

RECOMMANDATION UIT-R S.1591

**Partage des bandes du service inter-satellites autour des 23, 32,5 et 64,5 GHz,
entre liaisons inter-satellites non géostationnaires/géostationnaires
et liaisons inter-satellites géostationnaires/géostationnaires**

(Question UIT-R 265/4)

(2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que l'on utilise, ou que l'on prévoit d'utiliser les attributions de fréquences du service inter-satellites (SIS) 22,55-23,55 GHz, 24,45-24,75 GHz, 32,0-33,0 GHz et 59,3-71,0 GHz pour des liaisons inter-satellites (LIS) entre systèmes à satellites géostationnaires (OSG);
- b) que l'on utilise ou que l'on prévoit d'utiliser les attributions de fréquences du SIS 22,55-23,55 GHz, 24,45-24,75 GHz, 32,0-33,0 GHz et 59,3-71,0 GHz pour des LIS entre satellites OSG et non OSG;
- c) que l'UIT-R doit disposer de critères et de méthodes de calcul pour évaluer les possibilités de partage de fréquences entre des LIS du type mentionné au point b) du *considérant* et des LIS du type mentionné au point a) du *considérant*;
- d) que les critères et méthodes de calcul mentionnés au point c) du *considérant* peuvent permettre au Bureau des radiocommunications (BR) de traiter les fiches de notification soumises au titre de l'Appendice 4 du Règlement des radiocommunications (RR) concernant le spectre attribué à des LIS du type mentionné au point b) du *considérant*;
- e) que les simulations décrites dans l'Annexe 1 montrent que des brouillages importants entre LIS des types mentionnés aux points a) et b) du *considérant* exploitées aux mêmes fréquences ne se produisent que dans un petit nombre de cas, et uniquement durant un faible pourcentage de temps;
- f) que l'Annexe 1 permet également de vérifier que les niveaux maximaux de brouillage se produisent lorsque le satellite non OSG et le satellite OSG de la liaison LIS considérée se trouvent simultanément dans le plan équatorial, et qu'il est donc possible de calculer manuellement ces niveaux;
- g) que, compte tenu des points e) et f) du *considérant*, le partage des fréquences entre les deux types de LIS susmentionnés sera facilité par la coordination, et que la coordination pourrait être inutile dans de nombreux cas;
- h) que la nécessité de coordination peut être vérifiée simplement en calculant les valeurs minimales des rapports porteuse/brouilleuse, C/I , et en les comparant à une valeur C/I seuil,

recommande

- 1 de tenir compte du fait que, dans la plupart des cas, le partage des fréquences entre une LIS non OSG/OSG et une LIS OSG/OSG est aisé et que la coordination n'est que rarement nécessaire;
- 2 de déterminer la nécessité éventuelle de coordination grâce à la méthode décrite dans l'Annexe 2;

3 d'effectuer une coordination si la valeur minimale du rapport C/I dans une largeur de bande de 1 MHz pour l'un quelconque des quatre récepteurs intervenant dans les deux LIS (valeur calculée grâce à la méthode de l'Annexe 2) est inférieure à la valeur C/N indiquée pour ce récepteur au point C.8 e) de l'Appendice 4 du RR, + 3 dB ou, en l'absence de cette valeur de C/N , si C/I minimal est inférieur à 30 dB;

4 aux parties concernées d'utiliser les indications de l'Annexe 1 aux fins de coordination dans le cas où la coordination s'avère nécessaire au titre des points 2 et 3 du *recommande*.

ANNEXE 1

Etude des brouillages entre une LIS non OSG/OSG et une LIS OSG/OSG

1 Faisabilité du partage des fréquences entre LIS

Les diamètres d'antenne des systèmes LIS fonctionnant dans les bandes hyperfréquences varient généralement entre 0,5 à 2 m. Dans la gamme de fréquences la plus basse attribuée au SIS (22,55-23,55 GHz), une antenne de 0,5 m de diamètre présente un gain d'environ 39 dBi et une largeur de faisceau à mi-puissance d'environ 2°. Cette largeur de faisceau peut être de quelques dixièmes de degré pour des antennes de plus grand diamètre exploitées à des fréquences plus élevées.

La variation angulaire de pointage d'une antenne LIS est grande, ce qui réduit la probabilité d'occurrence ou de quasi-occurrence de brouillages causés par une autre LIS. En 2001, le nombre de systèmes utilisant des attributions du SIS était faible. Il devrait s'accroître, mais sera vraisemblablement freiné par la mise en oeuvre des communications spatiales optiques. Il restera de toute façon inférieur au nombre de systèmes utilisant des liaisons du service fixe par satellite (SFS), pour lesquels le partage des fréquences est effectué avec succès grâce à la coordination.

Les brouillages causés ou subis par une LIS quelconque comprenant un satellite non OSG, dépendent de la configuration géométrique variable en fonction du temps. On n'observera donc des brouillages importants que durant des périodes très courtes correspondant à la configuration géométrique la plus défavorable ou à une situation très proche de celle-ci. Dans tous les autres cas, la discrimination d'antenne à l'une des extrémités (ou aux deux extrémités) du trajet soumis au brouillage sera importante, ce qui réduira la puissance de celui-ci.

2 Choix des paramètres LIS pour le calcul des statistiques de brouillage

Une base de données du BR élaborée à partir de fichiers d'attribution du spectre a permis de déterminer les paramètres d'émission LIS (du type non OSG/OSG ou OSG/OSG) dans les trois bandes de fréquences associées à un certain nombre de satellites MEASAT OSG et sur orbite terrestre basse (LEO, *low Earth orbit*) (Malaisie). Elle a également permis d'obtenir les paramètres LIS à 32 GHz associées aux satellites LUXSAT (Luxembourg) et les paramètres LIS à 67 GHz associées aux satellites SMO-GEO (France). Par ailleurs, des informations utiles sur les LIS OSG/OSG ont été tirées des Recommandations UIT-R S.1151 (bande des 32,5 GHz), UIT-R S.1326 (bande des 51 GHz du SFS) et UIT-R S.1327 (bande des 62,2 GHz).

