SDLV120 - Absorption d'une onde de compression dans un barreau élastique

Résumé

On teste les éléments paraxiaux élastiques d'ordre 0 destinés à appliquer des conditions absorbantes à la frontière d'un maillage éléments finis pour simuler l'infini dans des calculs transitoires directs.
On les utilise pour modéliser un barreau élastique infini, en 3D ou en 2D, dans lequel on crée une onde de pression en imposant un déplacement à l'une des extrémités. On s'intéresse à la non réflexion de l'onde à l'extrémité "infinie" du barreau.

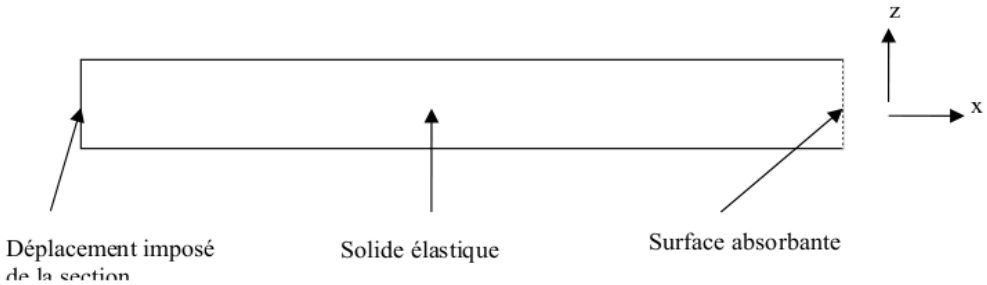
On teste successivement les deux opérateurs transitoires directs de *Code_Aster*, à savoir DYNA_VIBRA et DYNA_NON_LINE.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

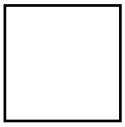
1 Problème de référence

1.1 Géométrie

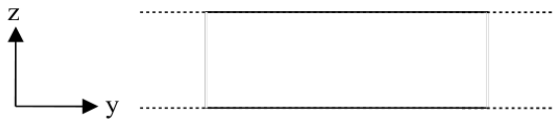
Le système considéré dans le cas 3D est celui d'un barreau élastique à section carrée. On impose un déplacement selon x sur l'une des faces verticales et on observe la propagation d'une onde de compression. La surface latérale du barreau est laissée libre. On place les éléments absorbants sur la face opposée à la face d'excitation pour simuler le caractère infini du barreau dans cette direction. Dans le cas 2D, le principe est identique avec un barreau supposé très large dont on ne modélise qu'une section verticale (voir schéma).



Section cas 3D :



Section cas 2D :



1.2 Propriétés des matériaux

Barreau : béton

Masse volumique :	$2400\ kg.m^{-3}$
Module d'Young :	$3{,}6.10^{10}\ Pa$
Coefficient de Poisson :	$0{,}48$

