



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de la défense, de la protection
de la population et des sports DDPS

Bundesamt für Rüstung - armasuisse ar

Systèmes aéronautiques

Prochain avion de combat

Rapport succinct sur les mesures de bruit et étude d'impact du F-35A

Référence du dossier : ar-213.11-17/17/2/13/11/1/6



ar-D-A4653401/1429

Table des matières

1	Résumé	3
2	Généralités concernant le bruit des vols.....	5
2.1	Mesure acoustique et unités de mesure correspondantes	5
2.2	Calcul de l'exposition au bruit du trafic aérien en Suisse en vertu de l'OPB	6
3	Bruit mesuré pendant l'évaluation du PAC	7
3.1	Dispositif de mesure	7
3.2	Procédure de décollage	8
3.3	Résultats	9
3.4	Spectre de fréquence	10
3.5	Modélisation des contours de bruit 110 dB(A) d'un seul décollage	11
4	Estimation de l'exposition globale au bruit due aux vols du F-35A en Suisse	12
5	Prochaines étapes	13
5.1	Nombre de mouvements planifiés.....	13
5.2	Mesures de réduction du bruit des vols	14
5.2.1	Optimisation des profils de décollage et d'atterrissage.....	14
5.2.2	Mesures techniques	14
5.3	Calcul de l'exposition selon l'ordonnance sur la protection contre le bruit	14
5.4	Fehler! Textmarke nicht definiert.	

1 Résumé

Dans le cadre du projet Air2030, le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports planifie l'acquisition de nouveaux avions de combat. Dans cette optique, quatre candidats ont été testés et évalués individuellement pendant une semaine sur l'aérodrome militaire de Payerne (Fribourg/Vaud) dans la période du 10 avril au 12 juin 2019.

Le département Acoustique / Contrôle de bruit de l'Empa était mandaté pour mesurer les vols d'essai sur le plan acoustique. L'objectif était de caractériser les candidats sur le plan des immissions sonores, et notamment de les comparer avec le F/A-18 C/D actuellement utilisé par les Forces aériennes suisses. Les comparaisons ont été effectuées en utilisant les valeurs mesurées sur différents sites ainsi que les contours de bruit générés par les vols effectués.

Le rapport final de l'Empa est classifié confidentiel, car il contient des données qui sont protégées par les accords de confidentialité passés avec les constructeurs.

Le 30 juin, le Conseil fédéral a décidé du type d'avion et a opté pour le F-35A.

En guise d'introduction, le présent document donne un aperçu des éléments de base de la physique du bruit ainsi que des explications propres au cadre juridique des nuisances sonores en Suisse. Ensuite, les immissions du F-35A et du F/A-18 C/D des Forces aériennes suisses sont présentées : les techniques de mesures sont expliquées brièvement, puis les valeurs mesurées sont présentées. Ce rapport montre ensuite les contours de bruit calculés pour un décollage individuel ainsi qu'une estimation du bruit lors des opérations du F-35 en Suisse, c'est-à-dire en considérant le nombre de mouvements. Puis les prochaines étapes de l'acquisition sont décrites, notamment dans la perspective de l'optimisation possible des procédures de vol pour atténuer les nuisances sonores. Les Forces aériennes prévoient de baser le futur concept de stationnement sur une répartition de l'exposition au bruit selon l'OPB (ordonnance sur la protection contre le bruit) entre les aérodromes militaires de Payerne, de Meiringen et d'Emmen comparable à aujourd'hui. À cette date, des valeurs indicatives sont données pour les futurs mouvements de vol sur ces aérodromes militaires. Pour conclure, les prochaines étapes prévues pour le calcul de l'exposition au bruit selon l'OPB sont décrites.

En résumé, le F-35A affiche au décollage un niveau sonore moyen d'environ 3 dB(A) supérieur au niveau du F/A-18 C/D. 3 dB(A) représentent une différence de bruit qui est juste perceptible au quotidien par l'oreille humaine aux environs d'un aérodrome. À l'atterrissage, le F-35A affiche un niveau sonore moyen de 0 à 1 dB(A) de plus que le F/A-18 C/D. Lors du roulement au sol, le F-35A est plus bruyant de 5 dB(A) par rapport au F/A-18 C/D. Les plages de fréquences plus basses sont plus importantes pour le F-35A que pour le F/A-18 C/D, ce qui peut entraîner une différence de perception du bruit. Comme le F-35A est plus bruyant d'environ 3 dB(A) en moyenne, les contours de bruit pour la ligne isosonique 110 dB(A) au décollage couvrent avec le F-35A une surface plus importante qu'avec le F/A-18 C/D. La ligne isosonique désigne la ligne sur laquelle une immission sonore constante est à es-compter.

Afin d'évaluer l'exposition au bruit globale sur un an, il est nécessaire de considérer le bruit au décollage et à l'atterrissage, mais aussi le nombre de mouvements¹). Avec le F-35A, les missions de formation durent un peu plus longtemps en raison d'une plus grande quantité de carburant embarqué. Du fait du nombre d'heures de vol prévu et des missions de formation en moyenne plus longues, il est possible de réduire de moitié environ, avec le F-35A, le nombre de mouvements par rapport à l'exploitation des F/A-18C/D et des F-5 au cours de ces dernières années. Le concept de stationnement actuel débouche, sur la base des chiffres substantiellement inférieurs relatifs aux mouvements, sur une exposition au bruit annuelle moyenne identique selon l'ordonnance sur la protection contre le bruit.

