



Etude du scénario atterrissage décollage par la mer sur l'Aéroport de Cannes Mandelieu

Gestion documentaire

- Validation

	Fonction	Nom	Date	Signature
Rédigé par	Concepteur de procédures	Nicolas BRUNNER	15/12/2022	
Validé par	Concepteur de procédures	Raoul FARINA	22/12/2022	



- Historique des modifications

Date	Version	Auteur	Section	Page	Commentaires
30/09/2022	1-0	NBR	Toutes	Toutes	Création du document



Aero



Contexte



Dans le cadre de l'étude de faisabilité de réduction des nuisances sonores sur l'aéroport de Cannes Mandelieu, liée aux trajectoires départ et arrivée aux instruments, une analyse de la capacité piste est proposée, afin d'évaluer l'impact sur la capacité des différents modes d'utilisation de la piste :

- Tous les décollages et atterrissages se font par la mer
- Utilisation des deux QFU et atterrissages possibles en 17 en réalisant la VPT

Ce document a pour objectif de:

- Détailler la méthodologie mise en place par CGX AERO pour déterminer la capacité de la piste,
- Recenser l'ensemble des hypothèses prises en compte pour l'étude,
- Présenter les résultats obtenus.

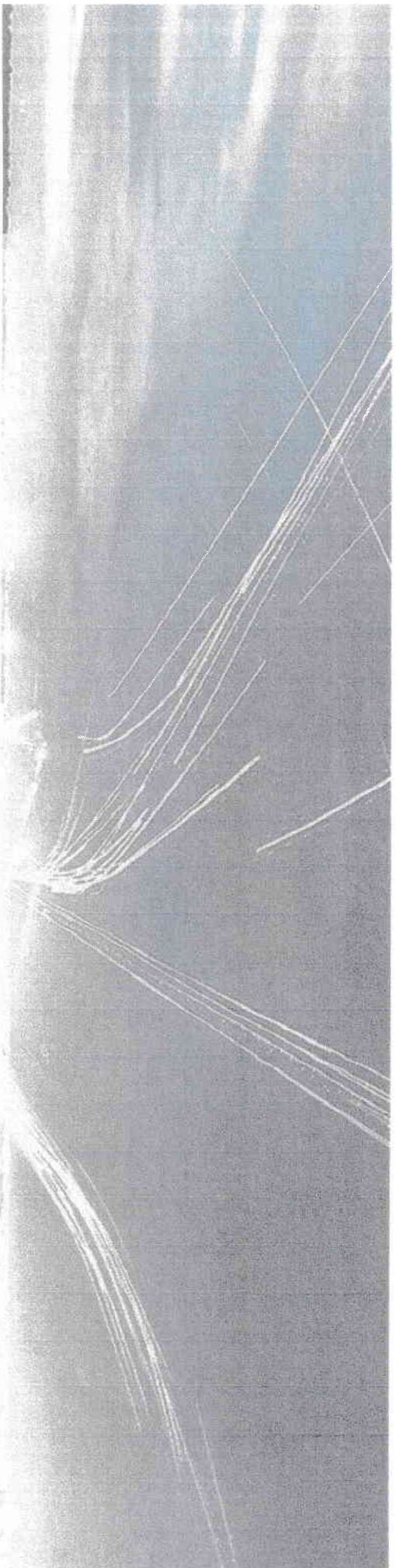
Contexte

Les données qui ont été utilisées pour réaliser cette étude sont les suivantes:

- Fichier de trafic: Trafic LFMD-17-18-19-20-20
- Plan .dwg des infrastructures: ACMAPFO-OTOP001
- Pourcentages d'utilisation des QFU: Evolution QFU IFR depuis 2019

La réalisation de ce projet s'est appuyée uniquement sur les données qui étaient à la disposition de l'Aéroport de Cannes Mandelieu.

Les autres hypothèses prises en compte ont été définies par CGX AERO.



Détail des calculs de la capacité de la piste dans le cadre d'un atterrissage / décollage par la mer

Méthodologie

La détermination de la capacité de la piste s'organise de la façon suivante:

1. Détermination des enchaînements Arrivées/Départs et du « fleet mix » à considérer (heures caractéristiques retenues),
2. Détermination des règles de délivrance des autorisations d'atterrissages et de décollage,
3. Calcul de la cadence des différentes séquences:
 - Arrivée / Arrivée
 - Arrivée / Départ
 - Départ / Départ
 - Départ / Arrivée
4. Calcul de la cadence globale de la piste puis de la capacité théorique globale

1 / Détermination des enchaînements A/D et du « fleet mix » à considérer

- L'objectif est de disposer de **proportions d'enchaînements Arrivées / Départs** représentatives d'une **période de forte activité**.
 - L'analyse du fichier de trafic a été réalisée afin de sortir **l'heure la plus chargée** sur les années **2017 à 2021**. Plusieurs informations sont ressorties :
 - Activité en pic entre **fin mai et mi septembre**,
 - Heures de pointe le matin entre **8h et 10h**,
 - **Forte activité hélico** sur ces heures de pointe,
 - En 2018 et 2021 l'heure la plus chargée était lors du **Festival de Cannes**.
 - Le calcul de la **capacité piste** se base sur des cadences des vols IFR.
 - On considère que les trafics hélicoptères et VFR n'impactent pas le trafic avion IFR : utilisation de la prise secondaire ou intégration entre deux mouvements IFR sur la piste principale,
- **Exclusion des hélicoptères et vols VFR du « fleet mix » à considérer.**

