
Biomimétisme — Optimisation biomimétique

Biomimetics — Biomimetic structural optimization

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18459:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18459:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et abréviations	3
5 Principes d'auto-optimisation dans la nature et méthodes d'optimisation transférées en conséquence	3
6 Application des méthodes	6
6.1 Étendue et limites des applications.....	6
6.2 Optimisation assistée par ordinateur (OAO).....	7
6.2.1 Croissance par contrôle des contraintes.....	7
6.2.2 Rétrécissement.....	8
6.2.3 Analyse par éléments finis (FEA) dans les applications pratiques.....	9
6.3 Méthode SKO (Soft Kill Option).....	9
6.3.1 Principe de la méthode SKO.....	9
6.3.2 Mise en œuvre du principe SKO dans l'analyse par éléments finis.....	10
6.3.3 Exemples d'applications de la méthode SKO.....	12
6.4 Optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO).....	14
6.4.1 Exemple d'utilisation de la méthode OIAO : cylindre cintré.....	15
6.5 Méthode des triangles de traction.....	16
6.5.1 Généralités.....	16
6.5.2 Triangles de traction pour économiser du matériau.....	18
6.5.3 Triangles de traction pour l'optimisation de l'orientation des fibres.....	19
6.5.4 Exemple d'utilisation de la méthode des triangles de traction : congé de raccordement d'épaulement.....	20
Bibliographie	22

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 appelée 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.

Pour une explication de 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : [Avant-propos — Informations supplémentaires](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-41fc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 266, *Biomimétique*.

Introduction

Les méthodes d'optimisation biomimétique sont basées sur les connaissances acquises grâce à l'étude des structures et processus biologiques.

L'optimisation structurale est une branche particulière de l'optimisation, qui traite de la conception théorique de composants tout en tenant compte des conditions limites actuelles. Les propriétés couramment optimisées comprennent le poids, la capacité de charge, la rigidité ou la durée de vie. Le but est d'optimiser une ou plusieurs de ces propriétés en augmentant au maximum ou en réduisant au minimum leurs valeurs.

L'idée générale est d'utiliser aussi efficacement que possible le matériau tout en évitant les zones excessivement chargées et les zones insuffisamment chargées. Sachant que, pour des raisons fonctionnelles, les composants techniques présentent presque tous des variations de section, et donc des entailles, la réduction de la contrainte à l'entaille est particulièrement importante dans l'optimisation structurale. Dans le cadre d'une optimisation structurale classique, le facteur de forme de l'entaille, c'est-à-dire le coefficient de concentration de contraintes sur l'entaille, est réduit en choisissant le plus grand rayon de courbure possible pour l'entaille ou en utilisant l'interaction mutuelle des entailles et en ajoutant les entailles de dégagement. Les formes des entailles ne sont pas modifiées par cette procédure. L'utilisation d'autres formes d'entailles (courbes de Baud, ellipses, spirales logarithmiques, etc.) a été suggérée dès les années 1930. Mais elles ne sont pas largement appliquées en technologie et leur utilisation est sporadique.

Des outils informatiques d'optimisation biomimétique, tels que l'optimisation assistée par ordinateur (OAO) et la méthode SKO (Soft Kill Option), modifient respectivement la forme et la topologie du composant et homogénéisent ainsi les contraintes en utilisant l'analyse par éléments finis (AEF). De tels outils sont disponibles depuis 1990 et sont utilisés dans l'industrie. La nécessité d'utiliser, dans ce cas, l'analyse par éléments finis (AEF) pour l'optimisation, limiterait le nombre d'utilisateurs potentiels car il faudrait pour cela un ordinateur puissant, un logiciel spécial et un expert pour les faire fonctionner. Le besoin de disposer de méthodes plus simples et plus rapides pouvant être utilisées non seulement par des spécialistes pour optimiser les composants, mais également par des ingénieurs d'études, a conduit à l'élaboration de la « méthode des triangles de traction » (Method of Tensile Triangles). Bien que le développement de cette méthode n'ait commencé qu'en 2006, celle-ci est déjà utilisée pour des applications reconnues car elle est facile à comprendre et à mettre en œuvre. La vaste étendue des applications des méthodes d'optimisation biomimétique ainsi que la facilité relative avec laquelle les utilisateurs sont capables de comprendre et d'appliquer les méthodes permet aux utilisateurs de procéder à l'optimisation des composants très tôt dans le processus de conception. Dans le cas de la méthode des triangles de traction, il suffit de mettre en œuvre la méthode dans des systèmes de conception assistée par ordinateur (CAO).

