

L'usine cyberphysique : usine connectée, simulée et reconfigurable

Par Christophe de MAISTRE
Président de Siemens France

Simulée, connectée, modulable, l'usine cyberphysique est un ensemble industriel en devenir qui repose sur l'articulation dynamique des mondes réel et virtuel. Elle constitue un horizon prometteur pour l'industrie : outre les gains de productivité qu'elle permet de réaliser, on assiste à une véritable refonte du processus de production industrielle, à un renouveau des enjeux en matière de formation, à des perspectives de relocalisation d'emplois industriels, ainsi qu'à l'apparition de nouveaux défis liés à la cybersécurité. Acteur de l'innovation depuis sa création, Siemens contribue activement à l'écriture de cette nouvelle page industrielle. Si les acteurs privés jouent un rôle majeur dans l'avènement de l'industrie du futur, dont l'usine cyberphysique est l'une des illustrations, l'implication des pouvoirs publics est indispensable.

Des considérations hygiénistes aux évolutions provoquées par la mécanisation, l'automatisation et, aujourd'hui, la digitalisation, l'industrie nourrit bien des espoirs mêlés de craintes. À rebours des représentations empreintes de pessimisme, l'« industrie du futur » (encore dénommée industrie 4.0 ou cyberindustrie) représente avant tout un horizon prometteur pour la production industrielle.

L'usine a pendant longtemps été d'abord une réalité strictement matérielle : lieu de production en série fonctionnant grâce à la main-d'œuvre humaine, à des machines et à différentes sources d'énergie.

Dans « cyberindustrie », le préfixe « cyber » rappelle pour sa part la croissance accélérée de l'utilisation d'Internet et de l'informatique. Dans un sens plus restreint, il peut faire uniquement écho aux enjeux de sécurité industrielle. Le concept d'usine cyberphysique fait donc sens au regard de l'irruption de l'informatique et des technologies de la communication dans la sphère industrielle.

Usine simulée, connectée, modulable, son fonctionnement repose sur une articulation constante, dynamique et intelligente entre le monde virtuel et le monde réel. Si elle reste encore dans une large mesure un objectif industriel à atteindre, l'usine cyberphysique soulève d'ores et déjà de nombreuses interrogations relatives notamment à la place de l'humain en son sein. En outre, si la digitalisation est porteuse d'opportunités pour la réindustrialisation d'une région ou d'un pays, elle s'accompagne aussi de nouveaux risques. De plus en plus connectée, l'usine est en effet exposée aux cybermenaces. Les enjeux en matière de cybersécurité sont dès lors au cœur de l'usine cyberphysique.

Depuis sa fondation, en 1847, et l'invention de son télégraphe à index électrique, Siemens n'a cessé d'être acteur de l'innovation. Au XXI^e siècle, une nouvelle page industrielle est en train de s'écrire : Siemens y contribue en cherchant, à travers ses activités, à bâtir l'usine de demain, qui pourrait être « cyberphysique ».

Connectée, flexible et simulée, l'usine cyberphysique offre un champ des possibles prometteur pour l'industrie

Après les énergies hydrauliques et fossiles (I^{ère} révolution industrielle), l'électrification et la production de masse (II^{ème} révolution industrielle), la mécanisation et l'automatisation (III^{ème} révolution industrielle), la digitalisation bouleverse à son tour la production industrielle. La fabrication additive (ou impression 3D), l'Internet des objets/machines et la collecte puis l'analyse des *Big data*, combinés à l'utilisation de l'outil informatique et de l'Internet haut débit, sont autant d'éléments clés de l'industrie du futur.

Les révolutions industrielles successives se sont accompagnées de gains de productivité, la révolution digitale ne fera pas exception

Elle devrait considérablement moderniser l'industrie en la rendant plus productive, plus flexible et moins énergivore. La mise en réseau des acteurs – fournisseurs, sites de production et clients – et l'échange rapide d'informations entre eux constituent de premiers apports de la digitalisation. Autre changement majeur : toutes les étapes du cycle de vie du produit, depuis sa conception jusqu'à sa maintenance en passant par sa production, pourront être numérisées. Très concrètement, au lieu de créer de

