

## RECOMMANDATION UIT-R RA.479-4\*

**PROTECTION DES FRÉQUENCES À UTILISER POUR DES MESURES DE  
RADIOASTRONOMIE DANS LA ZONE TRANQUILLE DE LA LUNE**

(Question UIT-R 7/2)

(1974-1978-1982-1990-1995)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que l'Annexe 1 contient des informations sur la zone tranquille de la Lune et des directives préliminaires sur l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques dans cette zone;
- b) que la Résolution B16 de la XXII<sup>e</sup> Assemblée générale (1994) de l'Union astronomique internationale (UAI) (Annexe 2) recommande, dès que les observations sur la zone tranquille de la Lune auront commencé, de limiter les radiocommunications dans la zone tranquille de la Lune à la bande 2-3 GHz, et de dégager une autre bande d'une largeur d'au moins 1 GHz en vue de l'exploitation future, coordonnée dans le temps, de systèmes de radioastronomie et de systèmes de communication lunaire;
- c) que les observations de radioastronomie effectuées à partir d'engins spatiaux au-dessus de l'atmosphère terrestre conduiront à découvrir des phénomènes astronomiques nouveaux et inattendus;
- d) que, en plus de liaisons de télécommunication en visibilité directe, à buts scientifiques et autres, entre la Terre et les engins spatiaux, on pourra être amené à établir des liaisons entre des stations installées sur la face cachée de la Lune et d'autres stations situées sur la Terre ou visibles de la Terre;
- e) que l'Article 29 (numéros 2632 à 2635) du Règlement des radiocommunications (RR) reconnaît qu'il est nécessaire que la zone tranquille de la Lune demeure une zone privilégiée pour les observations des services de radioastronomie et de recherche spatiale (passive) et que, par conséquent, elle soit dans toute la mesure possible exempte d'émissions;
- f) que les satellites de la Terre à apogée éloigné, ainsi que les sondes de l'espace lointain et les émetteurs situés à proximité de la Lune ou sur la Lune, peuvent chacun rayonner dans la zone tranquille de la Lune,

*recommande*

- 1 de tenir compte, en planifiant l'utilisation du spectre des fréquences radioélectriques, à l'échelon tant national qu'international, de la nécessité de prévoir des observations de radioastronomie dans la zone tranquille de la Lune;
- 2 compte tenu de cette nécessité, d'accorder une attention particulière aux bandes de fréquences dans lesquelles il est difficile ou impossible de faire des observations à partir de la surface de la Terre;
- 3 de veiller à ce que l'utilisation du spectre des fréquences dans la zone tranquille de la Lune s'effectue en conformité avec les critères provisoires énoncés dans l'Annexe 1;
- 4 d'accorder une attention particulière aux émissions dans la zone tranquille de la Lune provenant de sondes de l'espace lointain ou d'émetteurs situés à proximité de la Lune ou sur la Lune;
- 5 dans les bandes de fréquences qui seraient envisagées pour une utilisation conjointe par des stations de recherche spatiale actives ou passives installées dans la zone tranquille de la Lune de protéger les observations de radioastronomie contre les brouillages nuisibles. A cette fin, les administrations intéressées pourraient engager les pourparlers nécessaires.

---

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 1 et 3 des radiocommunications.

## **Protection des observations de radioastronomie dans la zone tranquille de la Lune**

### **1 Introduction**

Le spectre électromagnétique est désormais si intensément utilisé sur la Terre que son intérêt éventuel pour la recherche scientifique passive est déjà gravement compromis. Compte tenu du développement général que connaissent les radiocommunications, notamment avec les satellites de la Terre et autres engins spatiaux et les sondes de l'espace lointain, il importe que l'UIT coordonne les attributions de fréquences qu'elle décide, de manière à réduire à un minimum les brouillages causés au service de radioastronomie. En particulier, comme la face cachée de la Lune est le dernier endroit accessible d'où l'on pourra faire des observations radioélectriques de l'univers sans subir de brouillage en aucune portion du spectre, il sera nécessaire, lors de l'attribution de fréquences pour leur utilisation active par des sondes de l'espace lointain, des satellites lunaires et des ensembles instrumentaux scientifiques et stations de recherche installés à la surface de la Lune, d'éviter que les observations du genre passif considérées ne subissent un brouillage radioélectrique de leur fait.