Dans la mesure où chaque optimisation signifie une spécialisation pour les cas de charge sélectionnés, les charges de service peuvent être bien connues. D'autres conditions de charge non prises en compte peuvent même engendrer des contraintes plus élevées dans un composant.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18459:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015>

Biomimétisme — Optimisation biomimétique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les fonctions et domaines d'application des méthodes d'optimisation biomimétique. Celles-ci portent sur des problèmes structuraux linéaires survenant sous des charges statiques et de fatigue. Les méthodes décrites dans la présente Norme internationale sont illustrées par des exemples.

Fondés sur le modèle biologique de la croissance naturelle et utilisant des méthodes par éléments finis (MEF) d'optimisation pour composants techniques, des outils informatiques d'optimisation biomimétique sont décrits en tant qu'optimisation assistée par ordinateur (OAO), méthode SKO (Soft Kill Option) et optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO). Ces méthodes ont pour objectif une application optimale dans le domaine des matériaux pour une réduction du poids ou une amélioration de la capacité et de la durée de vie des composants.

En outre, une « méthode des triangles de traction » (Method of Tensile Triangles) plus simple et plus rapide est décrite, celle-ci pouvant être utilisée par chaque ingénieur en conception. La vaste étendue des applications des méthodes d'optimisation biomimétique ainsi que la facilité relative avec laquelle les utilisateurs sont capables de comprendre et d'appliquer ces méthodes permet aux utilisateurs de procéder à l'optimisation des composants très tôt dans le processus de conception.

La présente Norme internationale a pour objectif de familiariser les utilisateurs avec les méthodes d'optimisation biomimétique en tant qu'outils efficaces permettant d'allonger la durée de vie et de réduire le poids des composants tout en favorisant l'utilisation étendue de ces méthodes en soutien au développement durable.

La présente Norme internationale s'adresse en particulier aux concepteurs, développeurs, ingénieurs et techniciens, mais elle s'adresse également à toutes les personnes concernées par la conception et l'évaluation de structures porteuses.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 18458, *Biomimétisme — Terminologie, concepts et méthodologie*

ISO 2394, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 4866, *Vibrations et chocs mécaniques — Vibration des structures fixes — Lignes directrices pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les structures*

ISO 13823, *Principes généraux du calcul des constructions pour la durabilité*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1
croissance adaptative mécanique
réaction appropriée de structures biologiques, telles que des arbres et des os, à un changement de conditions (par exemple, charges mécaniques) en ajoutant localement de la matière à des zones soumises à des contraintes élevées ou en enlevant de la matière à des zones soumises à de faibles contraintes

EXEMPLE Cernes annuels plus épais.

3.2
algorithme
procédure décrite avec précision pour accomplir une tâche suivant un nombre fini d'étapes

3.3
espace de conception
volume disponible pour un composant

Note 1 à l'article: Les bords du composant à concevoir ne doivent pas s'étendre au-delà des limites de l'espace de conception.

3.4
optimisation interne assistée par ordinateur
OIAO
méthode basée sur l'*analyse par éléments finis* (3.6) pour l'optimisation de l'orientation locale des fibres dans des matériaux composites à fibres dans le but d'augmenter leur capacité de charge

3.5
optimisation assistée par ordinateur
OAo
méthode d'optimisation des formes des composants fondée sur l'*analyse par éléments finis* (3.6)

Note 1 à l'article: Les contraintes dans des zones soumises à des contraintes élevées, telles que des *entailles* (3.8), sont réduites, et la durée de vie du composant est allongée.

3.6
analyse par éléments finis
AEF
méthode numérique permettant de trouver des solutions approximatives à des équations différentielles partielles soumises à des conditions limites

Note 1 à l'article: Dans les sciences de l'ingénieur, elle est utilisée comme une méthode d'analyse, par exemple pour répondre à des questions se rapportant à la mécanique structurale. Avec l'analyse par éléments finis (AEF), une structure complexe est subdivisée en petits éléments simples interdépendants (maillage AEF). Lorsque les conditions limites (charges, supports, etc.) et les propriétés des matériaux sont définies, il est possible de calculer les contraintes, les déformations, etc. dans toute section de la structure complexe.

3.7
optimisation de la forme
modification de la surface du composant pour modifier, d'une manière définie, une certaine fonction visée (par exemple pour réduire les contraintes au minimum)

3.8
entaille
concavités qui affaiblissent localement un composant en raison de l'*effet d'entaille* (3.9)

Note 1 à l'article: De tels points faibles sont indésirables dans la plupart des cas, mais les entailles sont utilisées comme des points de rupture prédéterminés dans certains cas pour spécifier l'endroit où le composant doit normalement rompre et pour limiter la charge pouvant être placée sur le composant.