¹ Un mouvement désigne à la fois un atterrissage et un décollage, ce qui fait qu'un vol comporte systématiquement au moins deux mouvements. Un « touch-and-go », autrement dit un exercice d'atterrissage immédiatement suivi d'un nouveau décollage compte également comme 2 mouvements.

Dans une prochaine étape, des calculs du bruit seront effectués en vue d'adapter le plan sectoriel pour les aérodromes militaires de Payerne, de Meiringen et d'Emmen. Les nombres de mouvements de vol² actuels et futurs suivants serviront alors de point de départ pour les aérodromes :

		Type d'avion	Mouvements de vol par an		
			Payerne	Meiringen	Emmen
1	Chiffre de planification actuel	F/A-18	7700	4300	1200
	Ø mouvements 2016-2020		6959	3398	1015
2	Chiffre de planification actuel	F-5	3300	700	2900
	Ø mouvements 2016-2020		1432	698	2601
3	Chiffre de planification actuel	F/A-18 & F-5	11 000	5000	4100
	Ø mouvements 2016-2020		8391	4096	3616
4	Base de planification pour le calcul du bruit	F-35	5500	2500	1500
	Moyenne mouvements		4200	2040	1090
5	Réduction chiffres de planification		-50%	- 50%	-63%
	Réduction mouvements		-50%	-50%	-70%

Tableau 1 : Nombre de mouvements de vol pour les plans sectoriels des aérodromes militaires

Les calculs du bruit pour les aérodromes militaires de Payerne, de Meiringen et d'Emmen sont effectués en collaboration avec l'Empa sur la base des chiffres susmentionnés relatifs au nombre de mouvements du F-35A. Ces calculs devraient être disponibles à l'état provisoire au début de 2023. Dans la perspective d'adapter le plan sectoriel militaire, les chiffres de planification sont quelque peu supérieurs aux nombres de mouvements visés à long terme par les Forces aériennes, le but étant de conserver une certaine liberté d'action, comme c'est le cas aujourd'hui.

Il tient à cœur au DDPS de maintenir l'exposition au bruit de la population au niveau le plus bas possible. C'est pourquoi des possibilités techniques relatives à de nouvelles mesures d'atténuation du bruit sont d'ores et déjà recherchées en collaboration avec le constructeur Lockheed-Martin et l'Empa, telles que des optimisations des profils de vols ou de la vitesse de vol. Dans le cadre de l'assainissement en matière de bruit dans la perspective de l'introduction du prochain avion de combat, le DDPS fera en outre installer au besoin de nouvelles fenêtres antibruit aux environs des aérodromes militaires d'Emmen, de Meiringen et de Payerne.

² Sont fixés dans le plan sectoriel militaire (Payerne) ou ont été utilisés pour le dernier calcul du bruit en vue d'adapter le plan sectoriel (Meiringen et Emmen),

2 Généralités concernant le bruit des vols

2.1 Mesure acoustique et unités de mesure correspondantes

Un son est le résultat de variations spatio-temporelles de la pression de l'air, qui se propagent dans l'atmosphère sous forme d'ondes. Plus les variations de pression atmosphérique sont élevées, plus le bruit est audible.

Le nombre de vibrations par seconde est caractérisé par la fréquence et est parfois dénommé la hauteur du son.

L'ouïe humaine est capable de distinguer des sons forts et des sons faibles. La différence entre les pressions au niveau du seuil d'audition (audibilité) et du seuil de mise en danger pour l'ouïe humaine est très importante et c'est pourquoi il est inadapté d'utiliser les unités de pression pour les analyses et les calculs acoustiques.

En acoustique, on travaille donc essentiellement avec le niveau de pression acoustique. Le niveau de pression acoustique se définit comme le logarithme du rapport entre la pression sonore effective mesurée³ et une pression de référence. Cette pression de référence est fixée pour une pression sonore effective qui correspond à la limite d'audibilité humaine à une fréquence de 1000 Hz. L'unité attribuée au niveau de pression sonore ainsi calculé est le décibel (dB).

L'oreille humaine ne perçoit pas deux fois plus fort un bruit dont la pression sonore est effectivement double. De plus, dans l'échelle logarithmique des décibels, des règles de calcul particulières s'appliquent. Pour le niveau de pression acoustique, les règles suivantes s'appliquent⁴ :

- En raison de l'échelle logarithmique, une multiplication par deux de la pression sonore effective correspond à une augmentation du niveau de bruit de 3dB. C'est par exemple le cas quand une deuxième source sonore de même nature est ajoutée à la première. Ainsi, si l'on observe au décollage un seul avion ou une formation de deux avions avec des procédures identiques, la différence de bruit est de 3 dB. Aux environs d'un aéroport avec des événements séparés dans le temps, une telle différence peut à peine être perçue différemment au quotidien.
- Pour que le son soit perçu deux fois plus fort, il faut en revanche une augmentation du niveau de pression acoustiques de 10 dB.
- Si on double la distance d'éloignement de la source sonore, le niveau de pression acoustique diminue de 6 dB.

