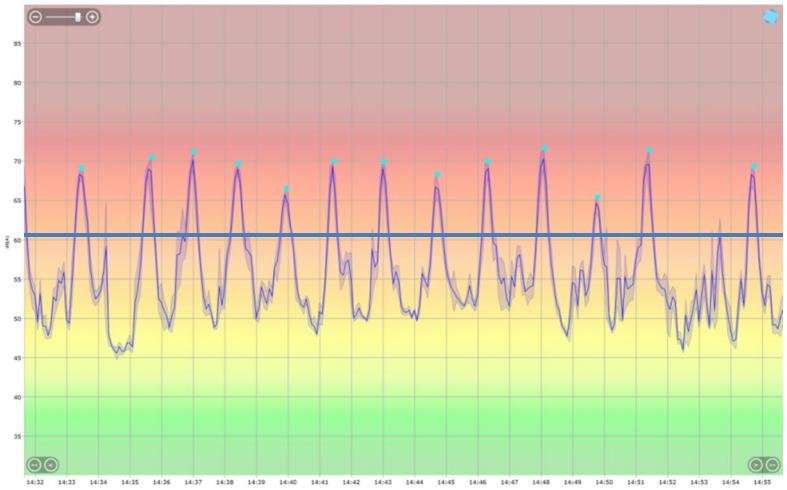
Effet acoustique du relèvement des altitudes de survols

Parmi les mesures possibles pour lutter contre le bruit du trafic aérien figure le relèvement des altitudes de survols. Cette note vise à fournir un éclairage pédagogique sur le bruit généré par les survols d'aéronefs et la manière dont le bruit perçu au sol est susceptible de varier lors d'un relèvement d'altitude.

Le bruit du trafic aérien, ça ressemble à quoi ?

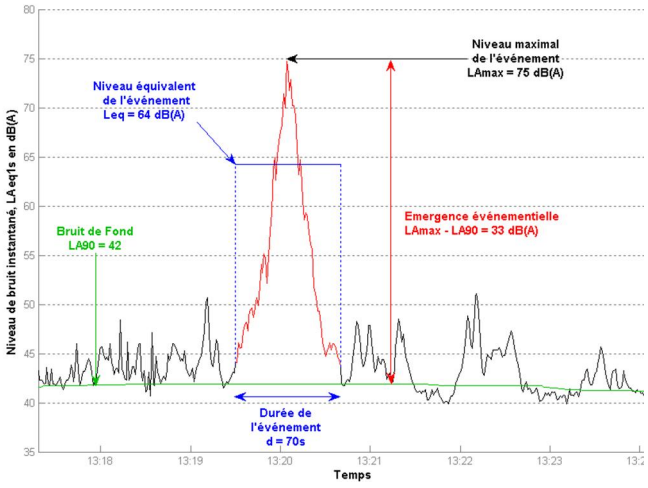
La figure ci-dessous présente un exemple de variations du niveau sonore exprimé en dB(A) et mesuré sur un site survolé par des aéronefs. Le bruit du trafic aérien se caractérise ainsi par une succession de pics de bruits (événements qui émergent nettement par rapport au bruit de fond) liés aux survols des aéronefs. Contrairement au bruit du trafic routier, le bruit du trafic aérien présente ainsi un caractère fortement discontinu.



Niveau de bruit moyen
(LAeq : niveau continu équivalent)

Variation temporelle du niveau sonore sur un site impacté par le trafic aérien

Aussi le niveau de bruit moyen généré par le trafic aérien sur une période d'observation (qui serait sur l'exemple ci-dessus de 61 dB(A)) ne suffit pas à traduire à lui seul la perception qu'ont les riverains de cette nuisance. Les caractéristiques des événements sonores (nombre de pics de bruit, période d'apparition, intensité des pics et manière dont ils émergent du bruit de fond du site…) sont autant de paramètres qui doivent aussi être pris en considération pour refléter la gêne.



Un pic de bruit correspond à une augmentation suivie d'une diminution rapide du niveau de bruit. Il traduit l'émergence d'un bruit particulier par rapport au bruit de fond. La figure ci-contre permet de visualiser les différentes caractéristiques associées à un événement sonore. La valeur LAmax correspond à l'intensité maximale observée sur une seconde associée au survol d'un aéronef. La durée de l'événement correspond à la période de temps au cours de laquelle le bruit ambiant est dominé par l'apparition de l'événement sonore. L'émergence événementielle correspond à la différence entre le niveau LAmax et le niveau de bruit de fond précédent l'événement.