Les Etats-Unis d'Amérique disposent actuellement de plusieurs systèmes spatiaux utilisant des LIS dans les attributions du SIS entre 56 et 65 GHz. Il s'agit des systèmes USBL, USFD, USGAE, USGX, USLL et MILSTAR, qui sont, selon le cas, en phase de projet de conception, de développement ou d'exploitation. Les orbites utilisées sont de type LEO, orbite terrestre haute (HEO, *high Earth orbit*) ou OSG, avec les combinaisons LIS associées (OSG-OSG, LEO-OSG et OSG-LEO, HEO-OSG et OSG-HEO notamment).

On s'est enfin reporté à la Recommandation UIT-R S.1328 pour les données orbitales et autres paramètres pertinents relatifs aux systèmes non OSG du SFS avec traitement embarqué (qui peuvent mettre en oeuvre des LIS dans les bandes d'intérêt).

Pour limiter l'étude, il a été décidé d'examiner l'ensemble des données disponibles et d'en déduire des groupes de paramètres pour les LIS LEO/OSG, orbite terrestre moyenne (MEO, *medium Earth orbit*)/OSG ou OSG/OSG (chaque type de liaison est fictive mais possède des caractéristiques propres aux systèmes répertoriés). Quatre exemples de LIS OSG/OSG ont été considérés, et les paramètres obtenus figurent dans le Tableau 1.

La méthode de transfert du satellite le plus proche a été modélisée pour l'extrémité non OSG d'une liaison non OSG/OSG. Le diagramme d'antenne modélisé dans chaque cas correspond à celui défini dans la Recommandation UIT-R S.672 (alimentation unique, premier lobe latéral à -25 dB). Chaque LIS a été traitée isolément (il n'a pas été tenu compte des gains d'émission couplant une LIS à une liaison précédente ou suivante). Le cas de plusieurs satellites d'un système brouilleur émettant simultanément vers un même satellite n'a pas été modélisé. On suppose qu'une telle configuration ne conduirait qu'à diminuer faiblement les valeurs C/I minimales calculées ici; ces valeurs minimales seraient atteintes plus fréquemment, mais toujours pendant un faible pourcentage de temps.

La p.i.r.e. requise pour une LIS donnée dépendant entre autres de sa longueur, il a été nécessaire de calculer cette puissance séparément pour chaque liaison. On a supposé pour cela un rapport opérationnel C/N de 15 dB à l'entrée de chaque récepteur calculé comme suit:

$$p.i.r.e. - 20 \log (4 \times \pi \times d/\lambda) + G - 10 \log (k T B) = 15 \text{ dB}$$

où:

d : longueur du trajet (m) (valeur maximale pour une LIS non OSG/OSG)

λ : longueur d'onde (m)

G : gain sur l'axe de l'antenne de réception (dBi)

k : constante de Boltzmann ($-228,6$ dB(W/(Hz · K))

T : température de la liaison rapportée à l'entrée du récepteur (K)

B : largeur de bande de référence (1 MHz).

TABLEAU 1

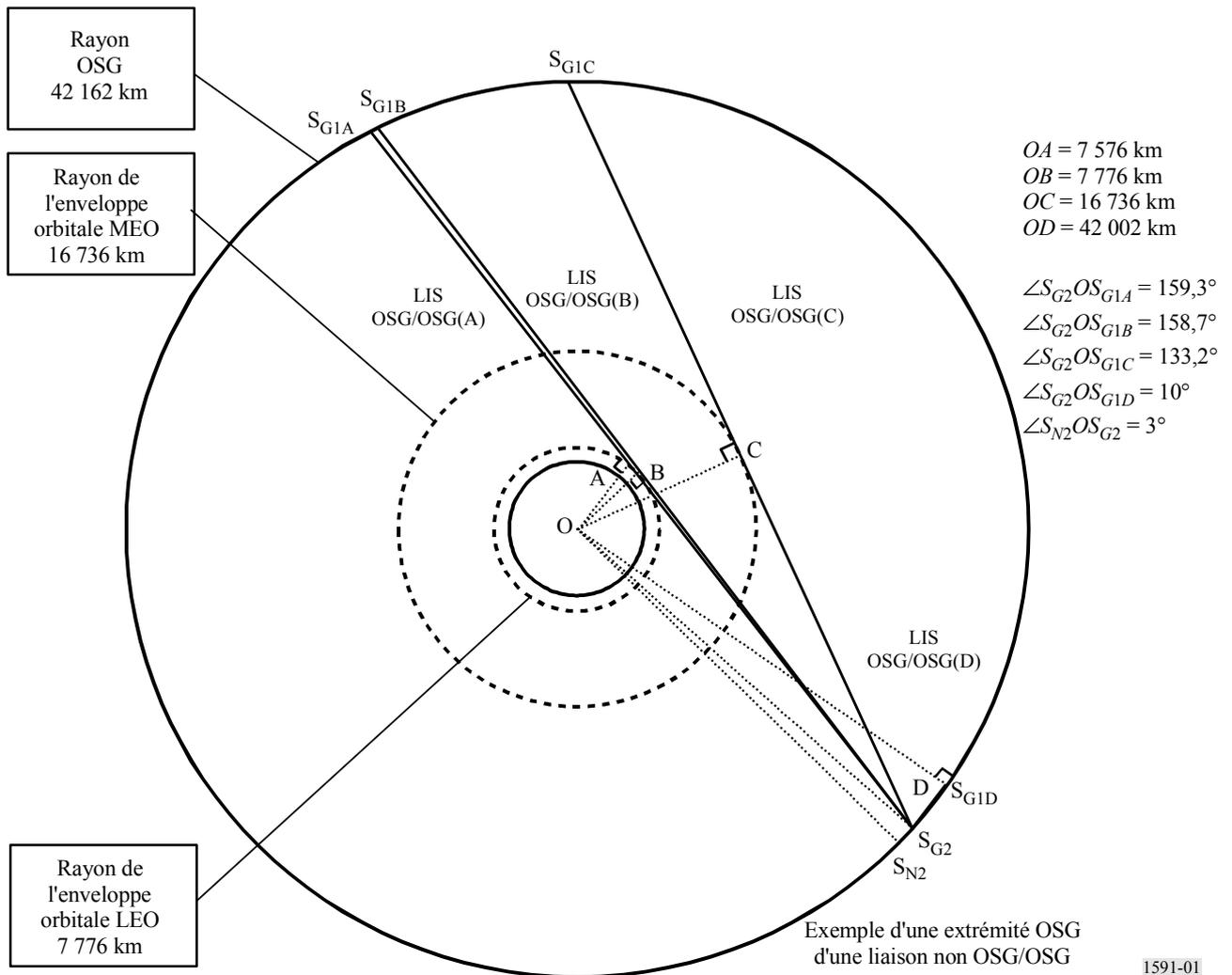
Paramètres de LIS types dans les bandes du SIS au-dessous de 71 GHz

