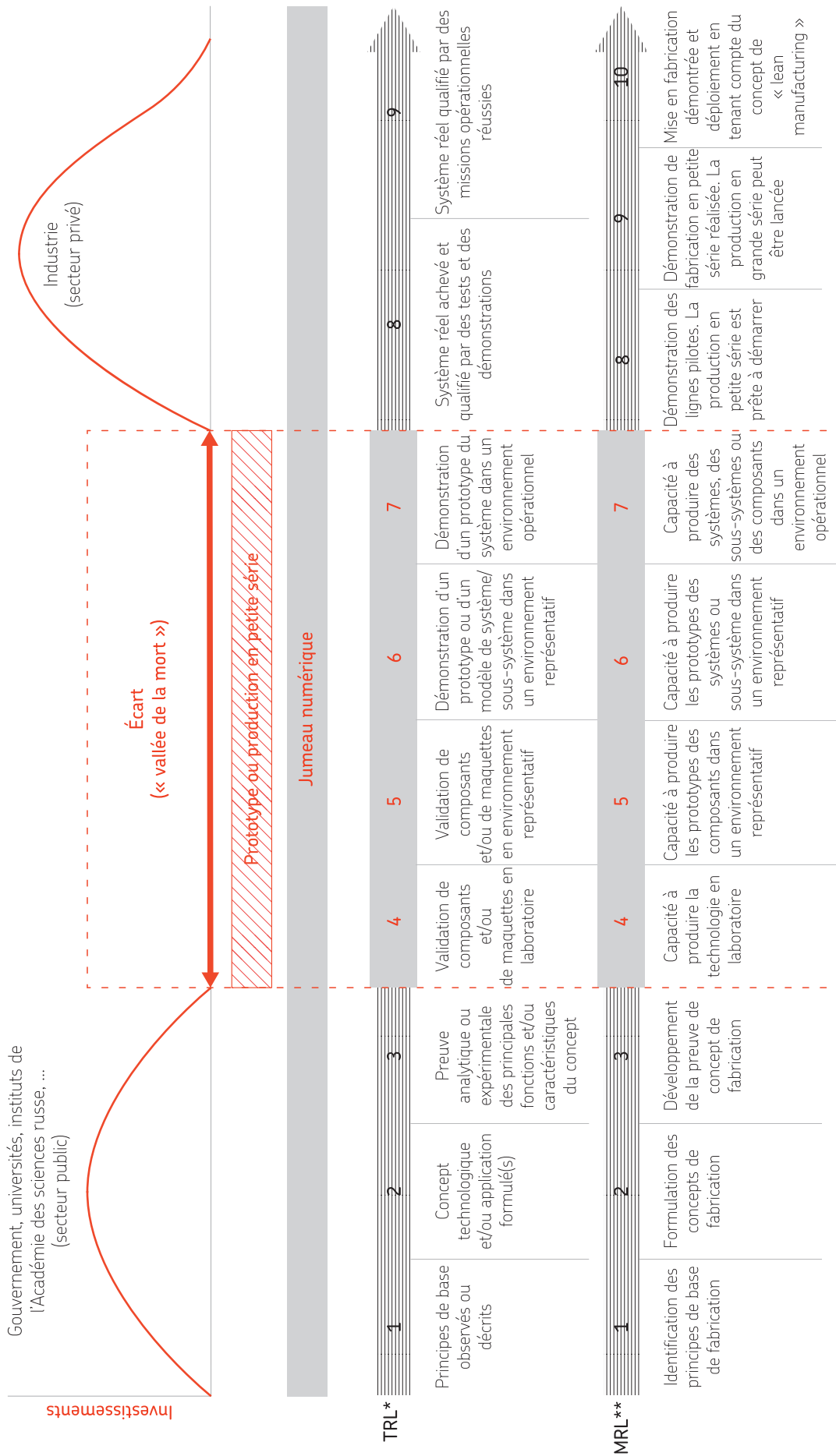
- les centres de certification fondée sur l'expérimentation numérique auprès de l'Institut de la science et de la technologie de Skolkovo (Skoltech) et de l'Université Lomonossov de Moscou (MGU).



LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

LES FONCTIONS DES BANCS-D'ESSAI DE TECHNET

L'Initiative technologique nationale

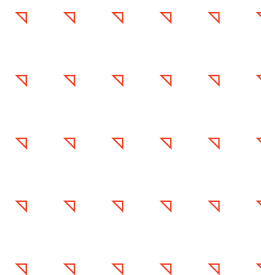


Source : Institut des technologies de fabrication avancées de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg à partir des informations de la NASA et de l'« Advanced Manufacturing Partnership »

\* Technology Readiness Level (degré de maturité d'une technologie)  
 \*\* Manufacturing Readiness Level (degré d'industrialisation d'une technologie)

## # 8

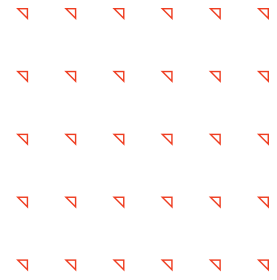
## LES ACTIONS PRIORITAIRES POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA FEUILLE DE ROUTE « TECHNET » EN 2017-2019



1. Créer cinq usines du futur dans l'industrie manufacturière de haute technologie.
2. Mettre en place un centre national de test, vérification et validation de logiciels d'IAO et de HPC, un centre en réseau d'ingénierie inverse et de prototypage, et deux centres de transfert des technologies de fabrication avancées, de recherche, de formation et de soutien à l'exportation « Technet » (en Chine et en Europe).
3. Mettre en œuvre un dispositif d'accélérateur visant à accompagner et promouvoir les entreprises développant les nouvelles solutions et compétences en fabrication avancée (le dispositif d'accélérateur soutenu par l'Institut des technologies de fabrication avancées de l'Université polytechnique de Saint-Pétersbourg, UEC-Saturn, la Fondation Skolkovo, RVC et autres institutions de soutien au développement innovant et universités).
4. Formuler une série de recommandations visant à modifier les dispositions des programmes gouvernementaux relatives aux technologies de fabrication avancées.
5. Promouvoir les technologies de fabrication avancées.
6. Créer une association russe de dimension nationale « Technet », etc.

# # 9

## LE GROUPE DE TRAVAIL « TECHNET » DE L'ITN



**Alexei Borovkov**

Leader (coresponsable) du groupe de travail, vice-recteur aux projets avancés de l'Université polytechnique de Saint-Petersbourg



**Vassili Osmakov**

Coresponsable du groupe de travail, ministre adjoint de l'Industrie et du Commerce de la Fédération de Russie

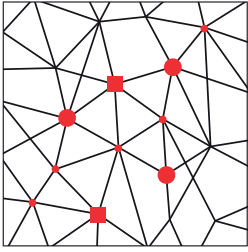


### LES ORGANISATIONS PARTICIPANT AU GROUPE DE TRAVAIL :

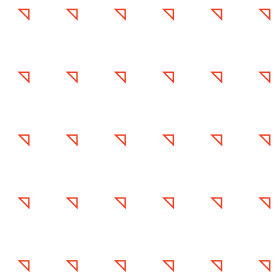


LES TECHNOLOGIES DE FABRICATION AVANCÉES





# NOTES



## Technet

L'Initiative  
technologique  
nationale

**Technet : une identité  
visuelle s'inspirant du  
maillage et du réseau**

Le cœur de l'identité visuelle est le maillage éléments finis qu'on utilise pour le développement des modèles en éléments finis. La méthode des éléments finis constitue la norme de fait dans la conception numérique et simulation, une technologie transversale dont l'utilisation est un véritable point de départ pour la création des produits compétitifs à l'échelle mondiale pour les marchés d'avenir et l'industrie manufacturière de haute technologie. Les nœuds du maillage éléments finis symbolisent le système des usines numériques, intelligentes et virtuelles du futur qui peuvent être composées des technologies de fabrication avancées et des compétences de premier rang mondial. Le logo traduit une évolution du maillage éléments finis au réseau distribué des usines du futur.

[www.nti.one](http://www.nti.one)  
[www.rvc.ru/nti](http://www.rvc.ru/nti)  
[www.technet-nti.ru](http://www.technet-nti.ru)