3.9 effet d'entaille

apparition localisée de pics de contraintes sur des *entailles* (3.8) soumises à une charge

Note 1 à l'article: La hauteur du pic dépend en général de la taille et de la forme de l'*entaille* (3.8). Les contraintes diminuent en même temps que la courbure et au fur et à mesure que la taille du contour de l'*entaille* (3.8) augmente.

3.10 méthode des triangles de traction

méthode graphique simple utilisée pour homogénéiser les contraintes dans les composants

Note 1 à l'article: Cette méthode peut être utilisée pour réduire les contraintes dans des zones soumises à des contraintes élevées, par exemple sur des *entailles* (3.8), ainsi que pour allonger la durée de vie du composant et éliminer des zones non soumises à des charges et économiser de la matière.

3.11 méthode « Soft Kill Option »

SKO

méthode d'optimisation de la *topologie* (3.12) des composants fondée sur l'*analyse par éléments finis* (3.6)

Note 1 à l'article: Des modèles de conceptions légères sont proposés en éliminant successivement de la matière soumise à de faibles contraintes de l'*espace de conception* (3.3).

3.12 topologie

relation (position et orientation, par exemple) entre les éléments structuraux (orifices, supports, etc.) d'un composant

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Symboles et abréviations

E	module d'élasticité	ISO 18459:2015
E	variation du module d'élasticité, $E = f(\sigma)$	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015
F	force	
M	couple	
$T(x,y,z)$	charge thermique	
α	coefficient de dilatation thermique	
σ_{mises}	contrainte équivalente de <i>von Mises</i>	

5 Principes d'auto-optimisation dans la nature et méthodes d'optimisation transférées en conséquence

À l'aide de l'analyse par éléments finis (AEF), de nombreuses études ont été effectuées à propos de structures biologiques soumises à des charges, telles que les arbres, les os, les griffes et les épines. Ces études ont montré que ces structures porteuses sont adaptées de façon optimale aux contraintes auxquelles elles sont soumises et que les mêmes principes de conception s'appliquent à toutes les structures. Ces études ont démontré que l'axiome de contrainte uniforme constitue un principe fondamental qui s'applique lors de la croissance de structures biologiques porteuses telles que les arbres ou les os des mammifères. Cet axiome énonce que la surface d'une structure porteuse ne présentera pas de points faibles (zones soumises à une contrainte élevée) ni de zones soumises à de faibles charges (lest ou matière non nécessaire) de sorte qu'une contrainte uniforme soit appliquée à la surface. Cet état de contrainte avantageux au point de vue mécanique est obtenu par le biais d'une croissance adaptative. Les arbres, par exemple, détectent des concentrations de contraintes locales à l'aide de récepteurs internes et procèdent à leur propre réparation en croissant de façon adaptée. Sur les zones soumises à

des charges excessives, les arbres développent des cernes annuels localement plus épais qui réduisent les pics de contraintes. Cependant, contrairement aux os des humains et des animaux, les arbres ne sont pas capables d'éliminer de la matière superflue dans des zones non soumises à des contraintes.

L'auto-optimisation des structures biologiques n'est pas limitée à leur structure extérieure car même leurs structures intérieures sont parfaitement adaptées aux contraintes auxquelles elles sont soumises. Les processus de minéralisation adaptative dans les os rendent plus rigides des zones soumises à des contraintes plus élevées, alors que les zones soumises à des contraintes plus faibles sont ramollies et en fin de compte éliminées.

En règle générale, les matériaux biologiques peuvent être considérés comme des matériaux composites à fibres comprenant plusieurs composants. En plus du mélange de composants, parmi les autres facteurs déterminants contribuant à leurs propriétés mécaniques extraordinaires, il est possible de mentionner l'organisation hiérarchique de leurs molécules sur plusieurs ordres de grandeur pour former des structures complètes et l'orientation intérieure du matériau adaptée au cheminement des forces. Dans les courbes lisses, les fibres de bois dans le tronc contournent les imperfections telles que les nœuds pour suivre la direction de la force. Il en est de même pour les rayons de xylème qui s'enroulent autour des cellules vasculaires de façon similaire. Même les fibrilles de cellulose formant les parois des cellules ligneuses démontrent ce type d'optimisation. Dans les arbres, on peut trouver, à toutes les échelles, des fibres orientées selon le cheminement des forces. Il en est de même pour les os, qui se composent essentiellement de structures lamellaires similaires au contreplaqué, avec des fibres dures et une quantité supérieure de matériau fragile. Les zones situées près des articulations, par exemple sur le fémur (os de la cuisse), sont remplies d'os trabéculaire; également désigné tissu spongieux ou os spongieux. Ce type d'os est une micro-trame constituée de trabécules, qui remplit complètement l'épiphyse et le col du fémur et qui est orientée de manière à suivre le cheminement des forces.

