

Physique du rayonnement infrarouge, normes et réglementation

Document de travail interne. Les sources citées ont été consultées directement ; celles qui n'ont pas pu être ouvertes sont signalées comme telles.

Dossier de recherche n° 1 — Physique du rayonnement infrarouge, normes et réglementation

Document de travail interne, rédigé pour la documentation technique de **thermadeco.com**. Il rassemble les faits vérifiés qui fondent les affirmations publiées sur le site, avec leurs sources. Les points que nous n'avons **pas** pu vérifier sont listés à la fin, et n'ont pas été publiés.

Méthode. Chaque fait provient d'une page réellement consultée. Aucun titre, auteur, année, DOI ou URL n'a été reconstitué de mémoire. Lorsqu'une source n'a pas pu être ouverte (texte payant, PDF inaccessible, erreur serveur), c'est indiqué explicitement.

1. Subdivision du rayonnement infrarouge — correction importante

Les sigles IR-A / IR-B / IR-C ne proviennent pas de l'ISO 20473. C'est une confusion très répandue, y compris chez des vendeurs et des rédacteurs techniques. Ils viennent de la **CIE** (Commission internationale de l'éclairage).

Référentiel	Découpage
CIE S 017:2020 , entrée 17-21-004	IR-A : 780 nm – 1,4 µm · IR-B : 1,4 – 3,0 µm · IR-C : 3 µm – 1 mm
ISO 20473:2007	NIR : 0,78 – 3 µm · MIR : 3 – 50 µm · FIR : 50 – 1 000 µm

Source principale (consultée).

- Titre : *e-ILV, entrée 17-21-004 « infrared radiation »* (CIE S 017:2020, International Lighting Vocabulary, 2^e édition)
- Organisme : CIE — publication 2020-12
- URL : <https://cie.co.at/eilvterm/17-21-004>
- Citation verbatim : « For infrared radiation, the range between 780 nm and 1 mm is commonly subdivided into: IR-A: 780 nm to 1 400 nm [...] IR-B: 1,4 µm to 3,0 µm; IR-C: 3 µm to 1 mm. »
- Citation verbatim (note 3, décisive pour la rédaction) : « In some applications the infrared spectrum has also been divided into "near", "middle", and "far" infrared; however, the borders necessarily vary with the application. »

Confirmation par un organisme de radioprotection (consultée).

- Titre : *Infrared Radiation (780 nm – 1 mm)*
- Organisme : ICNIRP

- URL : <https://www.icnirp.org/en/frequencies/radio>
- Citation verbatim : « IR is categorized as IR-A (780 nm-1.4 μm), IR-B (1.4-3 μm) and IR-C, also known as far-IR (3 μm-1 mm). »

Source secondaire pour les bornes ISO 20473 (la norme est payante et n'a pas pu être ouverte) :

- Titre : *Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications*
- Auteurs : Vatansever F. & Hamblin M. R. — *Photonics & Lasers in Medicine*, 1(4), 2012
- URL : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3699878/>
- Citation verbatim : « ISO 20473 standard for sub-division of the IR: Near IR, NIR 0.78 – 3 / Mid IR, MIR 3.0 – 50 / Far IR, FIR 50 – 1000 »

Conséquence éditoriale — la plage « 5–14 μm »

Cette plage, que l'on rencontre chez de nombreux vendeurs de panneaux, **ne correspond à aucune subdivision normative** : ni la CIE, ni l'ISO 20473, ni l'ICNIRP. Elle recouvre approximativement la **fenêtre atmosphérique 8–14 μm**, légèrement élargie.

Nous avons donc retiré « 5–14 μm » de tout le site et l'avons remplacé par une donnée exacte et vérifiable : *le pic d'émission d'un panneau à 60 °C se situe à 8,7 μm, en pleine bande IR-C.*

2. Loi de Wien — position du pic d'émission

Formule : $\lambda_{\text{max}} = b / T$, avec λ_{max} en mètres et T en kelvins.

- Constante : **$b = 2,897\,771\,955... \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$** (valeur exacte, incertitude nulle)
- Source : CODATA Value: Wien wavelength displacement law constant, NIST
- URL : <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bwien>
- Citation verbatim : « Wien wavelength displacement law constant : 2.897 771 955... x 10⁻³ m K — Standard uncertainty (exact) »

Température	T (K)	λ_{max}	Bande
Peau humaine ~32 °C	305,15	9,50 μm	IR-C
40 °C	313,15	9,25 μm	IR-C
60 °C	333,15	8,70 μm	IR-C
90 °C	363,15	7,98 μm	IR-C
120 °C	393,15	7,37 μm	IR-C

Point clé : toute la plage utile d'un panneau chauffant (30–120 °C) émet son maximum dans l'IR-C, entre 7,4 et 9,5 μm. Il n'existe **aucun basculement spectral** entre un panneau dit « infrarouge lointain » et un autre panneau électrique : le pic se déplace simplement de 1 à 2 μm. Les valeurs affichées sur le site (8,7 μm à 60 °C) sont calculées en direct dans le navigateur, à partir de cette constante.

