

NORME
INTERNATIONALE

ISO/ASTM
52910

Première édition
2018-07

Fabrication additive — Conception — Exigences, lignes directrices et recommandations

*Additive manufacturing — Design — Requirements, guidelines and
recommendations*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/ASTM 52910:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b2490e38-e865-4a6d-b6eb-488b261eca43/iso-astm-52910-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b2490e38-e865-4a6d-b6eb-488b261eca43/iso-astm-52910-2018>



Numéro de référence
ISO/ASTM 52910:2018(F)

© ISO/ASTM International 2018

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO/ASTM 52910:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b2490e38-e865-4a6d-b6eb-488b261eca43/iso-astm-52910-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou un intranet, sans autorisation écrite soit de l'ISO à l'adresse ci-après, soit d'un organisme membre de l'ISO dans le pays du demandeur. Aux États-Unis, les demandes doivent être adressées à ASTM International.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

ASTM International
100 Barr Harbor Drive, PO Box C700
West Conshohocken, PA 19428-2959, USA
Tél.: +610 832 9634
Fax: +610 832 9635
E-mail: khooper@astm.org
Web: www.astm.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Objet	3
5 Opportunités et limites de conception	6
5.1 Généralités.....	6
5.2 Opportunités de conception.....	7
5.3 Limites de conception.....	8
6 Considérations relatives à la conception	9
6.1 Généralités.....	9
6.2 Considérations relatives au produit.....	9
6.3 Considérations relatives à l'utilisation du produit.....	10
6.3.1 Généralités.....	10
6.3.2 Environnement thermique.....	10
6.3.3 Exposition chimique.....	11
6.3.4 Exposition aux rayonnements.....	11
6.3.5 Autre exposition.....	11
6.4 Considérations relatives au développement durable.....	12
6.5 Considérations relatives à l'entreprise.....	14
6.6 Considérations d'ordre géométrique.....	15
6.7 Considérations relatives aux propriétés des matériaux.....	17
6.7.1 Généralités.....	17
6.7.2 Propriétés mécaniques.....	18
6.7.3 Propriétés thermiques.....	19
6.7.4 Propriétés électriques.....	19
6.7.5 Autres.....	19
6.8 Considérations relatives aux différentes catégories de processus.....	20
6.8.1 Généralités.....	20
6.8.2 Considérations spécifiques relatives aux différentes catégories de processus.....	20
6.8.3 Autres considérations.....	22
6.9 Considérations relatives aux communications.....	23
7 Avertissements à l'attention des concepteurs	24
Bibliographie	26

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec l'ASTM F42, *Additive Manufacturing Technologies* (technologies de la fabrication additive), dans le cadre d'un accord de partenariat entre l'ISO et ASTM International dans le but de créer un ensemble commun de normes ISO/ASTM concernant la fabrication additive.

Fabrication additive — Conception — Exigences, lignes directrices et recommandations

ATTENTION — Le présent document n'a pas pour but de traiter tous les problèmes de sécurité qui sont, le cas échéant, liés à son application. Il incombe à l'utilisateur du présent document d'établir des pratiques appropriées en matière d'hygiène et de sécurité, et de déterminer l'applicabilité des limites avant utilisation.

1 Domaine d'application

Le présent document donne les exigences, les lignes directrices et les recommandations relatives à l'utilisation de la fabrication additive (FA) dans la conception des produits.

Il est applicable lors de la conception de tous les types de produits, dispositifs, systèmes, composants ou pièces devant être manufacturés par tout type de système FA. Le présent document aide à déterminer les considérations relatives à la conception qui peuvent être utilisées dans le cadre d'un projet de conception ou pour mettre à profit les capacités d'un processus FA.

Le document fournit des recommandations générales et identifie les problèmes, mais ne fournit pas des solutions de conceptions spécifiques et des données spécifiques aux processus ou spécifiques aux matériaux.