En tant que règle fondamentale de conception, l'axiome de la contrainte uniforme était systématiquement mis en œuvre en premier dans les méthodes informatisées, ce qui a permis d'appliquer ce principe d'optimisation pour les structures porteuses biologiques à n'importe quel type de structure porteuse. Il s'agit d'une condition préalable majeure pour l'utilisation de l'expérience de la nature dans les conceptions techniques. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f674407c-a806-4ffc-a1b5-b4845a930269/iso-18459-2015>

L'optimisation assistée par ordinateur (OAO) et la méthode SKO (Soft Kill Option) sont des méthodes utilisées dans l'industrie ; elles ont été développées pour optimiser la forme et la topologie de composants techniques. L'OAO est utilisée de manière très efficace pour homogénéiser les contraintes. La réduction des pics de contraintes locales a pour effet un allongement considérable de la durée de vie des composants, notamment lorsqu'ils sont soumis à des charges vibratoires ou alternées. En revanche, la méthode SKO fournit des propositions de conceptions qui ne contiennent plus aucun matériau non soumis à des charges. Cela permet au concepteur d'identifier les trajets pertinents des forces dans le composant et de concevoir des composants légers, tout en tenant compte des restrictions liées à la fabrication, par exemple.

Enfin, l'optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO) permet aux concepteurs de transférer les conceptions internes des structures porteuses biologiques contenant des fibres orientées dans la direction du cheminement des forces vers des matériaux composites à fibres techniques, à l'aide de simulations sur ordinateur, et d'augmenter leurs capacités de charges.

Une compréhension approfondie de la contrainte à l'entaille^[1] et d'autres travaux de développement ont conduit aux « méthodes des triangles de traction », qui sont des méthodes purement graphiques permettant d'optimiser des composants au prix d'un effort minimal. Les méthodes d'optimisation développées contribuent considérablement à l'élimination des points faibles au cours du processus de développement. Dans le cas des méthodes assistées par ordinateur, son application donne lieu à des temps de calcul et de simulation plus longs mais, au bout du compte, à des temps de développement global plus courts, à un nombre plus réduit de prototypes et à des phases d'essai plus courtes. Les méthodes biomimétiques d'optimisation structurale présentées ici ne sont que des exemples ; d'autres méthodes sont en cours de développement.

Comme défini dans l'ISO 18458, un produit ou une technologie est biomimétique lorsque les trois critères suivants sont remplis : un système biologique est disponible, l'abstraction du modèle a eu lieu et le modèle a été transféré vers une application technique sous la forme d'un prototype au minimum.

Comme indiqué dans le [Tableau 1](#), les méthodes décrites ci-dessus remplissent les trois critères énoncés dans l'ISO 18458.

La méthode d'optimisation assistée par ordinateur (OAO) est biomimétique parce que le système biologique est la croissance des arbres, qu'il y a eu abstraction d'une partie de ce phénomène au processus adaptatif à la charge et que ce processus a été mis en œuvre sous forme d'algorithmes simples, transféré vers une application technique puis utilisé dans l'industrie pour optimiser des composants techniques.

La méthode SKO est biomimétique parce que le système biologique utilisé pour la méthode SKO est la minéralisation osseuse, parce qu'il y a eu abstraction d'une partie de ce phénomène au processus adaptatif à la charge et que ce processus a fait l'objet d'une abstraction, d'une mise en œuvre en algorithmes simples et également d'un transfert vers une application technique. La méthode SKO est utilisée pour la conception de composants légers.

La méthode OIAO est biomimétique parce que la méthode OIAO est basée sur le système biologique de l'alignement des fibres ligneuses dans les arbres, parce qu'il y a eu abstraction d'une partie de ce phénomène au processus adaptatif à la charge et que ce processus a fait l'objet d'une abstraction, d'une mise en œuvre en algorithmes simples et d'un transfert vers une application pour l'optimisation de matériaux composites à fibres techniques.

La méthode des triangles de traction est biomimétique parce que la méthode des triangles de traction est basée sur un système de jonctions des racines axiales des arbres, parce qu'il y a eu abstraction d'une partie de ce phénomène au processus adaptatif à la charge et que ce processus a été mis en œuvre sous forme d'algorithmes simples, transféré vers une application technique puis utilisé dans l'industrie pour optimiser des composants techniques.