Une partie de la surface de la Lune est toujours protégée contre le brouillage que causeraient des signaux engendrés sur la Terre ou à son voisinage, parce que la Lune présente toujours à peu près la même face à la Terre. Elle a donc une période de rotation autour de son axe égale à sa période de révolution autour de la Terre, mais comme son orbite est légèrement elliptique et inclinée, des observateurs se trouvant sur la Terre peuvent voir un peu plus de la moitié de la surface de son satellite naturel. Si, en outre, on observe la Lune à partir d'un satellite artificiel de la Terre placé sur une orbite de 100 000 km de rayon, on peut en voir une petite fraction supplémentaire. La portion de la surface lunaire qui reste invisible est celle qui dépasse de plus de 23,2° le limbe moyen de la Lune, vu du centre de la Terre. La zone tranquille de la Lune comprend la face cachée (ou calotte abritée) de la Lune et un volume adjacent (ou cône d'ombre radioélectrique), qui est protégé contre les brouillages dont les sources sont dans un rayon de 100 000 km autour du centre de la Terre (Article 29, numéro 2632.1 du RR).

### **2 Principes généraux préliminaires concernant l'utilisation du spectre électromagnétique dans la zone tranquille de la Lune**

La zone tranquille de la Lune devrait être exempte de brouillages d'origine terrestre dans toute l'étendue du spectre. C'est un endroit exceptionnel pour les observations scientifiques. Comme on envisage de mener bientôt des expériences de radioastronomie et d'autres expériences scientifiques à partir de cette zone, il faudra réglementer les opérations des services de radiocommunication dont les installations risquent de l'illuminer. En effet, s'il faut tenir compte des besoins des satellites terrestres, des sondes de l'espace lointain et des émetteurs installés dans la zone tranquille de la Lune, il est souhaitable toutefois de maintenir dans son état cette zone, qui est exempte de brouillage radioélectrique et présente donc un grand intérêt pour la recherche spatiale passive.

L'utilisation du spectre des fréquences, par des services exploitant des installations dans la zone tranquille de la Lune ou illuminant cette zone, pourrait se fonder sur les principes directeurs préliminaires suivants, qui devront être revus au fur et à mesure que de nouveaux renseignements seront obtenus.

Toutes les bandes de fréquences utilisées dans la zone tranquille de la Lune sont destinées à des usagers passifs (service de radioastronomie et autres usagers passifs définis dans le RR), avec les exceptions suivantes:

- les bandes de fréquences actuellement attribuées (ou qui le seront dans l'avenir) au service de recherche spatiale, et les bandes de fréquences attribuées au service d'exploitation spatiale, au service d'exploration de la Terre par satellite et au service de radiorepérage par satellite, qui sont nécessaires au soutien logistique de la recherche spatiale;
- les bandes de fréquences actuellement attribuées (ou qui le seront dans l'avenir) pour les radiocommunications et les émissions du service de recherche spatiale qui ont lieu à l'intérieur de la zone tranquille de la Lune.

L'intention est de garder la zone tranquille de la Lune exempte d'émissions «humaines», à l'exception des émissions essentielles mentionnées ci-dessus; en planifiant ces dernières, il est souhaitable d'éviter les portions du spectre qui sont pour les recherches astronomiques de la plus haute importance et de prévoir une utilisation souple des fréquences par les systèmes d'émission.

Les principes directeurs proposés n'imposent aucune restriction aux services de radiocommunication de Terre présents ou futurs ni aux services de radiocommunication spatiale présents ou futurs, dont les émetteurs fonctionnent ou fonctionneront à une distance inférieure à 100 000 km du centre de la Terre.

Selon ces principes, les services de radiocommunication spatiale présents ou futurs pour lesquels des émetteurs fonctionnent ou fonctionneront à une distance supérieure à 100 000 km de la Terre et qui sont ou seront exploités conformément aux dispositions du RR devraient coordonner leurs activités avec celles du service de radioastronomie. Il est essentiel que des dispositions régissant la compatibilité entre le service de radioastronomie et les autres services, fondées sur les caractéristiques techniques des services, soient établies par une décision adoptée par une conférence administrative de l'UIT.