Type de LIS	LEO/OSG	MEO/OSG	OSG/OSG (A)	OSG/OSG (B)	OSG/OSG (C)	OSG/OSG (D)
Forme des orbites	Circulaire					
Altitude des orbites (km)	1 400	10 360	35 786			
Nombre de plans orbitaux	7 (+OSG)	4 (+OSG)	1			
Nombre de satellites par plan	9 (+1 dans le cas OSG)	6 (+1 dans le cas OSG)	2			
Inclinaison non OSG (degrés)	48	82,5	0			
Déplacement du noeud ascendant (degrés)	25,714	45	0			
Déplacement d'anomalie vraie (degrés)	0		Sans objet			
Longitude(s) du/des satellite(s) OSG (°E)	-3		0 et 159,3	0 et 158,74	0 et 133,23	0 et 9,99
Ecart angulaire entre plans adjacents (degrés)	28,57	45	Sans objet			
Méthode de transfert	Satellite LEO le plus proche	Satellite MEO le plus proche	Sans objet			
Méthode de pointage du faisceau du satellite	Poursuite		Fixe			
Diamètre d'antenne LIS (m)	1					
Gain de crête de l'antenne LIS (dBi)	23 GHz 45,4 32,5 GHz 48,4 62,2 GHz 54,0					
Diagramme d'antenne LIS	Recommandation UIT-R S.672 $L_N = -25$ dB					
Ouverture de faisceau LIS (degrés)	23 GHz 0,91 32,5 GHz 0,65 62,2 GHz 0,34					
Longueur LIS (km)	Variable, 43 au maximum	Variable, 45 au maximum	83 128	82 877	77 396	7 339
C/N à l'entrée du récepteur (dB)	15					
p.i.r.e./MHz (dBW)	41,8	42,4	47,6	47,5	46,9	26,5
Température de bruit du système LIS (K)	700					

3 Modèle de simulation

La géométrie détaillée des quatre LIS OSG/OSG considérées est représentée sur la Fig. 1. Bien que les calculs manuels des niveaux maximaux de brouillage dans les directions de transmission aller et retour aient été effectués afin de vérifier par simulation les résultats de ces calculs, la modélisation d'une seule direction a été suffisante pour notre étude. Le modèle considéré a permis de simuler les émissions du satellite S_{G1} vers le satellite S_{G2} et du satellite S_{N1} vers le satellite S_{N2} , et donc les brouillages causés par S_{N1} à S_{G2} et par S_{G1} à S_{N2} . Le satellite S_{N1} (qui n'est pas représenté sur la Fig. 1), appartient à la constellation non OSG et correspond à des satellites différents dans le temps suivant la stratégie de poursuite utilisée.

FIGURE 1
Exemple de LIS OSG/OSG



On a simulé dans la plupart des cas une séparation géométrique de 3° entre une extrémité d'une liaison OSG/OSG et l'extrémité OSG d'une liaison non OSG/OSG, car cela correspond à l'espacement minimal le plus fréquent entre des systèmes OSG du SFS exploités aux mêmes fréquences et couvrant la même zone. S_{G2} a ainsi été placé à 0° , et S_{N2} à 3° O. Dans le cas d'une LIS OSG/OSG(A), la longitude du satellite à l'autre extrémité ($S_{G1(A)}$) a été fixée à $159,3^\circ$ E, ce qui correspond à la LIS la plus grande possible pour un brouillage causé par $S_{G1(A)}$ à S_{N2} (si la LIS était plus grande, le trajet de brouillage serait bloqué par la Terre). La LIS OSG/OSG(B) correspond au cas d'une liaison tangente à l'«enveloppe» orbitale de la constellation LEO, la LIS OSG/OSG(C) permettant d'étudier le cas d'une liaison tangente à l'enveloppe orbitale de la constellation MEO. Le cas d'une LIS OSG/OSG(D) correspondant à une liaison courte sur seulement 10° de longitude, a également été étudié à des fins d'exhaustivité.

Une seule simulation de ce modèle a permis d'obtenir 48 relevés de statistiques *C/I*:

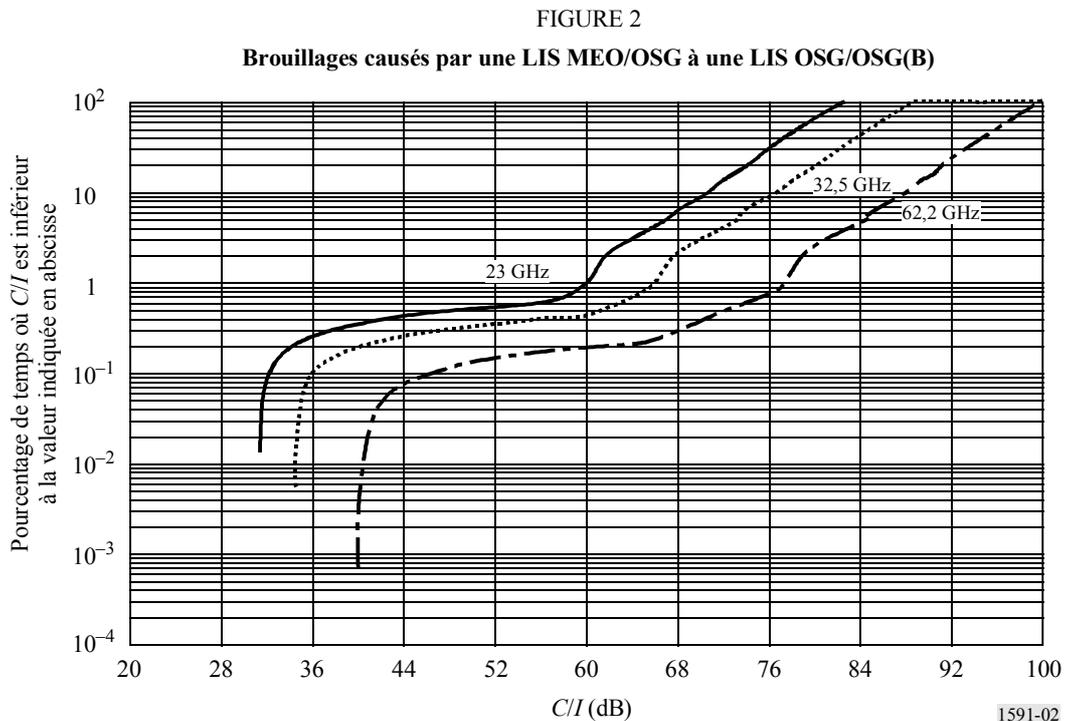
- a) brouillages causés par une LIS LEO/OSG à une LIS OSG/OSG(A) dans chacune des trois bandes du SIS;
- b) brouillages causés par une LIS LEO/OSG à une LIS OSG/OSG(B) dans chacune des trois bandes du SIS;
- c) brouillages causés par une LIS LEO/OSG à une LIS OSG/OSG(C) dans chacune des trois bandes du SIS;
- d) brouillages causés par une LIS LEO/OSG à une LIS OSG/OSG(D) dans chacune des trois bandes du SIS;
- e) brouillages causés par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(A) dans chacune des trois bandes du SIS;
- f) brouillages causés par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(B) dans chacune des trois bandes du SIS;
- g) brouillages causés par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(C) dans chacune des trois bandes du SIS;
- h) brouillages causés par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(D) dans chacune des trois bandes du SIS;
- i) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(A) à une LIS LEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- j) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(B) à une LIS LEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- k) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(C) à une LIS LEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- l) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(D) à une LIS LEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- m) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(A) à une LIS MEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- n) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(B) à une LIS MEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;

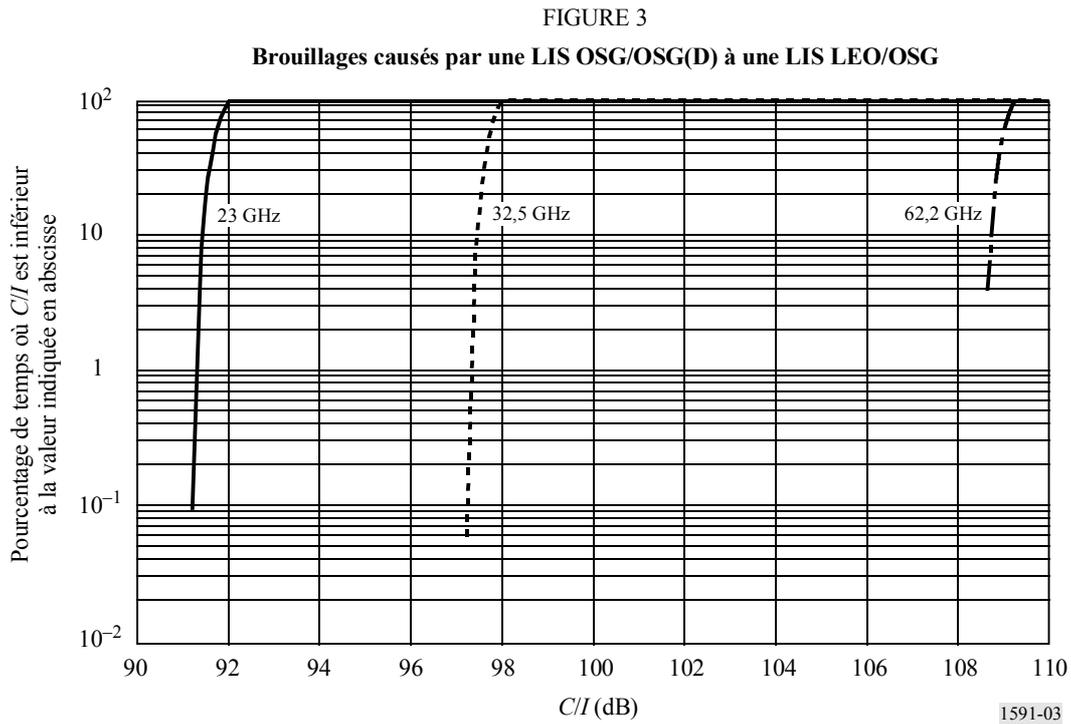
- o) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(C) à une LIS MEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS;
- p) brouillages causés par une LIS OSG/OSG(D) à une LIS MEO/OSG dans chacune des trois bandes du SIS.

Chaque simulation a été menée sur environ six jours de temps orbital, avec des pas temporels d'une seconde. Environ $6 \times 24 \times 60 \times 60 = 518400$ valeurs de C/I ont donc été échantillonnées pour chacun des 48 scénarios, ce qui a permis d'obtenir de manière suffisamment fine les différentes fonctions de distribution cumulative (CDF).

4 Résultats

Le modèle a d'abord été simulé pour le scénario de référence, suivant lequel le satellite S_{N2} est placé à 3° W (c'est-à-dire à 3° du satellite S_{G2}). Les résultats ont été représentés sous forme de distributions temporelles cumulatives de C/I . Comme prévu, tous les brouillages observés ont varié dans le temps, ce qui confirme l'intuition selon laquelle le partage des fréquences doit être fondé sur un critère à court terme. Pour la plupart des liaisons, même les niveaux de brouillage à court terme étaient négligeables et les valeurs de C/I ne se sont jamais approchées d'un quelconque seuil de brouillage. La valeur minimale de C/I (environ 31,5 dB) a été observée pour des brouillages causés à 23 GHz par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(B). Les résultats correspondant à ce cas, et au cas «le plus favorable» LIS OSG/OSG(D), sont représentés sur les Fig. 2 et 3. Les autres Figures (14 Figures comportant chacune 3 courbes) ont également été élaborées.