Caractéristiques d'un pic de bruit lié à un survol d'aéronef

Le bruit du trafic aérien, comment peut-on l'évaluer ?

Afin de rendre compte du bruit du trafic aérien, il est donc nécessaire de recourir à différents indicateurs pour en représenter les caractéristiques. On distingue ainsi les indicateurs dits « énergétiques » qui représentent la moyenne énergétique des bruits sur une période et les indicateurs dits « événementiels » qui s'intéressent aux caractéristiques des événements sonores (pics de bruit) survenus au cours de la période.

Indicateurs énergétiques : LAeq, Lden, Ln

L'indicateur LAeq,T représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit existant réellement pendant la période T considérée. Il exprime la moyenne de l'énergie reçue. Les textes réglementaires, en particulier la directive européenne 2002/49/CE du 25 juin 2002, prescrivent de calculer ces moyennes énergétiques pour les trois périodes suivantes :

- 6h-18h : LAeq jour (aussi appelé Lday),
- 18h-22 h : LAeq soirée (aussi appelé Levening),
- 22h-6h : LAeq nuit (aussi appelé Lnight ou Ln).

L'indicateur Lden correspond à la moyenne pondérée sur une période de 24 heures des niveaux moyens Lday, Levening et Lnight. Un terme correctif est appliqué aux niveaux Levening (+5 dB(A)) et Lnight (+10 dB(A)) afin de tenir compte de la sensibilité renforcée au bruit au cours de ces deux périodes. Il est possible de fournir des résultats d'indicateurs énergétiques pour le bruit ambiant (toutes sources de bruit confondues) ou pour la contribution d'une source de bruit (dans notre cas ici, le trafic des aéronefs).

Indicateurs événementiels : LAmax, émergence événementielle, NA62, NA65

Si les indicateurs énergétiques s'avèrent bien adaptés aux sources de bruit à caractère continu tel que le bruit du trafic routier par exemple, ils ne suffisent pas en revanche à retranscrire à eux seuls l'exposition de la population à des sources de bruit présentant un caractère évènementiel tel que le trafic aérien. Aussi, il est nécessaire de recourir à l'utilisation d'indicateurs événementiels qui s'intéressent aux caractéristiques des pics de bruit (LAmax, émergence événementielle…).

Ainsi en France, le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France) et l'ACNUSA (Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires) ont recommandé le recours à des indicateurs complémentaires de type événementiel, notés « NA » pour « *number above* ». Ce type d'indicateurs comptabilise le nombre d'événements sonores dont le niveau maximal (noté LAmax) a atteint ou dépassé une valeur seuil pendant une période donnée.

Dans son avis du 6 mai 2004 relatif à la protection de la santé des personnes exposées au bruit des avions, le CSHPF préconise notamment de respecter pendant la période 22h-6h en façade des habitations un NA70 inférieur à 10. Dans son rapport d'activité 2005, l'ACNUSA préconise également d'étudier la possibilité de faire bénéficier d'aides à l'insonorisation les habitants de certaines communes ou parties de communes situées hors PGS (PIan de Gêne Sonore) des grands aéroports dans le cas où les valeurs des indicateurs NA62 ou NA65 dépasseraient certains seuils (NA62 > 200 ou NA65 > 100 sur une période de 24 heures).

Si un avion vole plus haut, quelle est la diminution de bruit au niveau du sol ?

L'étude de la propagation sonore du bruit généré par un survol d'aéronef est quelque chose de complexe qui nécessite de tenir compte des différentes lois de la physique qui régissent les phénomènes de propagation acoustique dans l'environnement, intégrant de multiples paramètres d'influence (effets météorologiques, absorption atmosphérique…).