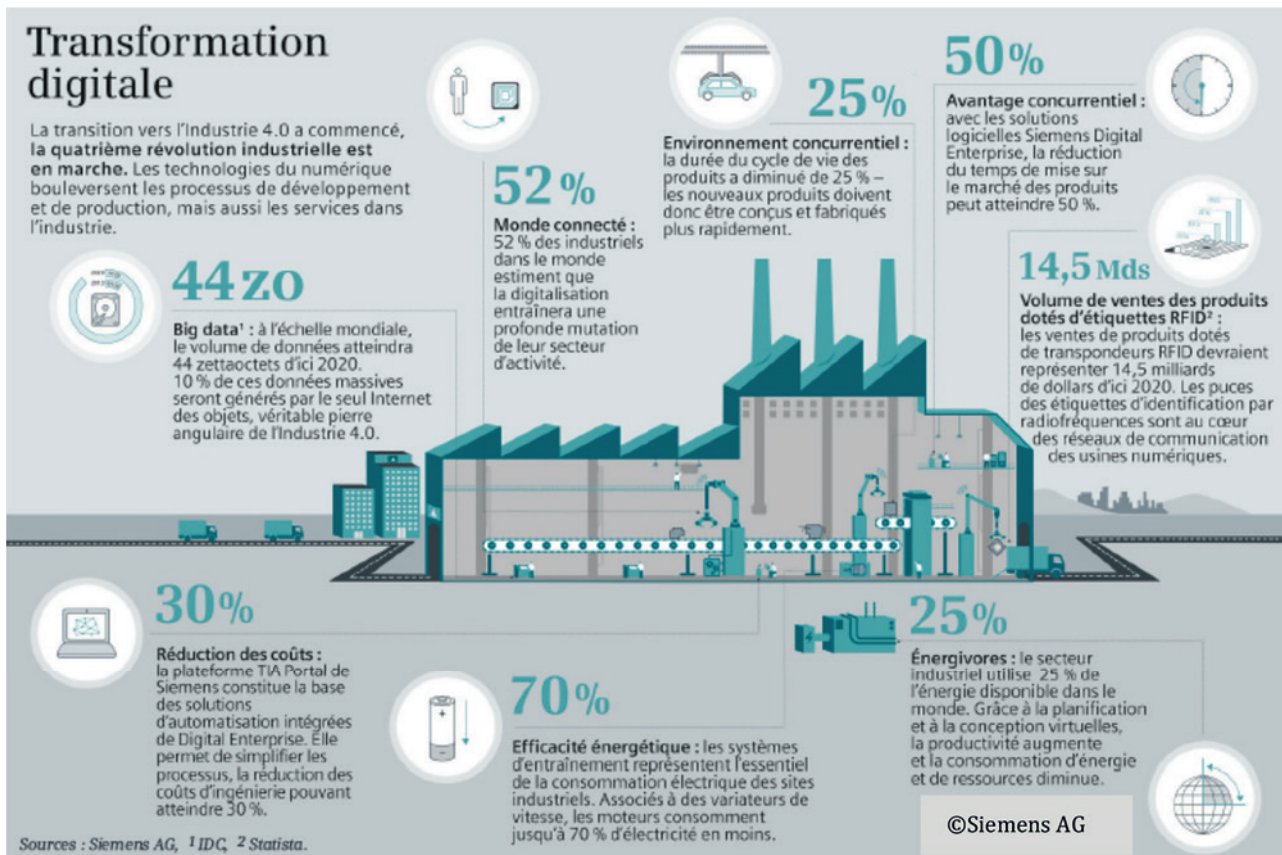


Photo © Siemens AG

multiples prototypes coûteux (en temps et en argent), on pourra concevoir, simuler et optimiser virtuellement de nouveaux produits grâce à des logiciels de type PLM (*Product Life Cycle Management*). Ces évolutions permettront de réduire le temps de mise sur le marché de nouveaux produits, tout en améliorant la qualité.

In fine, c'est le paradigme industriel dans son ensemble qui évolue profondément

Grâce à une transmission quasi instantanée de données entre acteurs et à une forte diminution des délais de mise sur le marché des nouveaux produits, la fabrication à la demande se substitue très largement à la constitution de stocks tampons. Outre sa rapidité renforcée, la production est optimisée et est en parfaite adéquation avec les demandes des clients. En effet, une production de masse sur-mesure se substitue à une logique productiviste uniforme. Autrement dit, les entreprises industrielles peuvent décliner le produit, le personnaliser, tout en conservant une ligne de production unique. On assiste alors à l'émergence de nouveaux *business models* dans lesquels les cloisonnements « BtoB/BtoC » et « industrie/services » sont amenés à s'estomper progressivement. Une autre possibilité se dessine, offerte par le développement des systèmes cyberphysiques : celle du « *plug and produce* », c'est-à-dire d'une production flexible basée sur des unités de production modulaires numérisées.