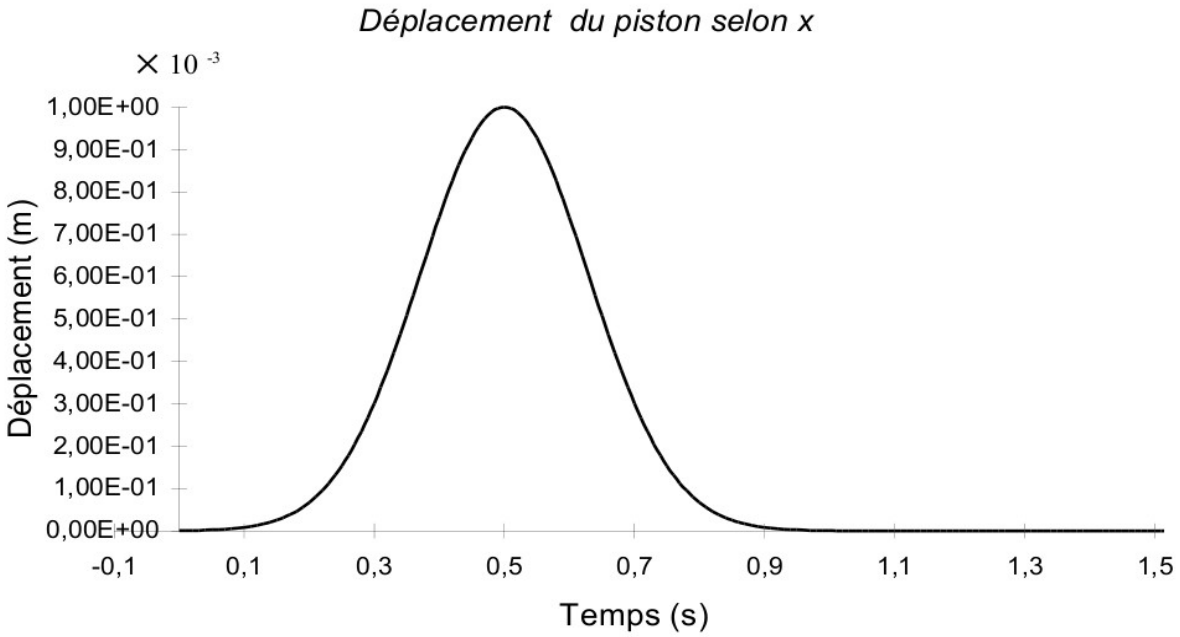
Remarque

Ce test sert également à vérifier la dépendance du matériau des éléments absorbants en fonction des coordonnées. On utilise donc la formule suivante pour le module d'Young : $3.6\cdot10^{10}\times x/200$ *avec* $x=200$ *sur ces élements.*

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Conditions aux limites et chargements

On impose à tous les noeuds de la face du piston en contact avec le fluide un déplacement selon x avec la fonction d'excitation temporelle suivante :



1.4 Conditions initiales

Le déplacement est nul dans tout le barreau à l'instant initial.

2 Solution de référence

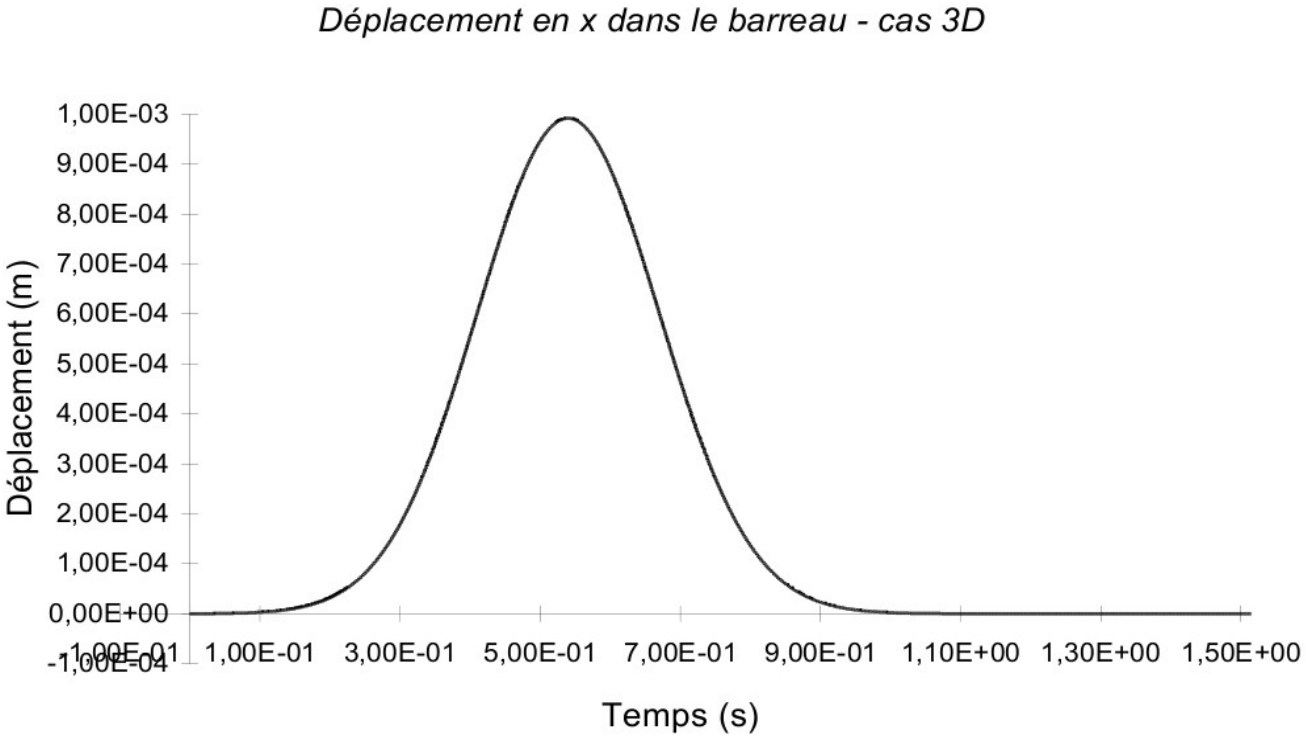
La solution doit montrer l'absorption d'une onde de compression par la surface absorbante. Le déplacement imposé est une translation uniforme selon l'axe des x. On doit obtenir un champ de déplacement identique selon cette direction dans tous les plans $x=Cte$. De plus, la frontière absorbante est orthogonale à cet axe. On étudie donc l'absorption d'ondes de compression planes sous incidence normale. La théorie [bib1] dit qu'avec une frontière paraxiale solide d'ordre 0, cette absorption est parfaite. C'est ce qu'on doit vérifier avec cette solution de référence.