### 3 Protection des observations radioastronomiques dans la zone tranquille de la Lune

La zone tranquille de la Lune présente pour les observations radioastronomiques des avantages exceptionnels, reconnus depuis longtemps: en effet, non seulement elle constitue un environnement qui se rapproche le plus possible d'un environnement exempt de brouillage, mais aussi elle se caractérise par une quasi-absence d'atmosphère, qui permet d'étudier des régions du spectre électromagnétique qui sont inaccessibles depuis la Terre; en particulier, la quasi-inexistence d'une ionosphère lunaire permet d'étudier les spectres des sources célestes dans une gamme comprise entre 50 kHz et 30 MHz environ; en outre, la quasi-absence de vapeur d'eau et d'oxygène dans l'atmosphère lunaire permet d'observer la région des hyperfréquences et des ondes décimimétriques au-dessus de 50 GHz environ qui est absorbée, en partie ou en totalité, par l'atmosphère terrestre. L'intérêt que revêt pour les radioastronomes la zone tranquille de la Lune a été reconnu dans l'Article 29 du RR (numéros 2632 à 2635).

#### 3.1 Radioastronomie lunaire dans la gamme des 30 kHz-30 MHz

Les problèmes que pose, au-dessous de 30 MHz, l'ionosphère pour la radioastronomie depuis la Terre sont décrits au Chapitre 3 du Manuel de radioastronomie de l'UIT. Des émissions radioélectriques cosmiques ont certes été observées au moyen de radiotélescopes construits sur Terre à des fréquences relativement basses de l'ordre de 1,5 MHz, mais au-dessous de 30 MHz l'observation n'est possible que dans des conditions exceptionnelles, depuis des sites particuliers et pour des durées de temps limitées; les brouillages radioélectriques terrestres, naturels ou non, limitent en effet sérieusement la possibilité d'effectuer des observations radioastronomiques fines dans cette gamme de fréquences depuis la Terre comme depuis l'espace proche de la Terre. Les brouillages radioélectriques dans la gamme 1-30 MHz proviennent en grande partie des émissions de télécommunication et du bruit produit, en quantité comparable, par l'activité humaine (bruit d'allumage et bruit des appareillages) et par les sources naturelles (principalement les éclairs). Au-dessous de 500 kHz environ, la source de bruit dominante est le rayonnement auroral dans les ondes kilométriques, bruit radioélectrique qui se produit dans la haute atmosphère des régions aurorales.

La gamme de fréquences au-dessous de 30 MHz est, soit totalement inaccessible, soit extrêmement difficile à observer depuis la Terre. Or, d'importants objectifs scientifiques se situent dans cette gamme, à savoir le bruit de fond galactique, non thermique, le spectre d'autres sources galactiques, les pulsars, les phénomènes de réfraction et de diffusion interstellaires et les émissions radioélectriques du soleil (au repos et en activité) ainsi que Jupiter. Comme il n'est pas possible d'obtenir d'informations sur un grand nombre de ces phénomènes par d'autres moyens que la radioastronomie, la gamme au-dessous de 30 MHz devrait être réservée dans sa totalité à ce service.

#### 3.2 Gamme des 30-300 MHz

Cette portion du spectre est fortement utilisée par les services actifs sur Terre au point qu'il est devenu difficile d'y réaliser des observations de radioastronomie. Elle comprend un certain nombre de raies de recombinaison faibles, à haute fréquence, de carbone et d'azote; en outre, les astronomes continuent de rechercher la raie spectrale décalée vers le rouge de l'hydrogène neutre (HI) dans des galaxies primordiales, en descendant à des fréquences au-dessous de 150 MHz. Les observations du continuum des pulsars, quasars et sources à raie spectrale très étroite revêtent également une importance dans cette portion du spectre. Dans la zone tranquille de la Lune, les services actifs devraient éviter absolument d'utiliser la gamme au-dessous de 300 MHz.

#### 3.3 Gamme des 300 MHz-3 GHz

Certaines des raies spectrales les plus intéressantes et les plus étudiées se rencontrent dans cette portion du spectre qui est actuellement la proie d'une très forte concurrence et de la plupart des sollicitations commerciales. Les astrophysiciens s'intéressent particulièrement à:

- la transition hyperfine à 327,4 MHz de l'atome de deutérium – raie extrêmement faible d'une grande importance pour la cosmologie, détectée en 1990 après de nombreuses tentatives infructueuses;
- la raie de l'hydrogène neutre (HI) à 1 420,4 MHz, découverte il y a une quarantaine d'années et demeurant la raie spectrale la plus intensément étudiée;
- les quatre raies du radical OH à 1 612,2, 1 665,4, 1 667,4 et 1 720,5 MHz.

