



Réindustrialisation de la France : Enjeux et conditions de réussite

Identifier les objectifs sociétaux, la boussole indispensable de la réindustrialisation

**Réindustrialiser, un impératif. Mais pour qui
et pourquoi ? Des questions auxquelles politiques
et industriels doivent répondre.**

Notre souveraineté est le premier objectif de la réindustrialisation. Denis Ranque, Président de l'Académie des Technologies, le rappelle : « *Le Covid, puis la guerre en Ukraine ont mis à jour un besoin de rétablir notre souveraineté dans de nombreux domaines et d'assurer notre résilience* ». La soudaineté et la durée de ces crises ont en effet fini par faire rompre notre indifférence, voire notre déni sur une situation qui préexistait. Il en va de notre sécurité nationale et de notre indépendance par rapport à des produits jugés stratégiques et dont l'accès ne peut dépendre des aléas géopolitiques internationaux. L'anticipation de ces zones de vulnérabilité apparaît alors comme essentielle.

Par ailleurs, il ne s'agit pas de maîtriser des filières en-

tières. Il faut davantage identifier les maillons critiques de la chaîne que nous voulons contrôler, sur les domaines de l'énergie, des matières premières et du numérique, avec en corollaire la problématique de la cybersécurité et des données. Sans oublier le prérequis des compétences et de la formation professionnelle. Toutefois, face aux ambitions chinoises et, plus largement, dans le cadre d'une économie mondialisée, nous devons déployer une politique européenne industrielle.

De l'enjeu de souveraineté aux enjeux sociaux

Second objectif très lié, pallier les conséquences sociales et économiques de la désindustrialisation qui a violemment touché la France depuis les années 1980 et 1990, et que Louis Gallois a

qualifié de « *drame national* ». L'implantation d'une usine initie une dynamique vertueuse de retour au travail ou de création d'emplois, particulièrement sur les anciens bassins enclins à accueillir des activités industrielles porteuses d'avenir. Outre la lutte contre le déclassement des populations marginalisées, les nouveaux sites industriels doivent permettre de revitaliser ces territoires oubliés puis désertés - cloisonnement géographique, raréfaction des services publics -, et plus profondément de recréer un tissu local - maintien de commerces, ou d'écoles, d'acteurs associatifs, etc. -, indispensable à la stabilité sociale.

L'opportunité de la décarbonation de l'économie

Enfin, réindustrialiser doit contribuer au mouvement de réduction de l'empreinte éco-



logique de notre économie. Si le premier levier semble évident, à savoir la réduction de l'impact environnemental grâce à des circuits logistiques raccourcis par rapport à des produits venus du bout du monde, le second levier est indirect. Dans le cadre de dispositions réglementaires plus contraignantes, les industriels investissent ainsi dans des installations plus efficaces, plus respectueuses de l'environnement et des ressources, optent pour les énergies renouvelables, développent l'écoconception... Ces coûts pour produire mieux et plus propre sont toutefois susceptibles de conduire à une perte

de compétitivité par rapport à une concurrence moins regardante sur ces questions et, à terme, à la tentation de délocaliser. Il est donc essentiel de protéger la France et, au-delà, l'Europe en taxant les produits manufacturés importés, à travers par exemple un élargissement du champ du Mécanisme européen d'ajustement carbone aux frontières. Cette approche encouragera la relocalisation de productions industrielles, qui devront répondre à des normes européennes plus exigeantes que celles de pays non-européens.

Autant d'éléments qui conduisent René Amalberti, président du Comité des

travaux de l'Académie des technologies, à privilégier le terme de « *nouvelle industrialisation* », car il n'est pas question d'un retour en arrière ou de refaire ce qui a été fait avant. Il poursuit « *Le changement de monde, de technologies et d'ambitions environnementales, que nous vivons, et qui s'est traduit au niveau européen par le Pacte vert, est une formidable opportunité pour faire du neuf en matière industrielle, et pour revitaliser les territoires ruraux et les petites villes* ». Dans cette perspective, il invite, pour tout projet d'usine à élaborer « *un nouveau pacte* » avec la population.

La décarbonation, matière à rupture technologique

**Les entreprises françaises ont l'occasion de reprendre
leur place dans les activités industrielles critiques.**

L'industrie d'aujourd'hui et de demain sera plus technologique et verte. Ces transformations profondes nécessitent des innovations fortes. En se concentrant sur l'innovation architecturale, la France est souvent devenue un intégrateur de technologies, très dépendante de technologies étrangères. Pour faire face à la domination américaine et chinoise sur de nombreuses technologies et regagner notre souveraineté, « *il faut réinternaliser en Europe un certain nombre de technologies, au bénéfice des prochaines générations. Ceci n'empêche pas d'avoir à court terme une approche pragmatique. Par exemple, dans le domaine des batteries, où certaines des gigafactories françaises s'appuient sur des technologies asiatiques. Nous devons nous remobiliser sur cette filière, avec les organismes de recherche et les entreprises, pour la faire passer à l'échelle, maîtriser à terme l'ensemble de la chaîne de valeurs et prendre une position de leader sur les nouvelles technologies de batteries* », plaide Dominique Vernay, président du pôle Industrie et services de l'Académie des Technologies.

Saisir les opportunités qu'offre la décarbonation

La décarbonation de l'outil industriel marque une phase de disruption technologique, une révolution qui touche tous les secteurs et tous leurs processus. Elle est l'occasion de revenir dans la course pour des entreprises qui avaient perdu en compétitivité. Ces transformations constituent en effet un levier de compétitivité opportun, dans un pays où les coûts sont élevés. « *Il faut voir dans la décarbonation une opportunité autant qu'une source de contraintes en matière technologique* », observe Dominique Vernay. Ceci concerne aussi bien les industries liées aux nouvelles technologies que l'industrie lourde : les processus industriels de la chimie et de la sidérurgie doivent ainsi évoluer.

Accélérer le tempo de la recherche et développement

Pour assurer notre souveraineté, il sera nécessaire d'accélérer le tempo pour passer de la recherche à l'innovation. Or c'est plutôt le principe de précaution que d'innovation qui prime en France. La lenteur des étapes, de l'idée à l'obtention d'un

contrat de recherche, puis de l'obtention d'un brevet à la phase d'industrialisation et de mise sur le marché, constitue un frein. La France doit accélérer son rythme d'innovation dans les filières stratégiques : énergies, numérique, transports, sécurité et défense, et santé, ainsi que dans toutes les technologies sous-jacentes. Afin que l'écosystème français et européen en matière de recherche et d'innovation soit plus compétitif, les coopérations entre entreprises et organismes de recherche, au service des avancées technologiques, doivent être renforcées.