La sensibilité de l'ouïe humaine aux différentes fréquences est variable. La plage de fréquence pouvant être perçue par l'oreille humaine se situe approximativement entre 20 Hz et 20 000 Hz. C'est à peu près dans la plage entre 500 Hz et 5000 Hz que l'oreille humaine est la plus sensible, et c'est dans cette plage qu'évolue le langage humain. Plus un son se situe en dehors de cette plage, moins il est perceptible par l'ouïe humaine en cas de pression sonore identique. C'est à la fois le cas pour les sons graves et pour les sons aigus. La plage de fréquence déterminante pour le bruit des vols se situe entre 100 Hz et 3000 Hz.

Pour pouvoir comparer la perception du son, il convient donc de tenir compte de cette dépendance de l'ouïe humaine par rapport à la fréquence. Cela intervient par une correction du niveau de pression acoustique mesuré en fonction de la fréquence. La fonction utilisée à cette fin est définie dans les normes internationales et appelée courbe A. Les niveaux ainsi calculés sont appelés niveaux de pression acoustique ou niveaux sonores de pondération A, et leur valeur est exprimée en décibel A, dB(A).

En pratique, l'intensité sonore est soumise à de fortes variations. Pour l'évaluation d'événements isolés comme un décollage d'avion, on prend en général une valeur (intégrée) additionnée sur la durée du

³ Pour obtenir un lien avec la puissance acoustique, la pression sonore effective au carré est considérée dans le calcul du niveau de pression acoustique. Pour les calculs détaillés, il faut consulter les ouvrages spécialisés d'acoustique.

⁴ Les rapports indiqués ont été repris d'ouvrages spécialisés d'acoustique

niveau de pression acoustique de pondération A. Ainsi, on prend compte l'intervalle de temps pendant lequel le décollage de l'action est nettement audible. Cette valeur est qualifiée de niveau de bruit et peut être utilisée pour comparer différents bruits ou événements acoustiques.

En acoustique, on établit en outre une distinction entre les émissions et les immissions sonores. L'émission sonore décrit le bruit émanant d'une source de bruit à une certaine distance normalisée. L'immission sonore désigne au contraire le bruit qui arrive à un certain point dans les environs de cette source. Toutes les données communiquées dans ce rapport correspondent à des immissions sonores perçues au sol, aux environs d'un aéroport et générées par les mouvements d'avions de combat.

2.2 Calcul de l'exposition au bruit du trafic aérien en Suisse en vertu de l'OPB

La protection de la population suisse contre le bruit est réglementée dans l'ordonnance sur la protection contre le bruit ([OPB, RS 814.41](#)). Les valeurs limites d'exposition au bruit et les procédures de détermination des niveaux d'évaluation du bruit des aéroports militaires sont définies dans l'Annexe 8 de l'OPB.

La procédure définie selon l'OPB prévoit le calcul des immissions de bruit pour l'ensemble des lieux à proximité d'un aéroport. Ces calculs renferment des modélisations informatiques et doivent tenir compte des facteurs suivants selon l'OPB :

- les distances entre le lieu d'immission et la source de bruit ou les trajectoires de vol (atténuation due à la distance et à l'air) ;
- les effets du sol sur la propagation du son ;

À partir des immissions sonores ainsi déterminées, qui peuvent également être vérifiées au moyen de mesures, le degré d'exposition acoustique est calculé, sachant que le nombre d'événements acoustiques est pris en compte. Le degré d'exposition acoustique est finalement corrigé par des corrections de niveau, ce qui permet d'obtenir le niveau d'évaluation du bruit.

Les niveaux d'évaluation de l'ensemble des lieux situés dans les environs de l'aéroport sont calculés selon cette méthode. Ces niveaux d'évaluation sont ensuite comparés avec les valeurs limites d'exposition. Les résultats sont consignés dans le cadastre de bruit de l'aéroport correspondant, puis l'exposition au bruit autorisée est fixée dans le cadre d'une procédure. Le cadastre de bruit avec les immissions de bruit autorisées est déterminant pour l'installation de fenêtres antibruit ainsi que pour les activités de planification des autorités.

3 Bruit mesuré pendant l'évaluation du PAC

Dans le cadre des essais techniques et opérationnels et de validation de chaque candidat PAC, une campagne d'essais en vol a été réalisée entre le printemps et l'été 2019. Pour chaque candidat, ces campagnes englobaient huit vols d'essai, lors desquels différents aspects de l'avion ont été examinés et évalués. L'un des nombreux aspects était l'exposition au bruit, qui est un critère d'évaluation pris en compte dans le calcul de l'utilité globale du PAC.

3.1 Dispositif de mesure

L'Empa a effectué les mesures relatives à l'exposition au bruit pendant les vols d'essai en Suisse. Pour cela, des stations de mesure acoustiques ont été installées à des endroits bien définis dans les environs des aérodromes de Payerne et de Meiringen. Comme sept des huit vols d'essai ont eu lieu au départ de Payerne, les mesures du bruit ont essentiellement été effectuées dans les onze stations de mesure de Payerne.

Comme un seul vol par candidat s'est fait à Meiringen, seules quatre stations de mesure ont été aménagées dans les environs de Meiringen. Ces stations n'ont pas pu être disposées de façon symétrique, c'est pourquoi elles ne permettent pas de comparer les décollages et les atterrissages dans différentes directions.