Le public visé comprend trois types d'utilisateurs:

- les concepteurs qui mettent au point des produits destinés à être manufacturés dans un système de fabrication additive ainsi que leurs responsables hiérarchiques;
- les étudiants apprenant la conception mécanique et la conception assistée par ordinateur; et
- les personnes qui élaborent les lignes directrices pour la conception en fabrication additive (FA) et les recommandations pour la conception.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO/ASTM 52921, *Terminologie normalisée pour la fabrication additive — Systèmes de coordonnées et méthodes d'essai*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52921 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

3.1 Catégories de procédés de fabrication additive

3.1.1

projection de liant

procédé de fabrication additive dans lequel un agent de liaison liquide est déposé de manière sélective pour assembler des matériaux poudreux

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—¹], 3.2.1]

3.1.2

dépôt de matière sous énergie concentrée

procédé de fabrication additive dans lequel l'énergie thermique focalisée est utilisée pour faire fondre les matériaux pendant leur dépôt

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.2 — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.1.3

extrusion de matière

procédé de fabrication additive dans lequel le matériau est distribué de manière sélective par une buse ou à travers un orifice

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.3]

3.1.4

projection de matière

procédé de fabrication additive dans lequel des gouttelettes du matériau fabriqué sont déposées de manière sélective

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.4 — La Note 1 à l'article a été supprimée.]

3.1.5

fusion sur lit de poudre

procédé de fabrication additive dans lequel l'énergie thermique fait fondre de manière sélective certaines zones d'un lit de poudre

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.5]

3.1.6

stratification de couches

procédé de fabrication additive dans lequel des couches de matériau sont liées pour former un objet

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.6 — «une pièce» a été remplacée par «un objet»]

3.1.7

photopolymérisation en cuve

procédé de fabrication additive dans lequel un photopolymère liquide plongé dans une cuve est durci de manière sélective par polymérisation activée par la lumière

[SOURCE: ISO/ASTM 52900:—, 3.2.7]

3.2 Autres définitions

3.2.1

aspect de conception

sujet qui peut influencer les décisions prises par un concepteur de pièces

Note 1 à l'article: Le concepteur détermine dans quelle mesure le sujet peut affecter la pièce en cours de conception et prend les mesures appropriées.

1) En préparation. Stade au moment de la publication: ISO/DIS 52900:2018.

3.2.2

chaîne de processus

séquence de processus de fabrication nécessaire pour doter la pièce de toutes les propriétés souhaitées

4 Objet

4.1 Le présent document fournit les exigences, lignes directrices et recommandations applicables à la conception de pièces et de produits devant être produits par des procédés FA. Il met en avant les conditions de la pièce ou du produit qui plaident en faveur de la fabrication additive. Il met également l'accent sur les conditions qui plaident en faveur des procédés de fabrication classiques. Les principaux éléments comprennent les suivants:

- les opportunités et les libertés de conception offertes aux concepteurs par la fabrication additive ([Article 5](#));
- les problèmes dont il convient que les concepteurs tiennent compte lors de la conception de pièces pour la fabrication additive, qui constitue le contenu principal des présentes lignes directrices ([Article 6](#)); et
- des avertissements aux concepteurs, ou «alertes rouges», qui indiquent des situations qui engendrent souvent des problèmes dans de nombreux systèmes de fabrication additive ([Article 7](#)).

4.2 La stratégie globale de conception pour la fabrication additive est illustrée à la [Figure 1](#). Il s'agit d'un processus représentatif pour la conception de pièces mécaniques destinées à des applications structurales, lorsque le coût est le critère majeur de décision. Le concepteur peut remplacer ce critère de coût par un critère de qualité, de délai de livraison ou par un autre critère décisionnel, le cas échéant. Outre les considérations techniques associées aux caractéristiques fonctionnelles, mécaniques ou relatives au processus, il convient également que le concepteur tienne compte des risques liés au choix des procédés de fabrication additive.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b2490e38-e865-4a6d-b6eb-488b261eca43/iso-astm-52910-2018>

4.3 Le processus d'identification du potentiel général de production par fabrication additive est illustré à la [Figure 2](#). Il s'agit d'une extension de la case «Identification du potentiel général de fabrication additive» située à gauche à la [Figure 1](#). Comme illustré, les principaux critères de décision ciblent en particulier sur la disponibilité de la matière (que les pièces soient adaptées ou non au volume de fabrication), et l'identification d'au moins une caractéristique de pièce (sur-mesure, légère, géométrie complexe) pour laquelle la fabrication additive convient particulièrement. Ces critères sont représentatifs d'un grand nombre d'applications en ingénierie mécanique, mais ne sont pas censés être exhaustifs.