1 / Détermination des enchaînements A/D et du « fleet mix » à considérer

Hypothèses de construction du « fleet mix » avec les données disponibles

- **Aucun hélicoptère et aucun vol VFR considéré,**
- Afin de calculer des temps d'occupation de piste IFR cohérents et ne disposant pas des données sur le type de vol (IFR/VFR) dans l'historique de trafic transmis, un **découpage théorique** a été réalisé sur la base des types d'appareils pour **estimer et trier les vols VFR/IFR**
 - Hypothèses sur les avions susceptibles de réaliser des vols VFR plutôt qu'IFR,
- Les proportions des enchaînements A/D ont été calculées sur la base d'une moyenne des heures de pointes identifiées des années 2017 à 2021,
- Les données (vitesses décollage / premier palier / approche, et distance de décollages et d'atterrissage) sont récupérées:
 - Des données constructeur,
 - Du site Skybrary (https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page#operational-issues),
 - Du site d'Eurocontrol : <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO>.
- Pour les données manquantes, une moyenne a été appliquée (basées sur les données des aéronefs similaires présents dans le fleet mix).
 - Des modifications ont été apportées sur les vitesses d'approches récupérées, qui semblaient parfois trop élevées par rapport aux contraintes réglementaires, et ont donc été réduites pour correspondre à ces contraintes (*ex: limitation à 160kt pour les aéronefs de CAT C en approche finale*)

1 / Détermination des enchaînements A/D et du « fleet mix » à considérer

Aircraft	Number	Proportion	MTOW (t)	MTOW Category	Take-off distance (m)	Take-off speed (kt)	Climb speed (kt)	Landing distance (m)	Final approach speed (kt)	final approach speed reduced (kt)	Aircraft code
AC11	0,2	2,02%	15	L	350	70	100	220	140	140	1
AE1	0,2	2,02%	29	L	550	95	125	350	160	160	1
BE39	0,1	1,01%	14	L	350	75	105	300	70	70	1
BE36	0,4	4,04%	17	L	350	75	95	450	70	70	1
BE40	0,1	1,01%	73	M	1200	130	160	1100	110	120	3
BE4W	0,2	2,02%	73	M	1160	127	172	1072	192	160	2
C150	0	0,00%	0,7	L	250	55	85	200	80	80	1
C152	0	0,00%	0,8	L	220	60	85	170	80	80	1
C172	0	0,00%	11	L	465	60	90	581	65	65	1
C177	0	0,00%	11	L	325	65	95	275	110	110	1
C182	0	0,00%	13	L	200	65	80	411	110	110	1
C185	0	0,00%	15	L	436	76	103	733	115	115	1
C206	0	0,00%	17	L	250	76	103	450	115	115	1
C210	0	0,00%	18	L	400	70	100	450	170	160	1
C258	0,4	4,04%	63	L	970	76	103	845	115	115	2
C310	0,4	4,04%	25	L	507	95	125	546	130	130	1
C340	0,1	1,01%	27	L	650	95	125	500	150	150	1
C425	0,3	3,03%	39	L	750	105	135	650	240	160	1
C510	0,3	3,03%	35	L	950	76	109	726	115	115	2
C525	1,2	12,12%	47	L	939	115	145	838	130	130	2
C56X	0,3	3,03%	87	M	1055	115	145	890	210	160	2
C680	0,6	6,06%	137	M	1200	145	240	1200	170	160	3
C700	0,1	1,01%	179	M	1466	127	172	966	192	160	3
C130	0,2	2,02%	176	M	1466	140	160	792	200	160	3
C160	0,2	2,02%	196	M	1730	145	160	1000	210	160	3
C110	0	0,00%	10	L	160	76	103	167	115	115	1
C12	0,2	2,02%	215	M	1527	135	165	1423	250	160	3
DA40	0	0,00%	12	L	305	73	130	700	120	120	1
DA42	0,7	7,07%	17	L	733	85	140	618	110	120	1
DR10	0	0,00%	0,7	L	300	76	103	250	115	115	1
DR30	0	0,00%	0,8	L	350	76	103	350	115	115	1
DR40	0	0,00%	11	L	350	78	100	250	140	140	1
DV20	0	0,00%	0,7	L	490	76	103	460	115	115	1
E35L	0,2	2,02%	220	M	1580	127	172	1150	192	160	3
E55P	0,1	1,01%	30	M	956	110	200	674	115	115	2
EVS5	0	0,00%	10	L	160	76	103	167	115	115	1

: données moyennées
: avions estimés comme réalisant majoritairement des vols VFR (hypothèses CGX) Le code aéronef est fonction de la distance de décollage.