La répartition des stations de mesure à Payerne a été choisie de façon à pouvoir d'une part enregistrer des mesures comparables dans les deux directions d'atterrissage/de décollage, et d'autre part intégrer un maximum d'informations aux modélisations mathématiques consécutives. Les modèles finalement établis ne dépendent pas de l'endroit de la mesure, mais uniquement de sa qualité, et peuvent donc également être utilisés pour anticiper le bruit des vols dans les autres aérodromes militaires de Suisse.

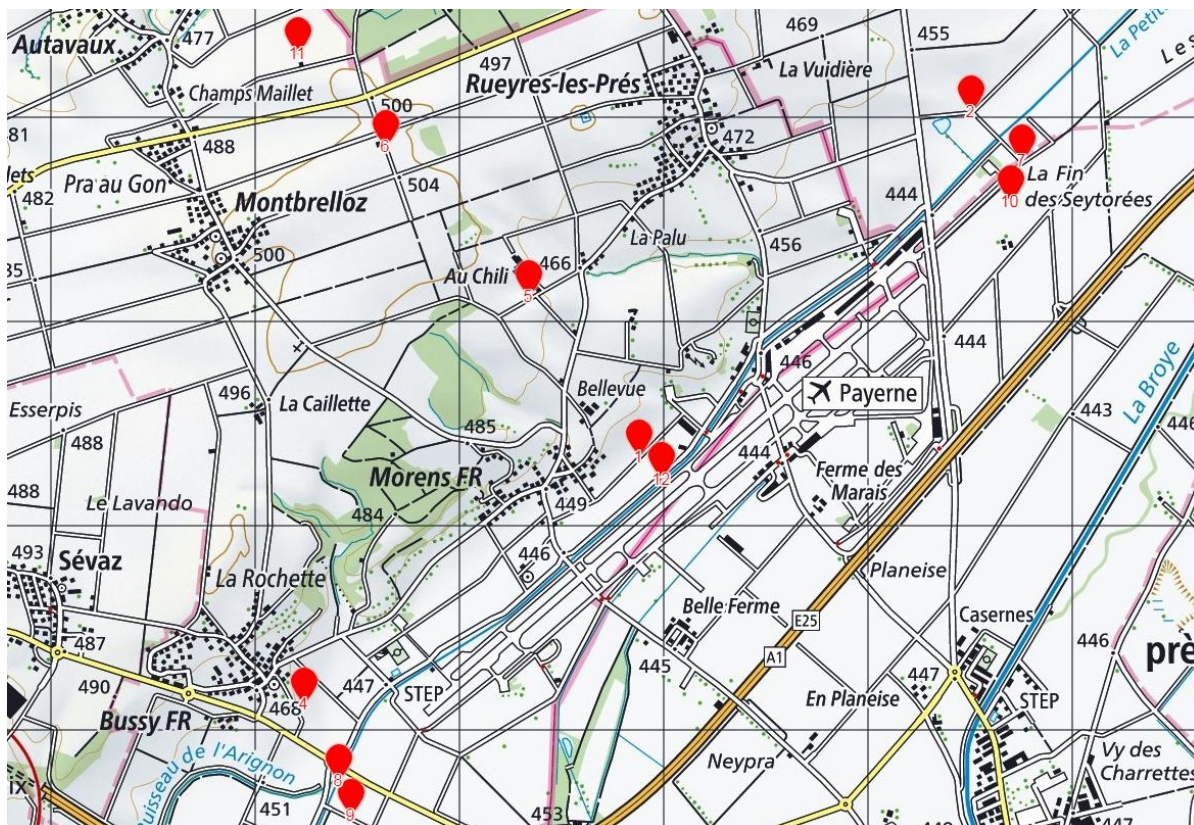


Illustration 1: Disposition des stations de mesure dans les environs de l'aérodrome de Payerne (© Empa & swiss-topo)

L'Illustration 1 indique la localisation des stations de mesure acoustiques dans les environs de l'aérodrome de Payerne. Les stations de mesure utilisées sont conformes aux exigences légales en ce qui concerne la précision et le calibrage des mesures sonores. Afin de synchroniser dans le temps les

mesures effectuées à toutes les stations de mesure, un récepteur GPS a été utilisé.



Illustration 2: Exemple de station de mesure se composant d'un microphone, d'un panneau solaire et d'une armoire de mesure (© Empa)

L'illustration 2 montre une photo de l'une de ces stations de mesure acoustique utilisées dans les environs de l'aérodrome de Payerne. En plus des stations de mesure susmentionnées, des mesures acoustiques ont également été réalisées pour chaque candidat dans le hangar pendant le démarrage du moteur et près d'un taxiway lors des mouvements de l'avion au sol.

3.2 Procédure de décollage

Avant le début des essais, les conditions cadres des décollages et d'atterrissages ont été communiquées aux candidats. Aucune procédure précise ne leur a été spécifiée mais seulement les performances minimales à respecter lors des décollages, notamment la distance maximale de roulement au décollage ou l'angle de montée minimal. La localisation des stations de mesure avait également été communiquée aux candidats.