Des portions du spectre contenant ces raies et leurs extensions limitées décalées vers le bleu et vers le rouge sont attribuées à la radioastronomie sur Terre. Bien que fortement utilisées, ces bandes posent de sérieux problèmes pour les observations astronomiques, soit parce qu'elles ne sont pas suffisamment protégées des brouillages spatiaux à l'intérieur ou à l'extérieur de la bande, soit parce que la bande attribuée à la radioastronomie est beaucoup plus étroite que l'intervalle de décalage vers le rouge intéressant les scientifiques. Par exemple, les observations de la raie HI décalée vers le rouge renseignent sur la formation des galaxies et de l'Univers, sujets qui ont été et continuent d'être la cible de recherches intenses, qui ont débouché, par exemple, sur la découverte de la raie à 1 420,4 MHz, décalée vers le rouge jusqu'à 323 MHz; les scientifiques ont en outre prédit l'existence de mégamasers OH décalés vers le rouge, qui sont observables à des fréquences de l'ordre de 500 MHz et au-dessous. Des objets fortement décalés vers le rouge et émettant dans les raies HI ou OH devraient revêtir un grand intérêt pour les astronomes au cours du siècle prochain. Comme la zone tranquille de la Lune sera probablement exempte, ou presque, de brouillage, l'intérêt que revêt l'observation de ces objets «impalpables» ne manquera pas de croître fortement lorsqu'un observatoire lunaire sera devenu disponible.

Des observations du continuum dans la gamme de 300 MHz à 3 GHz sont effectuées dans les bandes 1,4 GHz (1,400-1,427 GHz), 1,6 GHz (1,66-1,67 GHz), et 2,7 GHz (2,69-2,7 GHz). La bande 2,29-2,3 GHz (espace lointain) est elle aussi utilisée pour des observations d'interférométrie à très grande base.

Etant donné la très grande importance que revêtent pour l'astrophysique les observations des raies HI et OH décalées vers le rouge, la gamme 300 MHz-2 GHz devrait être réservée à la radioastronomie.

### 3.4 Gamme des 3-20 GHz

Cette région du spectre étant de plus en plus utilisée par des services utilisant des équipements aéroportés ou des satellites, il est devenu difficile d'observer un certain nombre de raies importantes pour l'astrophysique, dont certaines n'ont été découvertes que récemment, comme la raie du méthanol à 6,7 GHz qui se trouve au milieu de bandes attribuées aux services par satellite.

Les raies importantes pour l'astrophysique (dont la plupart ne sont pas suffisamment protégées) qui ont été détectées dans cette région spectrale sont:

- les raies du méthylaldéhyde (CH) à 3 263,8; 3 335,5 et 3 349,2 MHz, qui ont été observées dans notre propre Galaxie ainsi que dans d'autres;
- les raies du formaldéhyde (H<sub>2</sub>CO) à 4 829,7 MHz et 14,49 GHz, qui ont été observées elles aussi dans notre propre Galaxie ainsi que dans d'autres;
- les raies du méthanol (CH<sub>3</sub>OH) à 6,7 GHz et 12,2 GHz. Ces raies à fort effet maser, découvertes après 1987, ont été observées dans notre Galaxie ainsi que dans les Nuages de Magellan, mais n'ont pas été prises en considération dans le RR;
- la raie du cyclopropénylidène (C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>) à 18,3 GHz, qui a été observée dans notre Galaxie et dans les Nuages de Magellan, mais n'a pas été prise en considération dans le RR.

Des observations du continuum sont également effectuées dans un certain nombre de bandes de cette région spectrale avec des radiotélescopes installés sur Terre. Les bandes du continuum utilisées par les radioastronomes se situent au voisinage des bandes suivantes attribuées aux services passifs: 4,99-5,0, 10,68-10,7 et 15,35-15,4 GHz. Les radioastronomes utilisent également la bande 8,40-8,50 GHz (espace lointain).