1 / Détermination des enchaînements A/D et du « fleet mix » à considérer

Aircraft	Number	Proportion	MTOW (t)	MTOW Category	Take-off distance (m)	Take-off speed (kt)	Climb speed (kt)	Landing distance (m)	Final approach speed (kt)	Final approach speed reduced (kt)	Aircraft code
F2TH	0.2	2.02%	16.2	M	1500	120	150	1500	250	160	3
F900	0.4	4.04%	21.2	M	1500	125	155	700	250	160	3
FA7X	0.1	1.01%	31.3	M	1694	115	160	630	104	104	3
FOUG	0.2	2.02%	4.0	L	930	76	103	1100	115	115	2
G280	0.3	3.03%	18.0	M	1148	135	230	950	134	134	2
H25B	0.2	2.02%	12.7	M	1700	125	155	900	230	160	3
U40	0.2	2.02%	9.5	M	1306	110	160	1354	250	160	3
M20P	0	0.00%	1.2	L	450	70	100	250	150	150	1
P28A	0	0.00%	1.1	L	300	65	80	300	60	60	1
P28R	0	0.00%	1.1	L	300	70	100	300	70	70	1
P46T	0	0.00%	2.2	L	460	80	110	450	200	160	1
PA18	0	0.00%	0.7	L	60	45	75	100	45	45	1
PA38	0	0.00%	0.8	L	250	60	75	200	75	75	1
PA46	0	0.00%	2.0	L	450	76	103	450	115	115	1
PAY2	0.2	2.02%	4.1	L	650	100	130	750	100	100	1
PC12	0.6	6.06%	4.5	L	600	110	130	550	180	160	1
RALL	0	0.00%	1.1	L	300	65	95	200	110	110	1
RV14	0	0.00%	1.0	L	160	76	103	167	115	115	1
RV4	0	0.00%	0.7	L	100	58	68	92	60	60	1
RV9	0	0.00%	0.4	L	160	76	103	92	115	115	1
SF50	0.2	2.02%	2.7	L	621	76	103	497	115	115	1
SR20	0	0.00%	1.4	L	451	76	103	260	115	115	1
SR22	0.4	4.04%	1.5	L	490	76	103	700	115	115	1
TAMP	0	0.00%	1.1	L	400	70	100	200	120	120	1
TB20	0.4	4.04%	1.4	L	364	75	95	231	85	85	1
TOBA	0	0.00%	1.2	L	400	70	85	200	120	120	1

: données moyennées
: avions estimés comme réalisant majoritairement des vols VFR (hypothèses CGX)

Le code aéronef est fonction de la distance de décollage.

1 / Détermination des enchaînements A/D et du « fleet mix » à considérer

Analyse des enchaînements SANS mouvements hélicoptères et SANS mouvements VFR selon des hypothèses CGX (triage des vols VFR et IFR).

- La répartition moyenne des enchaînements A/D sur les heures top mouvements est la suivante :

AD	28,81%
DA	33,90%
AA	27,12%
DD	10,17%

L'analyse de la capacité de la piste sera réalisée en prenant en compte cette répartition

2/ Délivrance des autorisations d'atterrissages et de décollage

Début et fin des séquences

En l'absence de données disponibles auprès du PSNA ou de l'Exploitant, les hypothèses suivantes ont été prises:

- **Pour la séquence A/A:** Autorisation à atterrir pour le second aéronef lorsque le premier a libéré la piste (passage du point d'attente).
- **Pour la séquence A/D:** Autorisation à décoller pour le second aéronef lorsque le premier a libéré la piste (passage du point d'attente) et que l'aéronef au décollage a rejoint son point de mise en puissance.
- **Pour la séquence D/D:** Autorisation à décoller pour le second aéronef lorsque:
 - Les turbulences de sillages liées au premier décollage se sont estompées et le second aéronef au décollage a rejoint son point de mise en puissance, et;
 - L'aéronef au départ a initié son virage et a passé le point ROLUP
- **Pour la séquence D/A:** Autorisation à atterrir pour le second aéronef lorsque l'aéronef au décollage a initié son virage et a passé le point ROLUP

PS: Pour que l'aéronef à l'atterrissage ait libéré la piste, il faut que l'intégralité de l'aéronef ait traversé le point d'attente.

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Départ/Départ

Prise en compte du plus contraignant entre:

- Le respect de la séparation de turbulence de sillage, et
- Le temps que met l'aéronef au décollage à atteindre le point ROLUP

Turbulence de sillage:

- Les différents enchainements d'avions en fonction de leur masse au décollage (ici Medium / Light) sont issues de l'analyse de l'heure caractéristique.
- Application des matrices réglementaires fonction de la MTOW (Medium / light) des avions,
- Une vitesse moyenne est utilisée par catégorie de MTOW (issue des avions considérés),
- Les vitesses au décollage qui n'ont pas pu être récupérées sur la documentation constructeur sont issues du site: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO>

Temps d'occupation piste au décollage:

- Récupération des vitesses au décollage, de premier palier, et longueur de référence de décollage nécessaire via les données constructeur, ICAO doc 9981 PANS-Aerodromes et le site: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?ICAO>
- Les distances et vitesses prises en compte sont celles d'avions à MTOW.
- Les points de mise en puissance sont différents en fonction des types avions et des QFU. Le détail est précisé à la suite du document.

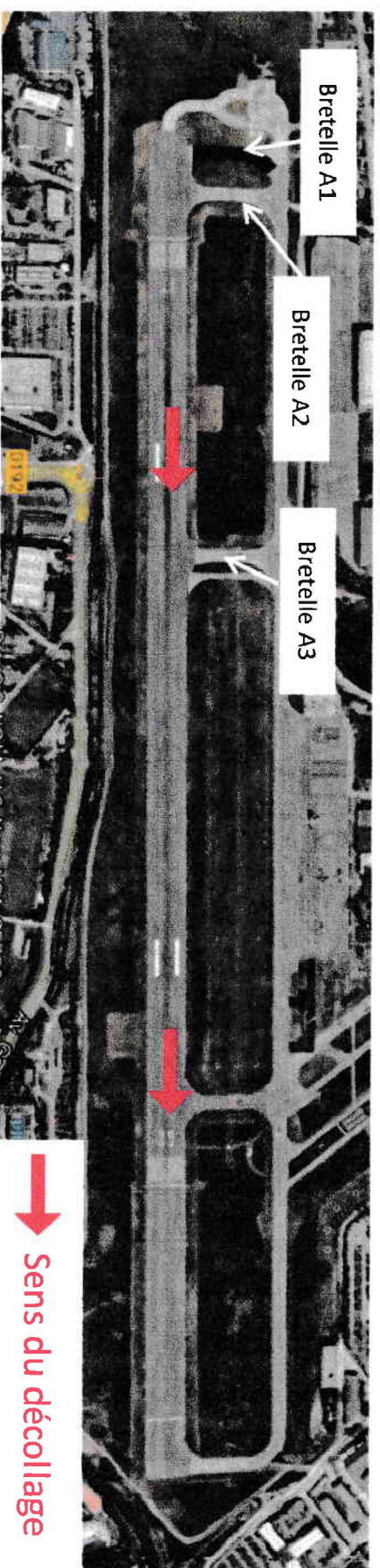
3/ Calcul de la cadence pour la séquence Départ/Départ

