
**Systèmes spatiaux — Analyse
dynamique et statique — Échange de
modèles mathématiques**

*Space systems — Dynamic and static analysis — Exchange of
mathematical models*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14954:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190effb/iso-14954-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190effb/iso-14954-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14954:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés	1
4 Description générale des modèles	3
5 Exigences générales	3
6 Méthodes de condensation	5
7 Vérification des modèles avant fourniture	8
8 Sorties exigées	10
9 Limites de la taille des modèles	10
10 Formats à fournir	10

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14954:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005>

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 14954 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 20, *Aéronautique et espace*, sous-comité SC 14, *Systèmes spatiaux, développement et mise en œuvre*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005>

Systèmes spatiaux — Analyse dynamique et statique — Échange de modèles mathématiques

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les échanges de modèles mathématiques entre maîtres d'œuvre de charges utiles (PLC) et fournisseurs de services de lancement (LSP). Elle identifie des méthodes normalisées à utiliser pour la modélisation du comportement dynamique des charges utiles (PL) et des lanceurs spatiaux (LV), particulièrement quand ils sont couplés avant le lancement et pendant les premières phases de vol.

De façon générale, les modèles fournis sont représentatifs du comportement dynamique et statique de la charge utile à l'interface lanceur spatial. Les exigences de la présente Norme internationale sont celles indispensables pour l'analyse couplée dynamique. Elles peuvent ne pas être suffisantes pour l'analyse des contraintes. Les modèles de charge utile sont des modèles complets constitués à partir des différentes parties de la charge utile sous l'autorité du maître d'œuvre de la charge utile, comprenant donc leur propre adaptateur d'interface avec le lanceur spatial dans le cas où l'adaptateur est une partie de la charge utile.

La présente Norme internationale n'inclut pas la validation des modèles de charges utiles.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2 Références normatives

ISO 14954:2005

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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/CEI 646, *Technologies de l'information — Jeu ISO de caractères codés à 7 éléments pour l'échange d'information*

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1

charge utile

système pouvant être lancé par un lanceur spatial

EXEMPLES Un satellite, un véhicule spatial, une sonde spatiale.

3.1.2

maître d'œuvre de la charge utile

organisation responsable de la charge utile

3.1.3

fournisseur de services de lancement

organisation qui effectue des lancements avec un lanceur spatial

3.2 Termes abrégés

ATM	matrice de restitution en accélération (acceleration transformation matrix)
CdG	centre de gravité
DCI	document de contrôle d'interface
DdL	degré de liberté
DTM	matrice de restitution en déplacement (displacement transformation matrix)
EOF	fin de fichier (end of file)
LSP	fournisseur de services de lancement (launch service provider)
LTM	matrice de restitution en effort (load transformation matrix)
LV	lanceur spatial (launch vehicle)
OTM	matrice de restitution des données de sortie (output transformation matrix)
PL	charge utile (payload)
PLC	maître d'œuvre de la charge utile (payload contractor)
SI	système international d'unités

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.3 Symboles

	ISO 14954:2005
A	matrice de restitution en accélération https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005
C	matrice d'amortissement
D	matrice de restitution en déplacement
K	matrice de rigidité
K_R	matrice de rigidité des modes rigides, $K_R = \phi_R^T K \phi_R$
L	matrice de restitution en effort
M	matrice de masse
M_R	matrice de masse des modes rigides, $M_R = \phi_R^T M \phi_R$
S_e	énergie de déformation
q_{is}	degrés de liberté internes
q_j	degrés de liberté d'interface
ϕ_R	matrice des modes rigides
η_k	coordonnées modales

4 Description générale des modèles

4.1 Matrices

Le modèle mathématique d'une PL doit être constitué de trois matrices [matrice de masse (M), matrice de rigidité (K) et matrice d'amortissement (C)]. Il doit être suffisant pour caractériser le comportement dynamique et statique de la structure, tout en supposant qu'aucune force extérieure n'est appliquée à la PL à l'exception des efforts appliqués à l'interface LV-PL.

Une méthode de synthèse modale est une procédure habituelle pour générer un modèle mathématique réduit.

Des matrices supplémentaires peuvent être fournies afin de recalculer les accélérations, les déplacements et les efforts dans la PL.

Ces matrices sont identifiées comme OTM dans les articles suivants.

4.2 Types de modèles

4.2.1 Modèles physiques

Les modèles physiques doivent être présentés par des matrices dont le comportement dynamique et statique est décrit uniquement par des DdL liés à des déplacements physiques au niveau des nœuds, comprenant tous les points d'interface.

4.2.2 Modèles modaux

Les modèles modaux doivent être présentés par des matrices dont le comportement dynamique et statique est décrit uniquement par une combinaison de DdL physiques et modaux (représentant les modes de la structure fixés aux précédents DdL physiques). Seuls les DdL d'interface sont des DdL physiques.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005>

4.2.3 Modèles hybrides

Les modèles hybrides sont une extension des modèles modaux dans lesquels des DdL physiques internes sont inclus (autres que les DdL d'interface).

4.3 Unités

Toutes les données d'entrée et de sortie doivent être exprimées conformément au SI. L'accélération peut être exprimée en g , avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

La non-utilisation du SI est exceptionnelle et doit être soumise à l'approbation du LSP.

