
**Environnement spatial (naturel et
artificiel) — Modèle de rayonnement
cosmique galactique**

Space environment (natural and artificial) — Galactic cosmic ray model

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15390:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-
fc124455f731/iso-15390-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004)



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 15390:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004>

© ISO 2004

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

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 15390 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/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15390:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a3b3bc2c-203a-4ad2-b48d-fc124455f731/iso-15390-2004>

Environnement spatial (naturel et artificiel) — Modèle de rayonnement cosmique galactique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie un modèle permettant d'estimer l'impact du rayonnement cosmique galactique (RCG) sur le matériel et sur les objets biologiques et autres se trouvant dans l'espace. Elle peut également être utilisée dans des recherches scientifiques pour généraliser les preuves expérimentales disponibles en matière de flux RCG. Elle définit des paramètres types et des caractéristiques de variation sur les particules RCG de 10^1 MeV à 10^5 MeV (électrons, protons et noyaux avec $Z = 2$ à 92) dans l'espace extra-atmosphérique au-delà de la magnétosphère terrestre.

2 Termes et définitions

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

2.1

rayonnement cosmique galactique RCG

flux de particules chargées de haute énergie pénétrant dans l'héliosphère à partir de l'espace interstellaire local

2.2

nombre de Wolf

W

$$W = 10g+f$$

où

g est le nombre de groupes de tâches solaires;

f est le nombre total de tâches solaires sur le disque visible du soleil.

2.3

spectre de fixité

$\Phi_i(R)$

répartition de la fixité des flux de particules cosmiques

2.4

spectre d'énergie

$F_i(E)$

répartition de l'énergie des flux de particules cosmiques

3 Principes du modèle

3.1 Le modèle décrit les variations des flux RCG liées aux variations de l'activité solaire et du champ magnétique héliosphérique à grande échelle (le champ magnétique polaire du soleil) sur des cycles de 22 ans.

3.2 La répartition angulaire des flux RGC dans l'orbite terrestre au-delà de la magnétosphère terrestre doit être isotrope.

3.3 L'activité solaire se caractérise par des moyennes sur 12 mois des nombres de Wolf (nombres de tâches solaires), \overline{W} .

3.4 Les variations du champ magnétique héliosphérique à grande échelle sont supposées être proportionnelles aux variations du champ magnétique polaire du soleil dont l'intensité et la polarité sont considérées comme dépendantes de l'activité solaire et du fait qu'un cycle solaire donné soit pair ou impair:

$$M[\overline{W}(t), n] = (-1)^{n-1} \times S \times \left\{ 1 - \left[\frac{\overline{W}(t) - \overline{W}_n^{\min}}{\overline{W}_n^{\max} - \overline{W}_n^{\min}} \right]^{2,7} \right\} \quad (1)$$

où

$$S = 1 \text{ à } t - t_n^{\pm} \geq 0 \text{ (sinon, } S = -1);$$

t_n^{\pm} étant l'instant de changement de signe du champ magnétique polaire du n^{e} cycle solaire identifié avec un maximum d'activité solaire (valeurs proposées pour la prédiction de flux de particules: $t_{19}^{\pm} = 1958,21$; $t_{20}^{\pm} = 1968,87$; $t_{21}^{\pm} = 1979,96$; $t_{22}^{\pm} = 1989,46$; $t_{23}^{\pm} = 2\,000,71$ et $t_{24}^{\pm} = 2\,011,3$);

\overline{W}_n^{\max} est le niveau d'activité solaire le plus élevé dans le n^{e} cycle solaire;

\overline{W}_n^{\min} est le niveau d'activité solaire le moins élevé qui borde le n^{e} cycle solaire.

3.5 Les variations de la modulation RCG à grande échelle sont caractérisées par le potentiel effectif de modulation de l'héliosphère, $R_0(R, t)$, (pour des particules de fixité R à un instant donné) calculé à l'aide de la formule suivante:

$$R_0 \left\{ \overline{W} [t - \Delta t(n, R, t)] \right\} = 0,37 + 3 \times 10^{-4} \times W^{1,45} [t - \Delta t(n, R, t)] \quad (2)$$

3.6 Le retard, $\Delta t(n, R, t)$, des variations de flux RCG par rapport aux variations de l'activité solaire est considéré comme fonction de la fixité magnétique, R , des particules, et du fait qu'il s'agisse d'un cycle solaire pair ou impair (n) ainsi que de la phase du cycle solaire:

$$\Delta t(n, R, t) = 0,5 \times [T_+ + T_-(R)] + 0,5 \times [T_+ - T_-(R)] \times \tau(\overline{W}) \quad (3)$$

où l'amplitude du retard est indépendante de la fixité des particules dans les cycles pairs (T_+):

$$T_+ = 15 \text{ mois} \quad (4)$$

et sur les cycles impairs (T_-) elle est de:

$$T_-(R) = 7,5 \times R^{-0,45} \text{ mois.} \quad (5)$$

La fonction temporelle des variations de retard de l'Équation (3) est considérée être:

$$\tau(\overline{W}) = (-1)^n \times \left[\frac{\overline{W}(t - \delta_w t) - \overline{W}_n^{\min}}{\overline{W}_n^{\max}} \right]^{0,2} \quad (6)$$

où $\delta_w t = 16$ mois.