Modélisation du décollage:

- La longueur de décollage de référence considérée a été corrigée en altitude, température et pente de piste via la méthode OACI. De plus, un coefficient 0,87 (1/1.15) a été appliqué afin de considérer les réelles performances de l'appareil (marges appliquées sur la longueur de référence, cf. réglementation européenne CS-25 BOOK 1 amendment 25).
- Un temps d'occupation de piste a été calculé pour chaque avion présent dans l'heure caractéristique.
- Séparation de la méthode de calcul en trois parties:
 - Une phase de roulage / accélération au sol jusqu'à atteindre la longueur de décollage de référence corrigée
 - Accélération constante,
 - Vitesse initiale: nulle,
 - Vitesse finale: vitesse au décollage (V_{TO}).
 - Une phase de vol jusqu'à atteindre l'extrémité de piste
 - Accélération constante,
 - Vitesse initiale: V_{TO} ,
 - Vitesse finale: vitesse de montée initiale.
 - Une phase de vol jusqu'à atteindre le point ROLUP
 - Vitesse de montée initiale

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Départ/Départ

Hypothèses relatives aux décollages en 17



Hypothèses considérées:

- Les décollages depuis les taxiways intermédiaires sont interdits (ALP 20.3). Les décollages en 17 se font donc exclusivement par le taxiway A1.
- Le second avion au décollage est autorisé à s'aligner lorsque le premier a passé la bretelle A3 (hypothèse CGX) → **Pas de temps d'alignement à prendre en compte, les aéronefs ont le temps de s'aligner avant la fin du décollage de l'avion précédent.**

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Départ/Départ

Résultats des calculs

- Temps pour atteindre ROLUP:

Temps moyen pour atteindre le point ROLUP (en s)	122,8
--	-------

- Matrice des turbulences de sillage:

General matrix for wake turbulences in s

Trailing			
Leading	M	L	
	60	141,8	
L	60		60

Note : 141,8s correspond à l'espacement de 5NM nécessaire pour les turbulences de sillage M/L avec les avions considérés.

- Matrice générale des contraintes pour la séquence D/D:

General matrix constraints in s for THR 17

Trailing			
Leading	M	L	
	98,4	141,8	
L	137,4		137,4

Cadence globale de la séquence D/D: Cadence DD (s) 126,7

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Départ/Arrivée

- Compte tenu de la définition de la séquence D/A (*on autorise un atterrissage lorsque l'avion au décollage a passé le point ROLUP*), la cadence associée à cette séquence dépend uniquement du temps que mets l'avion au décollage à rejoindre ROLUP
- La méthodologie de calcul du temps d'occupation de piste au décollage est la même que celle utilisée pour la séquence D/D précédente.

La cadence pour la séquence D/A est donc la suivante

Cadence DA (s)	122,8
----------------	-------

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Arrivée/Arrivée

Une piste est considérée occupée à l'atterrissage lorsqu'un aéronef en approche reçoit son autorisation d'atterrissage. Ce dernier est encore en phase d'approche lorsqu'il reçoit cette clearance.

Ainsi, le calcul de la cadence A/A est divisée en deux étapes:

1. Calcul du temps de vol jusqu'au seuil,
2. Calcul du temps d'occupation de piste,

1/ Calcul du temps de vol jusqu'au seuil:

- Lors de la délivrance de la clearance d'atterrissage l'aéronef se trouve à une certaine distance du seuil qui dépend de:
 - S'il est précédé par un atterrissage
 - S'il est précédé par un décollage
- On réalise les calculs pour deux scénarios (a) et (b) en se basant sur deux hypothèses de séparation radar :
 - Précédé par un atterrissage: *l'aéronef suivant à l'atterrissage reçoit sa clearance à l'IF (a) ou au FAF (b)*
 - Précédé par un décollage: *Lorsque l'avion au décollage atteint le point ROLUP, l'aéronef suivant à l'atterrissage se trouve à l'IF (a) ou au FAF (b)*

Dans les deux cas de chaque scénario, nous avons donc un avion à l'atterrissage qui se trouve :

(a) à l'IF lorsqu'il obtient son autorisation d'atterrir

(b) au FAF lorsqu'il obtient son autorisation d'atterrir

La capacité piste sera estimée pour les deux scénarios (clearance donnée à l'IF ou au FAF).

The image contains two maps of the Canary Islands, showing flight paths for MD410 and MD412 aircraft. The top map shows a route from CANNES to the islands, with stops at MD410, MD412, and MD504. The bottom map shows a similar route but with different aircraft and stops. Both maps include altitude and distance information.