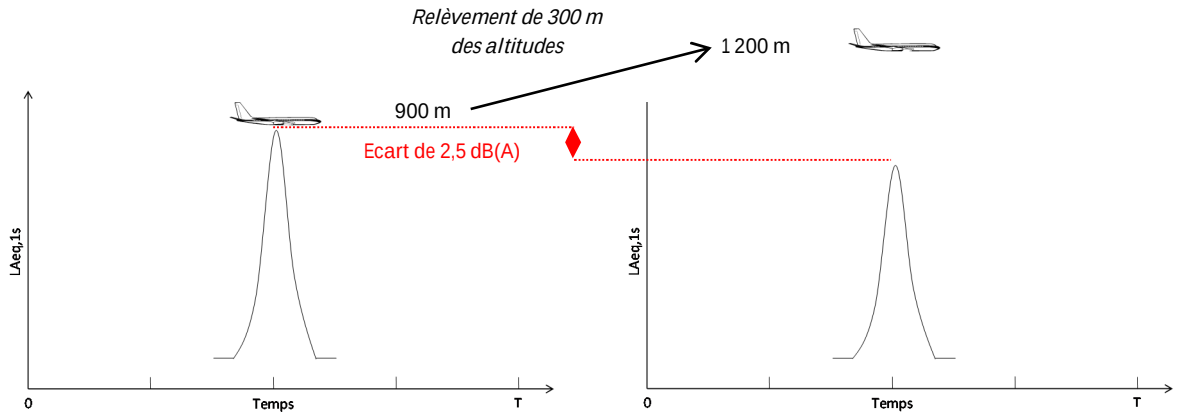
Néanmoins, en première approche, il est possible d'évaluer de manière simplifiée le bruit généré par un aéronef au niveau du sol en assimilant l'avion à une source ponctuelle omnidirectionnelle et en ne tenant compte que de l'atténuation du bruit due à la distance de propagation.

Avec ces hypothèses simplifiées, le niveau sonore perçu au sol d'un survol d'aéronef variera selon une échelle logarithmique en fonction de sa hauteur.

Ainsi, entre deux avions qui présentent les mêmes caractéristiques (type d'avion, motorisation, puissance acoustique) et pour des mêmes conditions météorologiques, l'écart théorique dans les niveaux sonores générés au sol (à la verticale du passage des avions) entre le survol de l'avion 1 qui vole à l'altitude h1 et celui de l'avion 2 qui vole à l'altitude h2 sera de 20 log (h1/h2).

Si l'on relève l'altitude de survol d'un avion et que l'on mesure le bruit résultant au sol à la verticale de sa trajectoire, la réduction du bruit va dépendre directement de ce rapport logarithmique entre les altitudes.

Ainsi, relever de 900 à 1200 mètres l'altitude de survol d'un avion s'accompagne d'une réduction de son niveau sonore au sol de l'ordre de 2,5 dB(A). Relever de 1200 mètres à 1500 mètres générera une diminution du niveau sonore de l'ordre de 1,9 dB(A) et ainsi de suite.



Niveau de bruit mesuré au sol :
graphique de gauche : situation avant le relèvement des altitudes de 300 mètres ;
graphique de droite : situation après le relèvement des altitudes.

Une diminution de l'ordre de 1,9 à 2,5 dB(A) sur le niveau de bruit généré au survol d'un aéronef est loin d'être négligeable d'un point de vue physique puisque cela correspond à une division par un facteur 1,5 à 1,75 de l'énergie acoustique reçue (soit une diminution de 35 à 43 %). Précisons qu'une division par 2 de l'énergie acoustique correspond à une diminution du niveau sonore de 3 dB(A).

En termes de perception auditive, cela donne quoi ?

Si une diminution de 2,5 dB(A) correspond à une baisse de 43 % de l'énergie acoustique, soit presque une division par deux, cela ne se traduit malheureusement pas de manière linéaire au niveau de la sensation auditive que nous en avons.

Ainsi, il est possible pour l'oreille humaine de percevoir la différence entre deux sons qui se distinguent par 2 à 3 dB(A) d'écart mais l'impression sonore devient plus nette à partir de 5 dB(A) d'écart qui correspond à une division par 3 de l'énergie. Il est couramment admis qu'une division par dix de l'énergie sonore est nécessaire pour que « le bruit paraisse deux fois moins fort », ce qui correspond à une diminution de 10 dB(A). *(Source CSTB)*

Diminuer le niveau sonore de :	C'est diviser **l'énergie sonore** par :	C'est faire varier **l'impression sonore** :
1 dB	1,25	de manière quasiment imperceptible
2 dB	**1,58**	légèrement
3 dB	**2**	
5 dB	**3,16**	nettement
10 dB	**10**	comme si le bruit était 2 fois moins fort.