3. Loi de Stefan-Boltzmann — puissance rayonnée

Formule : $M = \epsilon \sigma T^4$; échange net avec l'environnement : $\Phi = \epsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$.

- Constante : $\sigma = 5,670\,374\,419... \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$ (valeur exacte)
- Source : CODATA Value: Stefan-Boltzmann constant, NIST
- URL : <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?sigma>
- Citation verbatim : « Stefan-Boltzmann constant : $5.670\,374\,419... \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ — Standard uncertainty (exact) »

Valeurs calculées ($\epsilon = 1$, corps noir) :

Température	Puissance surfacique
32 °C	491,7 W/m ²
40 °C	545,3 W/m ²
60 °C	698,5 W/m²
90 °C	986,2 W/m ²
120 °C	1 354,7 W/m ²

Conséquence pédagogique : de 32 à 60 °C, la puissance surfacique n'augmente que de 42 % ; de 60 à 120 °C, elle double presque. **La température de surface est le levier dominant, bien plus que la « qualité spectrale » de l'émetteur.** C'est un argument honnête, et il va à l'encontre du discours habituel du secteur.

Limite de formulation : la formule $\Phi = \epsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$ suppose un corps gris (ϵ indépendant de λ et de T). C'est une approximation, signalée comme telle dans la page.

4. Émissivité, et le point technique du verre trempé

Matériau	Émissivité ϵ ($\approx 300 \text{ K}$)
Verre lisse	0,92 – 0,94
Verre pyrex	0,85 – 0,95
Verre quartz	0,93
Aluminium anodisé	0,77
Aluminium, tôle commerciale non traitée	0,09
Peinture	0,96

- Source : *Emissivity Coefficients of Common Materials*, The Engineering ToolBox
- URL : https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html
- Citations verbatim : « Glass smooth : 0.92 - 0.94 » ; « Aluminum Anodized : 0.77 » ; « Paint : 0.96 »
- Réserve : base de données d'ingénierie, pas une norme. Valeurs annoncées à 300 K.

Le verre trempé est opaque à l'infrarouge lointain

C'est contre-intuitif, et c'est une question que se posent les acheteurs techniques.

- Titre : *Le rayonnement infrarouge traverse-t-il le verre ?* — Maison pour la science en Poitou-Charentes (réseau La main à la pâte), réponse de Régis Olivès, 30 mars 2009
- URL : <https://poitou-charentes.maisons-pour-la-science.org/node/6126>
- Citation verbatim : « Le verre utilisé dans le bâtiment est transparent au rayonnement visible et au proche infrarouge mais opaque à l'infrarouge lointain. »
- Fait complémentaire, même page : « les objets dont la température est comprise entre 20 et 100 °C émettent principalement un rayonnement dont la longueur d'onde est entre 8 et 10 μm ».

Chaîne physique à écrire sur le site :

1. Le rayonnement de l'élément chauffant est **absorbé** par le verre, opaque au-delà de quelques micromètres.
2. Le verre s'échauffe et **réémet** avec une émissivité élevée ($\epsilon \approx 0,92$).
3. La surface émettrice du panneau est donc **le verre**, à sa propre température.

Deux nuances d'honnêteté : le verre ajoute une résistance thermique entre l'élément et la pièce, et il ne « sélectionne » aucune bande (loi de Kirchhoff : un corps très émissif est aussi très absorbant).

Formulation interdite : « le verre trempé laisse passer l'infrarouge lointain ». C'est faux.

Non vérifié : la longueur d'onde exacte de coupure du verre sodocalcique. Les sources accessibles disent « opaque à l'IR lointain » sans valeur normative.

5. La fenêtre atmosphérique 8–14 μm — un argument à ne pas utiliser

- Titre : *IR Atmospheric Windows* — NASA/IPAC, Cool Cosmos (page archivée le 8 mai 2020)
- URL : https://web.archive.org/web/20200508154619/http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ir_tutorial/irwindows.html
- Citation verbatim : « The atmosphere itself radiates strongly in the infrared [...] This atmospheric infrared emission peaks at a wavelength of about 10 microns »

Pourquoi l'invoquer est un abus. C'est un fait de physique **atmosphérique et d'astronomie infrarouge**. Il explique la déperdition radiative d'un bâtiment vers l'espace et le refroidissement nocturne. Dans une pièce fermée, la distance entre le panneau et le mur se compte en mètres et l'air intérieur n'absorbe pratiquement rien. Le seul lien réel est une **coïncidence** : le corps humain émet son maximum (9,5 μm à 32 °C) à l'intérieur de cette plage. Nous l'expliquons explicitement sur le site, parce que c'est un argument commercial fréquent chez nos concurrents.

