

Union internationale des télécommunications

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R P.1144-5**  
(10/2009)

**Guide pour l'application des méthodes de  
prévision de la propagation de la  
Commission d'études 3 des  
radiocommunications**

**Série P**  
**Propagation des ondes radioélectriques**



Union  
internationale des  
télécommunications

## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en œuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	<b>Propagation des ondes radioélectriques</b>
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2010

© UIT 2010

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

## RECOMMANDATION UIT-R P.1144-5

**Guide pour l'application des méthodes de prévision de la propagation  
de la Commission d'études 3 des radiocommunications**

(1995-1999-2001-2001-2007-2009)

**Domaine de compétence**

La présente Recommandation est un guide relatif aux Recommandations de la Commission d'études 3 des radiocommunications portant sur des méthodes de prévision de la propagation. Les utilisateurs y trouveront des conseils sur les méthodes les plus appropriées en cas d'applications particulières ainsi que les limites, les données d'entrée et les données de sortie pour chacune de ces méthodes.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

a) qu'il est nécessaire d'apporter de l'aide aux utilisateurs des Recommandations UIT-R de la Série P (élaborées par la Commission d'études 3 des radiocommunications),

*recommande*

**1** que les renseignements contenus dans le Tableau 1 soient utilisés comme indications pour l'application des diverses méthodes de prévision de la propagation contenues dans les Recommandations UIT-R de la Série P (élaborées par la Commission d'études 3 des radiocommunications);

**2** que les renseignements contenus dans le Tableau 2 et dans l'Annexe 1 soient utilisés comme indications pour l'utilisation des différentes cartes numériques des paramètres géophysiques nécessaires pour l'application des méthodes de prévision de la propagation mentionnées au point 1 du *recommande*.

NOTE 1 – A chacune des Recommandations UIT-R qui figurent dans le Tableau 1 sont associées des colonnes qui indiquent:

*Domaine d'application:* le ou les services ou applications auxquels est destinée la Recommandation.

*Type:* les cas auxquels s'applique la Recommandation, tels que point à point, point à zone, visibilité directe, etc.

*Données de sortie:* la valeur du paramètre de sortie fournie par la méthode, par exemple, affaiblissement le long du trajet.

*Fréquences:* la gamme des fréquences pour lesquelles s'applique la Recommandation.

*Distances:* la gamme des distances pour lesquelles s'applique la Recommandation.

*Pourcentage du temps:* valeurs ou gamme des valeurs des pourcentages de temps pour lesquelles s'applique la Recommandation. Le pourcentage du temps correspond à celui pendant lequel la valeur du signal prévu est dépassée au cours d'une année moyenne.

*Pourcentage des emplacements:* la gamme des pourcentages des emplacements pour lesquels s'applique la Recommandation. Le pourcentage des emplacements correspond à celui, à l'intérieur, par exemple, d'un carré de 100 à 200 m de côté, où le signal prévu est dépassé.

*Hauteur des terminaux:* la gamme des hauteurs des antennes des terminaux pour lesquelles s'applique la Recommandation.

*Données d'entrée*: la liste des paramètres utilisés par la méthode de la Recommandation; ces paramètres sont classés par ordre d'importance et, dans certains cas, on peut utiliser des valeurs par défaut.

Le Tableau 1 contient des renseignements qui sont déjà fournis par les Recommandations elles-mêmes, mais il permet aux utilisateurs de se rendre compte rapidement des possibilités, et des limitations, des Recommandations sans avoir à se référer à leur texte.

