



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

***Investissements dans le «smart airport» et
qualité de service attendue***

Rapport n° 013687-01

**établi par
Philippe AYOUN et Michel ROSTAGNAT**

Septembre 2021



CGEDD

CONSEIL GÉNÉRAL DE
L'ENVIRONNEMENT ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE

**Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités
passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la
rédaction de ce rapport**

Statut de communication	
<input type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input checked="" type="checkbox"/>	Communicable

Sommaire

Résumé	7
Liste des recommandations	9
Introduction	10
1 Le contexte	11
1.1 COVID : Chute du trafic, arrêt des investissements (CRE).....	11
1.1.1 Le trafic aérien mondial a baissé de 60 % en 2020.....	11
1.1.2 Un impact encore plus sévère en France (division par 3)	11
1.1.3 Une situation financière des aéroports fortement dégradée	11
1.1.4 Une évolution future très incertaine	12
1.2 Un espoir : le passe sanitaire, mais une mise en œuvre à optimiser	13
2 L'émergence du <i>Smart Airport</i>	15
2.1 L'origine au tournant des années 2010 ?.....	15
2.2 Le projet de CRE4 d'ADP : Terminal 4 et <i>Smart Airport</i>	15
2.3 Travaux de l'IATA.....	16
2.4 <i>Smart port, smart grid, smart city</i>	17
3 Définir et évaluer le <i>smart airport</i>	18
3.1 Une première typologie	18
3.2 Quelques briques technologiques	19
3.2.1 Identité numérique.....	19
3.2.2 Biométrie.....	19
3.2.3 Internet des objets.....	21
3.2.4 Lidar	21
3.2.5 Apprentissage par la machine et données massives.....	22
3.3 Les critères d'évaluation	22
3.3.1 Enjeux de capacité	22
3.3.2 Enjeux de développement durable	24
3.3.3 Enjeux de qualité de service : indicateurs chiffrés et perception	24

3.3.4 Enjeux de cybersécurité	26
3.3.5 Enjeux de protection de données personnelles et d'acceptabilité	28
3.3.6 Enjeux économiques et financiers : quelle chaîne de valeur ?	28
3.3.7 Proposition de grille d'évaluation	29
4 Les grandes familles de projets	30
4.1 Parcours passager : la biométrie au cœur du système.....	30
4.1.1 Le parcours du passager jusqu'à son vol	30
4.1.2 Un meilleur accompagnement des personnes handicapées et à mobilité réduite.....	34
4.1.3 Le traitement des bagages.....	34
4.1.4 Les enjeux spécifiques du contrôle des frontières.....	35
4.1.5 En passant par les commerces.....	38
4.1.6 ...et les parcs autos	38
4.2 Airside : optimiser les ressources grâce aux données.....	39
4.2.1 L'Airport Operations Center (APOC) selon l'exemple de Nice Côte d'Azur	39
4.2.2 Autres solutions airside.....	40
4.3 <i>Green</i> et <i>Smart</i> : quelles interactions ?	42
5 Pour un déploiement efficace : une bonne articulation public/privé.....	44
5.1 Stratégies de déploiement du <i>smart airport</i>	44
5.1.1 La stratégie du groupe ADP (dont Innovation hub).....	44
5.1.2 La stratégie du groupe Vinci Airports.....	45
5.1.3 Les autres aéroports sont intéressés mais en attente	45
5.1.4 En conclusion.....	47
5.2 L'écosystème industriel et l'appui à son déploiement	48
5.2.1 L'accompagnement mis en place par Proavia	48
5.2.2 L'approche originale de l'Innovation hub d'Eurocontrol.....	48
5.2.3 Vers un accompagnement dynamique et organisé.....	49
5.3 Renforcer la coordination entre aéroports, police aux frontières et contrôle sanitaire	50
5.4 Adapter la réglementation technique (sécurité)	51
5.5 Moderniser la régulation économique	51