4 Fixité RCG et spectres d'énergie

4.1 Généralités

Au niveau du modèle RCG, la fixité des flux de particules et les spectres d'énergie sont calculés consécutivement.

4.2 Spectres de fixité des particules RCG

4.2.1 Les spectres de fixité des particules RCG, $\Phi_i(R,t)$ (s·m²·sr·GeV)⁻¹, pour les particules d'une fixité R à un instant t , sont calculés à l'aide de la formule:

$$\Phi_i(R,t) = \frac{C_i \times \beta^{\alpha_i}}{R^{\gamma_i}} \times \left[\frac{R}{R + R_0(R,t)} \right]^{\Delta_i(R,t)} \quad (7)$$

où

$\Delta_i(R,t)$ est un paramètre adimensionnel calculé à l'aide de la formule:

$$\Delta_i(R,t) = 5,5 + 1,13 \frac{Z_i}{|Z_i|} M(\bar{W}(t), n) \times \frac{\beta \times R}{R_0(R,t)} \exp\left(-\frac{\beta \times R}{R_0(R,t)}\right) \quad (8)$$

où β représente le rapport vitesse des particules sur vitesse de la lumière:

$$\beta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{A_i m_i}{|Z_i|}\right)^2}} \quad (9)$$

où A_i et Z_i sont le nombre de masse et la charge des particules, respectivement (voir les Tableaux 1 et 2);

m_i est la masse au repos des particules, à savoir,

$$m_e = 5,1 \times 10^{-4} \text{ GeV pour les électrons,}$$

$$m_p = 0,938 \text{ GeV pour les protons,}$$

$$m_{Z \geq 2} = 0,939 \text{ GeV/nucléon pour les noyaux.}$$

C_i , α_i , γ_i sont des paramètres de spectre de fixité non modulée des particules d'espèce i . Pour les particules avec $Z \leq 28$, voir le Tableau 1. Pour les particules avec $Z \geq 29$, $\alpha_i = \alpha_{26}$ et $\gamma_i = \gamma_{26}$, et C_i est calculé à partir de l'équation

$$C_i = C_{26} \frac{C_i}{C_{26}}$$

dont les valeurs $\frac{C_i}{C_{26}}$ se trouvent dans le Tableau 2.

4.2.2 Les valeurs des écarts-types ($\sigma_{\Phi_i(R,t)}$) sont calculées à l'aide de la formule:

$$\sigma_{\Phi_i(R,t)} = \Phi_i(R,t) \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{C_i}}{C_i}\right)^2 + \frac{0,08}{\left[1 + \frac{R}{R_0(R,t)}\right]^2}} \quad (10)$$

4.3 Spectres d'énergie RCG

4.3.1 Les spectres d'énergie $F_i(E,t)$ ($\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{sr}\cdot\text{GeV}^{-1}$) des particules RCG d'énergie E à un instant t sont calculés à l'aide de la formule:

$$F_i(E,t) = \Phi_i(R,t) \frac{A_i}{|Z_i|} \frac{10^{-3}}{\beta} \quad (11)$$

Pour les particules avec $A_i = 1$, les unités sont ($\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{sr}\cdot\text{MeV}^{-1}$).

Pour les particules avec $A_i \geq 2$, les unités sont ($\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{sr}\cdot\text{MeV}/\text{nucléon}^{-1}$).

4.3.2 Pour une fixité spécifiée R des particules RCG, l'énergie cinétique E , en GeV (GeV/nucléon pour les noyaux), est calculée à l'aide de la formule:

$$E = -m_i + \sqrt{m_i^2 + \left(\frac{Z_i}{A_i} R\right)^2} \quad (12)$$

4.3.3 Pour une énergie cinétique spécifiée des particules, la fixité R et la vitesse relative β des particules sont calculées à l'aide de la formule:

$$R = \frac{A_i}{|Z_i|} \sqrt{E(E + 2m_i)} \quad (13)$$

$$\beta = \frac{\sqrt{E(E + 2m_i)}}{E + m_i} \quad (14)$$

4.3.4 Les valeurs des écarts-types ($\sigma_{F_i(E,t)}$) sont calculées à l'aide de la formule:

$$\sigma_{F_i(E,t)} = \frac{\sigma_{\Phi_i(R,t)}}{\Phi_i(R,t)} \cdot F_i(E,t) \quad (15)$$