Toujours dans cette perspective de souveraineté, les technologies qui permettent de produire de l'énergie décarbonée sont critiques. La France doit soutenir l'innovation en matière d'hydrogène, de petits réacteurs nucléaires (SMR), de réseaux électriques intelligents (smart grids), mais aussi de stockage de l'énergie et de captation carbone.

Filières : les écosystèmes, facteur clé de succès

**La compétitivité des activités essentielles à la
souveraineté et à la résilience de l'industrie française
passe par la création ou la reconstitution de filières.**

Le premier enjeu de la réindustrialisation est de définir les priorités. Quelles filières la France doit-elle maîtriser pour assurer son autonomie stratégique, c'est-à-dire répondre aux besoins de sa population (alimentation, santé, sécurité, énergie, mobilité, numérique, etc.) face aux risques géopolitiques, dans le contexte des transitions énergétique et écologique.

A cette fin une typologie des filières a été proposée par l'Académie des Technologies :

- **les filières en construction**, comme le photovoltaïque ou le captage et le stockage du CO2, pour lesquelles tout l'écosystème industriel et l'accès au marché sont à organiser,
- **les filières en reconstruction ou en consolidation** comme le nucléaire de puissance, pour lesquelles les compétences sont à recréer et l'outil industriel à moderniser

et à remobiliser,

- **les filières en transformation** comme l'automobile, où le passage au moteur électrique nécessite d'une part la création d'une filière batterie et d'autre part la transformation profonde de l'écosystème industriel, avec une reconversion massive des personnels,
- **les filières en développement**, comme la sécurité, et en particulier la cybersécurité, dont le développement est principalement limité par le manque de personnels formés.

D'autres facteurs sont aussi à prendre en compte :

- la position internationale de la filière : conserver nos domaines d'excellence comme le luxe, la mode et l'aéronautique est un des enjeux importants,
- l'impact d'une filière sur les filières situées en amont ou en aval. Ainsi, dans le cas de l'automobile, pour un emploi

dans cette filière, c'est un emploi dans les filières de la chimie, de la sidérurgie ou de l'électronique qui est généré.

Adopter une approche systémique

Le succès des filières identifiées comme clés en termes de résilience et de souveraineté est lié, en particulier, à cinq défis transverses, autour desquels s'est organisé le travail de l'Académie : les sujets des intrants, de la disponibilité de l'énergie décarbonée, du foncier industriel et de l'acceptabilité sociale, de la formation et des compétences, ainsi que du numérique souverain sont autant de points de blocage potentiels dont il convient de faire des leviers de succès. « *La disponibilité d'une énergie décarbonée, et en particulier d'une électricité décarbonée, est une condition sine qua non de la réindustrialisation. Le nucléaire est la priorité des*

priorités, souligne Dominique Vernay, président du pôle Industrie et services de l'Académie des technologies. *Un numérique performant et des solutions pour l'industrie du futur sont également nécessaires à la modernisation des processus de production et à la compétitivité des filières.*

Les questions du financement des infrastructures durables, des modes de collaboration public-privé, et avec les ONG, de la coopération internationale - et notamment la répartition des efforts de réindustrialisation au niveau européen - et de la protection face à la compétition internationale sont d'autres problématiques multisectorielles. Accélérer les phases de recherche et développement et d'autorisation de mise sur le marché reste un enjeu, notamment dans le secteur de la pharmacie.

Définir des trajectoires

de transformation par filière

Répondre à ces problématiques transversales passe par une approche systémique. Créer les conditions du succès en matière de réindustrialisation passe ainsi par une planification stratégique globale et concertée à horizons 2030 et 2050. Répondre aux enjeux des transitions énergétique, écologique, numérique, nécessite en outre de définir des trajectoires de transformation par filière, en favorisant la coconstruction l'Etat-entreprises. Les contrats de filière sont un exemple de mode de collaboration fertile.

Favoriser le dynamisme des écosystèmes-clés

Les filières s'appuient sur des territoires et des écosystèmes qui se composent d'un ensemble d'industries, de PME, de start-ups, de laboratoires, de structures de formation qui travaillent ensemble. Pour les PME,

l'accès à des commandes est crucial, mais, en France, les supply chains sont souvent très internationales, or une grande entreprise peut jouer un rôle d'entraînement de son écosystème avec des sous-traitants locaux. Faire en sorte de créer un terreau favorable à l'implantation, ou à la relocalisation de l'industrie, est essentiel. Cela nécessite d'apporter les conditions réglementaires et fiscales et d'accès au marché idoines. *« Secteur de l'énergie mis à part car régulé, chaque filière doit aussi trouver ses solutions et sa propre dynamique pour assurer sa compétitivité, en liaison avec l'Etat et de manière articulée avec les régions »,* ajoute Dominique Vernay. Les opportunités pourront ainsi se multiplier sur chacun des *« territoires d'avenir »*.

Intrants, une approche globale et concertée par chaînes de valeurs

Sécuriser l'approvisionnement de l'industrie en minerais et matériaux rares est vital en matière de souveraineté. Atteindre cet objectif devrait passer par l'ouverture de mines sur notre territoire.



Dans les dix ans à venir, la demande de lithium sera probablement multipliée par 8. La demande de nickel va être multipliée par deux en dix ans, comme celle du cuivre en vingt ans. Quant aux besoins de terres rares, ils devraient tripler ou quadrupler. La domination écrasante de la Chine dans l'extraction et le raffinage des ressources minérales qui alimentent les transitions énergétique et numérique est connue. Pour les batteries, elle est de 50 à 60% pour le lithium, 30 à 40% pour le nickel et 90% pour le graphite des anodes. Pour les aimants, elle est de 85% sur les terres rares, et pour les composants électroniques, 90% sur le silicium. *« Une situation extrêmement risquée en termes de souveraineté et de résilience »,* rappelle Philippe Varin, membre de l'Académie des technologies, auteur d'un rapport sur la sécurisation de l'approvisionnement en matières premières minérales. Mais ce n'est pas une fatalité ! Pour y pallier, une stratégie de long terme, inscrite dans le cadre européen, s'impose.