5.6 Renforcer le rôle des services techniques de l'État.....	52
Conclusion.....	53
Annexes.....	55
1 Lettre de mission.....	56
2 Liste des personnes rencontrées.....	59
3 Cartographie des projets.....	63
3.1 Coté ville	63
3.2 Côté aérogare.....	63
3.3 Côté tarmac.....	70
3.4 Des deux côtés <i>landside</i> et <i>airside</i>	72
3.5 Management du système aéroportuaire.....	73
4 L'innovation dans le groupe ADP	75
4.1 La stratégie d'innovation d'ADP.....	75
4.2 L'Innovation hub ADP	76
5 L'innovation dans le groupe Vinci airports	80
5.1 Déploiement de la biométrie	81
5.2 CDM (<i>Collaborative Decision Making</i>)	82
5.3 Sur le lien entre <i>smart</i> et <i>green</i>	82
5.4 Focus sur l'aéroport de Lyon.....	82
6 L'APOC (<i>airport operation center</i>) d'Orly	85
6.1 Le cœur de l'APOC : l'hyper vision	85
6.2 Le <i>Collaborative decision making</i> - CDM.....	86
6.3 Le PC de crise	86
7 <i>Smart City et Smart Port</i>.....	88
7.1 Smart port : un label de plus en plus revendiqué	88
7.2 <i>Smart City</i> : quelques exemples.....	88

8	Fiche d'évaluation des projets <i>smart airport</i>.....	91
8.1	Contenu.....	91
8.2	Eléments fournis par ADP en réponse à la sollicitation de tester la fiche d'évaluation	92
9	Glossaire des sigles et acronymes.....	93

Résumé

Le concept de *smart airport* est né dans un contexte de croissance rapide, continue et apparemment irréversible du trafic aérien mondial. Contraints d'adapter en permanence des ressources devenues rares, les responsables des aéroports ont dû faire appel à tous les moyens à leur disposition, et notamment à ceux offerts par la gestion des données massives (*big data*). Ils ont dû également répondre aux attentes des compagnies aériennes de fluidifier toujours davantage le parcours des passagers de l'entrée de l'aéroport à l'embarquement, au point d'en faire un facteur de concurrence entre aéroports.

La crise sanitaire Covid 19 n'a pas réduit cette exigence d'efficacité : elle a induit de nouvelles contraintes dans le parcours passager à l'intérieur de l'aérogare ; concomitamment, l'Union européenne exige un système de contrôle plus rigoureux des mouvements de populations étrangères à l'intérieur de l'espace Schengen (règlements EES et ETIAS) ; et enfin les capacités d'investissement réduites rendent la recherche d'une minimisation des surfaces construites toujours plus nécessaire.

Le *smart airport* n'est pas un concept strictement défini. Il qualifie une très grande variété d'initiatives, qui débordent très largement du champ des techniques de fluidification du parcours passager au sein de l'aérogare, le parcours « sans couture » (*seamless*) formalisé depuis quelques années notamment par l'IATA. Les dimensions d'agilité et d'usage des technologies de l'information du concept *smart* sont également très prometteuses pour gérer les ressources en temps réel côté piste (opérations d'assistance en escale par exemple) comme côté terminal. Elles devraient également permettre d'améliorer la maintenance prédictive du patrimoine aéroportuaire, améliorant ainsi son économie comme sa disponibilité. Elles doivent assurer la robustesse et la résilience aux nombreuses crises qui peuvent affecter le fonctionnement d'un aéroport. S'il est prématuré de faire une évaluation précise des bénéfices de ces innovations, les gains potentiels en matière économique, de qualité de service, ou de bénéfices environnementaux paraissent prometteurs au vu des premières expériences. Il convient cependant de rester vigilant sur le respect de la confidentialité des données personnelles et sur le risque d'accroître la vulnérabilité aux cyberattaques associées aux technologies utilisées. La question du partage de la valeur ainsi créée entre les partenaires est également un sujet sensible dans une situation fortement concurrentielle, qui peut entraver les mécanismes de coopération.

La mission du CGEDD préconise de garder une approche pragmatique de ces innovations et d'encourager et d'accompagner, au moins à court terme, la profusion de projets qu'elle a recensés : il n'y a pas de normalisation à proprement parler mais il faut encourager une circulation rapide des expériences les plus réussies. Cette créativité est servie en France par l'inventivité de nombreuses entreprises, grandes (Airbus, Amadeus, Idemia, Thalès, Schneider, IN Groupe...) et naissantes, efficacement soutenues par Proavia et par le volontarisme de deux des plus grands groupes aéroportuaires mondiaux (ADP et Vinci Airports). Au niveau des aéroports, mais aussi des institutions internationales du secteur aérien (ACI, IATA, Eurocontrol), cela passe par des forums coopératifs ou *hubs* de l'innovation où sont partagées les questions et testées les réponses innovantes. Au niveau des pouvoirs publics, cela pourra passer par un appui financier dans le cadre de grands programmes tels que le PIA 4, actuellement modestement doté au profit du système aéroportuaire, et un premier appel à projets, concentré sur quelques enjeux prioritaires pourrait être utilement lancé. Il est par ailleurs essentiel que la DGAC, notamment, participe à la dynamique créatrice des acteurs selon les exigences propres des autorités publiques. Elle devrait assurer une présence renforcée de ses services techniques dans l'évaluation des solutions et la reconnaissance administrative des solutions à maturité, indispensable pour ouvrir aux entreprises qui les proposent les marchés à l'export. La nouvelle Agence de l'innovation dans les transports pourrait se donner cette vocation.