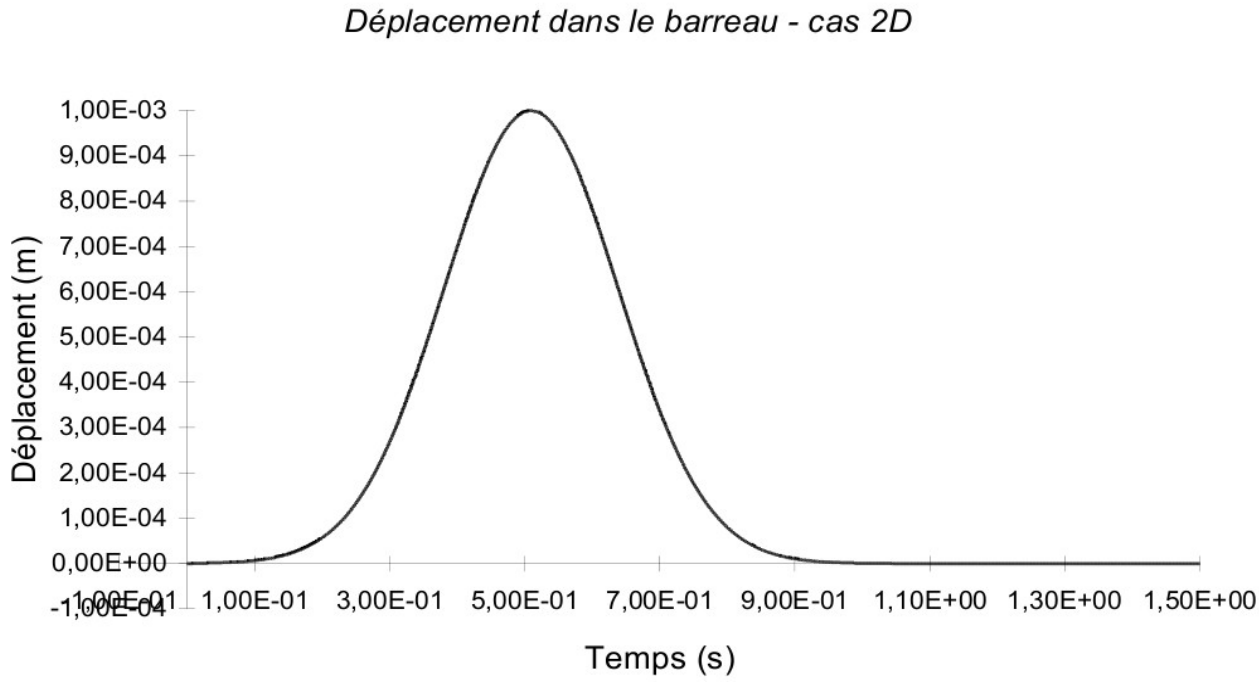
On va donc, en observant l'évolution du déplacement en un point donné du maillage, s'attacher à retrouver dans le signal obtenu la durée d'excitation et le retour au repos après le passage de l'onde, caractéristique de son absorption.