De ce fait, tous les candidats ont eu la possibilité, dans le cadre de ces directives, d'optimiser leurs procédures de décollage et d'atterrissage par rapport aux nuisances sonores. Comme toutefois les essais ne comprenaient que huit vols, les candidats avaient l'interdiction d'adapter leurs procédures de décollage et d'atterrissage en cours d'essai, l'objectif étant que les mesures débouchent sur un volume suffisant de données ayant une pertinence statistique minimale. Pendant les essais en vol, il n'a donc pas été possible d'optimiser les procédures du point de vue des immissions sonores.

La procédure de décollage choisie par les pilotes d'essai du F-35A comportait une puissance motrice constante avec poussée standard (MIL Power)⁵, ce qui signifie que la postcombustion n'était pas utilisée. Il en va de même pour les décollages du F/A-18 C/D.

3.3 Résultats

Après la campagne de mesures, les données ont été traitées selon les procédures standards reconnues pour le calcul du niveau de bruit de l'événement acoustique. Cela a par exemple concerné l'élimination de valeurs mesurées qui avaient été faussées par un véhicule agricole de passage ou qui étaient devenues inutilisables en raison de l'enregistrement de deux événements de façon trop rapprochée dans le temps pour l'évaluation.

Pendant toute la campagne de mesure, il a été possible d'enregistrer les événements suivants pendant une semaine pour le F-35A et pendant quatre semaines pour le F/A-18 C/D :

Type d'avion	Décollages		Atterrissages	
	Mouvements de vol	Mesures isolées	Mouvements de vol	Mesures isolées
F/A-18 C/D	37	264	74	200
F-35A	12	91	12	35

Tableau 2: Mesures utilisables d'événements individuels de la campagne de mesure F-35A

Les immissions sonores dépendent de facteurs environnementaux comme la température de l'air, la densité de l'air ou la direction du vent. À des températures inférieures, la puissance motrice est quelque peu supérieure, c'est pourquoi, au démarrage par exemple, l'angle de montée possible est légèrement plus grand. En raison de la distance plus grande du microphone, une valeur légèrement inférieure est alors mesurée. C'est pourquoi les résultats pendant la campagne de mesure ont en priorité été considérés comme des valeurs de comparaison avec les immissions sonores des F/A-18 C/D des Forces armées suisses ayant opéré pendant la même période, qui avaient ainsi été mesurés dans les mêmes conditions. De cette manière, il a été possible de créer des conditions comparables pour l'ensemble des candidats.

À partir des niveaux de bruit mesurés à chaque point de mesure, la médiane a été calculée comme valeur de référence au démarrage et à l'atterrissage, tant pour le F/A-18 C/D suisse que pour le F-35A. La médiane⁶ représente la valeur moyenne des niveaux d'immissions selon un ordre croissant. Les immissions sonores au roulage se basent quant à elles uniquement sur la valeur maximale du son mesuré.

Méthode	Décollage			Atterrissage	Roulage
Regroupement	Dans le sens de la piste	Dans le sens inverse de la piste	Tous les points de mesure	Dans le sens de la piste	
Points de mesure	2,4,7,8,9,10	5,6,11	2,4,5,6,7,8,9,10,11	2,4,7,8,9,10	
F-35A	+ 3dB(A)	+4 dB(A)	+ 3dB(A)	+ 0 à 1 dB(A)	+5 dB(A)

Tableau 3 : Comparaison entre le F-35A et le F/A-18 suisse

Le Tableau 3 concerne les différences calculées entre les valeurs comparatives, donc la différence de la médiane moyenne du niveau de bruit du F-35A et du F/A-18 C/D suisse (F-35A moins F/A-18 C/D).

Il convient de noter qu'en fonction du point de mesure, on observe une dispersion des valeurs mesurées de plusieurs décibels. Des dispersions élevées sont usuelles lors des mesures de champ, et elles s'expliquent surtout par les turbulences atmosphériques ou par de petites divergences dans les procédures de vol. L'utilisation de médianes permet de réduire l'impact des données aberrantes dans les

⁵ La poussée standard, dans le jargon technique « MIL-Power », désigne le fait d'actionner le levier de puissance à son maximum sans sélectionner la postcombustion

⁶ Si le nombre de mesures est faible, la médiane est moins sensible aux données aberrantes dans la série de mesures que la moyenne arithmétique. Pour la définition précise, il est possible de consulter la littérature spécialisée faisant foi en la matière.

petits échantillons, comme c'est ici le cas. L'Empa a déterminé dans l'estimation d'erreur une erreur standard de 0,5 à 3,0 dB(A) en fonction du type d'avion et de la phase de vol.

À Meiringen, avec une installation de mesure réduite et un seul décollage, aucune mesure statistiquement pertinente n'a pu être réalisée. Le F-35A y a décollé avec postcombustion, et par rapport au F/A-18 C/D, qui a lui aussi utilisé la postcombustion, la valeur suivante a été mesurée :

Méthode	Décollage
Regroupement	Dans le sens inverse de la piste
F-35A	+3,5 dB(A)

Tableau 4 : Comparaison entre le F-35A et le F/A-18 suisse

Actuellement, des analyses sont effectuées en collaboration avec Lockheed Martin pour déterminer dans quelle mesure il faut recourir à la postcombustion pour le décollage à Meiringen.

L'analyse effectuée dans le cadre de l'évaluation s'est exclusivement appuyée sur les résultats de ce rapport et elle s'est surtout concentrée sur le bruit au décollage avec les niveaux sonores les plus élevés.