NOTE 1 – Les Fig. 2 et 3 correspondent respectivement au cas le plus défavorable et au cas le plus favorable parmi les 48 configurations simulées.

D'autres simulations effectuées pour divers écarts de longitude entre les satellites S_{N2} et S_{G2} ont comme prévu confirmé que les plus petites valeurs de C/I sont atteintes lorsque S_{N2} est proche de S_{G2} . Il a donc été décidé de procéder à des simulations pour des distances S_{N2} - S_{G2} de plus en plus petites, afin de déterminer les circonstances dans lesquelles le partage des fréquences devient difficile. Les valeurs C/I les plus faibles ainsi obtenues sont énumérées dans le Tableau 2, la fréquence d'exploitation choisie étant de 23 GHz. Si l'on accroît la fréquence, le rapport C/I augmente dans tous les cas, en raison de l'accroissement du gain d'antenne.

TABLEAU 2

Simulation des rapports C/I les plus petits lorsque S_{N2} et S_{G2} sont proches

Angle entre S_{N2} et S_{G2} (degrés)	LIS brouilleuse	LIS brouillée	C/I le plus petit (dB)
3	MEO/OSG	OSG/OSG(B)	31,3
2	OSG/OSG(A)	MEO/OSG	19,3
1,5	OSG/OSG(A)	MEO/OSG	13,0
1,0	OSG/OSG(A)	MEO/OSG	14,4
0,5	MEO/OSG	OSG/OSG(A)	4,6

Il apparaît clairement à la lecture du Tableau 2 que, pour des LIS types exploitées aux mêmes fréquences, le satellite S_{N2} peut être placé en toute sécurité à moins de 3° de longitude S_{G2} sans causer de brouillages crêtes inacceptables, et que la coordination n'est donc pas nécessaire si l'angle géométrique entre S_{N2} et S_{G2} est supérieur à 3° .

On a enfin vérifié que les valeurs minimales de C/I correspondent aux instants de passage à travers le plan équatorial du satellite non OSG d'une LIS non OSG/OSG. On a, pour ce faire, lancé une simulation pour déterminer l'instant pour lequel la valeur C/I est minimale sur une liaison donnée, avant de répéter cette partie de la simulation pour tracer l'évolution de C/I en fonction du temps. Ce processus est illustré sur la Fig. 4, qui comprend deux diagrammes relatifs à la simulation d'une LIS non OSG/OSG exploitée à 23 GHz brouillant une LIS OSG/OSG(A) lorsque l'écart angulaire entre S_{N2} et S_{G2} est seulement de $0,5^\circ$. Le diagramme du bas correspond à une vue à partir d'un point de l'espace dans le plan équatorial à 90° E de longitude, au pas temporel T indiqué sur le diagramme supérieur. On peut voir que le satellite S_{N1} de la LIS MEO/OSG passe à cet instant par le plan équatorial. Le satellite S_{N1} de la LIS LEO/OSG se trouve alors au sud du plan équatorial, mais on a pu vérifier dans ce cas également que la valeur minimale C/I observée correspond à certains passages par le plan équatorial.

5 Conclusions

Les résultats en cours indiquent que dans la grande majorité des cas les LIS non OSG/OSG pourront être exploitées aux mêmes fréquences que les LIS OSG/OSG sans nécessiter de coordination, à condition que le satellite géostationnaire de la LIS non OSG/OSG soit situé à plus de 3° en longitude de chacun des satellites de la LIS OSG/OSG. On a également montré que les valeurs minimales de C/I correspondent aux instants de passage à travers le plan équatorial du satellite non OSG de la LIS non OSG/OSG. Le partage des fréquences devant être facilité par une procédure de coordination, les deux résultats susmentionnés conduisent à l'élaboration d'une méthode simple, décrite dans l'Annexe 2 pour déterminer la nécessité de coordination. Cette méthode fait appel à un seuil C/I à court terme permettant de déclencher la coordination.

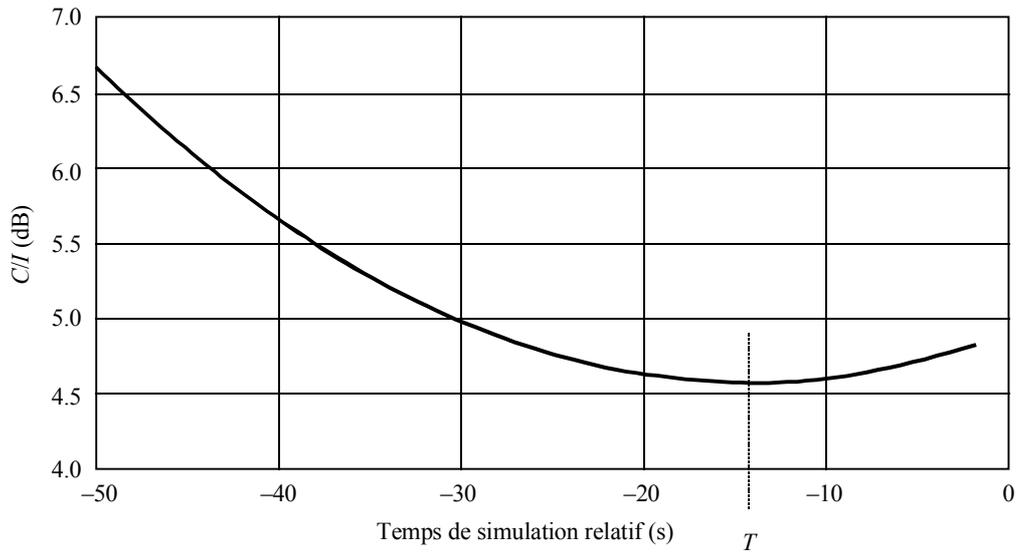
La présente étude répond donc aux points du *décide* de la Question UIT-R 265/4 concernant le partage entre LIS non OSG/OSG et LIS OSG/OSG dans les bandes du SIS au voisinage de 23 GHz, 32,5 GHz et 62,2 GHz.