Enfin, si la mission du CGEDD note avec satisfaction la coopération sur le terrain avec les responsables de la police aux frontières, elle se doit de constater aussi qu'au niveau central, celle-ci n'est pas acquise entre les ministères de l'intérieur et des transports. La mise en œuvre imminente des contrôles renforcés à l'immigration dans l'espace Schengen appelle pourtant à une telle coopération dans laquelle les solutions à base de traitement de données massives devront être testées sans tabou.

Liste des recommandations

- Recommandation 1. (STAC) Développer l'expertise en matière d'évaluation de la capacité piste et des terminaux d'aéroports dotés d'équipements smart airport, en rassemblant, conjointement avec les aéroports concernés, les données de calage nécessaires.23**
- Recommandation 2. (DGAC) Étudier les conditions d'autorisation réglementaire de départ de l'avion avec bagage en soute en l'absence du passager.....35**
- Recommandation 3. (DGAC/DCPAF) Examiner les moyens de conformité au règlement EES compatibles avec une fluidité préservée ou améliorée du parcours des passagers, notamment dans le cadre d'évolutions ultérieures du système retenu.37**
- Recommandation 4. (DGAC et services du ministère de l'intérieur - DCPAF/SNUM) Établir une évaluation complète des coûts et avantages de concepts de mixité (Schengen / non Schengen) des espaces d'embarquement ou d'arrivée (tels que SAGA) et de leur compatibilité avec la protection des frontières, et examiner les conditions d'un accord international sur le sujet.....38**
- Recommandation 5. (Agence de l'Innovation dans les Transports) Lancer un ou plusieurs appels à projets visant à valider ou développer des projets smart airport..50**
- Recommandation 6. (DGAC, en liaison avec les services du ministère de l'économie, Agence de l'Innovation dans les transports) Étudier les modalités d'un référencement officiel des solutions innovantes développées par les entreprises françaises, en vue de leur reconnaissance sur les marchés étrangers.....50**
- Recommandation 7. (DSAC, en liaison avec l'AESA et, pour la sûreté, la Commission européenne) Enrichir progressivement les référentiels de certification et de surveillance en y intégrant les innovations liées au smart airport.51**
- Recommandation 8. (DGAC) Étudier les évolutions de la régulation économique résultant du smart airport notamment en matière de concertation avec les usagers, de tarification, et du fonctionnement de l'assistance en escale.52**
- Recommandation 9. (DGAC/STAC) Définir et mettre en œuvre des modalités de tests, voire certifications, de produits et solutions smart airport particulièrement sensibles.52**

Introduction

Par une commande signée du 8 décembre 2020, la DGAC demande au CGEDD de préciser la notion de *smart airport*, ses enjeux ou son potentiel pour les acteurs concernés, notamment les aéroports français.

Parmi les points d'attention spécifiquement mentionnés, figurent notamment la valeur économique pour les différents acteurs (dont aéroports et compagnies aériennes) qui pourrait être créée par le déploiement du *smart airport*, l'amélioration de la qualité de service induite par ces technologies et le lien avec le verdissement des opérations aériennes, vu notamment au travers de la gestion coopérative des mouvements d'avions (*cooperative decision making* – CDM), ainsi que les exigences de protection de données et de résilience face aux attaques du système d'information.

Comme le concept de *smart airport* est flou et aucunement normalisé, la mission a, dans une première phase de ses travaux, réalisé des entretiens très variés avec des aéroports français et étrangers, des fournisseurs de systèmes, des organisations (IATA, ACI, UAF), et des compagnies aériennes pour identifier les projets, produits et principales dimensions du *smart airport*.

Dans une deuxième phase, des approfondissements thématiques ont été réalisés (protection des données, enjeux de capacité, enjeux liés aux évolutions réglementaires des passages transfrontaliers...). Enfin des recommandations sont proposées tant aux aéroports qu'aux pouvoirs publics, notamment en termes d'accompagnement et de régulation.