3.4 Spectre de fréquence

Le spectre de fréquences des candidats pendant l'atterrissage et le décollage a également été mesuré. Le spectre de fréquence a un impact sur la manière dont un événement phonique est perçu par l'homme.

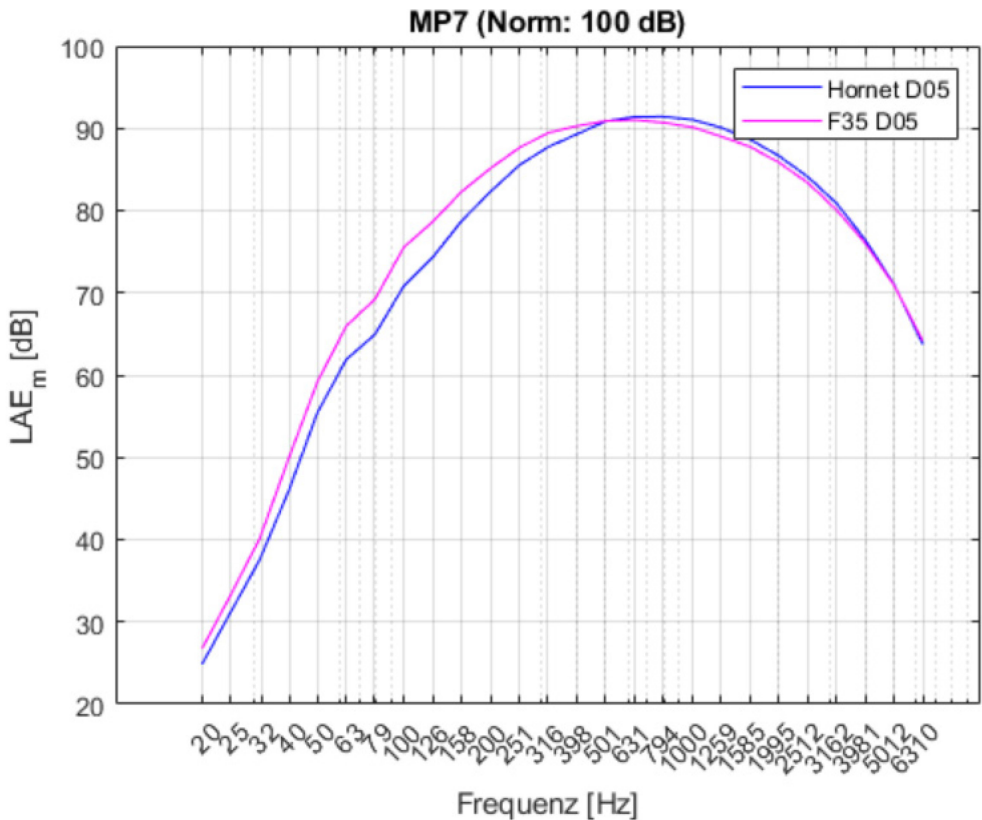


Illustration 3 : Comparaison spectre de fréquence F-35A et F/A-18 C/D (© Empa)

L'illustration 3 compare la répartition des fréquences sur la base d'une moyenne énergétique de toutes les mesures pour le F-35A ou le F/A-18 C/D au point de mesure PM7. L'immission sonore mesurée est normalisée à un niveau de 100 dB(A), ce qui signifie que les valeurs affichées correspondent à un événement acoustique identique pour les deux avions.

Il s'avère que le F/A-18 C/D est comparativement plutôt plus bruyant dans le domaine où l'oreille humaine est la plus sensible. En revanche, le F-35A présente des plages de niveau sonore plus élevées dans les fréquences plus basses, ce qui a pour effet que le bruit d'un F-35A au décollage est perçu autrement le cas échéant, ce qui peut être décrit comme « plus bas et plus proche d'un grondement » par rapport à un F/A-18.

3.5 Modélisation des contours de bruit 110 dB(A) d'un seul décollage

La propagation des ondes sonores dépend de différents facteurs, parmi lesquels les conditions environnementales, mais aussi de facteurs propres aux environs de l'aérodrome comme :

- la qualité du sol (herbe, asphalte, etc.) ;
- les obstacles naturels ou créés par l'homme (collines, bâtiments, etc.) ;
- les influences météorologiques.

Afin d'éliminer l'influence de ces facteurs et ainsi de permettre une comparaison des résultats, les données mesurées ont été corrigées au moyen de modèles physiques puis recalculées par rapport à la source sonore. Ces calculs ont été effectués par l'Empa selon des méthodes reflétant l'état de la technique et selon des procédures de calcul du bruit des avions reconnues au niveau international. Les modèles ainsi établis et normalisés sont appelés modèles basés sur la source.

À l'aide de ces modèles basés sur la source, les contours de bruit ont été calculés pour une comparaison de la ligne isosonique 110 dB(A) au décollage d'un F-35A et d'un F/A-18 C/D. Il convient de noter que ces contours de bruit, en raison des dispersions dans les mesures, présentent une marge d'erreur estimée de 1 à 2 dB(A).