Etant donné que la méthode de l'Annexe 2 permettant de déterminer la nécessité de coordination est fondée sur le calcul de la valeur C/I minimale, et que celle-ci n'est atteinte que durant un petit pourcentage du temps ($< 0,1\%$ par exemple sur la Fig. 2) un seuil de 3 dB au-dessus de la valeur C/N associée à l'objectif de qualité de fonctionnement constituerait un niveau de déclenchement suffisant. Ainsi, selon la méthode de l'Annexe 2, la coordination doit être effectuée si la valeur minimale de C/I dans une largeur de bande de 1 MHz pour l'un quelconque des quatre récepteurs est inférieure à la valeur C/N identifiée pour ce récepteur au point C.8 e) de l'Appendice 4 du RR, + 3 dB ou, en l'absence de cette valeur de C/N , si C/I minimal est inférieur à 30 dB.

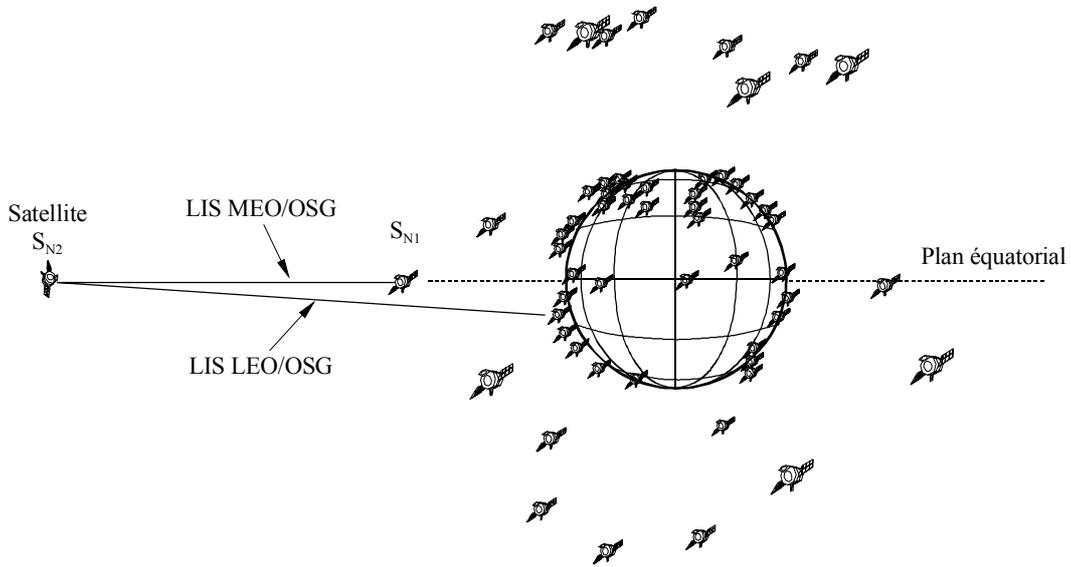
Il convient de noter que la première expression de ce seuil ($C/N + 3$ dB) correspond aux nécessités de coordination de chaque récepteur LIS, alors que la seconde expression (30 dB), à utiliser uniquement lorsque le point C.8 e) de l'Appendice 4 du RR n'est pas applicable à un récepteur donné, satisfait aux exigences imposées par les administrations.

FIGURE 4

Illustration du passage à travers le plan équatorial correspondant à la valeur C/I minimale
 Brouillages causés par une LIS MEO/OSG à une LIS OSG/OSG(A) à 23 GHz
 Les satellites S_{N2} et S_{G2} sont séparés de $0,5^\circ$ dans le plan OSG



Direction de la LIS brouilleuse à l'instant T



Note – Les LIS OSG/OSG ne sont pas représentées.

ANNEXE 2

**Méthode permettant de déterminer la nécessité de coordination dans
le cas d'un partage des fréquences entre une LIS non OSG/OSG
et une LIS OSG/OSG**

La méthode indiquée ici est applicable aux bandes du SIS entre 22 GHz et 71 GHz en cas de chevauchement des fréquences entre une porteuse d'une LIS non OSG/OSG et une porteuse d'une LIS OSG/OSG. La coordination est bien sûr inutile s'il n'y a pas de chevauchement des fréquences.

Il faudrait tracer un diagramme semblable à celui de la Fig. 5 en utilisant toutefois les longitudes réelles proposées pour les satellites géostationnaires à chaque extrémité de la LIS OSG/OSG et à l'extrémité OSG de la LIS non OSG/OSG. A noter que la Fig. 5 illustre l'instant où S_{N1} est aligné avec S_{G1} et S_{N2} .

On peut conclure que la coordination est inutile si $\theta \geq \pm 3^\circ$ et si la droite $S_{G1}S_{N2}$ ne traverse pas l'enveloppe orbitale du système non OSG considéré.

Si, quelle que soit la valeur de θ , la droite $S_{G1}S_{N2}$ coupe l'enveloppe orbitale du système non OSG considéré, ou si θ est strictement $< \pm 3^\circ$ et que la droite $S_{G1}S_{N2}$ ne coupe pas l'enveloppe orbitale de ce système non OSG, il faut calculer les longueurs de trajet $S_{G1}S_{G2}$, $S_{N1}S_{N2}$, $S_{G1}S_{N2}$ et $S_{N1}S_{G2}$ (km) ainsi que les valeurs des angles φ_{G1} , φ_{G2} et φ_{N1} par rapport à l'axe (degrés), en utilisant les indications de la Fig. 5 et les équations ci-après. A noter que, si la ligne $S_{G1}S_{N2}$ coupe l'enveloppe orbitale du système non OSG, l'angle $\varphi_{N2} = 0^\circ$ à chaque instant d'alignement. On obtient ensuite la p.i.r.e. par MHz (E) de chaque LIS suivant chacune des directions d'émission en soustrayant $10 \log$ (largeur de bande de la porteuse (MHz)) à la p.i.r.e. de la porteuse exploitée. Les rapports C/I doivent être calculés de la manière suivante:

$$(C/I)_{G1} = E_{G2} - E_{N2} + D_T(\varphi_{N2}) + D_R(\varphi_{G1}) + 20 \times \log[(S_{N2}S_{G1})/(S_{G2}S_{G1})] \quad \text{dB}$$

$$(C/I)_{G2} = E_{G1} - E_{N1} + D_T(\varphi_{N1}) + D_R(\varphi_{G2}) + 20 \times \log[(S_{N1}S_{G2})/(S_{G1}S_{G2})] \quad \text{dB}$$