Les différentes fonctions d'une usine (presse, soudage, peinture, etc.) seront numérisées. Ces blocs cyberphysiques (c'est-à-dire conçus virtuellement, mais reliés au

Encadré 1 : Focus : Elektronikwerk Amberg (EWA) une digital factory efficace

Située en Allemagne, cette usine Siemens s'est résolument engagée dans la voie de la digitalisation, sans que ses effectifs aient varié au cours des vingt-cinq dernières années. Largement automatisée – les machines réalisent 75 % de la création de valeur – la production (à Amberg) utilise toute la gamme logicielle de Siemens (PLM, simulation...) et des contrôleurs programmables Simatic.

Fleuron du groupe Siemens, l'EWA a non seulement multiplié son volume de production par huit, mais a aussi amélioré considérablement sa qualité, avec un taux de perte presque nul (0,0012 %). Fort de ce succès, le groupe a créé une usine jumelle en Chine, à Chengdu.

monde réel grâce à Internet) peuvent ensuite être modifiés, assemblés et dupliqués dans tous les sites de production similaires. Enfin, la physionomie de l'usine et les métiers industriels changeront profondément (voir *infra*).

Ainsi, l'usine « Giovanni Agnelli », située dans la banlieue de Turin, illustre la mue digitale de la production industrielle et les gains de productivité que celle-ci engendre. La gamme des logiciels industriels Siemens permet à Maserati de concevoir, de simuler et de tester virtuellement son modèle Ghibi, de limiter les erreurs et d'identifier les gains de productivité, avant d'en lancer la production.

Par exemple, la plateforme Teamcenter centralise les données de toutes les équipes travaillant sur le projet. Cela permet non seulement de gagner du temps dans l'analyse, mais aussi de limiter les risques d'erreurs liées au manque de communication. Ce choix du « digital » a permis à Maserati de réduire les coûts induits par le prototypage, de réduire son délai de mise sur le marché à 16 mois, d'améliorer sa productivité sans rogner sur la qualité de son produit (trois fois plus de véhicules sont produits) et de personnaliser une production de masse pour mieux satisfaire ses clients (en proposant 27 versions, 13 coloris et 203 configurations) ⁽¹⁾.

Ces évolutions ne concerneront pas de manière uniforme l'ensemble des acteurs industriels, mais elles constituent un réel atout pour la réindustrialisation

Certains secteurs – comme l'automobile et l'aéronautique – constituent un terrain privilégié pour l'épanouissement de ces technologies. Par ailleurs, chaque brique technologique (impression 3D, simulation, etc.) ne sera pas utilisée partout. La mutation de l'appareil productif pourrait donc être généralisée, mais à des degrés divers. Il faut surtout garder à l'esprit que la désindustrialisation n'est pas une fatalité : dans un pays particulièrement touché par ce phénomène comme la France (où la part de l'industrie dans le PIB est passée de 35 % en 1970 à 11 % aujourd'hui) et dans un contexte concurrentiel accru, l'opportunité que représente la digitalisation doit être saisie. Y sensibiliser les différents acteurs nous paraît indispensable.

Au sein de l'usine cyberphysique, les enjeux en matière de formation et d'emploi évoluent

L'automatisation et l'essor du numérique sont souvent perçus comme une menace pour l'emploi industriel : si la destruction de certains emplois paraît inévitable, ce jugement doit néanmoins être nuancé

D'une part, ce phénomène de destruction d'emplois est difficile à quantifier et, d'autre part, de nouveaux emplois seront créés en parallèle. Selon le cabinet Roland Berger, le nombre d'emplois industriels en Europe de l'Ouest devrait augmenter de 6 % entre 2015 et 2035 ⁽²⁾. Il est par ailleurs erroné de penser que l'univers numérique se suffira à lui-même. Les savoirs et les savoir-faire liés à l'exercice d'un métier resteront indispensables. L'articulation constante entre les mondes virtuel et réel garantit la fiabilité du jumeau numérique. Ainsi, à Chalampé (voir l'Encadré 2), la réplique virtuelle de l'usine Solvay était mise à jour régulièrement afin de s'assurer qu'elle constituait bien un double fidèle du site réel et de garantir la migration des systèmes pendant les arrêts de production, à savoir une fois tous les trois ans.