2.1 Résultats de référence

On donne dans ce paragraphe les résultats obtenus avec *Code_Aster* dans cette configuration. On vérifie qu'ils sont satisfaisants et on les prend comme référence pour le futur.
Ils concernent, pour le cas 3D, le barreau ayant $200\,m$ de longueur, l'évolution du déplacement en x en un point du barreau situé à $150\,m$ de la face excitée dans la direction x et au centre de la section dans le plan yz. Pour le cas 2D, le barreau ayant $50\,m$ de longueur, le point est situé à $40\,m$ de la face selon x et au milieu de la section dans la direction y (en 2D, on prend un maillage plus court et raffiné).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)





Comme prévu, la largeur du signal mesuré dans les deux cas est identique à celle de la fonction d'excitation. Physiquement, on observe bien la propagation de l'onde de compression. Le signal est peu modifié dans sa propagation et on retrouve donc bien l'amplitude maximale de 1 mm. On note également clairement le retour au repos immédiatement après la passage de l'onde et l'absence de signal réfléchi à l'extrémité du maillage.

2.2 Incertitudes

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Il s'agit d'un résultat d'étude numérique. On retrouve les prévisions qualitatives. Les valeurs numériques sont liées à la précision du calcul. Seul le retour au repos est précisément donné par l'analyse.

2.3 Références bibliographiques

1) H. MODARESSI "Modélisation numérique de la propagation des ondes dans les milieux poreux élastiques." Thèse docteur-ingénieur, Ecole Centrale de Paris (1987).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

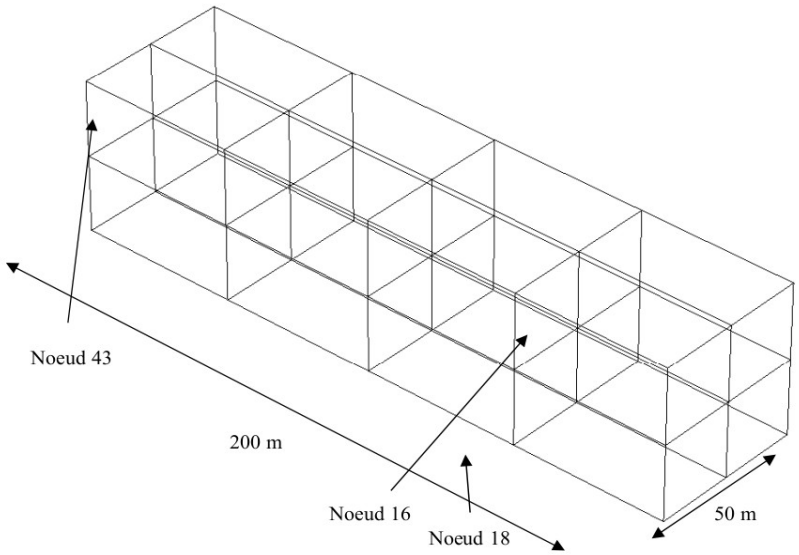
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Barreau : PHENOMENE : ' MECANIQUE '
MODELISATION : ' 3D '

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 45
Nombre de mailles et types : 16 HEXA8
8 QUA4 (faces d'HEXA8)



3.3 Valeurs testées

On teste les valeurs du déplacement en x aux noeuds 16, 18 et 43 (voir maillage). Pour le noeud 16, on teste le maximum et le retour au repos. Pour les noeuds 18 et 43, on teste le maximum.