6. Écoconception et étiquetage énergétique — point décisif

Règlement (UE) 2015/1188 — les panneaux rayonnants électriques sont explicitement concernés

- Titre : *Commission Regulation (EU) 2015/1188 [...] with regard to ecodesign requirements for local space heaters*
- Champ : appareils de chauffage décentralisé domestiques ≤ 50 kW, commerciaux ≤ 120 kW
- URL (annexe II) : <https://www.legislation.gov.uk/eur/2015/1188/annex/II>
- Définition dédiée (art. 2, déf. 13), citation verbatim : « "electric radiant local space heater" means an electric local space heater in which the heat emitting element is to be directed towards the place of use so that its thermal radiation directly warms the subjects to be heated »
- Exigence, citation verbatim : « seasonal space heating energy efficiency of electric radiant local space heaters shall not be less than 35 % »
- Applicable depuis le **1^{er} janvier 2018**.

Autres seuils de la même annexe : appareils électriques fixes > 250 W : ≥ 38 % ; ≤ 250 W : ≥ 34 % ; portatifs : ≥ 36 % ; à accumulation : $\geq 38,5$ % ; plancher chauffant électrique : ≥ 38 %.

Nuance à vérifier au cas par cas : le texte définit l'appareil rayonnant électrique par une élévation de température de la grille d'au moins 130 °C en usage normal (100 °C pour les autres surfaces). Un panneau à face avant verre trempé qui n'atteindrait pas ces élévations pourrait relever d'une autre catégorie. À confirmer avec le fabricant.

Règlement (UE) 2015/1186 — l'étiquetage ne s'applique pas aux appareils électriques

- URL : <https://www.legislation.gov.uk/eur/2015/1186/body>
- Citation verbatim : « This Regulation shall not apply to: (a) electric local space heaters; »

Conséquence directe, contre-intuitive et commercialement importante : un panneau rayonnant électrique **ne porte pas d'étiquette énergétique** au titre de ce règlement. Afficher une classe A, A+ ou A+++ pour un tel appareil est **réglementairement faux**, et pourtant très répandu chez les vendeurs du secteur. Nous n'en affichons aucune, et la page de documentation l'explique.

Note de méthode : EUR-Lex a renvoyé HTTP 202 (corps vide) sur toutes les tentatives d'accès. Les deux règlements ont été consultés via **legislation.gov.uk**, qui republie le texte de l'Union européenne. Source fiable sur le contenu, mais ce n'est pas EUR-Lex.

7. Normes produits et sécurité

Référentiel	Objet	Fait vérifié
IEC/EN 60335-2-30	Sécurité des appareils de chauffage des locaux	Les « panel heaters » et « radiant heaters » sont explicitement dans la liste des appareils couverts. Dispositions particulières pour les appareils sans thermostat intégré et pour une installation en salle de bain (7.12, 7.12.1).
EN 60675	Méthodes de mesure des performances	S'applique aux appareils de chauffage électriques directs, « portable, stationary, fixed or built-in ».
NF C 15-100	Installation électrique, volumes de salle d'eau	Trois volumes seulement depuis l'amendement 5 (le volume 3 a été supprimé). Volume 0 : IPX7. Volume 1 : IPX5, jusqu'à 2,25 m. Volume 2 : IPX4, 60 cm au-delà du volume 1.

- IEC 60335-2-30 : fiche ANSI Webstore, <https://webstore.ansi.org/standards/iec/iec6033530ed2021> — citation verbatim : « panel heaters; radiant heaters; tubular heaters; ceiling mounted heat lamp appliances »
- EN 60675 : fiche Genorma, <https://genorma.com/en/standards/en-60675-1995-a12-2026> — citation verbatim : « Applies to electric direct-acting room heaters. They may be portable, stationary, fixed or built-in. »
- NF C 15-100 : source **industrielle** (Legrand), <https://www.legrand.fr/questions-frequentes/quelle-est-la-norme-nf-c-15-100-pour-la-salle-de-bain> — la norme elle-même est payante et n'a pas été consultée. À confirmer sur le texte UTE/AFNOR avant publication contractuelle.

Règle pratique retenue pour le site : un panneau destiné à la salle de bain doit être **de classe II** (double isolation) et afficher **au moins IPX4** pour être admis en volume 2. Un appareil de classe I (carcasse métallique reliée à la terre) ne peut être installé qu'hors volume.