Des gisements sur notre territoire

Le recyclage est une piste à exploiter, mais il ne couvrira, au mieux, qu'un tiers des besoins en matière de matériaux stratégiques et critiques à horizon 2040. Il faudra également mettre l'accent sur l'innovation pour trouver des produits de substitution. Les batteries au sodium sont un exemple dans une filière stratégique en France et au plan européen. De même, il est nécessaire d'ouvrir de nouvelles mines en France et en Europe. *« La France métropolitaine est*

relativement riche en minerais qu'elle n'explorait plus depuis des années », observe Pierre Toulhoat, membre de l'Académie des Technologies, président du pôle Environnement et impact du changement climatique.

Notre pays dispose en effet de gisements intéressants en tungstène, antimoine, lithium et germanium, dans le Massif Central, en Bretagne et dans les Pyrénées. Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a aussi identifié un potentiel significatif pour le cobalt, le gallium, le platine et le lithium. Des opérations d'exploitation de lithium géothermal démarrent actuellement dans la vallée du Rhin ; et Imerys développe un projet minier dans l'Allier. Pour couvrir les besoins du secteur du bâtiment, il est également nécessaire de (re)ouvrir des carrières de sable de manière concertée et respectueuse de l'environnement.

Une approche globale s'impose afin d'assurer les approvisionnements de l'industrie. *« Notre stratégie d'approvisionnement et d'exploitation doit être pensée sur l'ensemble des filières et des chaînes de valeurs, et partagée par tous ses acteurs, souligne Pierre Toulhoat. Nous devons ainsi développer un nouveau modèle de mine responsable et participative, qui devra s'appuyer sur une norme européenne certifiable par des tiers. »*

Nos portables, de véritables mines de métaux rares

Par ailleurs, l'industrie minière pourrait inclure, outre l'exploitation et le raffinage, le recyclage des déchets ou celui des terrils. Ce qui contribuerait à une meilleure image. Un

exemple : en alliant de manière astucieuse les flux issus du recyclage des téléphones portables, il est possible de fabriquer des métaux de haute performance pour l'aéronautique. Second exemple, Solvay prévoit de redémarrer son usine de séparation des terres rares à La Rochelle. Carester, de son côté, a un projet de recyclage des aimants. Se concentrer sur les produits à forte valeur ajoutée rendrait enfin cette filière plus compétitive, car les modes de production vertueux ont un coût.

Mais l'extraction ne suffira pas. Aussi, la diplomatie des matières premières s'impose-t-elle. Les contrats *« Take or Pay »* signés généralement sur dix ans entre des fournisseurs étrangers et les groupes industriels français sont à négocier.

Priorité aux filières batteries et aimants

Ces démarches devront idéalement s'inscrire dans des logiques d'écosystème. *« Il faut viser des écosystèmes où il y a des opportunités de souveraineté très fortes, ou des manques de souveraineté qui sont dangereux. La chaîne de valeur batterie en est un très bon exemple, ainsi que celle des aimants pour les moteurs électriques »,* indique Philippe Varin. Développer des écosystèmes-clés de la mine à la gigafactory, comme autour de Dunkerque, nécessite un travail collectif entre l'Etat, les entreprises, les élus locaux et les communautés, porté par une vision commune. Dans cette logique de coconstruction, *« les outils de simulation et les jumeaux numériques peuvent aider à visualiser les projets et à tester des hypothèses pour choisir entre différentes scénarii »,* imagine Philippe Varin.

La vertu environnementale nécessite aussi de mobiliser des capitaux importants. Le Fonds des métaux critiques, qui investira 2 milliards de fonds publics sous statut privé, jouera un rôle clé aux côtés d'investisseurs à long terme et d'industriels pour prendre des parts dans des opérations minières et de première transformation.

La France à l'heure des choix concernant son mix énergétique

Avec l'un des plus faibles niveaux d'émission de CO2 par habitant en Europe, notre pays possède de solides atouts pour accompagner la montée en puissance des énergies nécessaires à l'électrification des usages.

La décarbonation de l'économie et donc la massive électrification des usages fera naturellement bondir la demande d'électricité : un quasi doublement est attendu d'ici 2050. Les bioénergies et la chaleur géothermique contribueront à la transition énergétique, mais c'est bien la production d'électricité décarbonée - renouvelable et nucléaire - qui sera le principal levier de la transition.

Eolien : bien équilibrer projets onshore et offshore

À la suite de décisions malheureuses de grandes entreprises françaises, la France ne maîtrise pas le cœur des technologies des grandes éoliennes, et il est exclu qu'elle revienne dans le jeu. Les grands enjeux français sont donc l'obtention d'un prix d'électricité compétitif, la relocalisation de composants de moindre valeur ajoutée que la partie électromécanique (pales, fût, nacelle...) et le développement de technologies pour l'éolien flottant.

L'Ademe comme RTE projettent les parts de l'éolien onshore et offshore dans la proportion 2/3-1/3 (en puissance installée). Le discours de Belfort (Emmanuel Macron - Février 2022) retient une proportion 1/2-1/2. Compte tenu du coût sensiblement plus élevé de l'éolien offshore, ce scénario ne serait pas favorable à la compétitivité de l'économie française. Il faut que le bénéfice de l'éolien onshore (moindre coûts) soit présenté dans les débats publics. Il faut en outre amplifier le bénéfice des collectivités territoriales qui acceptent l'installation de parcs éoliens. Et il faut fixer dans la loi, et non à la seule appréciation des tribunaux administratifs, des critères d'acceptation des sites respectant les considérations environnementales, mais limitant les oppositions aux ouvertures de sites sur le seul critère *« not in my backyard »*.

Le développement de l'éolien offshore flottant mérite d'être questionné. Plus éloigné des côtes, il apparaît plus facilement acceptable, mais son coût devrait être mieux pris en compte. Le prix du kWh produit par des éoliennes en mer flottante est double du prix des éoliennes posées. Il a cependant l'avantage de reposer sur des technologies que plusieurs entreprises françaises maîtrisent, du fait de leur expérience des plateformes pétrolières. Elles pourront donc bénéficier d'un marché significatif : entre un tiers et la moitié des éoliennes offshore françaises devront être flottantes et ces technologies complexes peuvent être développées sur les sites français et mises en œuvre hors de France.