### 3.5 Gamme des 20-300 GHz

L'affaiblissement dû aux gaz atmosphériques neutres devient important dans cette gamme, comme le reflètent le Chapitre 3 du Manuel de radioastronomie de l'UIT et la Recommandation UIT-R RA.676. L'affaiblissement dû à la vapeur d'eau de l'atmosphère commence à croître selon une pente abrupte au-dessus de 10 GHz et devient progressivement de plus en plus important, pour culminer à 22,235 GHz. De fortes raies d'oxygène entraînent également un affaiblissement important des émissions au voisinage de 60 et de 120 GHz, de même que des raies d'eau aux environs de 183 GHz. Dans les fenêtres atmosphériques entre les raies d'absorption, les observations astronomiques deviennent progressivement de plus en plus difficiles au fur et à mesure de l'élévation des fréquences. La cause réside dans l'affaiblissement croissant dû aux ailes des raies d'absorption ainsi que dans l'augmentation des fluctuations de phase qui rendent les observations sous une résolution angulaire élevée difficiles ou impossibles, même depuis des sites à haute altitude et en atmosphère sèche. C'est pourquoi la quasi-absence d'atmosphère et l'ambiance extrêmement sèche de la Lune font que sa face cachée est idéale pour des observations d'astronomie dans cette gamme de fréquences.

La radioastronomie moléculaire a vu le jour avec la détection des raies spectrales du radical OH en 1963. Des milliers de raies spectrales de plus de 80 molécules ont été découvertes depuis lors et aujourd'hui encore des raies moléculaires sont découvertes. Une trentaine de raies moléculaires dans la gamme 20-300 GHz sont reconnues, dans la Recommandation UIT-R RA.314, comme étant de la plus haute importance pour la radioastronomie; néanmoins, de précieuses informations ont été également obtenues à partir d'un grand nombre de celles qui n'y ont pas été répertoriées. Les informations d'astronomie obtenues par l'observation des raies moléculaires ont révolutionné nos idées sur la dynamique et la composition chimique du milieu interstellaire ainsi que sur la formation et l'évolution des étoiles. Ces dernières années, il a été possible, grâce à la sensibilité accrue des télescopes à ondes millimétriques et des récepteurs à faible bruit, d'observer un grand nombre de raies moléculaires dans des galaxies extérieures, ainsi que dans notre propre Galaxie, ce qui nous a permis de mieux comprendre la structure et l'évolution des galaxies. Les émissions des raies moléculaires et dans l'infrarouge lointain sont fortement corrélées et selon des données récentes recueillies par des satellites dans l'infrarouge lointain, il existe de vastes populations de galaxies émettrices de raies moléculaires. L'observation récente de la raie CO à 115 GHz, décalée vers le rouge jusqu'à des fréquences relativement basses de l'ordre de 36 GHz, donne à penser que les raies moléculaires au-dessus de 30 GHz permettront peut-être aux radioastronomes d'étudier d'importants aspects d'une grande partie de l'Univers.

## 4 Conclusions

La première précaution à prendre dans l'utilisation de la zone tranquille de la Lune est d'éviter les brouillages radioélectriques engendrés à la surface et à proximité de la Terre. L'extrémité basse fréquence du spectre, jusqu'à quelques gigahertz, constitue la gamme dans laquelle la radioastronomie pâtit le plus sévèrement des brouillages. Comme il a été mentionné au § 2.3 ci-dessus, le décalage vers le rouge de la raie de l'hydrogène neutre (HI), dont l'importance est fondamentale, élargit la gamme sur laquelle cette raie peut être observée, de 1,42 GHz jusqu'à au moins 323 MHz. Dans la gamme 1-2 GHz se situent les importantes raies spectrales OH, dont certaines sont dans des bandes utilisées en partage. Même dans les bandes attribuées en exclusivité à la radioastronomie, les observations sont brouillées par des émissions hors bande dans cette gamme dont l'utilisation connaît une croissance rapide. Les observations au-dessous de 300 MHz, elles aussi importantes, sont très difficiles à réaliser depuis la plupart des sites sur Terre. *En conséquence, toutes les fréquences au-dessous de 2 GHz dans la zone tranquille de la Lune devraient, en priorité, être accessibles à la radioastronomie.* Pour permettre un accès total, des bandes de remplacement doivent être mises à la disposition des services actifs qui sont absolument indispensables à l'exploitation spatiale.

D'une façon générale, les fréquences qui seraient les plus acceptables pour les radioastronomes en vue d'émissions sur la Lune sont les fréquences élevées, dans la gamme au-dessus de 25 GHz. Les observations par interférométrie à très grande base produiront des débits de données très élevés dont la transmission sur Terre exigera, de son côté, de très grandes largeurs de bande, éventuellement de plus de 2 GHz. Ces exigences ne peuvent être satisfaites qu'à des fréquences au-dessus de 25 GHz. Il convient toutefois de noter que le nombre de raies moléculaires croît avec la fréquence et nombre d'entre elles, comme la raie de l'hydrogène, peuvent être décalées par effet Doppler sur de larges gammes de fréquences (par exemple, la raie CO à 115 GHz). En outre, les régions spectrales qui ne peuvent pas être observées depuis l'intérieur de l'atmosphère terrestre parce qu'elles coïncident avec les pics des bandes d'absorption moléculaires (par exemple, les raies d'absorption de la vapeur d'eau ou de l'oxygène) devraient être réservées aux observations de radioastronomie. Il faut donc prendre en considération la question du choix de fréquences d'émission, comme il est brièvement indiqué ci-dessous.