8. Cadre français du chauffage électrique dans le neuf (RE2020)

Il n'existe pas d'interdiction explicite du chauffage électrique par effet Joule dans les textes officiels consultés. La RE2020 ne comporte pas de « liste noire » des émetteurs : elle fixe des exigences de consommation d'énergie primaire non renouvelable et d'empreinte carbone qui, en pratique, rendent le chauffage direct par résistance difficile à retenir comme système principal dans un logement neuf.

- Source : *Réglementation environnementale RE2020*, Ministère de la Transition écologique, publiée le 18 novembre 2020
- URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020>
- Citation verbatim : « La RE2020 est la réglementation énergétique et environnementale de l'ensemble de la construction neuve. »
- Objectifs officiels annoncés : sobriété énergétique et décarbonation de l'énergie ; diminution de l'impact carbone ; garantie de confort en cas de forte chaleur. **Aucune mention d'une interdiction d'un émetteur de chauffage.**

Formulation retenue sur le site : les panneaux rayonnants électriques restent autorisés, notamment en rénovation, en appoint, en remplacement à l'identique et en chauffage localisé ; ils sont simplement peu compatibles avec l'objectif d'un logement neuf entièrement chauffé à l'électricité résistive.

9. Ce que nous n'avons PAS pu vérifier — et n'avons donc pas publié

Point	Pourquoi	Décision
Texte intégral de l'ISO 20473:2007	Norme payante ; ISO OBP renvoie HTTP 403	Bornes NIR/MIR/FIR reprises d'une source secondaire, citée comme telle
Longueur d'onde de coupure du verre sodocalcique	Aucune source normative ouverte	Formulation qualitative (« au-delà de quelques micromètres »)
Valeurs de profondeur de pénétration dans l'eau (J-STAGE 1988)	PDF inaccessible	Non publié
Texte de la NF C 15-100 et de la NF EN 60529	Normes payantes	Citée via une source industrielle, avec réserve explicite
Valeurs limites de la recommandation 1999/519/CE (champs électromagnétiques)	EUR-Lex renvoie HTTP 202 sans contenu	Non publiées ; ordres de grandeur de l'OMS utilisés à la place
Règlement (UE) 2017/745 lu directement	EUR-Lex inaccessible ; définition obtenue via l'ANSM	Cité via l'ANSM, sans numéro d'article
Chiffres RE2020 relayés par la presse (12 kWhep/m ² /an, 4 kg CO ₂ /m ² /an)	Aucune source primaire ouverte	Non publiés
Effet sur le cholestérol, détoxification, perte de poids	Voir dossier n° 2	Publiés comme non soutenus ou réfutés

Sources consultées pour ce dossier

1. CIE S 017:2020, entrée 17-21-004 — <https://cie.co.at/eilvterm/17-21-004>
2. ICNIRP, *Infrared Radiation (780 nm – 1 mm)* — <https://www.icnirp.org/en/frequencies/radio>
3. Vatansever F. & Hamblin M. R., *Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications*, Photonics & Lasers in Medicine 1(4), 2012 — <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3699878/>
4. NIST, *Wien wavelength displacement law constant* — <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bwien>
5. NIST, *Stefan-Boltzmann constant* — <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?sigma>
6. The Engineering ToolBox, *Emissivity Coefficients of Common Materials* — https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html
7. Maison pour la science en Poitou-Charentes, *Le rayonnement infrarouge traverse-t-il le verre ?* (2009) — <https://poitou-charentes.maisons-pour-la-science.org/node/6126>
8. NASA/IPAC Cool Cosmos, *IR Atmospheric Windows* (archive) — https://web.archive.org/web/20200508154619/http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/ir_tutorial/irwindows.html
9. Règlement (UE) 2015/1188, annexe II — <https://www.legislation.gov.uk/eur/2015/1188/annex/II>
0. Règlement (UE) 2015/1186 — <https://www.legislation.gov.uk/eur/2015/1186/body>
1. IEC 60335-2-30 (fiche ANSI) — <https://webstore.ansi.org/standards/iec/iec6033530ed2021>

2. EN 60675 (fiche Genorma) — <https://genorma.com/en/standards/en-60675-1995-a12-2026>
3. Legrand, *NF C 15-100 en salle de bain* — <https://www.legrand.fr/questions-frequentes/quelle-est-la-norme-nf-c-15-100-pour-la-salle-de-bain>
4. Ministère de la Transition écologique, *RE2020* — <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020>
5. Cap Rénov+, *Températures extérieures de base (3CL-2021 vs EN 12831)* — <https://aide.cap-renov.fr/fr/article/temperatures-exterieures-de-base-3cl-2021-vs-en12831-le8nir/>
6. Cap Rénov+, *Les prix des énergies* — <https://aide.cap-renov.fr/fr/article/les-prix-des-energies-qd07gj/>