La mission tient à remercier la directrice de Proavia, Madame Marie Carru, pour son soutien qui s'est révélé très appréciable pour organiser nombre d'entretiens, notamment avec les industriels. Elle remercie également Monsieur Étienne Vincent, qui dans le cadre d'un stage auprès du CGEDD a contribué à ce rapport. Elle remercie enfin tous ses interlocuteurs, et tout particulièrement Aéroports de Paris, dont le directeur général adjoint chargé des opérations, Monsieur Fernando Echegaray, et son équipe, notamment Monsieur Loïc Briand, se sont rendus extrêmement disponibles.

Du fait du contexte sanitaire, la quasi-totalité des entretiens a été réalisée en téléconférence (à l'exception de deux visites à Orly et Roissy).

L'étendue des sujets couverts est telle que ce rapport doit être considéré comme exploratoire, et qu'il devrait conduire à des approfondissements par la suite. Pour la mission, la *smartisation* des aéroports est une œuvre de longue haleine qui va mobiliser dans la durée la communauté aéroportuaire et les autorités publiques et qui gagnera à s'inscrire dans une dynamique coopérative entre ces acteurs.

1 Le contexte

1.1 COVID : Chute du trafic, arrêt des investissements (CRE)

1.1.1 Le trafic aérien mondial a baissé de 60 % en 2020

Selon les statistiques réunies par l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale)¹, le trafic aérien mondial est retombé en 2020 à son niveau de l'année 2003, après une longue période de croissance. Sous l'effet de la crise du transport aérien, seulement 1,8 milliards de passagers ont emprunté des liaisons aériennes l'année passée, en baisse de 60 % par rapport à 2019 (4,5 milliards).

Cette crise a généré un montant global de pertes financières pour les compagnies aériennes de 370 Md\$, avec des pertes supplémentaires de 115 Md\$ pour les aéroports et 13 Md\$ pour les fournisseurs de services de navigation aérienne. Les pertes financières pour les compagnies aériennes se répartissent de la manière suivante : 120 Md\$ pour la région Asie-Pacifique, 100 Md\$ pour l'Europe, 88 Md\$ pour l'Amérique du Nord, et respectivement 26, 22 et 14 Md\$ pour la région Amérique Latine et les Caraïbes, le Moyen-Orient et l'Afrique.

1.1.2 Un impact encore plus sévère en France (division par 3)

Selon le Bulletin statistique annuel de la DGAC, le trafic aérien vers ou depuis la France ne représentait en 2020 que 30 % de celui de l'année précédente. Le trafic international a été le plus touché (perte de 74 %), avec une quasi disparition sur les dix derniers mois du trafic vers les États-Unis et la Chine ; le trafic intérieur étant moins touché (perte de 55 %), notamment vers l'Outre-mer (-45 %).

Les aéroports ont par voie de conséquence été affectés dans les mêmes proportions, les aéroports corses et d'Outre-mer étant moins touchés.

Le repli s'est encore renforcé au cours des premiers mois de 2021, le trafic aérien d'avril n'atteignant que 12 % de celui d'avril 2019, point bas selon les observateurs du secteur qui espèrent une reprise progressive et encore 28 % seulement en juin 2021.

1.1.3 Une situation financière des aéroports fortement dégradée

La chute du trafic affecte durement les aéroports, qui ne peuvent pas réduire leurs coûts de production dans les mêmes proportions que le trafic alors que les recettes commerciales baissent quant à elles dans des proportions encore plus grandes. De ce fait, les dépenses d'investissement ont été la principale variable d'ajustement, alors que les projets d'extension recensés en 2019 étaient considérables. C'est ainsi qu'ADP a renoncé à sa proposition de 4^e Contrat de régulation économique (CRE4), assorti de 6 Md€ d'investissements sur cinq ans, et interrompu le contrat en cours. D'autres aéroports sont menacés dans leur existence même, certaines collectivités territoriales envisageant de leur retirer leur soutien financier.

L'Union des aéroports français (UAF) indique ainsi, dans son communiqué conjoint avec d'autres acteurs de la profession d'avril 2021, que le secteur aéroportuaire au sens large a perdu 10 à 15 % de ses effectifs (soit 30 000 salariés) sans compter l'impact sur les sous-traitants, l'impact ayant été bien sûr fortement limité par le dispositif de l'activité partielle.

Les aéroports ont bénéficié des mesures de chômage partiel et des autres dispositifs de soutien. La plupart ont différé une partie de leur programme d'investissements (y compris de maintenance) et anticipent une situation difficile au moins pour 2021.