5 Exigences générales

5.1 Codes de modélisation

Le logiciel (nom et version) et le type d'éléments finis utilisés pour la modélisation de la PL doivent être précisés.

La procédure de condensation appliquée au modèle dynamique originel doit être décrite.

5.2 Système de coordonnées

Un système de coordonnées de référence pour le modèle de la PL doit être défini. Un dessin d'ensemble de la PL avec son système de coordonnées doit être fourni dans la documentation.

L'orientation des axes de la PL par rapport au LV doit être définie par le LSP, cette orientation étant basée sur le respect des exigences d'interface avec le LV, l'accès sur pas de tir et les interfaces mécaniques et électriques stipulées dans le DCI.

Le même référentiel doit être utilisé pour la description géométrique de la PL et pour la description des DdL dans les matrices de masse et de rigidité.

Le système de référence doit être cartésien.

Un système de coordonnées local peut être utilisé mais doit être clairement défini. Pour les interfaces, la référence doit être le système de coordonnées de référence.

5.3 Aspects théoriques de la modélisation

5.3.1 Généralités sur la modélisation

Le modèle doit décrire le comportement dynamique complet de la PL, en trois dimensions, en condition libre-libre et en condition encastree à l'interface avec le LV. Le modèle doit être représentatif jusqu'à une fréquence spécifiée par le LSP.

5.3.2 Modélisation des liquides

Si la PL contient une masse significative d'ergol, le modèle doit être capable de décrire le ballonnement de ces liquides, en négligeant les contraintes de tension superficielle et en supposant que la surface libre est perpendiculaire au vecteur d'accélération statique appliqué à l'ergol, quand cela est exigé par le LSP.

Les effets de l'interaction fluide-structure doivent être pris en compte dans la plage de fréquences considérée.

Des valeurs typiques d'accélération quasi statique doivent être fournies par le LSP pour les cas de charges considérés.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fb898e0c-c52b-4118-94f1-f59ae190ef6b/iso-14954-2005>

5.3.3 Modélisation de l'amortissement

L'amortissement est usuellement fondé sur des approximations basées sur le savoir-faire de l'ingénieur et des essais. Il peut être défini au niveau de la PL, auquel cas une matrice d'amortissement de la PL doit être incluse dans le modèle mathématique.

L'amortissement peut aussi être défini au niveau système par un accord entre le PLC et le LSP. Dans ce cas, aucune matrice d'amortissement n'est requise. Cependant, si cela est nécessaire, la dépendance de l'amortissement vis-à-vis de la fréquence peut être fournie.

5.3.4 Modélisation de l'interface

Lorsque l'interface entre la PL et le LV peut être considérée comme étant rigide par le PLC et par le LSP, l'interface peut être réduite à un nœud avec six DdL.

La modélisation de l'interface PL-LV exige une fidélité accrue lorsque la flexibilité de l'interface peut induire de plus fortes charges sur la PL. Ce point doit être discuté entre les deux parties avant le cycle d'analyse couplée préliminaire.

6 Méthodes de condensation

6.1 Condensation d'un modèle physique

6.1.1 Généralités

Le choix de la méthode de condensation est laissé à l'initiative du titulaire du modèle. Le modèle condensé doit être conforme aux exigences données dans l'Article 7.

Les nœuds et les DdL doivent être définis conformément aux exigences données en 6.1.2.

6.1.2 Exigences

6.1.2.1 Sauf spécification contraire, chaque nœud physique d'interface doit posséder six DdL dans le système de coordonnées de référence:

$$T_X = \text{DdL } 1; T_Y = \text{DdL } 2; T_Z = \text{DdL } 3; R_X = \text{DdL } 4; R_Y = \text{DdL } 5; R_Z = \text{DdL } 6$$

où T représente une translation, R une rotation et X, Y, Z les axes de référence.

6.1.2.2 Les DdL doivent être ordonnés dans les matrices, d'abord selon la numérotation des nœuds, puis selon la numérotation des DdL donnée en 6.1.2.1.

6.1.2.3 Un système de coordonnées local peut être utilisé mais doit être défini. De manière générale, les repères locaux sont exclus pour les DdL d'interface.

6.1.2.4 Les coordonnées des nœuds doivent être exprimées dans le système de référence de la PL.

6.1.2.5 Il résulte de ces règles que les matrices de masse, de rigidité et d'amortissement peuvent avoir une taille inférieure à $6N \times 6N$, où N est le nombre de nœuds.

6.1.2.6 Les OTM peuvent être fournies avec des instructions d'utilisation. Les paramètres de sortie doivent être linéairement dépendants de l'accélération et/ou du déplacement des nœuds.

Ainsi, les OTM auront probablement le même nombre de colonnes que les matrices de rigidité ou de masse et P lignes, P étant le nombre de paramètres de sortie.

6.2 Modèle modal

6.2.1 Généralités

Le comportement dynamique de la PL doit être décrit par les matrices de rigidité, de masse et d'amortissement réduites, relatives aux modes élastiques (coordonnées modales, η_k) et aux nœuds d'interface (DdL d'interface, q_j).

La taille des matrices de rigidité et de masse (et de la matrice d'amortissement, si fournie) est de Q lignes \times Q colonnes, tel que:

$$Q = Q_1 + Q_m$$

où

Q_1 est le nombre de DdL d'interface;

Q_m est le nombre de modes élastiques.