- DYNA_VIBRA :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)
N16	5.39500E-01	1.00000E-03
	1.20000E+00	0.
N18	5.40000E-01	1.00000E-03
N43	5.00000E-01	1.00000E-03

- DYNA_NON_LINE :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

N16	5.40000E-01	9.92640E-04
	1.20000E+00	0.
N18	5.40000E-01	9.92182E-04
N43	5.00000E-01	1.00000E-03

Identification	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
Champ MATE_ELGA, Maille M21, Point 1, Comp. E	3.6E+10	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ MATE_ELEM, Maille M21, Comp. NU	0,2	'ANALYTIQUE'	0,1 %

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

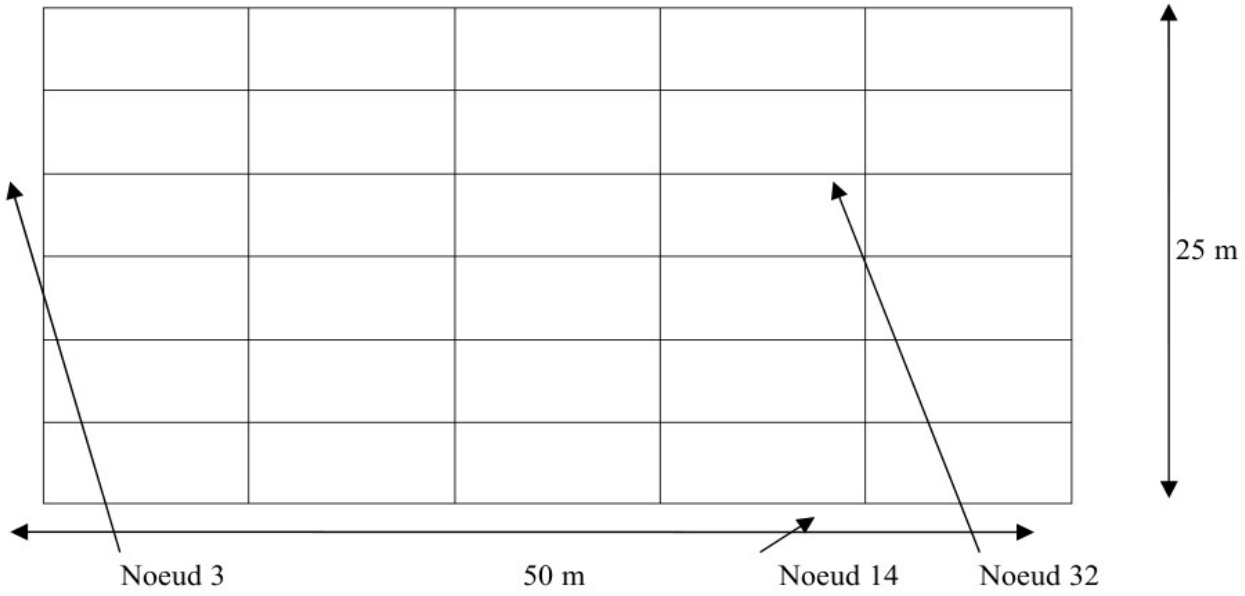
4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Barreau : PHENOMENE : ' MECANIQUE'
MODELISATION : ' D_PLAN'

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 36
Nombre de mailles et types : 30 QUA4
12 SEG2 (faces de QUA4)



4.3 Valeurs testées

On teste les valeurs du déplacement en x aux noeuds 32, 14 et 3 (voir maillage). Pour le noeud 32, on teste le maximum et le retour au repos. Pour les noeuds 14 et 3, on teste le maximum.