¹ Source *Air et Cosmos*, janvier 2021.

1.1.4 Une évolution future très incertaine

Même dans l'hypothèse, le plus souvent retenue, d'une épidémie à peu près maîtrisée grâce à la généralisation de la vaccination, à l'horizon 2022-2023, l'évolution à moyen terme du transport aérien reste incertaine et inégale selon les pays.

Le très fort dynamisme du transport aérien intérieur aux États-Unis ou en Chine constaté au début de l'été 2021 illustre un appétit pour le voyage toujours présent, que l'on peut supposer également concerner les vols intra-européens si le passe sanitaire apporte les résultats escomptés. Lors des précédentes « après-crisis » observées depuis 2000, le transport aérien avait retrouvé son rythme de croissance, et même effacé l'impact des crises, un ou deux ans après leur fin : c'est ce qui a été constaté après la crise de 2001-2003 (attentats du 11 septembre 2001 puis SRAS), celle de 2008-2009 (crise financière « *Lehmann Brothers* » et zone euro) ou même celle dite du printemps arabe (2010) plus localisée mais qui a révélé l'adaptabilité du tourisme international (changements de destination).

Personne ne peut dire ce qu'il en sera de l'« après COVID 19 ». Une opinion largement partagée est qu'une conséquence pérenne devrait être l'extension de la visioconférence avec ses conséquences sur le travail (télétravail), les rencontres d'affaires, et les événements professionnels (tourisme d'affaires)². Une telle évolution affecterait le trafic aérien, pas de façon massive sinon sur certaines destinations, mais surtout le modèle économique du secteur, le voyage d'affaires étant le segment de marché le plus rémunérateur pour les compagnies aériennes.

On peut également rappeler les mouvements d'opinion en faveur de la modération du transport aérien (« honte de l'avion ») du fait de sa contribution au réchauffement climatique, qui avaient précédé la crise COVID. Ils ont pu contribuer à accélérer les efforts en vue de « décarboner » l'aviation et modérer son usage sur les courtes distances quand une alternative ferroviaire existe, avec un impact pour l'instant limité sur la demande de transport aérien.

Le moyen terme (jusqu'à 2025) devrait, selon le consensus international des professionnels du secteur, voir une reprise progressive du transport aérien. Ainsi Eurocontrol prévoit dans son scénario moyen un retour en 2024 de 95 % du trafic 2019 (ce qui fait cependant une baisse de 20 % par rapport à la tendance *ex ante*)³. La reprise serait très inégale selon les zones géographiques et marquée par des disparitions et concentrations de compagnies aériennes (comme lors des crises précédentes) qui peuvent par contrecoup toucher les aéroports, en particulier en France où le maillage aéroportuaire est très resserré dans certaines régions.⁴

^{2 2} Cf. par exemple l'étude de mai 2021 de la chaire Pégase de Montpellier qui prévoit une chute de 38 % du tourisme d'affaires : <https://www.voyages-d-affaires.com/chaire-pegase-visio-20210614.html>.

³ Étude Eurocontrol citée par *Air Journal* - mai 2021.

« La principale conclusion du rapport est que le trafic aérien ne devrait pas atteindre les niveaux de 2019 avant 2024 au plus tôt, avançant trois scénarios possibles :

- Le premier scénario : retour du trafic aux niveaux de 2019 d'ici 2024, supposant une vaccination généralisée sur le réseau européen d'ici l'été 2021, un assouplissement coordonné des restrictions de déplacement et la reprise de quelques flux long-courriers. Il est jugé optimiste compte tenu de l'état actuel des progrès du déploiement des vaccins, une approche coordonnée entre les États étant moins susceptible d'être atteinte dans les mois à venir.
- Le deuxième scénario, le plus probable : trafic 2024 à 95 % de 2019 sur la base de la vaccination à travers l'Europe et d'un assouplissement des restrictions de voyage entre régions du monde, les flux long-courriers commençant à revenir.
- Le troisième scénario, le plus pessimiste : trafic 2024 à 74 % du chiffre de 2019, avec une reprise complète pas avant 2029, du fait de restrictions persistantes en raison de la distribution inégale des vaccins ou de la recrudescence de nouveaux variants du virus, avec pour conséquence un impact négatif sur la confiance des passagers. »

⁴ À la date de rédaction du rapport (juillet 2021) ADP vient d'annoncer une révision à la baisse de ses prévisions pour 2021 : « Pour l'année en cours, ADP anticipe un trafic, au plan mondial, compris entre 40 et 50 % de son niveau de 2019, contre une précédente fourchette de 45 à 55 %. S'agissant de Paris Aéroport, ADP table désormais sur un trafic compris entre 30 et 40 % de son niveau de 2019, contre 35 à 45 % précédemment ».