TABLEAU 1

## Méthodes UIT-R de prévision de la propagation des ondes radioélectriques

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.368	Tous les services	Point à point	Champ	10 kHz à 30 MHz	1 à 10 000 km	Sans objet	Sans objet	Au sol	Fréquence Conductivité du sol
Rec. UIT-R P.452	Services utilisant des stations à la surface de la Terre; brouillage	Point à point	Affaiblissement le long du trajet	100 MHz à 50 GHz	Pas spécifié mais jusqu'à et au-delà de l'horizon radioélectrique	0,001 à 50 Année moyenne et mois le plus défavorable	Sans objet	Aucune limite spécifiée	Données de profil de trajet Fréquence Pourcentage de temps Hauteur de l'antenne d'émission Hauteur de l'antenne de réception Latitude et longitude de l'émetteur Latitude et longitude du récepteur Données météorologiques
Rec. UIT-R P.528	Mobile aéronautique	Point à zone	Affaiblissement le long du trajet	125 MHz à 15 GHz	0 à 1 800 km (Pour les applications aéronautiques, une distance horizontale de 0 km ne veut pas dire une longueur de trajet de 0 km)	5, 50, 95	Sans objet	H1: 15 m à 20 km H2: 1 à 20 km	Distance Hauteur de l'émetteur Fréquence Hauteur du récepteur Pourcentage de temps
Rec. UIT-R P.530	Liaisons fixes en visibilité directe	Point à point visibilité directe	Affaiblissement le long du trajet Amélioration apportée par la diversité (condition de temps clair) XPD Interruption Caractéristiques d'erreur	150 MHz à 40 GHz environ	Jusqu'à 200 km en visibilité directe	Tous les pourcentages de temps en condition de temps clair; 1 à 0,001 en présence de précipitations <sup>(1)</sup>	Sans objet	Hauteur suffisante pour un dégagement du trajet	Distance Hauteur de l'émetteur Fréquence Hauteur du récepteur Pourcentage de temps Données sur l'obstruction du trajet Données climatiques Renseignements sur le terrain

## Rec. UIT-R P.1144-5

TABLEAU 1 (suite)

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.533	Radiodiffusion Service fixe Service mobile	Point à point	MUF de référence Champ de l'onde ionosphérique Puissance disponible à l'entrée du récepteur Rapport signal/bruit LUF Fiabilité de circuit	2 à 30 MHz	0 à 40 000 km	Tous les pourcentages	Sans objet	Sans objet	Latitude et longitude de l'émetteur Latitude et longitude du récepteur Nombre de taches solaires Mois Heure(s) de la journée Fréquences Puissance de l'émetteur Type d'antenne de l'émetteur Type d'antenne du récepteur
Rec. UIT-R P.534	Service fixe Service mobile Radiodiffusion	Point à point par l'intermédiaire de E-sporadique	Champ	30 à 100 MHz	0 à 4 000 km	0 à 50	Sans objet	Sans objet	Distance Fréquence
Rec. UIT-R P.617	Liaisons fixes transhorizon	Point à point	Affaiblissement le long du trajet	> 30 MHz	100 à 1 000 km	20, 50, 90, 99, et 99,9	Sans objet	Aucune limite spécifiée	Fréquence Gain de l'antenne d'émission Gain de l'antenne de réception Géométrie du trajet
Rec. UIT-R P.618	Satellite	Point à point	Affaiblissement le long du trajet Gain de diversité et XPD (en présence des précipitations)	1 à 55 GHz	Toute hauteur d'orbite utilisable	0,001-5 pour l'affaiblissement; 0,001-1 pour XPD	Sans objet	Aucune limite	Données météorologiques Fréquence Angle d'élévation Hauteur de la station terrestre Distance et angle entre les emplacements des stations terrestres (pour le gain de diversité) Diamètre des antennes et efficacité (pour la scintillation) Angle de polarisation (pour XPD)

TABLEAU 1 (suite)