Photovoltaïque : maîtriser l'ensemble de la chaîne

Concernant le photovoltaïque, la France et l'Europe ont décroché de la production de tous les éléments pour la fabrication de panneaux, du fait d'un fort sous-investissement pendant au moins 10 ans. Pendant cette période, la Chine, avec une planification cohérente et



un dumping massif, a puissamment investi dans la production des cellules et panneaux. Il en résulte que la Chine produit 96% des plaquettes de silicium (élément de base d'une cellule) et même 90% de l'ensemble de la chaîne. L'enjeu de souveraineté est critique à la fois au niveau national et au niveau européen. Sans une production couvrant, à terme, la chaîne complète, nous aboutirons à une situation de dépendance analogue à celle qui prévaut pour les aimants permanents et les batteries et véhicules électriques. La France et l'Europe devraient pouvoir s'appuyer sur une bonne connaissance des technologies critiques, même si ce degré de connaissance n'est pas assuré sur l'ensemble des technologies de production, qui permettent d'optimiser et réduire les coûts.

Il n'y a pas d'intrants particulièrement critiques pour les technologies à base de silicium. Il existe en effet des sources de silice de bonne qualité en France. Il faut également du cuivre, de l'argent (qui peut être substitué), de l'aluminium et de l'acier pour les structures. Le seul point critique pourrait concerner le verre de qualité solaire.

Nucléaire : plan de formation et construction en série

Le recours limité à des matériaux critiques (essentiellement cuivre et nickel, en faible quantité) est aussi un point fort du nucléaire. A l'inverse, l'arrêt de la construction de nouvelles centrales pendant vingt ans, qui a provoqué une perte de savoir-faire, est un point faible auquel il faudra remédier par un plan de formation et en particulier un renouvellement des capacités de maîtrise de projet d'EDF. La relance de la filière passe d'abord par la mise en service réussie des prochains EPR (après l'EPR chinois et celui d'Olkiluoto en Finlande, celui d'Hinkley Point, puis une série de six EPR 2). L'industrie nucléaire profitera d'économies d'échelle si elle bénéficie de commandes en série. Dans cette même perspective, le développement de petits réacteurs (SMR), à travers notamment le projet français Nuward, doit faire l'objet d'un soutien sans réserve, en étant attentif à sa durée de développement face à des projets américains qui visent les mêmes marchés : pays ayant de petits réseaux électriques, remplacement de centrales à charbon dans les pays de l'Europe de l'Est, voire aux États-Unis... La relance du nucléaire doit aussi s'accompagner de la démonstration de la fermeture du cycle du combustible.

Hydrogène : faciliter les projets de taille industrielle

Le nucléaire représente d'ailleurs un avantage compétitif pour assurer aussi le développement de la filière hydrogène. Ce développement devrait reposer sur quelques usages clés, pour les activités industrielles très consommatrices d'énergie (sidérurgie...) et pour une partie des mobilités lourdes (transport routier longue distance, carburants permanents et les batteries et véhicules électriques). Le transport maritime et aérien.

Le grand nombre de constructeurs français d'électrolyseurs de taille modeste, qui crée un risque de dispersion, pourrait être une faiblesse, mais plusieurs gigafactories d'électrolyseurs ont été lancées en France, grâce au mécanisme européen de l'IPCEI (Projet Important d'Intérêt Européen Commun). Faciliter le lancement de projets de taille industrielle est aujourd'hui un objectif prioritaire, à la fois pour assurer le bon niveau de maîtrise industrielle et pour être au rendez-vous des cibles de décarbonation européennes. L'action de l'État peut jouer un rôle de catalyseur essentiel, car les acteurs économiques sont prêts à s'engager. Ceci concerne la production à l'échelle de centaines de MW de capacité d'électrolyseurs et des projets de production de carburants durables ou d'autres molécules énergétiques.

Biomasse : établir un cadre réglementaire structurant

Concernant la biomasse, la forte compétition entre de nombreux usages, dont l'usage prioritaire pour l'alimentation humaine et animale, est un frein susceptible de décourager les investisseurs dans les premières phases de montée en échelle industrielle. Aussi, l'établissement d'un cadre politique structurant le marché par des signaux clairs est attendu. Outre un cadre réglementaire stable dans la durée, la biomasse requiert la mise en place de filières de collecte, car la disponibilité effective des intrants est le risque principal. La production de carburants durables offre l'opportunité d'une nouvelle filière industrielle, où la France peut investir utilement et prendre une position de premier plan. La disponibilité conjointe de biomasse et d'électricité bas carbone, ainsi que la présence en France de grands groupes industriels de l'énergie et des transports aériens et maritimes sont des forces majeures.

Des besoins de compétences à anticiper territoire par territoire

Cartographier les besoins pour se projeter à cinq ou dix ans est nécessaire. Mais, une parfaite adéquation entre les formations initiales et les postes à pourvoir reste une gageure. Les entreprises recrutent localement leur main d'œuvre, souvent indépendamment du diplôme.

Au cours des quinze prochaines années, l'industrie devrait procéder à environ 100.000 recrutements nets par an en France. Former ces futurs salariés est un enjeu majeur pour accompagner la réindustrialisation, mais aussi pour offrir de nouvelles perspectives à des jeunes et moins jeunes des différentes régions de France, dont certains sont aujourd'hui éloignés de l'emploi. Un premier constat s'impose : la recherche d'une parfaite adéquation entre les besoins de compétences des entreprises à l'embauche et les compétences issues de formations initiales est vaine. Système de formation initiale et apport des entreprises doivent s'articuler et s'adapter pour atteindre cet objectif. A ce constat s'en ajoute un autre : l'analyse des besoins de compétences n'est pertinente que si elle est déclinée territoire par territoire. Aujourd'hui, le nombre de jeunes formés aux métiers de l'industrie en France pourrait sembler suffisant. Mais beaucoup d'entre eux se détournent in fine du métier auquel ils ont été formés, soit pour poursuivre leurs études, soit par manque d'intérêt pour ce métier, soit parce qu'ils ne souhaitent pas quitter leur région d'origine.