Il est très important de protéger suffisamment les fréquences des raies les plus importantes. En outre, comme la recherche de raies intéressantes pour l'astrophysique se poursuivra, les bandes qui en contiennent devraient être protégées sur la Lune. Le potentiel de découverte de raies de ce type est démontré par le fait que ce n'est qu'en 1991 qu'a été découverte à 6,7 GHz la raie de la molécule du méthanol, deuxième maser des plus importants jamais détectés. Il est, par ailleurs, hautement souhaitable de protéger des largeurs de bande un peu plus importantes qu'il n'est possible pour des attributions sur Terre. Les systèmes qui seront mis au point et utilisés pour la transmission de données ou pour toute autre observation active sur la zone tranquille de la Lune devraient être pourvus d'une redondance de fréquences suffisante pour que, si une nouvelle découverte vient à être faite dans une bande qu'ils utilisent, leur exploitation puisse être déplacée sur une bande différente pour permettre des recherches passives.

Les fréquences sur lesquelles s'effectueront les observations du continuum sur la Lune comprendront les bandes attribuées sur Terre à la radioastronomie pour permettre d'établir des comparaisons directes avec les mesures terrestres et de procéder à des mesures d'interférométrie à très grande base avec des stations de Terre. En conséquence, les bandes attribuées actuellement à la radioastronomie, à titre primaire ou secondaire, devraient être rigoureusement protégées sur la Lune. Toutefois, les largeurs de bande de nombre de ces attributions étant beaucoup trop petites pour être techniquement utiles pour des récepteurs modernes conçus pour une sensibilité maximale, il importe d'éviter qu'un problème similaire se pose sur la Lune.

## ANNEXE 2

**Résolution B16 sur les bandes destinées à l'utilisation à des fins  
de radiocommunication dans l'environnement lunaire  
proposée par les Commissions 40 et 50**

La XXII<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'UAI,

*considérant*

- a) que ses systèmes de radiocommunication entre la Lune et la Terre, à la surface de la Lune, et dans l'environnement proche de la Lune seront nécessaires à l'accomplissement des activités de recherche spatiale, incluant les observations radioastronomiques;
- b) que des communications radio seront nécessaires dans la zone de protection (SZM) définie par le RR, Article 29, Section VI;
- c) que l'utilisation de certaines bandes de fréquences radio peuvent répondre aux demandes de ces radiocommunications tout en fournissant une protection pour la radioastronomie telle que prévue par le RR, Article 29, Section VI;
- d) que dans la SZM il faut préserver d'émissions le spectre autant que faire se peut;
- e) qu'en assignant des fréquences aux transmissions nécessaires il est important d'éviter les bandes qui:
  - sont d'un grand intérêt astronomique;
  - sont difficiles à observer depuis la Terre en raison d'interférences ou d'absorption dans l'atmosphère ou l'ionosphère;
  - sont importantes pour l'interférométrie entre la Terre et la Lune;
- f) que les bandes mentionnées en e) comprennent:
  - toutes les fréquences en dessous de 2 GHz;
  - les fréquences des raies spectrales les plus importantes (liste UAI) avec une largeur de bande couvrant les décalages essentiels vers le rouge et le bleu;
  - les allocations radioastronomiques utilisées sur Terre pour des observations continues permettant une largeur de bande plus grande afin d'améliorer la sensibilité,

*recommande*

- 1** que deux bandes alternatives soient attribuées aux services actifs concernés de la SZM afin de maintenir l'accès au spectre entier sur une base de coordonnées de temps;
  - 2** que les radiocommunications dans la zone protégée de la Lune soient limitées à la bande 2 000-3 000 MHz;
  - 3** que la bande de fréquences alternative d'une largeur minimale de 1 GHz soit identifiée pour permettre les opérations à venir sur une base de coordonnées de temps entre la radioastronomie et les systèmes de communication lunaire.
-