4.4 Une extension de la case «Sélection de processus de fabrication additive (FA)» de la [Figure 1](#) est présentée à la [Figure 3](#); cette extension indique que le choix de la matière est crucial pour la détermination d'un ou plusieurs processus adaptés. Si une combinaison adaptée entre une matière et un processus peut être identifiée, il est alors possible d'envisager d'autres exigences de conception, y compris des considérations relatives à la surface, à la géométrie et aux propriétés physiques statiques et dynamiques, entre autres. Dans la mesure où ces figures sont destinées à illustrer la pratique type pour de nombreux types de pièces mécaniques, il convient de ne pas les interpréter comme des figures prescrivant une pratique nécessaire.

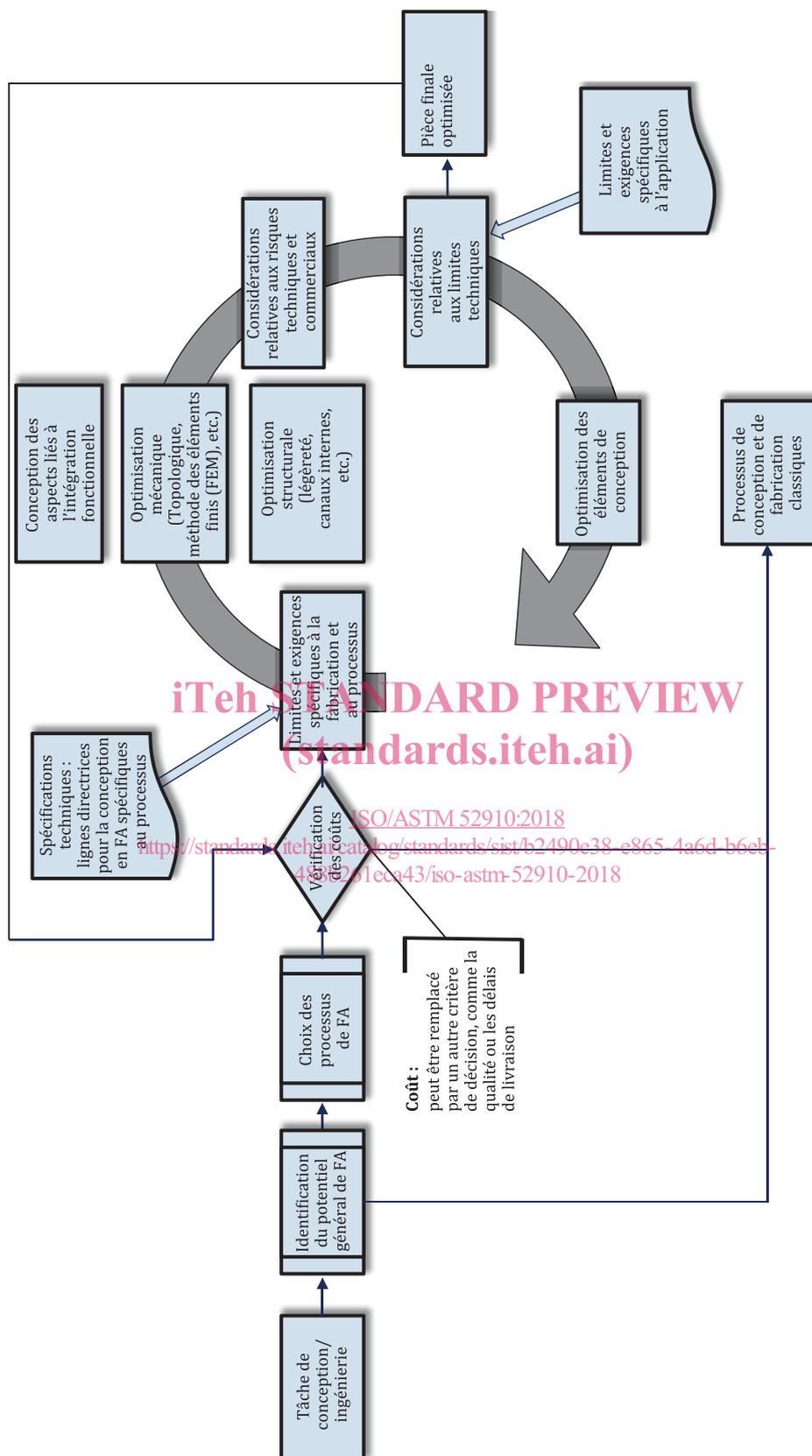


Figure 1 — Stratégie globale pour la conception en fabrication additive

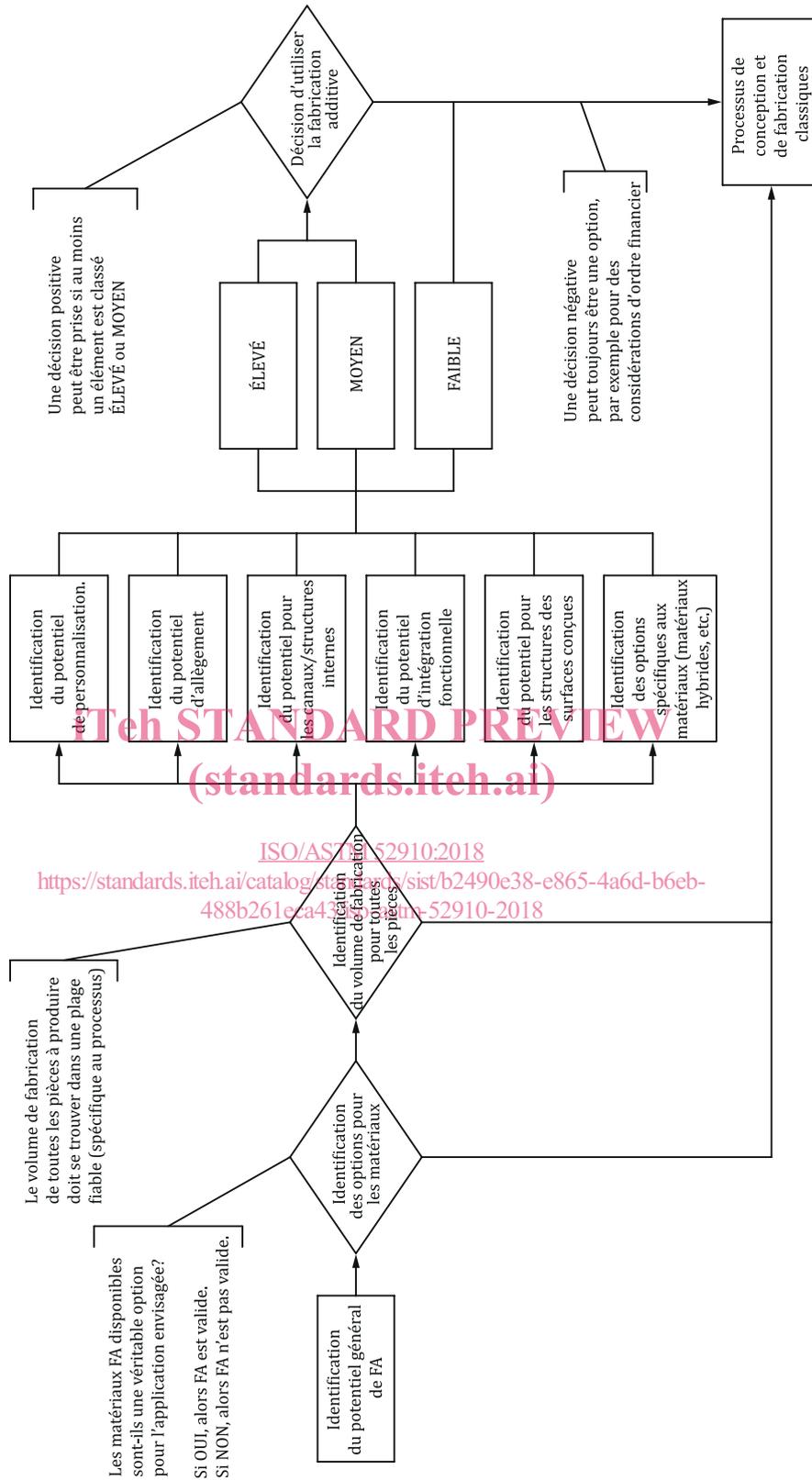
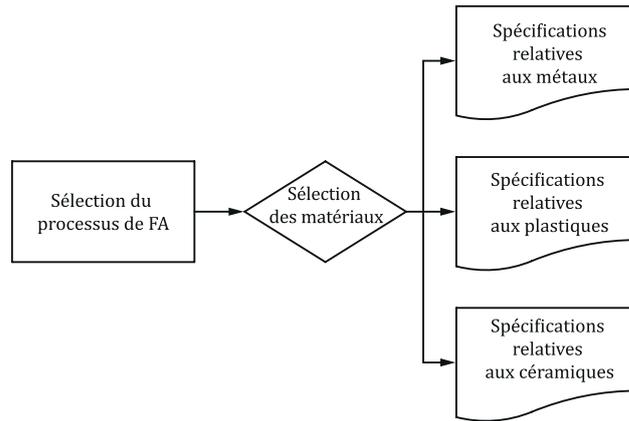