Remarque :

Le noeud 3 est sur la face à déplacement imposé. On a donc exactement les valeurs d'excitation en ce point.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- DYNA_VIBRA :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)
N32	5.09500E-01	1.00000E-03
	1.20000E+00	0.
N14	5.09500E-01	1.00000E-03
N3	5.00000E-01	1.00000E-03

- DYNA_NON_LINE :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)
N32	5.09500E-01	9.99867E-04
	1.20000E+00	0.
N14	5.09500E-01	9.99867E-04
N3	5.00000E-01	1.00000E-03

Identification	Valeur de référence	Type de référence	Tolérance
Champ MATE_ELGA, Maille M16, Point 1, Comp. E	3.6E+10	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ MATE_ELEM, Maille M21, Comp. NU	0,2	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ MATE_ELGA, Maille M46, Point 1, Comp. E	3.6E+10	'ANALYTIQUE'	0,1 %
Champ MATE_ELEM, Maille M46, Comp. NU	0,2	'ANALYTIQUE'	0,1 %

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

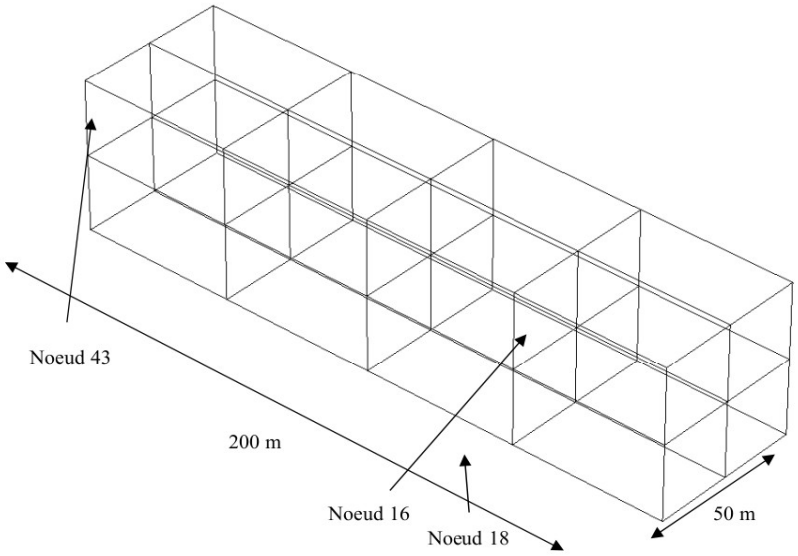
5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Barreau : PHENOMENE : ' MECANIQUE '
MODELISATION : ' SHB '

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 45
Nombre de mailles et types : 16 HEXA8
8 QUA4 (faces d'HEXA8)



5.3 Valeurs testées

On teste les valeurs du déplacement en x aux noeuds 16, 18 et 43 (voir maillage). Pour le noeud 16, on teste le maximum et le retour au repos. Pour les noeuds 18 et 43, on teste le maximum.

- DYNA_VIBRA :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)
N16	5.39500E-01	1.00000E-03
	1.20000E+00	0.
N18	5.40000E-01	1.00000E-03
N43	5.00000E-01	1.00000E-03

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- DYNA_NON_LINE :

Noeud	Instant (s)	Résultats de référence (déplacement en m)
N16	5.40000E-01	9.92640E-04
	1.20000E+00	0.
N18	5.40000E-01	9.92182E-04
N43	5.00000E-01	1.00000E-03

6 Synthèse des résultats

On retrouve par le calcul avec les deux modélisations quantitativement, le maximum de déplacement égal à l'amplitude maximale du signal et qualitativement, le retour au repos après le passage de l'onde.
Les résultats obtenus avec les opérateurs DYNA_VIBRA et DYNA_NON_LINE sont très proches. La différence provient de l'obtention à chaque pas de temps de l'état d'équilibre des efforts du second membre avec l'opérateur DYNA_NON_LINE, ce qui explique que ses résultats sont un petit peu meilleurs même avec un pas de temps plus grand. Cette différence reste toutefois minime car le pas de temps utilisé avec DYNA_VIBRA est suffisamment petit.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)