Tableau 1 — Paramètres des spectres de fixité RCG pour les particules avec $Z \leq 28$

Z	Particule	A_i	$C_i \pm \sigma_{C_i}$	γ_i	α_i
-1	e	1,0	170	γ_e^a	—
1	H	1,0	$(1,85 \pm 0,13) 10^4$	$2,74 \pm 0,02$	$2,85 \pm 0,02$
2	He	4,0	$(3,69 \pm 0,22) 10^3$	$2,77 \pm 0,02$	$3,12 \pm 0,02$
3	Li	6,9	$19,5 \pm 1,5$	$2,82 \pm 0,02$	$3,41 \pm 0,11$
4	Be	9,0	$17,7 \pm 1,3$	$3,05 \pm 0,02$	$4,30 \pm 0,12$
5	B	10,8	$49,2 \pm 1,6$	$2,96 \pm 0,01$	$3,93 \pm 0,05$
6	C	12,0	$103,0 \pm 3,0$	$2,76 \pm 0,01$	$3,18 \pm 0,04$
7	N	14,0	$36,7 \pm 1,2$	$2,89 \pm 0,01$	$3,77 \pm 0,05$
8	O	16,0	$87,4 \pm 2,1$	$2,70 \pm 0,01$	$3,11 \pm 0,04$
9	F	19,0	$3,19 \pm 0,28$	$2,82 \pm 0,03$	$4,05 \pm 0,06$
10	Ne	20,2	$16,4 \pm 0,70$	$2,76 \pm 0,01$	$3,11 \pm 0,07$
11	Na	23,0	$4,43 \pm 0,28$	$2,84 \pm 0,02$	$3,14 \pm 0,09$
12	Mg	24,3	$19,3 \pm 0,70$	$2,70 \pm 0,01$	$3,65 \pm 0,27$
13	Al	27,0	$4,17 \pm 0,22$	$2,77 \pm 0,02$	$3,46 \pm 0,21$
14	Si	28,1	$13,4 \pm 0,50$	$2,66 \pm 0,01$	$3,00 \pm 0,10$
15	P	31,0	$11,15 \pm 0,04$	$2,89 \pm 0,01$	$4,04 \pm 0,41$
16	S	32,1	$3,06 \pm 0,12$	$2,71 \pm 0,02$	$3,30 \pm 0,22$
17	Cl	35,4	$1,30 \pm 0,08$	$3,00 \pm 0,04$	$4,40 \pm 0,30$
18	Ar	39,9	$2,33 \pm 0,07$	$2,93 \pm 0,01$	$4,33 \pm 0,21$
19	K	39,1	$1,87 \pm 0,05$	$3,05 \pm 0,01$	$4,49 \pm 0,20$
20	Ca	40,1	$2,17 \pm 0,06$	$2,77 \pm 0,01$	$2,93 \pm 0,16$
21	Sc	44,9	$0,74 \pm 0,02$	$2,97 \pm 0,01$	$3,78 \pm 0,19$
22	Ti	47,9	$2,63 \pm 0,08$	$2,99 \pm 0,01$	$3,79 \pm 0,17$
23	V	50,9	$1,23 \pm 0,04$	$2,94 \pm 0,01$	$3,50 \pm 0,14$
24	Cr	52,0	$2,12 \pm 0,06$	$2,89 \pm 0,01$	$3,28 \pm 0,17$
25	Mn	54,9	$1,14 \pm 0,05$	$2,74 \pm 0,02$	$3,29 \pm 0,27$
26	Fe	55,8	$9,32 \pm 0,24$	$2,63 \pm 0,01$	$3,01 \pm 0,07$
27	Co	58,9	$0,10 \pm 0,08$	2,63	$4,25 \pm 0,79$
28	Ni	58,7	$0,49 \pm 0,02$	$2,63 \pm 0,01$	$3,52 \pm 0,28$

NOTE 1 Dans le cas de noyaux avec $Z > 2$, les valeurs C_i , γ_i , α_i sont pour un mélange des isotopes respectifs.

NOTE 2 Les masses atomiques correspondant à l'abondance des éléments naturels sont considérées comme étant les nombres de masse A_i pour les noyaux avec $Z > 2$, conformément au tableau périodique. Ceci reste dans les limites de l'exactitude du modèle.

^a Pour les électrons, $\gamma_e = 3,0 - 1,4 \exp\left(\frac{R}{R_e}\right)$, où $R_e = 1 \text{ GeV}$.