1.2 Un espoir : le passe sanitaire, mais une mise en œuvre à optimiser

La condition de la reprise est le retour de la confiance dans la situation sanitaire des voyageurs aériens, ce qui a suscité depuis le début de l'année 2021 une multiplication d'initiatives visant à certifier l'immunité face au virus (tests PCR négatifs, vaccination) avec de grandes difficultés de mise en œuvre (contrôle d'authenticité, reconnaissances mutuelles entre pays, nature du document à présenter...).

C'est ainsi qu'Air France a expérimenté dès mars 2021, en partenariat avec ADP, une extension vers la Californie d'un dispositif de numérisation des résultats de tests COVID *ICC AOKpass*, portée par MedAire/International SOS, une ONG très active dans certaines régions du monde (réseaux de laboratoires certifiés), déjà en place pour les vols vers les Antilles. Les passagers testant l'application bénéficient d'un parcours dédié en aéroport, avec un accès prioritaire lors de l'embarquement et au passage des frontières à l'arrivée à Paris.

De nombreuses initiatives similaires existent telles que le *Travel Pass* de l'IATA, *Common Pass*⁵, *Very Fly* d'American Airlines avec Iberia, British Airways et Japan Airlines⁶, toutes ces applications fonctionnant selon des principes similaires à défaut d'être interopérables.

Au niveau européen, une volonté politique forte s'est manifestée, avec la décision de réaliser un certificat COVID numérique de l'UE, qui doit faciliter la libre circulation en toute sécurité des citoyens au sein de l'UE durant la pandémie de COVID-19. Tous les États membres peuvent d'ores et déjà le délivrer et l'utiliser. Il est disponible depuis le 1^{er} juillet 2021⁷.

La France a été l'un des premiers pays à déployer, avec l'application Tous Anti Covid, un tel système⁸. Le certificat peut être numérique, ou sur papier.

Si ce « passe » est un espoir réel de normaliser les voyages, notamment intra européens par voie aérienne, il ne suffit pas entièrement à fluidifier le parcours des passagers, le passage frontalier supposant de vérifier qu'un passager d'un pays A peut aller dans un pays B avec une importante combinatoire de cas possibles, encore accrue si le passager fait une correspondance au cours de son voyage.

⁵ <https://commonpass.org/>.

⁶ <https://go.daon.com/veriflyapp>.

⁷ Source https://ec.europa.eu/info/live-work-travel-eu/coronavirus-response/safe-covid-19-vaccines-europeans/eu-digital-covid-certificate_fr. « Le certificat atteste que le détenteur est vacciné/ ou immunisé/ ou a subi récemment un test PCR négatif. (A noter dans la déclinaison française, qu'un test PCR positif est automatiquement transformé en résultat négatif après deux semaines). Le certificat COVID numérique de l'UE contient un code QR portant une signature numérique visant à le protéger contre la falsification. Lors de sa vérification, le code QR est scanné et la signature vérifiée. Chaque organisme de délivrance dispose de sa propre clé de signature numérique. Toutes ces données sont stockées dans une base de données sécurisée dans chaque pays. La Commission a mis en place un portail grâce auquel toutes les signatures des certificats pourront être vérifiées dans l'ensemble de l'UE. Les données à caractère personnel du titulaire du certificat ne sont pas transmises au portail (...). »

⁸ Vote le 9 juin de la loi de sortie de l'urgence sanitaire (art.1^{er}).

Actuellement (en France)⁹, ce contrôle est fait exclusivement dans le terminal par la police aux frontières (qui vérifie notamment le cas échéant le caractère « impérial » du voyage) et la compagnie aérienne (à l'embarquement)¹⁰. Les contrôles, s'ils sont faits systématiquement, prendraient plusieurs minutes supplémentaires à chaque étape (selon ce que ADP a déclaré à la mission), mais le délai pourrait être notablement raccourci si la réconciliation de la carte d'embarquement avec le passe sanitaire était fait au domicile des passagers (qui en majorité s'enregistrent à domicile). Cette modalité n'a pas été pour l'instant autorisée (pour des raisons liées à la sécurisation des échanges de données personnelles) alors que des solutions existent, comme celle qui a été mise en place en Espagne (où un certificat d'éligibilité sanitaire à un voyage est délivré par l'autorité de santé, sans que la compagnie ait accès au détail de l'information sanitaire du passager).