Figure 2 — Procédure d'identification du potentiel de FA



Matériau: métal				
Principaux problèmes techniques	Fusion sur lit de poudre	Projection de matière	Extrusion de matière	Stratification de couches
Surface				
Rugosité				
Effet d'escalier				
Propriétés géométriques				
Exactitude géométrique				
Propriétés physiques statiques				
Porosité				
Résistance à la traction				
Ductilité				
Propriétés physiques dynamiques				
Fatigue au cours du cycle de vie				

Figure 3 — Paramètres pour le choix du procédé de FA

5 Opportunités et limites de conception

5.1 Généralités

Pour plusieurs raisons, il existe des différences entre la fabrication additive et les autres processus de fabrication et ces différences conduisent à des opportunités et libertés de conception qui sont détaillées ici. En règle générale, si une pièce peut être fabriquée de manière économique par un procédé de fabrication classique, il convient que la pièce en question ne soit pas produite en utilisant un procédé de fabrication additive. Les pièces qui se prêtent bien à la fabrication additive ont tendance à avoir des géométries complexes, des géométries personnalisées, de faibles volumes de production, des combinaisons particulières de propriétés ou de caractéristiques, ou une certaine combinaison de ces caractéristiques. Comme les procédés et matériaux s'améliorent, l'attention accordée à ces caractéristiques est susceptible d'évoluer. Dans l'Article 5, certaines opportunités de conception sont mises en évidence et quelques limites types sont identifiées.

5.2 Opportunités de conception

5.2.1 Contexte — Le système de fabrication additive réalise des pièces par ajout de matière, couche par couche. En raison de la nature de ses processus, la fabrication additive présente plus de degrés de liberté que les autres procédés de fabrication. Par exemple, une pièce peut être composée de millions de gouttelettes si elle est réalisée lors d'un processus de projection de matière. Le contrôle discret de millions d'opérations à l'échelle micrométrique ou nanométrique constitue à la fois une opportunité et un défi. La fabrication additive se distingue des procédés de fabrication classiques par les niveaux inédits d'interdépendance parmi les considérations et les variables de processus de fabrication. La capacité de mettre à profit les opportunités de conception peut être limitée par les complexités de la planification des processus.