Le [Tableau 1](#) répertorie les méthodes pour l'optimisation structurale biomimétique, leur système biologique, leur objectif principal et fournit un exemple d'utilisation illustrant leur application en technologie.

ISO 18459:2015
Tableau 1 — Méthodes biomimétiques d'optimisation structurale, leur système biologique, leur objectif principal et leur application technique


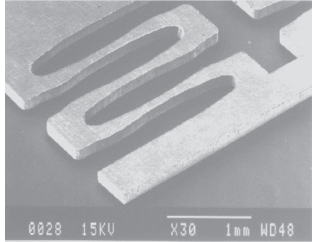
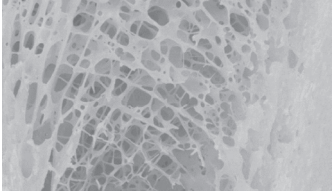
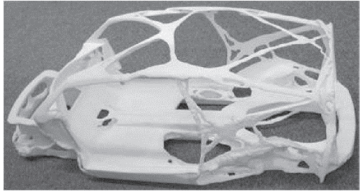

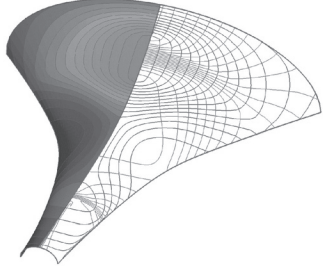

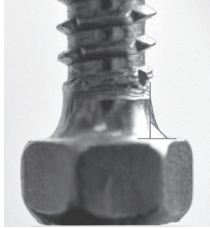
Méthode	Système biologique	Objectif principal	Application technique
Optimisation assistée par ordinateur (OAO)	croissance adaptative des arbres 	<u>optimisation de la forme</u> pour allonger la durée de vie ou augmenter les capacités de charges des composants par homogénéisation des contraintes	Micro-actionneur 
Méthode SKO (Soft Kill Option)	processus de minéralisation dans l'os 	<u>optimisation de la topologie</u> pour la conception de composants légers par élimination de matériau non soumis à des charges	châssis de voiture 

Tableau 1 (suite)

Méthode	Système biologique	Objectif principal	Application technique
Optimisation interne assistée par ordinateur (OIAO)	alignement de l'orientation des fibres dans les arbres 	<u>optimisation de l'orientation locale des fibres</u> pour augmenter les capacités de charges des composites à fibres par adaptation de l'orientation locale des fibres par rapport à la charge	selle de bicyclette 
Méthode des triangles de traction	jonction des racines axiales 	<u>optimisation de la forme</u> pour allonger la durée de vie ou augmenter les capacités de charges des composants par homogénéisation des contraintes	vis 

6 Application des méthodes

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.1 Étendue et limites des applications

Les méthodes d'optimisation mentionnées dans la présente Norme internationale tiennent compte des problèmes structuraux linéaires sous charge statique. Les résultats de la méthode par éléments finis (MEF) peuvent servir pour la vérification de la résistance statique.

Lorsque des charges dynamiques sont présentes, elles peuvent être transformées en charges statiques équivalentes (CSE).

NOTE Les structures, optimisées par ces méthodes pour les charges statiques, répondront aux charges dynamiques de bien meilleure manière que des structures non optimisées.

Il s'avère que l'optimisation de la forme des entailles est la plus efficace lorsqu'un nombre élevé de cycles de charges est attendu et que les composants sont réalisés en matériaux fragiles. Les matériaux ductiles soumis à des charges statiques sont peu sensibles à l'effet d'entaille et peuvent libérer les contraintes par déformation plastique.

Le choix de la contrainte à optimiser dépend du problème mécanique. La contrainte de von Mises ou les contraintes normales sont en général utilisées et, si nécessaire, d'autres contraintes équivalentes peuvent être mises en œuvre.

Plusieurs cas de charges peuvent être analysés et optimisés séparément ou collectivement. Une optimisation des cas critiques est souvent suffisante, mais il convient que les résultats soient vérifiés pour toutes les charges.

Ces méthodes ne couvrent pas les défaillances instables, telles que le flambement. En conséquence, les résultats de l'optimisation doivent être vérifiés à cet effet.

En général, les résultats de l'optimisation peuvent être vérifiés par une analyse par éléments finis (AEF) ou par des essais. Les principes généraux concernant la fiabilité des constructions (structures) sont décrits dans l'ISO 2394. Pour vérifier la résistance dynamique, la résistance aux vibrations et la durabilité d'une structure, les normes ISO 13823 et ISO 4866 peuvent être prises en compte.