Top Map Details:

- Route:** CANNES (110.35) → MD410 → MD412 → MD504.
- Altitude/Height:** 1700, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10000, 10500, 11000, 11500, 12000, 12500, 13000, 13500, 14000, 14500, 15000, 15500, 16000, 16500, 17000, 17500, 18000, 18500, 19000, 19500, 20000, 20500, 21000, 21500, 22000, 22500, 23000, 23500, 24000, 24500, 25000, 25500, 26000, 26500, 27000, 27500, 28000, 28500, 29000, 29500, 30000, 30500, 31000, 31500, 32000, 32500, 33000, 33500, 34000, 34500, 35000, 35500, 36000, 36500, 37000, 37500, 38000, 38500, 39000, 39500, 40000, 40500, 41000, 41500, 42000, 42500, 43000, 43500, 44000, 44500, 45000, 45500, 46000, 46500, 47000, 47500, 48000, 48500, 49000, 49500, 50000, 50500, 51000, 51500, 52000, 52500, 53000, 53500, 54000, 54500, 55000, 55500, 56000, 56500, 57000, 57500, 58000, 58500, 59000, 59500, 60000, 60500, 61000, 61500, 62000, 62500, 63000, 63500, 64000, 64500, 65000, 65500, 66000, 66500, 67000, 67500, 68000, 68500, 69000, 69500, 70000, 70500, 71000, 71500, 72000, 72500, 73000, 73500, 74000, 74500, 75000, 75500, 76000, 76500, 77000, 77500, 78000, 78500, 79000, 79500, 80000, 80500, 81000, 81500, 82000, 82500, 83000, 83500, 84000, 84500, 85000, 85500, 86000, 86500, 87000, 87500, 88000, 88500, 89000, 89500, 90000, 90500, 91000, 91500, 92000, 92500, 93000, 93500, 94000, 94500, 95000, 95500, 96000, 96500, 97000, 97500, 98000, 98500, 99000, 99500, 100000, 100500, 101000, 101500, 102000, 102500, 103000, 103500, 104000, 104500, 105000, 105500, 106000, 106500, 107000, 107500, 108000, 108500, 109000, 109500, 110000, 110500, 111000, 111500, 112000, 112500, 113000, 113500, 114000, 114500, 115000, 115500, 116000, 116500, 117000, 117500, 118000, 118500, 119000, 119500, 120000, 120500, 121000, 121500, 122000, 122500, 123000, 123500, 124000, 124500, 125000, 125500, 126000, 126500, 127000, 127500, 128000, 128500, 129000, 129500, 130000, 130500, 131000, 131500, 132000, 132500, 133000, 133500, 134000, 134500, 135000, 135500, 136000, 136500, 137000, 137500, 138000, 138500, 139000, 139500, 140000, 140500, 141000, 141500, 142000, 142500, 143000, 143500, 144000, 144500, 145000, 145500, 146000, 146500, 147000, 147500, 148000, 148500, 149000, 149500, 150000, 150500, 151000, 151500, 152000, 152500, 153000, 153500, 154000, 154500, 155000, 155500, 156000, 156500, 157000, 157500, 158000, 158500, 159000, 159500, 160000, 160500, 161000, 161500, 162000, 162500, 163000, 163500, 164000, 164500, 165000, 165500, 166000, 166500, 167000, 167500, 168000, 168500, 169000, 169500, 170000, 170500, 171000, 171500, 172000, 172500, 173000, 173500, 174000, 174500, 175000, 175500, 176000, 176500, 177000, 177500, 178000, 178500, 179000, 179500, 180000, 180500, 181000, 181500, 182000, 182500, 183000, 183500, 184000, 184500, 185000, 185500, 186000, 186500, 187000, 187500, 188000, 188500, 189000, 189500, 190000, 190500, 191000, 191500, 192000, 192500, 193000, 193500, 194000, 194500, 195000, 195500, 196000, 196500, 197000, 197500, 198000, 198500, 199000, 199500, 200000, 200500, 201000, 201500, 202000, 202500, 203000, 203500, 204000, 204500, 205000, 205500, 206000, 206500, 207000, 207500, 208000, 208500, 209000, 209500, 210000, 210500, 211000, 211500, 212000, 212500, 213000, 213500, 214000, 214500, 215000, 215500, 216000, 216500, 217000, 217500, 218000, 218500, 219000, 219500, 220000, 220500, 221000, 221500, 222000, 222500, 223000, 223500, 224000, 224500, 225000, 225500, 226000, 226500, 227000, 227500, 228000, 228500, 229000, 229500, 230000, 230500, 231000, 231500, 232000, 232500, 233000, 233500, 234000, 234500, 235000, 235500, 236000, 236500, 237000, 237500, 238000, 238500, 239000, 239500, 240000, 240500, 241000, 241500, 242000, 242500, 243000, 243500, 244000, 244500, 245000, 245500, 246000, 246500, 247000, 247500, 248000, 248500, 249000, 249500, 250000, 250500, 251000, 251500, 252000, 252500, 253000, 253500, 254000, 254500, 255000, 255500, 256000, 25

- 20/12/2022 19/32

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Arrivée/Arrivée

2/ Calcul du temps d'occupation piste:

- Les vitesses d'approche et les distances de référence à l'atterrissage sont récupérées des données constructeur, du site Skybrary (https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page#operational-issues) et du site : <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/details.aspx?1CAO>
- Les vitesses et distances considérées sont celles d'aéronefs à MTOW.
- La longueur de référence à l'atterrissage a été corrigée via la méthode OACI (Doc 9157 Partie 1, prenant en compte la température et l'altitude du terrain) et un facteur 0,87 a été appliqué afin de considérer les réelles performances de l'appareil (marges appliquées sur la longueur de référence).