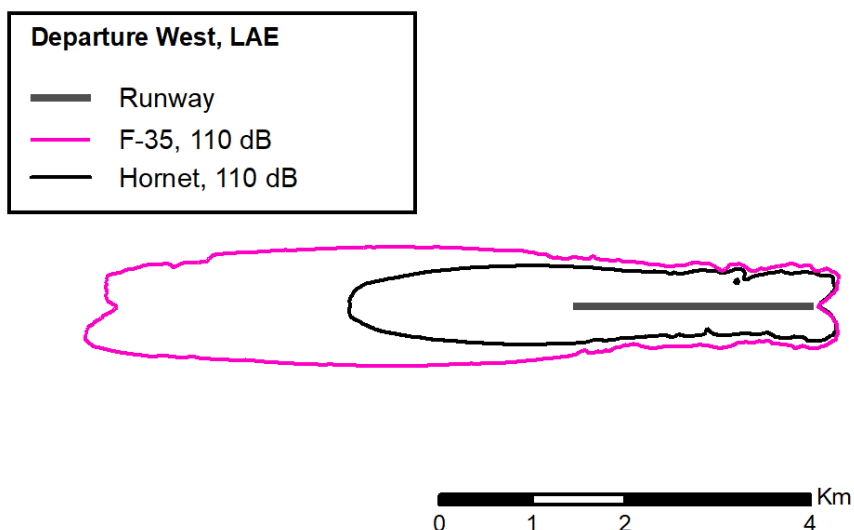


Illustration 4 : Comparaison des contours de bruit entre le F-35A et le F/A-18 C/D
(ligne isosonique 110 dB(A) (© Empa)

La ligne violette continue matérialise les contours de bruit de 110 dB(A) au décollage d'un F-35A, et la ligne noire continue ceux d'un F/A-18 C/D. Comme le F-35A est en moyenne plus bruyant de 3 dB(A) que le F/A-18 C/D, la surface des contours de bruit est nettement plus grande. Les contours de bruit présentés ne permettent néanmoins pas d'établir un lien direct avec les contours de bruit dans le sens de l'ordonnance sur la protection contre le bruit. L'exposition selon l'ordonnance sur la protection contre le bruit tient également compte du nombre de mouvements, et pas uniquement d'un seul événement isolé. Dans le cas du F-35A, comme expliqué au paragraphe suivant, le nombre de mouvements nécessaires est nettement moins important qu'avec les avions de combat actuel des Forces aériennes. Entre outre, les contours de bruit sont basés sur un vol en ligne droite après le décollage, mais habituellement, les avions suivent une trajectoire de vol qui évite le mieux possible les régions habitées.

4 Estimation de l'exposition globale au bruit due aux vols du F-35A en Suisse

Les heures de vol et en simulateur prévues du F-35A ont été définies durant l'évaluation. Elles reposent sur les indications des forces aériennes américaines telles qu'elles avaient été demandées dans le cadre de la demande d'offres. Ces informations ont été comparées avec les résultats de l'évaluation et l'expérience des Forces aériennes suisses avec le F/A-18C/D. Dans le cas du F-35A, il s'avère qu'environ 20 % d'heures de vol en moins sont nécessaires. Le nombre d'heures de vol plus faible se base sur les résultats de l'évaluation, et en particulier sur le fait que le contenu de la formation est modifié grâce au fonctionnement très simple du système et à la supériorité de l'information du F-35A. Du fait du nombre d'heures nécessaire et des missions de formation en moyenne plus longues, il est possible de réduire de moitié environ avec le F-35A, le nombre de décollages et d'atterrissages par rapport à l'exploitation actuelle des F/A-18C/D et des F-5. Pour la flotte de F-35A, environ 8'160 mouvements de vol par an ont été calculés.

Selon l'OPB, une réduction des mouvements de vol de 50 % débouche sur une diminution du niveau d'évaluation de 3 dB(A). En résumé, on peut donc affirmer que sur la base des données actuellement disponibles, l'exploitation d'une flotte de F-35A en Suisse n'occasionne aucune augmentation, ou uniquement une augmentation peu signifiante de l'exposition globale au bruit dans le sens de l'ordonnance sur la protection contre le bruit. Même si l'événement isolé du décollage d'un F-35A de plus trois dB(A) est relativement perçu comme étant plus bruyant que celui d'un F/A-18 C/D, cela est largement compensé par une réduction des mouvements de vol d'environ la moitié par rapport à aujourd'hui. En conséquence, on s'attend à ce que les contours de bruit pour le fonctionnement du F-35 soient comparables à ceux des anciens jets.

5 Prochaines étapes

5.1 Nombre de mouvements planifiés

Les Forces aériennes prévoient de baser le futur concept de stationnement sur une répartition de l'exposition au bruit selon l'OPB (ordonnance sur la protection contre le bruit) entre les aérodromes militaires de Payerne, de Meiringen et d'Emmen comparable à aujourd'hui. Pour des raisons liées à l'exploitation, le nombre de vols planifiés seront soumis à des variations annuelles.