5.2.2 Aperçu général — La nature additive, basée sur les couches, signifie que pratiquement toutes les formes de pièces peuvent être réalisées sans outillage de prototype tel que moules, matrices ou gabarits. Des géométries spécifiquement adaptées à des personnes (clients ou patients) peuvent être réalisées de façon économique. Des constructions géométriques très sophistiquées sont possibles à l'aide de structures cellulaires (alvéolaires, réticulaires, en mousse) ou de structures plus générales. Souvent, des pièces multiples fabriquées selon des procédés classiques peuvent être remplacées par une pièce unique, ou par un petit nombre de pièces, c'est-à-dire des pièces géométriquement plus complexes que les pièces remplacées. Cela peut conduire à l'élaboration de pièces plus légères et plus performantes que les ensembles qu'elles sont censées remplacer. En outre, la réduction du nombre de pièces (appelée consolidation des pièces) présente de nombreux avantages pour les activités en aval. Cela peut permettre une réduction du temps d'assemblage, du temps de réparation, de la complexité de l'atelier, du stock de pièces de rechange et des outillages, ce qui peut donner lieu à des économies pendant la durée de vie du produit. Il est également à noter que des modèles médicaux géométriquement complexes peuvent être aisément réalisés à partir de données d'imagerie médicale.

5.2.3 Dans de nombreux processus de fabrication additive, les compositions ou les propriétés des matériaux peuvent être modifiées dans l'ensemble d'une pièce. Cette capacité permet la réalisation de pièces présentant des niveaux fonctionnels différents, dans lesquelles les propriétés mécaniques souhaitées peuvent être réparties en faisant varier la composition ou la microstructure des matériaux. Si le concepteur souhaite que les propriétés mécaniques effectives varient selon les différentes parties de la pièce, il peut mettre à profit la capacité des processus de FA à réaliser des formes géométriques complexes. Si le concepteur souhaite modifier la composition ou la microstructure, il peut souvent le faire, mais avec des restrictions qui dépendent du processus et de la machine spécifiques. Parmi les divers processus de FA, certains permettent un contrôle point par point de la variation de matière, d'autres permettent un contrôle discret au sein d'une couche et, à l'exception de la photopolymérisation en cuve, tous permettent un contrôle discret entre les couches. Dans les processus de projection de matière et de projection de liant, il est possible de faire varier la composition de la matière de manière pratiquement continue, d'une gouttelette à l'autre, ou même par mélange de gouttelettes. De la même manière, le processus de dépôt sous énergie concentrée peut produire des compositions de matériaux variables par modification de la composition des poudres injectées dans le bain de fusion. Un contrôle discret de la composition de la matière est possible dans les processus d'extrusion de matière en utilisant, par exemple, de multiples têtes de dépôt. Les processus de fusion sur lit de poudre (PBF) peuvent être limités par les difficultés pouvant être rencontrées lors de la séparation de poudres mélangées non fondues. Il est important de noter que les capacités des machines spécifiques varieront et évolueront dans le temps, mais la tendance est à une plus grande flexibilité dans la composition de matière et à la capacité de contrôle des propriétés.

5.2.4 Il existe une opportunité importante d'optimiser la conception des pièces pour obtenir des propriétés structurales inédites. Le concept de «conception pour la fonctionnalité» peut se concrétiser, ce qui signifie que si les fonctions d'une pièce peuvent être définies mathématiquement, la pièce peut être optimisée pour réaliser ces fonctions. Des méthodes innovantes d'optimisation de la topologie et de la forme ont été élaborées à cette fin. Les conceptions résultantes peuvent avoir des constructions géométriques très complexes, utilisant des structures internes alvéolaires, réticulaires ou en mousse, avoir des compositions et des variations de matières complexes ou une combinaison de celles-ci. Des études sont nécessaires dans ce domaine, mais quelques exemples sont en train d'être présentés.