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.620	Coordination en fréquence de la station terrienne	Distance de coordination	Distance à partir de laquelle on obtient l'affaiblissement de propagation requis	100 MHz à 105 GHz	Jusqu'à 1 200 km	0,001 à 50	Sans objet	Aucune limite spécifiée	Affaiblissement de transmission minimum de base Fréquence Pourcentage de temps Angle d'élévation de la station terrienne
Rec. UIT-R P.679	Radiodiffusion par satellite	Point à zone	Affaiblissement le long du trajet Effets de l'environnement local	0,5 à 5,1 GHz	Toute hauteur d'orbite utilisable	Sans objet	Aucune limite spécifiée	Aucune limite spécifiée	Fréquence Angle d'élévation Caractéristiques de l'environnement local
Rec. UIT-R P.680	Service mobile maritime par satellite	Point à point	Evanouissements dus à la surface de la mer Durée des évanouissements Brouillage (satellite adjacent)	0,8 à 8 GHz	Toute hauteur d'orbite utilisable	Jusqu'à 0,001% par la distribution de Rice-Nakagami Limite de 0,01% pour le <sup>(1)</sup> brouillage	Sans objet	Aucune limite	Fréquence Angle d'élévation Gain maximum de l'antenne dans la direction de visée
Rec. UIT-R P.681	Service mobile terrestre par satellite	Point à point	Evanouissements sur le trajet Durée des évanouissements Durée des intervalles sans évanouissement	0,8 à 20 GHz	Toute hauteur d'orbite utilisable	Sans objet Pourcentage de la distance parcourue 1 à 80% <sup>(1)</sup>	Sans objet	Aucune limite	Fréquence Angle d'élévation Pourcentage de la distance parcourue Niveau approximatif de l'occultation optique
Rec. UIT-R P.682	Service mobile aéronautique par satellite	Point à point	Evanouissements dus à la surface de la mer Propagation par trajet multiple depuis le sol et l'aéronef pendant l'atterrissage	1 à 2 GHz (évanouissements dus à la surface de la mer) 1 à 3 GHz (propagation par trajet multiple depuis le sol)	Toute hauteur d'orbite utilisable	Jusqu'à 0,001% par la distribution de Rice-Nakagami <sup>(1)</sup>	Sans objet	Aucune limite pour les évanouissements dus à la surface de la mer Jusqu'à 1 km pour la réflexion par le sol pendant l'atterrissage	Fréquence Angle d'élévation Polarisation Gain maximum de l'antenne dans la direction de visée Hauteur des antennes

TABLEAU 1 (suite)

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.684	Service fixe Service mobile	Point à point Point à zone	Champ de l'onde ionosphérique	30 à 150 kHz	0 à 16 000 km	50	Sans objet	Sans objet	Latitude et longitude de l'émetteur Latitude et longitude du récepteur Distance Puissance de l'émetteur Fréquence Constantes du sol Saison Nombre de taches solaires Heure du jour
Rec. UIT-R P.843	Service fixe Service mobile Radiodiffusion	Point à point par l'intermédiaire d'impulsions météoriques	Puissance reçue Taux d'impulsions	30 à 100 MHz	100 à 1 000 km	0 à 5	Sans objet	Sans objet	Fréquence Distance Puissance de l'émetteur Gain des antennes
Rec. UIT-R P.1147	Radiodiffusion	Point à zone	Champ de l'onde ionosphérique	0,15 à 1,7 MHz	50 à 12 000 km	1, 10, 50	Sans objet	Sans objet	Latitude et longitude de l'émetteur Latitude et longitude du récepteur Distance Nombre de taches solaires Puissance de l'émetteur Fréquence
Rec. UIT-R P.1238	Service mobile Réseaux locaux hertziens	Méthodes de propagation à l'intérieur des bâtiments	Affaiblissement le long du trajet Étalement du temps de propagation	900 MHz à 100 GHz	A l'intérieur des bâtiments	Sans objet	Sans objet	Base: environ 2-3 m Mobile: environ 0,5-3 m	Fréquence Distance Facteurs relatifs aux planchers et aux murs
Rec. UIT-R P.1410	Accès radio à large bande	Point à zone	Couverture Réduction de la couverture temporelle due aux précipitations	3 à 60 GHz	0-5 km	0,001 à 1 (pour calculer la réduction de la couverture due aux précipitations)	Jusqu'à 100	Aucune limite; 0-300 m (cas typique)	Fréquence Taille des cellules Hauteur des structures terminales Paramètres statistiques concernant la hauteur des bâtiments
Rec. UIT-R P.1411	Service mobile	Méthodes de propagation sur des trajets de courte distance	Affaiblissement le long du trajet Étalement du temps de propagation	300 MHz à 100 GHz	< 1 km	Sans objet	Sans objet	Base: environ 4-50 m Mobile: environ 0,5-3 m	Fréquence Distance Dimension des rues Hauteur des structures