Les entreprises doivent transmettre des savoir-faire
Du fait d'une relativement

faible mobilité des diplômés de niveau bac à bac + 3 au sein des différentes régions, une entreprise industrielle a accès à un vivier de compétences limité, en pratique, à une quarantaine de kilomètres autour de son lieu d'implantation. Aussi, sa démarche consistera à recruter des salariés, parfois indépendamment du diplôme, qu'elle jugera capables d'acquiescer les

Une bonne articulation entre formation initiale et professionnelle est clé

aptitudes nécessaires sur la base d'un potentiel qu'il n'est pas toujours facile de détecter, d'apprécier, pour occuper les postes qu'elle souhaite pourvoir. Au système éducatif revient la tâche d'apporter aux élèves un socle de connaissances et de compétences de base « intemporelles et indispensables », complété par une formation et des compétences à vocation technologique suivant les filières de formation et les tendances porteuses identifiées (par exemple maintenance, robotique, conduite d'atelier, qualité, pour les métiers tournés vers l'industrie). Sur la plupart des métiers, les

entreprises doivent pour leur part transmettre des savoir-faire. Une employabilité systématique à la sortie de l'école est difficilement atteignable, aussi une bonne articulation entre la formation initiale et la formation professionnelle est clé. Des structures de formation existent, telles que celles proposées par les entreprises (CFA), les branches professionnelles (UIMM formation), l'AFPA, les GRETA, les Ecoles de production ou les Campus des métiers et des qualifications (CMQ), qui regroupent des établissements d'enseignement secondaire et supérieur dans une douzaine de filières et sur de nombreux territoires. Les entreprises sont encouragées à se tourner vers ces structures, afin d'accompagner la mutation de leurs métiers, contribuer à l'acquisition par leurs salariés et futurs salariés des compétences adéquates, ainsi que permettre au système de formation d'améliorer encore son adaptabilité.

Les régions, en charge des lycées, doivent toujours plus s'impliquer

En amont, une cartographie des emplois et donc des besoins de compétences au sein des filières, niveau par niveau, est nécessaire. Plusieurs filières (nucléaire, électronique...) ont mis en œuvre ce type de démarche, au sein de leurs comités stratégiques de

La gigafactory de batteries à Douai, cas d'école emblématique

Recruter et former 1.000 collaborateurs à Douai d'ici le premier trimestre 2025, puis 1.000 à 2.000 supplémentaires dans les années à venir : c'est l'objectif que s'est fixé la gigafactory de batteries du groupe Envision AESC. « Il n'était pas possible d'anticiper que nous aurions à fabriquer massivement des batteries dans le nord de la France. Nous devons donc créer localement des compétences ex nihilo et dans ce contexte, le système de formation (l'AFPI, le Greta et l'université d'Amiens, avec son pôle dédié aux batteries Lithium-ion) s'est montré très réactif pour construire les formations adéquates » constate Patrick Pélata, nouveau président (élu en décembre 2023) de l'Académie des technologies et conseil du groupe

Envision AESC. Les besoins concernent tous les niveaux de qualifications : 600 opérateurs et 300 techniciens spécialisés, ainsi que 80 chefs d'ateliers.

De vastes programmes de reconversion ont été élaborés avec les organismes de formation, pour permettre la montée en compétence de ces diplômés bac pro (opérateurs), BTS (techniciens) et ingénieurs, initialement formés à d'autres disciplines. Ils s'étalent sur environ un an, à raison de 300 à 800 heures selon les qualifications, et sont entièrement pris en charge par la Région et l'Etat (pour un coût de 3,3 millions d'euros, qui comprend le salaire des apprenants). Pour sa part, l'entreprise s'équipe d'une école de batteries en interne, pour un budget de 5 millions,

auxquels s'ajoutent 3,5 millions pour la construction des bâtiments. Plusieurs dizaines de compétences spécifiques sur les batteries sont à acquiescer, dont de nombreux savoir-faire propres à l'entreprise.

« Les perspectives offertes sont très claires, avec une garantie d'embauche à l'issue de la formation, aussi nous n'avons eu à déplorer aucun départ en cours de formation, se félicite Patrick Pélata. Le principe est qu'aucun collaborateur ne pourra occuper un poste sans avoir acquis l'ensemble des compétences, y compris lors d'un temps de compagnonnage ». Certains techniciens supérieurs et ingénieurs bénéficient, après leur embauche, d'une formation complémentaire au Japon ou en Chine.

filières. Ces bonnes pratiques doivent être généralisées et complétées par une projection sur les territoires, au niveau des Régions. Ces collectivités, qui sont en charge des lycées, doivent s'impliquer dans l'identification et l'anticipation des besoins locaux en termes de formation et d'accompagnement vers l'emploi (aide à la mobilité, au logement). Le système de formation dans son ensemble doit être plus réactif et flexible, en particulier pour la formation professionnelle technique. L'approche est systémique : elle vise à anticiper les compétences attendues à un horizon de cinq à dix ans, en combinant la pyramide des âges avec les types d'emplois à pourvoir, dans le temps et dans

l'espace.

L'image de l'industrie doit changer

En parallèle, démystifier les métiers de l'industrie aux yeux des jeunes générations est indispensable, car les techniciens et les ingénieurs de demain sont aujourd'hui au collège et au lycée. Ouvrir les portes des usines, faire valoir leur modernité, leur capacité d'innovation, la robotisation des tâches pénibles, la diversité des fonctions et leur technicité, ainsi que promouvoir les métiers manuels et les métiers de service est à même de les séduire. Les métiers évoluent, les compétences évoluent, aussi l'image de l'industrie ne peut qu'évoluer. Les entreprises doivent s'impliquer fortement dans la découverte

de ces métiers par les enfants, les familles et les enseignants, au travers d'interventions en classe, par des visites et des stages. Améliorer l'attractivité du secteur industriel est d'autant plus crucial, que sur un même bassin d'emploi tous les secteurs seront à la recherche des mêmes profils, à différents niveaux de qualification.

Enfin, mettre en œuvre cette stratégie volontariste ne s'avérera possible que si nous disposons de suffisamment de formateurs dans les spécialités technologiques. La formation de formateurs est aussi un enjeu majeur et pour ce faire, là encore, entreprises et structures de formation doivent œuvrer ensemble.

Alain Bernard

Infrastructures des systèmes numériques, une priorité pour construire l'industrie du futur

La numérique est au service de la réindustrialisation. Contrairement aux idées reçues, il est toujours possible de construire des leaders mondiaux dans le secteur du numérique. Réseaux de clouds hétérogènes, supercalculateurs et microprocesseurs sont prioritaires en termes de souveraineté.

La France et l'Europe doivent faire émerger des acteurs des infrastructures numériques significatifs. En matière industrielle, il n'y a jamais de bataille perdue. L'exemple des supercalculateurs le prouve. Atos/Eviden a installé en Italie en 2022 le quatrième supercalculateur le plus puissant du monde, baptisé Leonardo. En son temps, Bull (racheté par ATOS) a su saisir les opportunités liées à l'utilisation du parallélisme¹ massif au sein des grands calculateurs et à l'accès simplifié à des microprocesseurs du commerce devenus puissants.