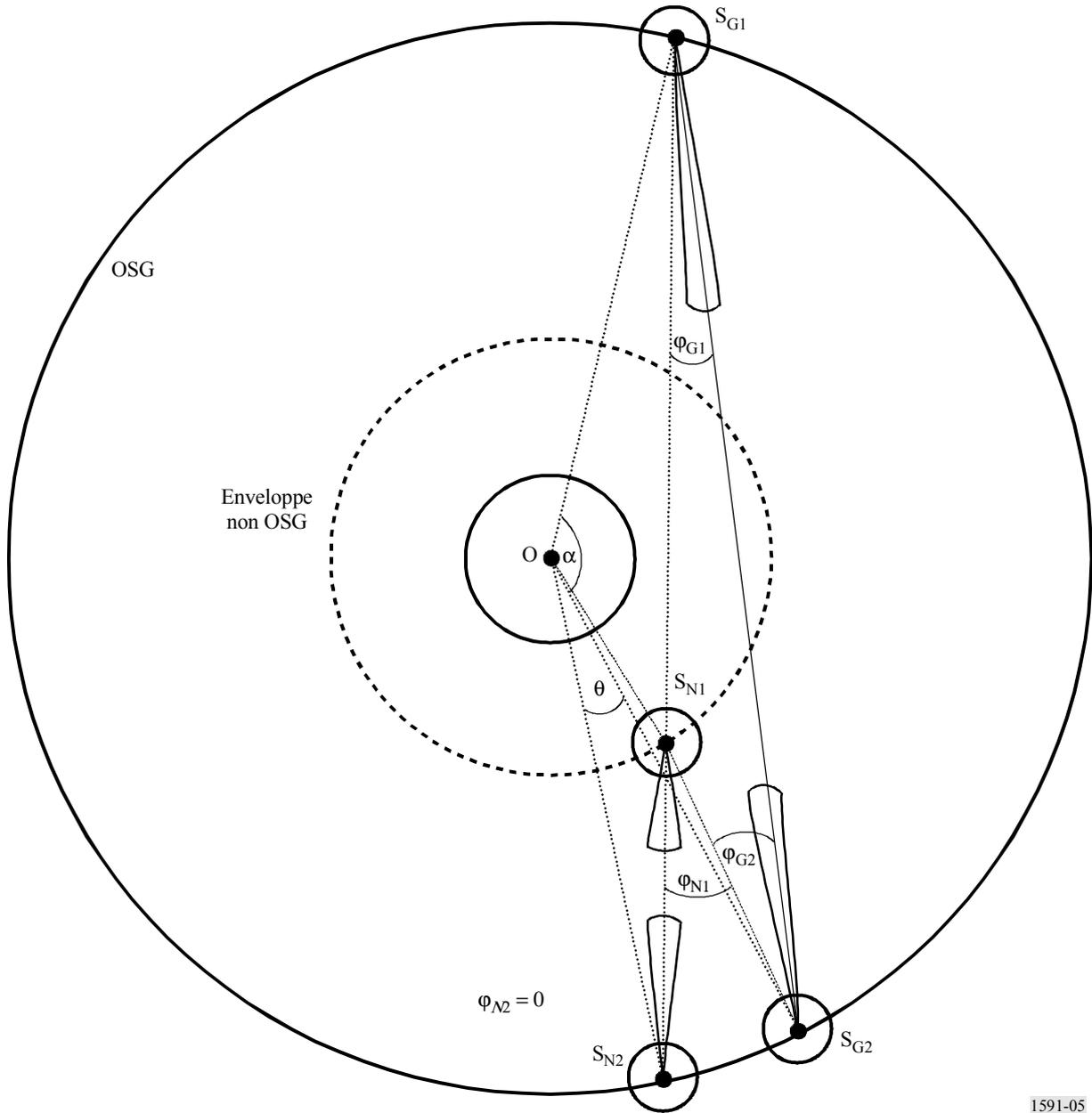
$$(C/I)_{N1} = E_{N2} - E_{G2} + D_T(\varphi_{G2}) + D_R(\varphi_{N1}) + 20 \times \log[(S_{G2}S_{N1})/(S_{N2}S_{N1})] \quad \text{dB}$$

$$(C/I)_{N2} = E_{N1} - E_{G1} + D_T(\varphi_{G1}) + D_R(\varphi_{N2}) + 20 \times \log[(S_{G1}S_{N2})/(S_{N1}S_{N2})] \quad \text{dB}$$

où D_T est la discrimination (dB) donnée par la différence entre le gain sur l'axe et le gain hors axe à l'angle considéré pour l'antenne causant les brouillages, D_R (dB) correspondant à la discrimination de l'antenne subissant les brouillages. A noter que, si la ligne $S_{G1}S_{N2}$ coupe l'enveloppe orbitale du système non OSG, $D_T(\varphi_{N2}) = D_R(\varphi_{N2}) = 0$ dB à chaque instant d'alignement. (On suppose que les diagrammes d'antenne LIS sont fournis dans l'Appendice 4 du RR. Dans le cas contraire, on pourra utiliser le diagramme à alimentation unique figurant dans la Recommandation UIT-R S.672.)

Si ces quatre valeurs de C/I sont toutes supérieures ou égales au seuil, on conclura que la coordination est inutile; si l'une au moins de ces valeurs est inférieure à la valeur seuil, on conclura que la coordination est nécessaire. Pour chacun des quatre récepteurs LIS, la valeur seuil est égale au rapport C/N identifié pour le récepteur considéré au point C.8 e) de l'Appendice 4 du RR, + 3 dB, ou, en l'absence de cette valeur de C/N , est égale à 30 dB.