TABLEAU 1 (suite)

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.1546	Services de Terre	Point à zone	Champ	30 à 3 000 MHz	1 à 1 000 km	1 à 50	1 à 99	Émetteur/base: hauteur équivalente de moins de 0 m à 3 000 m Récepteur/mobile: ≥ 1 m	Hauteur du sol et couverture du sol (facultatif) Classe du trajet Distance Hauteur de l'antenne d'émission Fréquence Pourcentage de temps Hauteur de l'antenne de réception Angle de dégagement du terrain Pourcentage d'emplacements Gradient du coïncide
Rec. UIT-R P.1622	Liaisons optiques par satellite	Point à point	Affaiblissement par absorption Affaiblissement par diffusion Bruit de fond Scintillation d'amplitude Angle d'arrivée Excursion du faisceau Étalement du faisceau	20 à 375 THz	Liaisons optiques Terre vers espace de champ lointain	Sans objet	Sans objet	Aucune limite	Longueur d'onde Hauteur du terminal Angle d'élévation Paramètre de structure des turbulences
Rec. UIT-R P.1623	Satellite	Point à point	Durée de l'évanouissement, pente de l'évanouissement	10 à 50 GHz	Toute hauteur d'orbite utilisable	Sans objet	Sans objet	Aucune limite	Fréquence Angle d'élévation Seuil d'affaiblissement Largeur de bande du filtre
Rec. UIT-R P.1812	Services de Terre	Point à zone	Champ	30 à 3 000 MHz	Pas précisé mais jusqu'à et au-delà de l'horizon radioélectrique	1 à 50	1 à 99	Aucune limite	Données de profil de trajet Fréquence Pourcentage de temps Hauteur de l'antenne d'émission Hauteur de l'antenne de réception Latitude et longitude de l'émetteur Latitude et longitude du récepteur Données météorologiques

TABLEAU 1 (*fin*)

Méthode	Domaine d'application	Type	Données de sortie	Fréquences	Distance	Pourcentage du temps	Pourcentage des emplacements	Hauteur des terminaux	Données d'entrée
Rec. UIT-R P.1814	Liaisons optiques de Terre	Point à point	Affaiblissement par absorption Affaiblissement par diffusion Bruit de fond Scintillation d'amplitude Étalement du faisceau	20 à 375 THz	Aucune limite	Sans objet	Sans objet	Aucune limite	Longueur d'onde Visibilité (en présence de brouillard) Longueur du trajet Paramètre de structure des turbulences

<sup>(1)</sup> Pourcentage du temps d'interruption; pour la disponibilité de service, soustraire la valeur de 100.

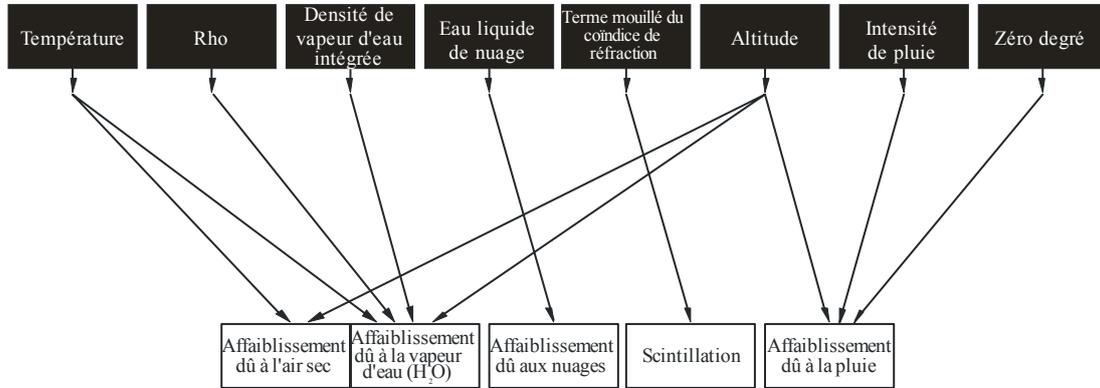
TABLEAU 2  
Cartes numériques des paramètres géophysiques de l'UIT-R