La maîtrise des technologies de supercalculateur apporte en outre une forte indépendance stratégique dans le domaine de la défense et dans la conception de produits complexes (aéronautique, automobile, pharmacie...). L'initiative européenne Euro HPC (High Performance Computing Europe) est un atout à cet égard. Par ailleurs, grâce aux capacités de calcul disponibles au sein du Grand équipement national de calcul

intensif (GENCI), la France dispose avec Bloom de la société Hugging Face d'un des plus célèbres grand modèle de langage², juste derrière les logiciels d'IA générative Chat GPT et Bart, de Google.

Des systèmes de calcul embarqués dans les produits

Les microprocesseurs représentent une seconde filière critique en termes de souveraineté et de résilience industrielle. Les circuits comportant de nombreuses unités de calcul spécialisées (opérations vectorielles, calcul neuronal, calcul massivement parallèle sur un chip,...), permettent de continuer à gagner en performance avec une fréquence plus faible que celle d'un processeur universel traditionnel, et assurent ainsi une moindre consommation d'énergie. Cette rupture technologique a fait le succès d'un champion tel que NVIDIA. La société française Kalray a conçu une architecture regroupant sur un même circuit jusqu'à 256 noyaux de calcul en réseau.

SiPearl est un autre exemple. Ces processeurs spécialisés peuvent être utilisés comme unité de base dans l'élaboration de grands supercalculateurs et peuvent aussi être embarqués au sein d'objets tels que les robots ou la voiture autonome. Tesla développe son propre microprocesseur spécialisé d'apprentissage profond à la fois pour élaborer son modèle général de conduite autonome via son propre supercalculateur, et pour embarquer ce modèle au sein de chaque véhicule. En Europe, cette voie est portée par l'European Processor Initiative. Ainsi, l'Europe est en train de regagner des créneaux de souveraineté. Cependant, la fabrication des circuits, notamment les plus avancés, pose encore problème. L'initiative «Semi-conducteurs pour l'Europe» a pour objectif de faire gagner 20% du marché mondial dès 2030.

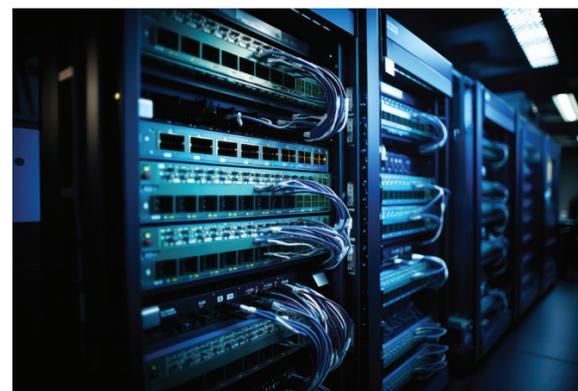
Les réseaux de clouds hétérogènes, infrastructures de la société numérique du futur

Il est possible de reve-

nir dans la course avec des réseaux de clouds souverains pourvu d'en avoir la volonté politique et industrielle. Les compétences sont disponibles. Il ne faut pas baisser les bras ! L'Etat doit être conscient de sa force dans ce domaine en tant que régulateur de l'économie globale du pays. Le cloud, qui est maintenant l'infrastructure de base du traitement numérique, doit évoluer vers les réseaux de clouds qui ne pourront pas être l'apanage des Gafam. En effet, l'échange, la circulation des données sont la clef d'une économie numérique dynamique. Dans le monde des entreprises, cette circulation devra se faire de manière autonome et indépendante avec différents partenaires, et donc entre des clouds proposés, a priori, par des fournisseurs différents. Les différents règlements européens (DMA, DSA) favorisent l'établissement de cette circulation indépendante et autonome des données.

Il faut rappeler que la 5G est un réseau de clouds. La première couche du cloud, l'Infrastructure as a Service, peut être standardisée, tout comme Linux a standardisé les systèmes d'exploitation. L'initiative Gaia-X contribue à élaborer les espaces de données métiers qui vont favoriser, entre partenaires industriels, une circulation des données, autonome et indépendante en Europe. En Allemagne, la filière automobile s'est organisée dans son ensemble autour d'un réseau de clouds.

Renforcer les com-



pétences sur les couches basses des infrastructures

Remodeler ainsi les infrastructures des systèmes numériques engendre des besoins de compétences dont on peut craindre qu'ils soient de moins en moins couverts. Elles concernent les « couches basses » des systèmes numériques (matériel, système opératoire, middleware)³. Il est essentiel que notre pays puisse s'appuyer sur des compétences, et une formation associée, ainsi que sur une recherche expérimentale de haut niveau focalisée sur les fondements matériels et logiciels de ces infrastructures.

Créer des écosystèmes au service de l'industrie du futur

La smart factory, ou industrie connectée, indispensable au succès de l'industrie future, repose notamment sur la représentation virtuelle des moyens de fabrication à l'entreprise. Ces jumeaux numériques structurent les données apportées par des capteurs, des machines-

outils ou encore des robots. Ils permettent de contrôler et optimiser l'ensemble du fonctionnement de l'entreprise afin de la piloter en interconnectant tous ses processus. Cette transformation de l'industrie permet de répondre à une demande de plus en plus personnalisée et changeante. Répondre à ces enjeux majeurs nécessite l'élaboration d'écosystèmes puissants, qui associent des partenaires européens utilisateurs et fournisseurs de technologies.

Gérard Roucairol

1. Fait d'utiliser plusieurs noyaux de processeurs ou opérateurs matériels (jusqu'à plusieurs millions) pour exécuter un ou plusieurs programmes.
2. Large Language Model : modèle d'apprentissage profond (Deep learning) capable de générer une réponse à une question posée en langue naturelle.
3. Les « couches hautes » sont constituées par les logiciels d'application.

Denis Ranque, Président de l'Académie des technologies

« La réindustrialisation doit donner envie, devenir une aspiration nationale partagée par tous »

Pourquoi réindustrialiser la France apparaît désormais comme une nécessité ?

Depuis de nombreuses années, la nécessité de relancer l'industrie a été régulièrement évoquée, au nom de trois impératifs. Dans un contexte de chômage élevé, elle était souhaitée pour redresser la situation de l'emploi. Notre balance commerciale est très déficitaire, et son rééquilibrage nécessite que nous produisions des biens exportables, ou les services s'exportent moins facilement. Enfin, nous visons également à encourager le progrès social, et l'innovation est nécessaire au progrès social ; et c'est bien l'industrie qui met les innovations technologiques à la disposition des citoyens.