Ce développement est, en soi, une introduction à une des problématiques du *smart airport*. Des enjeux similaires seront présentés par la suite.

⁹ Constat fait en Juillet 2021 et susceptible d'évolution.

¹⁰ Air France a annoncé le 15 juillet 2021 une intégration des données santé dans la carte d'embarquement (<https://www.airfrance.fr/FR/fr/common/page flottante/information/engagement-sanitaire.htm>). Néanmoins elle reste selon ADP très manuelle : « Le passager envoie un pdf de ses documents en avance (copie du vaccin, etc.) sur une plate-forme sécurisée. Derrière son écran, un agent vérifie si les données sont compatibles avec le pays de destination, en les comparant avec une base de données des règles à jour et si oui, il coche une case "clear" dans le logiciel de la compagnie. La question du droit de le faire de manière automatique à l'enregistrement à domicile y compris avec d'autres applications que Tous Anticovid demeure. A ce stade subsistent des difficultés à l'enregistrement en raison des temps d'analyse très longs car les agents doivent comparer visuellement les noms, destinations, règles de destination et données sanitaires ».

2 L'émergence du *Smart Airport*

La notion de *smart airport* s'est installée progressivement dans la pensée aéroportuaire au cours de la décennie 2010-2020 à l'instigation de l'IATA, dont les travaux en ont largement diffusé certains aspects, puis en France avec le projet de 4^e contrat de régulation économique d'Aéroports de Paris (ADP). Il a semblé utile dans ce chapitre de mettre également en perspective la diffusion au cours de la période du concept *smart* dans d'autres secteurs, illustrée sur les exemples des villes et des ports.

2.1 L'origine au tournant des années 2010 ?

Sans que la mission ait fait des recherches historiques et documentaires sur ce point, le concept de *Smart Airport* semble avoir commencé à s'installer dans le vocabulaire de la profession à partir de 2015 environ (nombreux colloques, surtout à l'instigation de consultants et d'entreprises) et sans doute un peu avant¹¹. C'est donc une notion assez récente, même si la numérisation des opérations aériennes (billet dématérialisé...) a commencé bien avant, souvent à l'initiative des compagnies aériennes.

Un certain nombre de raisons convergentes pourraient expliquer cette émergence dans la décennie 2010. L'une d'entre elle est l'explosion des technologies de l'information : « nuage (*cloud*) » pour stocker les données, intelligence artificielle pour les traiter de plus en plus efficacement, « internet des objets », biométrie de plus en plus fiable, autant de « briques », présentées dans la partie 3, de ce qui était en train de devenir le *smart airport*.

Une autre raison est sans doute à chercher dans ce qu'Eurocontrol, dans ses publications triennales appelées *Challenge of Growth* (les défis de la croissance) dénommait le risque *capacity crunch* (pénurie de capacité) touchant la zone européenne, du fait d'un hiatus entre le développement du trafic aérien et la capacité des infrastructures - contrôle aérien et surtout aéroports, à l'exemple de Londres, engluée dans le débat sur la construction d'une troisième piste à Heathrow - ce risque menaçant et limitant la croissance malgré une demande forte. Les difficultés de construire des infrastructures nouvelles en Europe occidentale (Heathrow, Notre-Dame des Landes, mais on peut aussi citer les affres de la construction de Berlin Brandebourg, les débats sur le nouvel aéroport de Lisbonne...) ont accentué la prise de conscience de l'urgence d'optimiser l'existant avant de développer massivement la capacité.

Les Assises du transport aérien (2017/2018) ont abordé certaines de ces questions. La mission s'est notamment référée aux actes du rapport *Performance et innovation au service des passagers*.

Pourtant en 2019, le développement s'évalue encore, principalement, en mètres carrés.

2.2 Le projet de CRE4 d'ADP : Terminal 4 et *Smart Airport*

Le document de consultation du projet de 4^e contrat de régulation économique d'ADP (rédigé et concerté entre 2018 et 2019) définissait une stratégie de développement, et notamment d'investissement très ambitieuse (près de 7 Md€, dont 6 au titre du périmètre régulé, sur la période 2021-2025) fondée sur une hypothèse de croissance de trafic soutenue (2,6 % par an), soit près de 15 millions de passagers supplémentaires sur la période pour les aéroports de Paris-Charles De Gaulle (CDG) et Orly. Le projet comportait, outre une part substantielle consacrée à la maintenance, d'importants développements des terminaux existants sur les deux plates-formes (près de 95 000 m² créés pour Orly par exemple, soit 20 % de la surface actuelle et à CDG la création d'espaces augmentant la capacité de 7 millions de passagers par an) et côté piste, des aires de stationnement des avions. En outre le projet de CRE4 comportait d'importants travaux préparatoires du futur Terminal 4 au nord de la plate-forme de Paris CDG, destiné à accueillir à terme plus de 40 millions de passagers par an.