Recommandation UIT-R	Description	Résolution de la grille	Interpolation spatiale nécessaire (voir l'Annexe 1)	Interpolation en termes de probabilité	Interpolation de la variable	Noms des fichiers
P.839	Altitude moyenne annuelle de l'isotherme 0 °C (km) (zéro degré)	1,5° × 1,5°	Bilinéaire	Sans objet	Sans objet	ESA0HEIGHT.TXT
P.837	Probabilité de dépassement de l'intensité de pluie (%) (intensité de pluie)	1,125° × 1,125°	Bilinéaire	Sans objet	Sans objet	ESARAIN_XXX_v5.TXT; xxx = PR6, BETA, MT
P.1511	Altitude topographique (au-dessus du niveau moyen de la mer) (km) (altitude)	0,5° × 0,5°	Bicubique	Sans objet	Sans objet	TOPO0DOT5.TXT
P.836	Probabilité de dépassement du contenu total d'une colonne d'air en vapeur d'eau (%) (densité de vapeur d'eau intégrée) (IWVC)	1,125° × 1,125°	Bilinéaire <sup>1</sup>	Logarithmique	Linéaire	ESAWVC_xx_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99
P.836	Probabilité de dépassement de la concentration en vapeur d'eau à la surface de la Terre (%) (Rho)	1,125° × 1,125°	Bilinéaire <sup>1</sup>	Logarithmique	Linéaire	SURF_WV_xx_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99
P.836	Altitude de référence de la vapeur d'eau	1,125° × 1,125°	Bilinéaire	Logarithmique	Linéaire	VSCH_xx_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99
P.1510	Température annuelle moyenne de surface (température)	1,5° × 1,5°	Bilinéaire	Sans objet	Sans objet	ESATEMP.TXT
P.453	Valeur médiane du terme mouillé du coindice de réfraction (Nwet)	1,5° × 1,5°	Bilinéaire	Sans objet	Sans objet	ESANWET.TXT
P.840	Probabilité de dépassement du contenu d'une colonne en eau liquide de nuage (%) (eau liquide de nuage) (CLW)	1,125° × 1,125°	Bilinéaire	Logarithmique	Linéaire	ESAWREDP_xx_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99
P.840	Distribution statistique du contenu total d'une colonne en eau liquide de nuage	1,125° × 1,125°	Bilinéaire	Sans objet	Sans objet	WRED_LOGNORMAL_MEAN_v4.TXT, WRED_LOGNORMAL_STDEV_v4.TXT et WRED_LOGNORMAL_PCLW_v4.TXT

<sup>1</sup> Les variables aux points de grille environnants sont ajustées à l'altitude souhaitée avant interpolation spatiale selon la procédure d'ajustement définie dans la Recommandation applicable.

A titre de référence, la Fig. 1 illustre la relation entre les cartes géophysiques (cases noires) et les effets de la propagation (cases blanches).

FIGURE 1

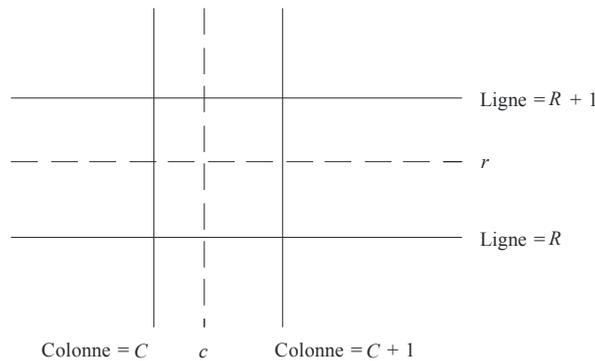


1144-01

## Annexe 1

### 1 Interpolation bilinéaire

FIGURE 2



1144-02

*Enoncé:* Valeurs aux quatre points de grille environnants:  $I(R,C)$ ,  $I(R,C + 1)$ ,  $I(R + 1,C)$ , et  $I(R + 1,C + 1)$ .