Dans les trois premières lignes du tableau 5 ci-dessous, on voit les chiffres de planification actuels qui sont fixés dans le plan sectoriel militaire (Payerne) ou qui ont été utilisés pour le dernier calcul de l'exposition au bruit en vue d'adapter le plan sectoriel (Meiringen et Emmen) ainsi que les mouvements de vol effectifs de ces 5 dernières années. À la quatrième ligne du tableau apparaissent les chiffres de planification en vue de l'adaptation du plan sectoriel et les nombres de mouvements moyens planifiés. La dernière ligne indique les réductions correspondantes en pour cent, par rapport aux valeurs actuelles supérieures. Les 830 mouvements planifiés à l'étranger ne sont pas mentionnés. Ce nombre correspond également à la moyenne des 5 dernières années.

		Type d'avion	Mouvements de vol par an		
			Payerne	Meiringen	Emmen
1	Chiffre de planification actuel	F/A-18	7700	4300	1200
	Ø mouvements effectifs 2016-2020		6959	3398	1015
2	Chiffre de planification actuel	F-5	3300	700	2900
	Ø mouvements effectifs 2016-2020		1432	698	2601
3	Chiffre de planification actuel	F/A-18 et F-5	11 000	5000	4100
	Ø mouvements effectifs 2016-2020		8391	4096	3616
4	Base de planification pour le calcul du bruit	F-35	5500	2500	1500
	Moyenne mouvements effectifs		4200	2040	1090
5	Réduction chiffres de planification		-50 %	- 50%	-63%
	Réduction mouvements effectifs		-50%	-50%	-70%

Tableau 5 : Comparaison entre les mouvements de vol actuels et les mouvements de vol planifiés pour le F-35

Le graphique ci-dessous illustre la réduction des chiffres de planification et des moyennes des mouvements effectifs.

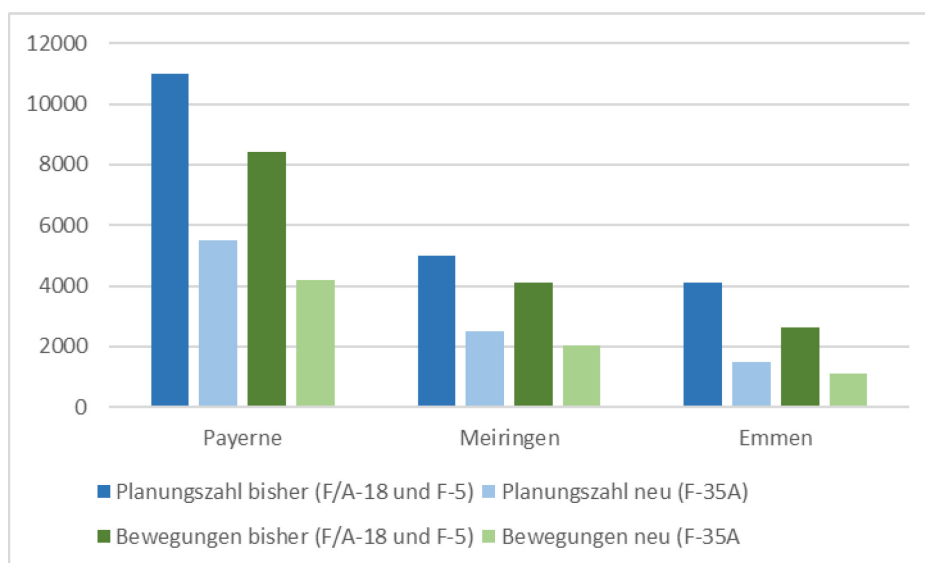


Illustration 5 : Chiffres actuels et futurs de planification et moyennes des mouvements effectifs

Pour l'ensemble des aérodromes militaires, les nombres de mouvements pour le F-35A par rapport à l'exploitation de la flotte actuelle de F/A-18 C/D et de la flotte de F-5 diminuent de la moitié au moins. La réduction est plus importante à Emmen, car une part plus importante de mouvements de F-5 y est supprimée, qui génèrent moins de bruit que les F/A-18 C/D.

5.2 Mesures de réduction du bruit des vols

5.2.1 Optimisation des profils de décollage et d'atterrissage

En collaboration avec le constructeur Lockheed-Martin et l'Empa, les possibilités techniques relatives à de nouvelles mesures d'atténuation du bruit sont examinées, telles que les optimisations des profils de vol ainsi que la vitesse de vol. Pour être évaluées, ces variantes doivent être analysées par l'Empa avec des modèles plus affinés, le but étant de réduire autant que possible les immissions sonores de l'ensemble du voisinage de l'aérodrome.

5.2.2 Mesures techniques

Contrairement à l'aviation civile, des améliorations techniques au niveau des émissions sonores ne sont pas prévisibles à moyen terme pour les avions de combat, parce que, pour des raisons militaires, leurs moteurs sont optimisés pour des performances élevées et des vitesses proches ou supérieures à la vitesse du son.

5.3 Calcul de l'exposition selon l'ordonnance sur la protection contre le bruit

En collaboration avec l'Empa, la prochaine étape consiste à calculer l'exposition au bruit sur les aérodromes militaires de Payerne, de Meiringen et d'Emmen sur la base des nombres de mouvement mentionnés ci-dessus pour le F-35A. Ces calculs devraient être disponibles à l'état provisoire au début de 2023.

Le DDPS présentera ensuite ces chiffres provisoires aux autorités et aux groupes d'intérêts dans le voisinage des aérodromes militaires et soupèsera avec eux les avantages et les inconvénients des différentes variantes. Les calculs devront ensuite être finalisés.