- **Utilisation de la méthode des trois segments décrite par l'OACI (Doc 9157 Part 2)** pour déterminer le temps que met un avion pour arriver du seuil de piste à son taxiway de sortie. Toutefois, à la place d'appliquer une décélération de $1,5 \text{ m/s}^2$ après stabilisation, jusqu'au taxiway de sortie, il a été appliqué une décélération constante qui va varier en fonction de la distance du taxiway, dans le cas où l'avion à l'atterrissage peut emprunter directement son taxiway de sortie.

NB: Comme les taxiways de sortie sont ceux utilisés actuellement par les aéronefs sans qu'il n'y ait de problèmes particuliers, il est considéré que cette décélération est acceptable. De plus, dans certains cas, le temps de stabilisation n'a pas été pris en compte, sinon les aéronefs ne pouvaient pas emprunter les taxiways de sortie de piste.

- La vitesse à laquelle les avions doivent emprunter les taxiways de sortie est issue des recommandations OACI (Doc 9157 Part 2) et est fonction des rayons de virage des taxiways de sortie. La vitesse pris dans le cadre de l'étude est de 13kt.

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Arrivée/Arrivée

2/ Calcul du temps d'occupation piste:

- Les pourcentages d'utilisation des taxiways de sortie de piste ont été construit avec l'Aéroport et sont les suivants (égaux pour les scénarios (a) et (b)):

Landing RWY 35		Aircraft code		
Name of taxiway	1	2	3	
A1	0%	0%	0%	
A2	20%	50%	100%	
A3	80%	50%	0%	

- Le taxiway A1 n'est utilisé que pour les entrées sur piste (cf. Slide 15) et n'est ainsi pas utilisé comme taxiway de sortie à l'atterrissage,
 - Les avions sortent exclusivement par les taxiways A2 et A3.
- Le roulage du taxiway de sortie jusqu'au passage du point d'attente est réalisé à décélération constante. Il a été pris comme hypothèses que la vitesse des aéronefs au niveau du point d'attente est de 10kt.

Note : Le temps de roulage jusqu'au point d'attente prend en compte le passage total de l'aéronef après le point d'attente.

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Arrivée/Arrivée

Résultats des calculs, pour chaque scénario :

- On cumule, pour chaque aéronef, son temps de vol jusqu'au seuil et son temps d'occupation piste pour chaque taxiway de sortie.
- On pondère ces cadences par les pourcentages d'utilisation des taxiways de sortie pour chaque aéronef, puis l'on pondère ces cadences par la fréquence de chaque avion à l'atterrissage.

- Nous arrivons aux résultats suivants:

- Scénario (a), clearance à l'IF :

Average cadence AA (s) (clearance at IF)	285,6
--	-------

- Lorsque le premier avion reçoit sa clearance, l'avion suiveur est en moyenne à 13,5 NM derrière.

- Scénario (b), clearance au FAF :

Average cadence AA (s) (clearance at FAF)	179,7
---	-------

- Lorsque le premier avion reçoit sa clearance, l'avion suiveur est en moyenne à 8,5 NM derrière.

3/ Calcul de la cadence pour la séquence Arrivée/Départ

La séquence A/D se termine lorsque le premier aéronef a libéré la piste (passage du point d'attente) et que l'aéronef au décollage a rejoint son point de mise en puissance

Ainsi la cadence A/D est égale à :

Cadence de la séquence A/A + pénalisation de temps d'alignement
depuis le taxiway A1

- Dans notre cas, vu que les atterrissages et les décollages se font en sens contraire, nous allons prendre en compte une pénalisation de temps d'alignement:
 - Roulage du point d'attente avant piste, jusqu'à être aligné avec l'axe de piste,
 - Vitesse initiale nulle / vitesse finale de 10kt.

- La cadence pour la séquence A/D est la suivante:

- Scénario (a), clearance à l'IF :

Average cadence AD (s) (clearance at IF)	335,4
--	-------

- Scénario (b), clearance au FAF :

Average cadence AD (s) (clearance at FAF)	229,5
---	-------

4/ Calcul de la cadence globale de la piste

Résultat des calculs

Estimation capacité piste, décollage / atterrissage par la mer, sans hélico ni VFR