Le mécanisme européen d'ajustement carbone doit s'appliquer aussi aux produits manufacturés

Mais, si ces raisons de réindustrialiser la France sont anciennes, plusieurs phénomènes récents les ont renforcées et ont provoqué une prise de conscience. La crise du Covid, puis la guerre en Ukraine, ont mis à jour un besoin de rétablir notre souveraineté dans de nombreux domaines, d'assurer notre résilience. La crise des Gilets jaunes a montré que la désindustrialisation, qui a touché principalement les zones rurales et les petites villes, a créé des inégalités et un sentiment d'exclusion pour une partie significative de nos concitoyens.

Dans ce contexte de décarbonation de l'économie, la réindustrialisation de l'Europe implique-t-elle une meilleure protection des entreprises du continent ?

La décarbonation de l'économie, qui impacte toutes les filières économiques et nécessite une refonte des processus industriels, est une opportunité majeure pour l'industrie européenne de tirer son épingle du jeu, en mettant en œuvre ses capacités d'innovation. Mais elle est aussi susceptible d'entraîner une délocalisation hors d'Europe des activités industrielles, si elle ne prend en compte que les gaz à effet de serre émis sur notre continent. Pour maintenir et développer l'industrie en Europe, l'objectif européen de réduction des émissions doit s'exprimer en termes d'empreinte carbone, c'est-à-dire inclure celle des produits manufacturés importés. La relocalisation en Europe de productions industrielles, répondant à des normes plus exigeantes que celles de pays non-européens, sera ainsi bénéfique à la décarbonation mondiale. Ce mode de comptabilisation des émissions favorisera aussi les exportations,



Denis Ranque, Président de l'Académie des technologies de 2021 à 2023

donc notre balance commerciale.

L'Europe se veut le continent en pointe en matière de décarbonation, mais, s'il est bon qu'elle fasse la course en tête, elle ne doit pas la faire seule ! Elle doit entraîner les autres continents, en imposant des règles du commerce international équitables, y compris en matière d'émissions de CO₂. Le Mécanisme européen d'ajustement carbone aux frontières, tel qu'il est délimité aujourd'hui, est contreproductif, car il ne cible que les intrants, les rendant ainsi plus chers pour les fabricants européens, dont la production deviendra plus onéreuse et donc moins compétitive. Ce mécanisme devra nécessairement s'appliquer aussi aux importations de produits manufacturés. Nous devons nous garder d'être naïfs, raisonner globalement en termes d'empreinte carbone et obtenir l'acceptation de ces nouvelles règles dans le cadre de l'OMC.

Quels sont les principaux atouts de la France et quels pourraient être les freins à la réindustrialisation de l'Europe ?

Nous devons être vigilants. Certains atouts actuels pourraient devenir des faiblesses. La qualité de la formation, en particulier celle des ingénieurs, nous distingue, mais l'affaiblissement général du niveau en mathématiques de nos élèves crée une vulnérabilité. L'Académie des technologies vient de le souligner dans un récent rapport. Nous sommes nettement dépassés par les pays du Nord de l'Europe, Singapour ou la Chine. Sans un socle de formation solide, en mathématiques, en sciences, mais aussi en français, dans notre système éducatif, la formation des ingénieurs, des techniciens sera compromise et la réindustrialisation de la France sera à la peine.

De même, le mix énergétique français, qui est un des plus faiblement carbonés d'Europe, grâce au nucléaire, est mis en péril par le coup d'arrêt qu'a subi ce dernier au cours des trente dernières années. La France pourrait ainsi manquer d'énergie décarbonée à l'avenir. Au regard des besoins d'électricité liés à la décarbonation de notre économie et de celles de nos voisins, nous pouvons investir sans regret dans la relance d'une production énergétique décarbonée, incluant énergies renouve-

lables et nucléaire. Enfin, nous devons être attentifs à notre accès aux intrants qui seront nécessaires à notre industrie. La dépendance vis-à-vis de métaux et terres rares pourrait devenir un frein considérable. La diversification de nos sources d'approvisionnement, l'ouverture de mines et de capacités de raffinage en France, ainsi que la valorisation du recyclage sont vitales.

Quel rôle doit jouer l'Etat français pour faciliter cette réindustrialisation ?

La réindustrialisation de la France est bien sûr d'abord le fruit d'initiatives privées, d'entreprises, grandes et petites, et de startups dynamiques. Cependant, l'Etat a bien un rôle à jouer en développant une vision positive de l'industrie, une priorité partagée, au niveau national, comme régional. Le discours politique, qui valorisait d'abord les services, a changé, mais ce changement n'a pas encore pénétré la société et fait réellement évoluer les comportements, y compris au sein même des pouvoirs publics.

L'Etat doit stimuler un écosystème complet, ne pas simplement aider un champion, mais un secteur champion

Nous devons donner envie, afin que la réindustrialisation soit une aspiration nationale. Pour ce faire, il faut rapprocher la problématique de l'industrie des citoyens, territorialiser l'approche industrielle. Cette proximité est gage d'attractivité, concernant les formations aux métiers de l'industrie, comme l'implantation de sites industriels.

En second lieu, l'Etat doit être le catalyseur des initiatives, car les règles du marché ne suffisent pas. Il doit stimuler un écosystème complet, ne pas simplement aider un champion, mais un secteur champion. La stratégie mise en œuvre concernant les batteries, la mobilité électrique, doit l'être aussi en faveur d'autres filières. Ce rôle de chef d'orchestre de l'Etat français est primordial. Combiner les actions publiques et privées, comme dans le cadre de France 2030, doit permettre d'aller beaucoup plus vite.

Pour sa part, en tant qu'établissement public, l'Académie des technologies joue un rôle de conseil des pouvoirs publics, d'accompagnement dans les choix technologiques, afin qu'ils soient adaptés aux besoins de la société, et favorisent le progrès social. Nous sommes un organisme indépendant au service des pouvoirs publics, mais aussi des citoyens, n'ayant pas d'autre guide que l'intérêt général, et apportant un éclairage indépendant au débat public.

L'acceptabilité sociale et le foncier industriel, deux préalables à la réindustrialisation

Le défi d'une industrie désirable passe par une approche pluraliste et participative.