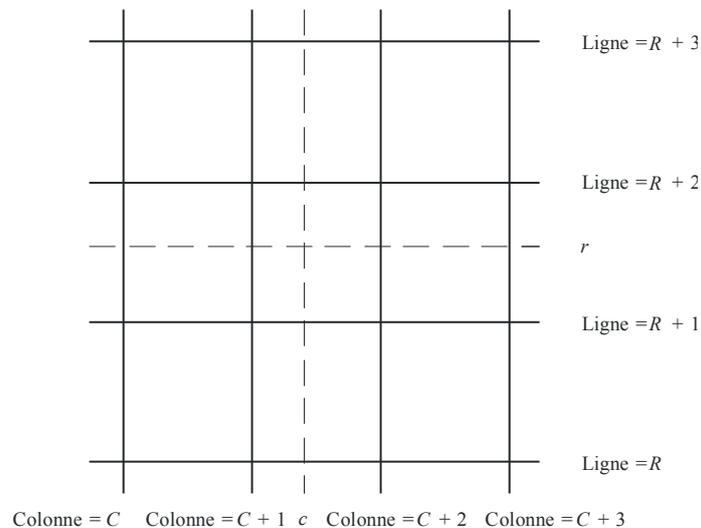
*Problème:* Déterminer par interpolation bilinéaire  $I(r,c)$ , où  $r$  est un numéro fractionnaire de ligne et  $c$  un numéro fractionnaire de colonne.

*Solution:* Calculer:

$$\begin{aligned}
 I(r,c) &= I(R,C) [(R + 1 - r)(C + 1 - c)] \\
 &+ I(R + 1,C) [(r - R)(C + 1 - c)] \\
 &+ I(R,C + 1) [(R + 1 - r)(c - C)] \\
 &+ I(R + 1,C + 1) [(r - R)(c - C)]
 \end{aligned}$$

## 2 Interpolation bicubique

FIGURE 3



1144-03

*Enoncé:* Valeurs en 16 points de grille environnants:

$$\begin{aligned}
 &I(R,C), I(R,C + 1), I(R,C + 2), I(R,C + 3), \\
 &I(R + 1,C), I(R + 1,C + 1), I(R + 1,C + 2), I(R + 1,C + 3), \\
 &I(R + 2,C), I(R + 2,C + 1), I(R + 2,C + 2), I(R + 2,C + 3), \\
 &I(R + 3,C), I(R + 3,C + 1), I(R + 3,C + 2), I(R + 3,C + 3).
 \end{aligned}$$

*Problème:* Calculer par interpolation bicubique  $I(r,c)$ , où  $r$  est un numéro fractionnaire de ligne et  $c$  un numéro fractionnaire de colonne.

*Solution:*

*Etape 1:* pour chaque ligne,  $x$ , où  $x = \{r, r + 1, r + 2, r + 3\}$ , calculer la valeur interpolée au numéro fractionnaire de la colonne  $c$  souhaitée:

$$RI(X,c) = \sum_{j=C}^{C+3} I(X,j) K(c-j)$$

où:

$$K(\delta) = \begin{cases} (a+2)|\delta|^3 - (a+3)|\delta|^2 + 1 & \text{pour } 0 \leq |\delta| \leq 1 \\ a|\delta|^3 - 5a|\delta|^2 + 8a|\delta| - 4a & \text{pour } 1 \leq |\delta| \leq 2 \\ 0 & \text{pour } 2 \leq |\delta| \end{cases}$$

et

$$a = -0,5$$

*Etape 2:* Calculer  $I(r,c)$  en interpolant les interpolations unidimensionnelles,  $RI(R,c)$ ,  $RI(R+1,c)$ ,  $RI(R+2,c)$ , et  $RI(R+3,c)$  de la même façon que les interpolations de lignes.

---