- Scénario (a) : cas d’une clearance donnée à l’IF

Globale cadence (in s) (clearance at IF)	228,6
Number of movements per hour	15,0

- Scénario (b) : cas d’une clearance donnée au FAF

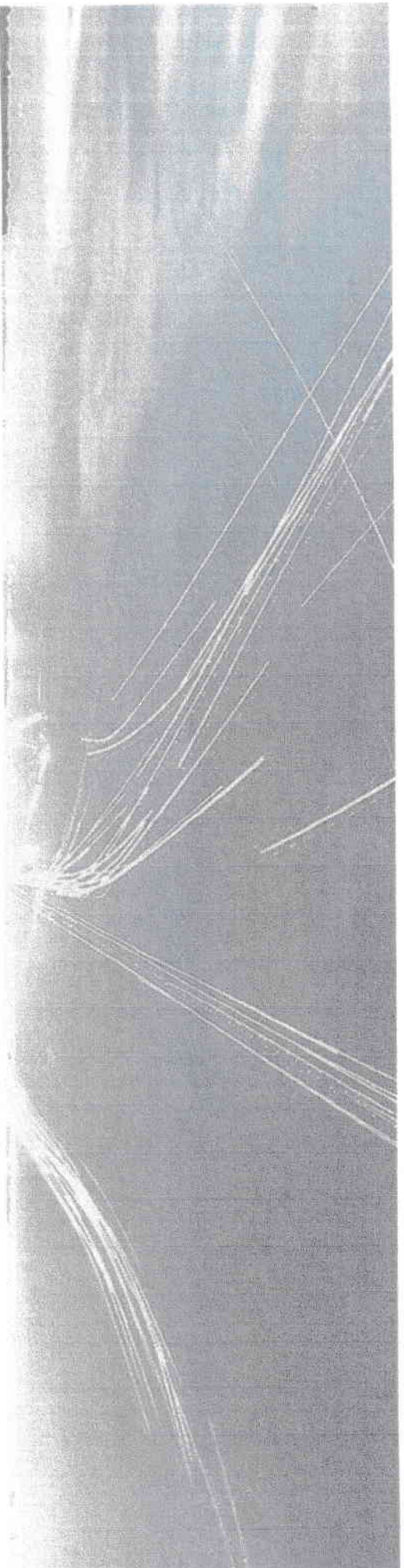
Globale cadence (in s) (clearance at FAF)	169,4
Number of movements per hour	21,0

Sur l’aéroport de Cannes, le nombre d’arrivée IFR est limité à 6 par heure. Il n’y a pas de contraintes sur les départs IFR (soit maximum cumulé estimé entre 12 et 15 mouvements IFR par heure).

- Les opérations atterrissages et décollages par la mer ne semblent pas limiter la capacité dans le cas d’une clearance d’atterrissage donnée au FAF (21 mouvements par heure maximum),
- En revanche, une clearance à l’IF impose des cadences des séquences AA et AD élevées, du fait de temps de vol longs jusqu’au seuil, ce qui positionne la capacité au même niveau que la restriction mouvement IFR.

Ces résultats sont théoriques :

- Le nombre de mouvements IFR réalisés sur les heure top mouvements n’a pas été communiqué à CGX AERO et la comparaison est faite vis-à-vis de la limite théorique
- Le point où la clearance est donnée est à valider avec le SNA car c’est un facteur critique en matière de capacité de piste.



Comparaison avec le fonctionnement nominal

Comparaison avec le fonctionnement nominal

- La capacité piste en considérant un fonctionnement nominal (deux QFU utilisables, et VPT lors des arrivées en 35) a également été étudiée.
 - Utilisation du même « fleet mix », basé sur nos **hypothèses de tri des vols IFR et VFR**.
 - Les mêmes méthodes de calculs et la même méthodologie que précédemment ont été appliqués. Des hypothèses supplémentaires ont été considérées:
 - Lors des décollages en 35, il a été considéré que l'aéronef au décollage avait libéré la piste une fois l'extrémité opposée de piste franchie
 - **Fin des séquences DD et DA 35** : le premier aéronef au décollage a franchi l'extrémité opposée de piste (calcul du temps d'occupation de piste),
 - Les hypothèses sur les décollages en 17 sont inchangées,
- Note : départs omnidirectionnels en 35, nous recherchons la capacité de piste maximale, on considère que les avions peuvent prendre des l'extrémité opposé de piste, une trajectoire divergente de 30° par rapport à l'axe de piste.*
- Aucun décollage/atterrissage n'est autorisé en 17 tant qu'un aéronef réalisant une approche 17 via une VPT n'a pas libéré la piste (passage du point d'attente).
 - Le second aéronef à l'atterrissage en 17 reçoit ainsi sa clearance, à l'IAF, lorsque le premier avion a effectué l'approche via la VPT, et libéré la piste.
 - Pour l'atterrissage en 35 : les deux mêmes scénarios (a) et (b) de point de clearance ((a) à l'IF, (b) au FAF) ont été étudiés.

Comparaison avec le fonctionnement nominal

Résultat des calculs

Cadences et estimation de la capacité en fonctionnement nominal, sans hélico ni VFR

- Scénario (a) : cas d'une clearance donnée à l'IF

Type of sequence	Percentage	Cadence of the sequence 17 (in s)	Cadence of the sequence 35 (in s)
AD	28,81%	480,4	285,6
DA	33,90%	122,8	43,7
AA	27,12%	480,4	285,6
DD	10,17%	126,7	60,0

Cadence THR 17 (in s)	323,2
Cadence THR 35 (in s)	180,7

Utilization THR 17	40%
Utilization THR 35	60%

- Scénario (b) : cas d'une clearance donnée au FAF

Type of sequence	Percentage	Cadence of the sequence 17 (in s)	Cadence of the sequence 35 (in s)
AD	28,81%	480,4	179,7
DA	33,90%	122,8	43,7
AA	27,12%	480,4	179,7
DD	10,17%	126,7	60,0

Cadence THR 17 (in s)	323,2
Cadence THR 35 (in s)	121,4

Utilization THR 17	40%
Utilization THR 35	60%

Les pourcentages d'utilisation des QFU sont issus du fichier « Evolution QFU IFR depuis 2019 » comptant le nombre de mouvements IFR par QFU et par an.