FIGURE 5
Géométrie de déclenchement de la coordination



1591-05

Les variables en gras ci-dessous sont nécessaires dans les équations *C/I* indiquées avant la Fig. 5.

$OS_{G1} = OS_{G2} = OS_{N2} = 42\,162$ km. $OS_{N1} = (6\,376 + h)$ km, où h est l'altitude du plan non OSG (km).

$\therefore \mathbf{S_{G1}S_{G2}} = [2 \times (42\,162)^2 \times \{1 - \cos(\alpha)\}]^{0,5}$ et $\angle OS_{G1}S_{G2} = \sin^{-1}[(42\,162) \times \sin(\alpha)/(S_{G1}S_{G2})]$.

Dans les équations ci-dessous, exceptée la dernière, on utilise le signe (+) si S_{N2} n'est pas situé sur l'arc reliant S_{G1} et S_{G2} (arc associé à l'angle θ) et le signe (-) si S_{N2} est situé sur cet axe.

$\mathbf{S_{G1}S_{N2}} = [2 \times (42\,162)^2 \times \{1 - \cos(\alpha \pm \theta)\}]^{0,5}$ et $\angle OS_{G1}S_{N2} = \sin^{-1}[(42\,162) \times \sin(\alpha \pm \theta)/(S_{G1}S_{N2})]$.

Avec $\mathbf{\varphi_{G1}} = \pm (\angle OS_{G1}S_{G2} - \angle OS_{G1}S_{N2}) = \theta/2$

Si la droite $S_{G1}S_{N2}$ coupe l'enveloppe orbitale du système non OSG considéré, utiliser les équations du paragraphe «équations en cas d'intersection» ci-dessous. Si $\theta < 3^\circ$ et si la droite $S_{G1}S_{N2}$ ne coupe pas l'enveloppe orbitale du système non OSG considéré, utiliser les équations du paragraphe «équations en l'absence d'intersection» ci-dessous.

Equations en cas d'intersection

$$\angle OS_{N1}S_{G1} = \sin^{-1}[(42\ 162) \times \sin(\angle OS_{G1}S_{N2}) / (6\ 376 + h)], \text{ et}$$

$$\angle S_{G1}OS_{N1} = 180^\circ - \angle OS_{G1}S_{N2} - \angle OS_{N1}S_{G1}$$

$$\therefore S_{G1}S_{N1} = [(42\ 162)^2 + (6\ 376 + h)^2 - 2 \times (42\ 162) \times (6\ 376 + h) \times \cos(\angle S_{G1}OS_{N1})]^{0,5},$$

$$\text{et } S_{N1}S_{N2} = S_{G1}S_{N2} - S_{G1}S_{N1}$$

$$\text{Avec } S_{N1}S_{G2} = [(S_{G1}S_{N1})^2 + (S_{G1}S_{G2})^2 - 2 \times (S_{G1}S_{N1}) \times (S_{G1}S_{G2}) \times \cos(\varphi_{G1})]^{0,5}$$

$$\therefore \varphi_{G2} = \sin^{-1} [(S_{G1}S_{N1}) \times \sin(\varphi_{G1}) / (S_{N1}S_{G2})], \text{ et } \varphi_{N1} = \varphi_{G1} + \varphi_{G2}$$

$$\varphi_{N2} = \angle S_{G1}S_{N2}S_{N1} = 0^\circ$$

Equations en l'absence d'intersection

Dans ce cas, la position de S_{N1} est indéterminée puisqu'il n'appartient pas à la droite reliant S_{G1} à S_{N2} . Choisir pour S_{N1} une position aussi proche que possible de la droite $S_{G1}S_{G2}$, de telle sorte que OS_{N1} soit perpendiculaire à $S_{G1}S_{G2}$.

$$\therefore \angle S_{G1}OS_{N1} = \angle S_{G2}OS_{N1} = \alpha/2$$

$$\therefore S_{G1}S_{N1} = [(42\ 162)^2 + (6\ 376 + h)^2 - 2 \times (42\ 162) \times (6\ 376 + h) \times \cos(\angle S_{G1}OS_{N1})]^{0,5}$$

$$\angle S_{N2}OS_{N1} = \alpha/2 \pm \theta$$

$$\begin{aligned} \therefore S_{N1}S_{N2} &= [(42\ 162)^2 + (6\ 376 + h)^2 - 2 \times (42\ 162) \times (6\ 376 + h) \times \cos(\angle S_{N2}OS_{N1})]^{0,5} \\ &= [(42\ 162)^2 + (6\ 376 + h)^2 - 2 \times (42\ 162) \times (6\ 376 + h) \times \cos(\alpha/2 \pm \theta)]^{0,5} \end{aligned}$$

$$S_{N1}S_{G2} = S_{N1}S_{G1} = \{[(42\ 162 \times \cos(\alpha/2) - (6\ 376 + h))]^2 + [S_{G1}S_{G2}/2]^2\}^{0,5}$$

$$\varphi_{G2} = \cos^{-1}[(S_{G1}S_{G2}) / (2 \times S_{N1}S_{G2})]$$

$$\varphi_{N1} = 180 - (90 - \varphi_{G2}) - \angle OS_{N1}S_{N2} = 90 + \varphi_{G2} - \sin^{-1} \{ [42\ 162 \times \sin(\alpha/2 \pm \theta)] / S_{N1}S_{N2} \}$$

Dans l'équation ci-dessous, on utilise le signe (+) si S_{N2} est situé sur l'arc reliant S_{G1} et S_{G2} (arc associé à l'angle θ) et le signe (-) si S_{N2} n'est pas situé sur cet axe.

$$\varphi_{N2} = \angle S_{G1}S_{N2}S_{N1} = \sin^{-1} \{ [S_{G1}S_{N1} \times \sin(\varphi_{G1} \pm \varphi_{G2})] / S_{N1}S_{N2} \}$$