(1) <http://www.siemens.com/stories/cc/en/driven-by-data/>

(2) Cabinet Roland Berger, Industrie du futur : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique, séminaire Alliance pour l'Industrie du futur, 13 avril 2016.



Conception virtualisée du nouveau modèle Ghibli de Maserati.

Encadré 2 : Focus : le jumeau virtuel de l'usine de Solvay à Chalampé (Alsace)

Spécialisé dans la fabrication du polyamide 6.6, le site industriel Solvay/Butachimie à Chalampé devait remplacer l'intégralité de son système de contrôle-commande devenu obsolète.

Cette migration vers un nouveau système présentait au moins deux difficultés liées à la dangerosité du site pétrochimique et au fonctionnement de l'usine (qui ne s'arrête que trois semaines tous les trois ans).

Grâce à l'outil de simulation SIMIT de Siemens, un jumeau virtuel des ateliers de production a été créé, permettant de simuler la migration afin de fiabiliser sa mise en œuvre.

À rebours de craintes souvent exprimées, la transformation digitale de l'industrie pourrait constituer un levier de compétitivité favorable à l'emploi industriel

Entre 1980 et 2007, le nombre des emplois industriels a chuté de 36 % en France, passant de 5,3 à 3,4 millions. En près de 30 ans, la part de l'industrie dans l'emploi total a reculé de 11 points (passant de 24 à 13 %) ⁽³⁾.

La digitalisation pourrait permettre d'enrayer cette tendance à la baisse. En effet, la digitalisation de la sphère industrielle repose sur l'utilisation de technologies de pointe, qui nécessitent une main-d'œuvre qualifiée (ouvriers, techniciens et ingénieurs). Ce besoin qualitatif amoindrit la compétitivité-coût des pays où la main-d'œuvre est peu chère. La digitalisation devient un vecteur d'*Onshoring*, autrement dit de relocalisation de la production et de l'emploi industriel dans des pays développés, comme la France.

L'incertitude réside en réalité dans l'ampleur de ces phénomènes contradictoires et dans la capacité des pouvoirs publics et des entreprises à tirer leur épingle du jeu en anticipant et en intégrant ces changements au système éducatif et à la formation continue des salariés

L'adaptation de l'offre de formations aux enjeux industriels passe par des partenariats.

Siemens coopère depuis plusieurs années avec l'Éducation nationale à travers le déploiement d'un programme de certification (une centaine d'établissements sont concernés) et l'adaptation des formations bac+2 aux enjeux de la digitalisation.

En concertation avec les acteurs industriels, ces formations évoluent. Ainsi, le BTS Conception et réalisation de systèmes automatiques (CRSA) a été enrichi de modules portant sur la simulation.

Par ailleurs, un accord quadriennal a été signé entre l'Académie de Toulouse et Siemens, en septembre 2015. Les établissements de la région proposant les BTS Électrotechnique et CRSA ont été équipés d'une plateforme dédiée à la gestion des automatismes indus-

triels et, en parallèle, le processus de certification a été mis en place. Un cercle vertueux se dessine : les filières techniques sont revalorisées ; les élèves acquièrent des compétences adéquates et les industriels disposent d'un vivier de compétences.

Le jumeau virtuel et la réalité augmentée présentent un véritable intérêt pour la formation des salariés

La maintenance prédictive et à distance est l'une des illustrations de cette articulation du virtuel et du réel. Ainsi, l'analyse des données émanant de l'objet connecté (une turbine à gaz, par exemple) permet d'en détecter les risques de défaillance et d'anticiper la nécessité d'une opération de maintenance. En outre, grâce à des outils comme la solution logicielle COMOS, les opérateurs peuvent s'entraîner en amont sur une duplication virtuelle de l'usine. Cette préparation garantit une prise en main efficace et améliore leur capacité d'intervention.

La réalité augmentée est un autre outil permettant d'améliorer les aptitudes du salarié. Par exemple, un constructeur automobile pourrait avoir recours à cette technologie pour optimiser l'application d'une peinture sur une portière. Dans le monde virtuel, une portière et un pistolet à peinture – relié au pistolet réel utilisé par l'ouvrier – sont numérisés. Grâce à des capteurs, les gestes de l'ouvrier, muni d'un casque de réalité augmentée, sont enregistrés, analysés et ensuite comparés à des indicateurs de performance.