Aero



CONFIDENTIEL – CGX Copyright 2022

20/12/2022

27/32

Comparaison avec le fonctionnement nominal

Résultat des calculs

Estimation capacité piste, sans hélico ni VFR

- **Scénario (a) :** cas d'une clearance donnée à l'IF (= mouvement comparé aux A/D par la mer)

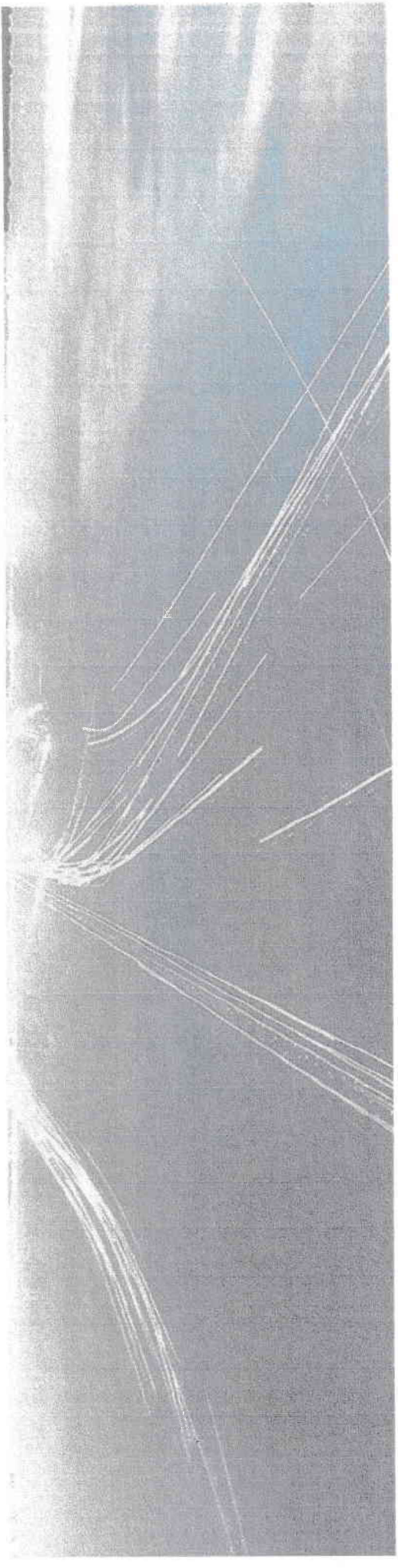
Global cadence (clearance at IF)	237,7
Number of movements per hour	15,0

- **Scénario (b) :** cas d'une clearance donnée au FAF (-4 mouvements comparé aux A/D par la mer)

Global cadence (clearance at FAF)	202,2
Number of movements per hour	17,0

Ces nombres de mouvement restent compatibles avec les limitations de vols IFR applicables sur Cannes (nombre d'arrivée IFR est limité à 6 par heure, pas de contraintes sur les départs IFR, soit un maximum cumulé estimé entre 12 et 15 mouvements IFR par heure).

- Les cadences sont égales ou améliorées par rapport aux décollages et atterrissages par la mer, sauf pour les séquences AA et AD en 17 : le temps pour réaliser la VPT depuis le point de clearance, sans qu'aucune autre clearance ne soit donnée est une contrainte forte sur les cadences de ces séquences.
- Au global la capacité est égale (cas d'une clearance à l'IF) ou plus faible (cas d'une clearance au FAF) que dans le cas de décollages et atterrissages par la mer



Conclusion



Synthèse

- L'estimation de la capacité de la piste 17/35 a été réalisée dans le cas où tous les décollages et atterrissages se font par la mer, et comparée avec le fonctionnement nominal (utilisation des deux QFU, atterrissages possibles en 17 en réalisant la VPT avec clearance à l'IF), pour les vols IFR uniquement, et sans hélicoptères.
 - Le « fleet mix » IFR a été construit à partir du fichier de trafic et sur la base d'hypothèses prises par CGX pour trier les vols VFR et IFR.
 - Deux points de clearance d'atterrissage ont été étudiés pour l'atterrissage en 35 : clearance donnée à l'IF ou au FAF.
- **Le fonctionnement nominal (utilisation de la VPT) semble moins favorable que les décollages et atterrissages par la mer car il est plus limitant pour la capacité piste.**
Cependant :
 - Dans les deux cas, la capacité en mouvements IFR reste supérieur à la limite de mouvement IFR imposée sur l'aéroport de Cannes.
 - Il est important de rappeler que la mise en œuvre du scénario « **décollages et atterrissages par la mer uniquement** » dépend des conditions météorologiques (direction et force du vent), qui peuvent imposer la réalisation d'atterrissages en 17.
 - Ces conclusions sont théoriques car elles dépendent de plusieurs hypothèses qu'il conviendrait de valider (répartition des vols VFR et IFR, définition du point de clearance, utilisation des taxiways...).

Limites du modèle

- Les hypothèses prises en compte en termes de séparation radar et fonctionnement ATC dans le cadre d'un atterrissage / décollage par la mer n'ont pas pu être partagées avec le SNA. Il convient donc de voir si les hypothèses modélisées sont compatibles avec le mode de gestion du trafic aérien du SNA.
- De façon générale, un nombre important d'hypothèses ont été considérées dans l'étude (tri des vols IFR/VFR, définition des points de délivrance d'autorisations de décollage et d'atterrissages, vitesse de roulage au sol, pourcentages d'utilisation des QFU, pourcentages d'utilisation des taxiways ...). Toutes modifications de ces hypothèses nécessitent une réévaluation de cette étude.
- Les temps d'occupation de piste à l'atterrissage et au décollage sont une information critique qu'il conviendrait de vérifier par une campagne de mesure sur site.
- De façon générale, en cas de modification du « fleet mix », une reprise de cette étude est souhaitable.