5.2.5 D'autres opportunités impliquent certaines considérations d'ordre commercial. Puisque la fabrication de pièces basée sur la FA n'exige aucun outillage, les délais peuvent être extrêmement courts. L'infrastructure propre à la pièce ne nécessite qu'un investissement négligeable, ce qui permet une personnalisation de masse et une bonne réactivité aux évolutions du marché. Dans le cas d'une réparation, la réfection des composants peut se révéler très avantageuse aussi bien sur le plan économique qu'au niveau des délais.

5.3 Limites de conception

5.3.1 *Aperçu général* — Il est utile d'indiquer des caractéristiques de conception indiquant des situations dans lesquelles il convient probablement de ne pas utiliser la fabrication additive. Il est nécessaire d'indiquer de manière concise que, si une pièce peut être fabriquée de façon économique par un procédé de fabrication classique et si elle est capable de répondre aux exigences, alors la pièce en question n'est pas susceptible d'être une bonne candidate pour la fabrication additive. Il convient que le concepteur parvienne à un bon compromis entre le coût, la valeur générée et les risques pour décider s'il doit ou non envisager un système de FA.

5.3.2 Les processus de fabrication additive offrent un avantage qui réside dans leur flexibilité pour la réalisation d'une grande variété de formes de pièces, de formes complexes et personnalisées et éventuellement, des répartitions complexes de matériaux. Si l'on souhaite produire en série des quantités importantes de pièces de forme simple, alors la fabrication additive n'est pas le procédé qui convient si des améliorations significatives en termes de temps et de coûts de production ne sont pas apportées.

5.3.3 Un concepteur doit être au courant des différents choix disponibles en ce qui concerne les matériaux, la variété et la qualité des matières premières et doit savoir de quelle manière les propriétés mécaniques et autres propriétés physiques du matériau varient par rapport à celles utilisées dans d'autres processus de fabrication. Les matériaux utilisés en fabrication additive présentent des caractéristiques et des propriétés différentes car ils ne sont pas traités de la même manière que dans les processus de fabrication classiques. Il convient que les concepteurs sachent que les propriétés des composants de FA sont extrêmement sensibles aux paramètres de processus et que la variabilité des processus constitue un problème majeur qui peut limiter la liberté de conception. En plus, il convient que les concepteurs comprennent les anisotropies souvent présentes dans les matériaux utilisés en fabrication additive. Dans certains processus, les propriétés dans le plan de fabrication (directions X, Y) sont différentes de celles dans le sens de fabrication (axe Z). Avec certains métaux, il est possible d'obtenir des propriétés mécaniques qui sont meilleures que celles obtenues avec des métaux corroyés. Cependant, les propriétés de résistance à la fatigue et à l'impact ne sont pas aussi bonnes pour les pièces produites par des processus de FA dans leur état brut de fabrication que pour celles traitées dans des matériaux classiques.

5.3.4 Toutes les machines de fabrication additive discrétisent la géométrie de la pièce avant de la fabriquer. La discrétisation peut prendre plusieurs formes. Par exemple, la plupart des machines de fabrication additive produisent des pièces couche par couche. Dans les processus de projection de matière et de liant, des gouttelettes discrètes de matière sont déposées. Dans d'autres procédés, les faisceaux discrets (par exemple, d'un laser) sont utilisés pour traiter la matière. Du fait de la discrétisation de la géométrie de la pièce, les surfaces externes de la pièce ne sont souvent pas lisses car les séparations entre les couches sont évidentes. Dans d'autres, les pièces peuvent avoir des petites cavités internes.

5.3.5 La discrétisation de la géométrie a plusieurs autres effets. Les petits éléments peuvent être mal formés. Des parois ou des supports minces, qui sont inclinés par rapport au sens de fabrication, peuvent avoir une épaisseur supérieure à celle souhaitée. Par ailleurs, si les parois ou les supports sont presque horizontaux, ils peuvent être très peu résistants, car un petit chevauchement peut se produire entre les couches successives. De la même manière, des petits défauts tels que des trous peuvent subir l'effet inverse, en devenant plus petits que prévu et en se déformant.