L'usine cyberphysique est aussi une usine mieux protégée contre les cyberattaques

La cybersécurité apparaît comme un élément indissociable de l'usine cyberphysique

De fait, l'utilisation des réseaux de communication modernes, l'interconnexion croissante des machines (entre elles et entre elles et le monde réel) et la production de *Big data* rendent l'usine plus vulnérable. Ces dernières années, les systèmes industriels sont apparus comme des cibles privilégiées pour des cyberattaques. Pourtant, ce risque est encore souvent sous-évalué, en raison notamment de la difficulté à détecter les cyberattaques et à évaluer leur impact, mais aussi d'une sensibilisation parfois insuffisante des individus aux cybermenaces.

Face à des risques protéiformes – déstabilisation (défiguration, déni de service), espionnage (vol de données), sabotage (effacement de données, destruction des équipements physiques) –, les entreprises doivent mettre en place un système de sécurité industrielle adéquat et en faire une des composantes de leur culture d'entreprise

Dans la mise en place de cette politique de sécurité, il est nécessaire de respecter trois étapes : tout d'abord, effectuer un diagnostic préalable des menaces et des

3) DEMMOU (Lilas), « Le Recul de l'emploi industriel en France de 1980 à 2007 : quelle est la réalité ? », Lettre du Trésor-Eco, n°77, septembre 2010, p. 1.

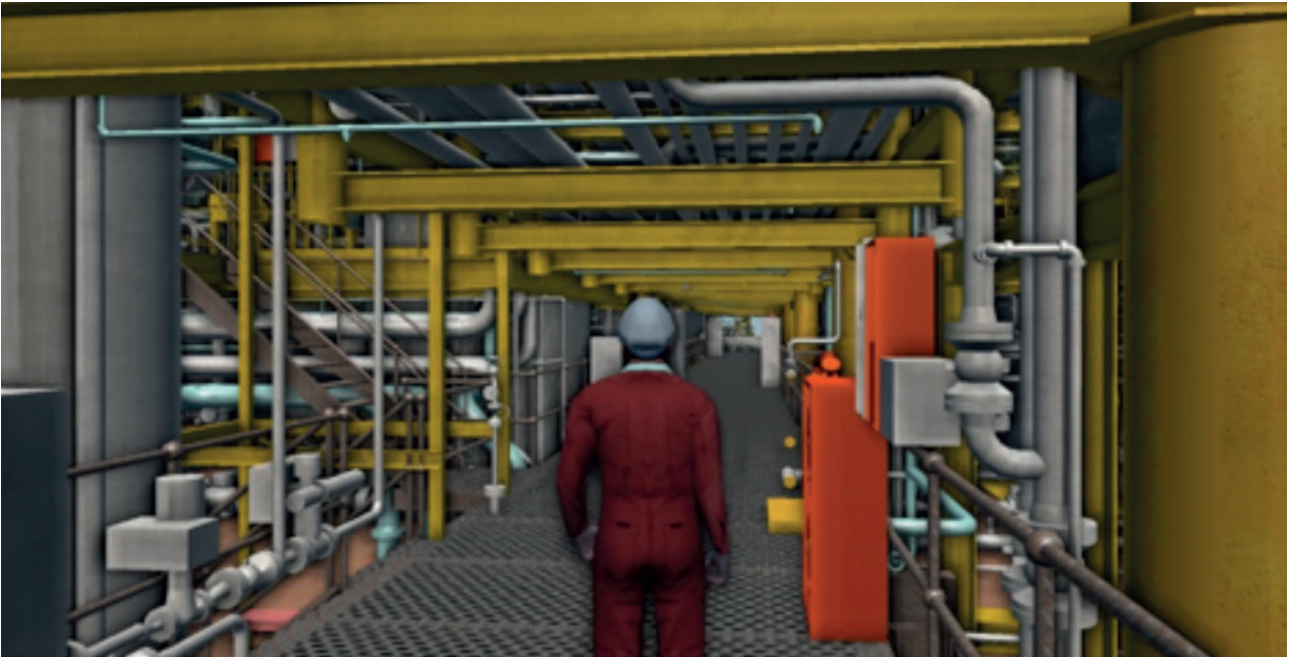


Photo © Siemens AG

Le reconstitution virtuelle d'une usine grâce à la solution logicielle COMOS.