Si le temps des gueules noires de Zola est révolu depuis longtemps, une partie de l'inconscient collectif est encore pétrie de cette image de l'industrie. À l'aune de ce passé, des inquiétudes croissantes relatives à l'environnement et du syndrome NIMBY (« pas dans mon jardin »), la réindustrialisation pourra se faire, et surtout durer, sous réserve d'être acceptée par les citoyens, riverains en premier lieu. Mieux, il faudrait parvenir à une désirabilité et pour ce, se placer du point de vue des finalités, créant ainsi une dynamique collective positive avec des objectifs et des avantages concrets.

Un nouveau narratif est à écrire ensemble à partir d'une sémantique renouvelée, qui change le regard sur l'industrie et qui dépasse les freins culturels. Rendre ce récit national cohérent implique de s'inscrire dans une vision du monde partagée, et un projet de société, eux-mêmes sous-tendus par l'idéologie du progrès. Or, en la matière, les approches souvent dissonantes, parfois irréconciliables, apparaissent au moment de la concrétisation du projet industriel.

Afin de pallier cette confrontation, il convient au préalable d'identifier les registres mis en jeu dans la politique de réindustrialisation - transition écologique et énergétique, numérisation, emploi, compétitivité économique, etc. - les éventuelles convergences, puis d'en clarifier les principales lignes de faille. Pourquoi et pour qui réindustrialiser ? Avec quels bénéfices à court et long terme ? À partir de quels instruments de politique publique, en mobilisant quels acteurs, grâce à quelles incitations et sous quelles formes de planification, selon quelle feuille de route ? Comment

choisir, évaluer et suivre les projets ? Autant d'interrogations dont les réponses permettront de préciser les paramètres d'acceptabilité - confiance, justice, faisabilité et pertinence. Les nécessaires compromis sont à cette condition.

Quoi qu'il en soit, concilier ou réconcilier exigent avant tout d'adopter une démarche de coconstruction à tous les niveaux et le plus en amont possible, en s'appuyant sur des outils de participation, et

Concilier ou réconcilier exigent d'adopter une démarche de coconstruction le plus en amont possible

sur la prise en compte de leurs résultats. Ainsi, le récit de la réindustrialisation invitera les pouvoirs publics et les acteurs promoteurs à penser une acceptabilité endogène, intégrée dès la phase de conception des programmes et projets, et reposant sur l'implication des différents acteurs concernés et sur les interactions avec eux.

Enfin, ce narratif qui insiste sur l'utilité de l'industrie, voire sur son indispensabilité, doit comporter une dimension de réassurance sur deux points : la maîtrise des risques et des impacts, portée par un effort précoce de pédagogie et de transparence auprès des riverains, et l'anticipation des actions malveillantes en rendant les sites plus robustes et plus sûrs.

Le foncier industriel : plus vite et mieux

Le prérequis du foncier est confronté à deux défis : l'adhésion des territoires et la déclinaison

politique d'objectifs publics en matière de protection de l'environnement et de la biodiversité. Ainsi, il s'agit moins de pénurie que d'adéquation entre la disponibilité et la présence d'écosystèmes adaptés, indispensables aux industriels qui veulent s'implanter, ce qui requiert une véritable politique d'aménagement du territoire.

Bénéficiant d'une culture manufacturière ancrée et dotée d'un bassin d'emplois - souvent en tension - les friches industrielles semblent alors constituer la première réserve foncière. Mais à condition qu'elles soient requalifiées et que les compétences par rapport aux besoins des usines d'aujourd'hui soient revues. Dans le même esprit et toujours à condition d'un travail de concertation en amont, les zones d'implantation « dérisquées » notamment via les sites clés en main, font généralement consensus. Ces processus de transformation impliquent une planification, elle-même animée par dialogue local fort entre les parties prenantes, à l'image du travail mené à Dunkerque.

Là où il faut bâtir ex nihilo, se pose la question de l'application de la loi ZAN (Zéro artificialisation nette). Peut-elle être localement modulable ? Le cas échéant, la création de l'écosystème industriel doit intégrer tout l'aspect logistique, comme les flux nécessaires, la gestion des ressources - eau et énergie - indispensables au fonctionnement du site de production. Et pour répondre aux inquiétudes liées à l'impact dans le temps, l'octroi de baux emphytéotiques assortis de plans de cycle de vie du terrain bâti est à explorer. Là encore, l'écriture collective du narratif pourra jouer un rôle de facilitateur majeur.

Le fruit d'une année de travaux

L'objectif de l'Académie des technologies est de diffuser des points de vue objectifs, étayés et non lobbyistes, auprès des décideurs politiques et économiques, mais aussi du grand public, des citoyens.

En tant qu'institution publique, dont la vocation est d'accompagner les pouvoirs publics dans leurs choix technologiques dans l'intérêt des citoyens, l'Académie des technologies identifie chaque année un enjeu, qui fera l'objet de travaux d'analyse approfondis. Ces travaux doivent aboutir à des préconisations, à la suite du séminaire annuel, qui en est le point d'orgue.

Dans un premier temps, l'Académie recense des publications sur le thème de recherche choisi (publications d'institutions, articles de recherche, articles de presse...), puis en rédige des synthèses, qui font l'objet d'échanges entre tous ceux, parmi les 337

membres de l'Académie, qui souhaitent y contribuer (issus des mondes de la recherche, de l'industrie, du secteur public comme du secteur privé).

L'équipe de coordination des travaux élabore une grille d'analyse, transmise à chacun des pôles de l'Académie, qui lancent leurs propres travaux d'analyse dans ce cadre. Chaque pôle apporte ainsi à ce processus de réflexion sa perception du sujet au regard de son domaine d'expertise (énergie, formation et emploi, numérique, environnement et changement climatique, culture et loisirs, industrie et services, alimentation et santé, technologies, habitat, mobilité et villes). Des sessions consacrées aux échanges avec des

personnalités extérieures permettent d'enrichir encore la réflexion de l'Académie.

À l'issue de ces travaux et moments d'échanges, le séminaire annuel invite l'ensemble des membres, pour une journée consacrée à l'identification des messages qui paraissent les plus pertinents. Cette journée est l'occasion de discussions contradictoires, qui doivent permettre de voir s'exprimer aussi les points de vue minoritaires, pour aboutir à des consensus.

Cette publication se veut le reflet de cette année de travaux et d'échanges sur le thème de la réindustrialisation.

René Amalberti

ACADÉMIE DES TECHNOLOGIES

Le Ponant - Bâtiment A, 19 rue Leblanc, 75015 Paris

Directeur de la publication : Denis Ranque, Président de l'Académie des technologies

Standard : +33(0)1 53 85 44 44

secretariat@academie-technologies.fr - www.academie-technologies.fr