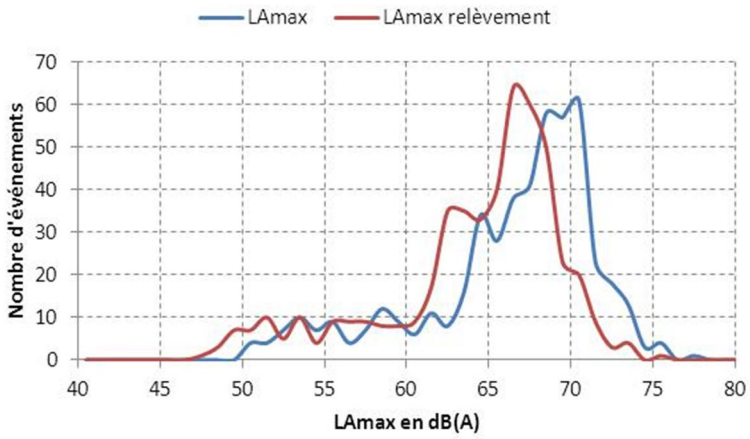
Au final en termes d'exposition au bruit sur une journée, quel est l'impact théorique du relèvement des altitudes ?

Afin d'illustrer de manière concrète l'effet d'un relèvement d'altitudes sur les indicateurs acoustiques liés au trafic aérien, Bruitparif a exploité les résultats d'une mesure effectuée sur 3 jours en configuration de vol face à l'Est (survols par des aéronefs préparant leur arrivée à Paris-CDG) à Saint-Prix (95) dans le cadre du projet SURVOL[1].

On dispose sur ce site d'une base de données mesurées de 493 événements sonores liés à des survols en configuration arrivée, pour lesquels on connaît les caractéristiques acoustiques et les caractéristiques de survol (altitude et distance de passage par rapport au point de mesure).

Sur la base de ces données, Bruitparif a pu faire une estimation des modifications des niveaux sonores qui résulteraient d'un relèvement théorique de 300 mètres des altitudes de l'ensemble des survols, en appliquant le modèle simplifié présenté précédemment

La figure ci-dessous présente les modifications des distributions des niveaux maxima de bruit (LAmax) dans les situations avant et après relèvement théorique des altitudes. On remarque un décalage global des valeurs LAmax vers des niveaux plus faibles en moyenne de 2,2 dB(A) suite à l'effet du relèvement théorique des altitudes des survols au-dessus du site de Saint Prix.



Distribution des niveaux de pointe LAmax avant et après le relèvement des altitudes

Le tableau ci-après présente les estimations avant et après le relèvement des altitudes pour les principaux indicateurs qui peuvent être calculés. Le gain moyen théorique évalué à travers l'**indicateur énergétique moyen sur une journée** serait de **2,3 dB(A)** sur ce site. **Les indicateurs événementiels NA62 et NA65 diminueraient respectivement de 12% et de 25 %**.

Indicateurs	Avant relèvement	Après relèvement	Evolution
LAeq	56,1	53,9	diminution de 2,3 dB(A)
NA62	211	186	diminution de 25 événements, soit -12 %
NA65	176	131	diminution de 44 événements, soit -25 %

Précisons que ces résultats restent spécifiques du site de mesure étudié et des journées étudiées, et ne peuvent être transposés directement à un autre site. L'effet lié au relèvement des altitudes dépendra en grande partie des altitudes des survols avant relèvement et de la situation du site par rapport à la verticale des survols. Ainsi, un site sous les trajectoires verra une amélioration supérieure à un site décalé par rapport aux trajectoires moyennes de survols. De même, l'effet positif du relèvement des altitudes sera plus important pour sur un site survolé à basse altitude que pour un site survolé à altitude plus élevée.

[1]: *Etude SURVOL (SUrveillance sanitaiRe et enVironnementale des plate-formes aéroportuaires de rOissy, orLy,le bourget) - Volet bruit, Rapport d'étape, Bruitparif, janvier 2011.*