Encadré 3 : Focus : Siemens, acteur majeur de la cybersécurité

Le sabotage du programme nucléaire iranien par le malware « Stuxnet » en 2010 est l'une des illustrations les plus emblématiques de la vulnérabilité des systèmes industriels. Cette attaque a catalysé la prise de conscience de l'importance des cybermenaces. Lancé dès 2011, le projet « Industrial Security » a permis à Siemens de devenir l'une des références en matière de cybersécurité. Siemens est en effet le premier à avoir commercialisé des équipements certifiés par l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI). L'automate programmable (Simatic S7-1500) – certifié et qualifié – et le commutateur industriel Ethernet Scalance XM400 (*switch*) sont les gages d'un haut niveau de sécurité.

risques, puis mettre en place des mesures de protection – protection du site industriel, renforcement de la sécurité des équipements, diffusion de bonnes pratiques – et, enfin, disposer d'un système de détection et d'alerte en cas de cyberattaque. Surtout, il faut garantir l'efficacité du système de protection dans le temps, face à une menace évolutive.

Mais, pour que l'usine cyberphysique devienne réalité, d'importants défis doivent encore être relevés

L'avènement d'une usine cyberphysique se heurte encore à des défis technologiques

Or, dans un champ aussi concurrentiel que le numérique, les primo-innovants bénéficient d'un avantage durable. Il est donc indispensable d'investir massivement le champ

du « digital » non seulement au niveau national, mais également au niveau européen.

La France dispose d'un potentiel indéniable qui s'incarne au travers non seulement de grandes entreprises pionnières, mais aussi d'un tissu de PME ayant investi dans ce levier de croissance. Mais si ce tissu industriel existe, il convient aussi de le renforcer en accordant une attention particulière aux PME/ETI. Siemens s'efforce de développer cette approche, en France, dans ses relations avec ses fournisseurs, mais aussi à travers son engagement au sein de l'association Pacte-PME.

À l'échelle européenne, l'« Industrie du futur » – ou, selon la terminologie en cours outre-Rhin, l'« Industrie 4.0 » – constitue un nouveau champ de coopération de l'axe franco-allemand. Ainsi, le rapprochement entre Siemens et Atos a permis de constituer un acteur numérique européen de premier plan. Il convient de poursuivre le développement de cette épine dorsale numérique franco-allemande, sur la base notamment des travaux menés conjointement par le Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle commande et des services associés (Gimélec) et par son homologue allemand, le ZVEI (*Zentralverband Elektrotechnik-und Elektronikindustrie*).

Enfin, si la prise de risque inhérente à la logique entrepreneuriale doit conduire les entreprises à entrer résolument dans l'ère de l'industrie du futur, celles-ci auront besoin d'un cadre réglementaire qui leur soit favorable pour mener à bien cette transformation

Aux côtés des initiatives privées, l'engagement des pouvoirs publics est également indispensable. Des initiatives vont déjà dans ce sens, comme la création de l'association de l'Alliance Industrie du futur, dont Siemens est un membre actif, dans le cadre du projet Industrie du futur

que le gouvernement français a lancé en avril 2015. Mais il importe de simplifier la réglementation, dont l'extrême complexité pénalise essentiellement les PME. L'évolution du cadre législatif implique également d'identifier à l'échelle européenne les défis posés par la digitalisation.

Bibliographie

Cabinet Roland Berger, *Industrie 4.0 : nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique*, Séminaire Alliance pour l'Industrie du futur, avril 2016.

DEMMOU (Lilas), « Le Recul de l'emploi industriel en France de 1980 à 2007 : quelle est la réalité ? », *Lettre du Trésor-Eco*, n°77, septembre 2010, 8 pages.

SIEMENS France, direction de la Communication, *L'Essentiel*, sous la direction de Frederick Jeske-Schönhoven (directeur de la publication) et de Valérie Rassel (rédacteur en chef), juin 2016, 76 pages.

Liens Internet :

<http://www.siemens.com/stories/cc/en/driven-by-data/>

<http://w5.siemens.com/france/web/fr/ad/news/press/releases/pages/anssi-simatic-s7-1500.aspx>

<http://w5.siemens.com/france/web/fr/ad/news/press/releases/pages/anssi-ethernet-scalance-xm400.aspx>