¹¹ La mission en a trouvé une première occurrence dans une note de Cisco de juillet 2009.

À côté de cette forte ambition de développement avec des moyens classiques, ce projet de CRE4 avait traduit la notion de *smart airport* dans le contexte français, prévoyant un budget de 181 M€ sur cinq ans (au titre du périmètre régulé) sous cette dénomination, selon quatre lignes principales :

- le parcours *seamless* (« sans couture », c'est-à-dire fluide, sans contrôle) des passagers pour 114 M€ : 71 M€ à CDG et 23 M€ à Orly. Il faut ajouter les lignes « équipements informatiques du parcours *seamless* (14 M€) et assistant personnel » (6 M€) ; Il consiste à automatiser l'ensemble du parcours passager par la mise en place de bornes libre-service (BLS), de déposes bagages automatiques (DBA), de portillons automatiques d'accès aux contrôles sûreté et frontière, et de portillons automatiques d'embarquement. L'automatisation était complétée par un volet biométrique grâce à la reconnaissance faciale ;
- des innovations côté piste soutenues par le programme SESAR pour 34 M€ : déploiement de « mires et *timers* » sur les postes de stationnement avions (20 M€), « planning et guidage des avions au sol » et autres projets SESAR ;
- des outils de pilotage opérationnel de l'aéroport pour 23 M€ ;
- des véhicules autonomes pour 10 M€.

Ce volet du programme d'investissement avait provoqué l'opposition de certaines compagnies, portant essentiellement sur l'imputation au titre des redevances aéronautiques des bornes d'enregistrement de nouvelle génération, car ces compagnies proposaient à une majorité de leurs voyageurs l'enregistrement à domicile.

Par ailleurs, dans une autre partie du programme d'investissement, il était proposé la création d'un centre opérationnel à CDG afin d'y installer notamment le futur APOC (*AirPort Operation Center*) dans un bâtiment dénommé « cité opérationnelle » pour un budget de 55 M€.

Ce projet de CRE4 préfigurait un certain nombre de sujets évoqués dans ce rapport, notamment les enjeux délicats de convergence de vue et d'intérêt avec les compagnies aériennes, et la prise en compte du volet « préservation des données personnelles » sous le contrôle de la Commission nationale informatique et libertés (CNIL) dans le cadre de l'expérimentation de reconnaissance faciale. Nous verrons dans la partie de ce rapport consacrée à ADP que la recherche de formalisation et de cohérence sur ce sujet s'est sensiblement développée depuis lors.

2.3 Travaux de l'IATA

L'association internationale du transport aérien (*International Air Transport Association - IATA*) est très active sur le sujet depuis une dizaine d'années, développant des « concepts » de plus en plus élaborés, notamment autour de la notion de parcours « sans couture » des passagers (*seamless travel*) qui constituent des « quasi normes » ou du moins y aspirent. L'IATA fait également une veille sur la mise en œuvre dans le monde, permettant de juger de l'étendue des déploiements.

Jusqu'à 2019, l'IATA s'est concentrée sur le label *fast travel*, fondé sur une notion d'autonomie et de libre-service du passager sur des étapes clés de son parcours au sol : enregistrement, préparation des bagages (étiquettes), numérisation des documents de voyage, réservation de vols (en cas de perturbations) aux bornes d'enregistrement, auto embarquement, récupération des bagages en cas d'incident. L'IATA publie sur son site le « tableau d'honneur » des compagnies (parmi lesquelles Lufthansa, Swiss, LATAM, SAS)¹², offrant ces services à au moins 80 % de leurs passagers.

Depuis 2019, l'IATA a « fermé » *fast travel* et s'est concentré sur le « produit » *OneID*¹³, fondé sur la reconnaissance par biométrie du passager à toutes les étapes de son parcours, mettant en avant les trois catégories de bénéficiaires du concept :

¹² <https://www.iata.org/en/programs/passenger/fast-travel/>.

¹³ <https://www.iata.org/en/programs/passenger/one-id/>.

- les passagers grâce à un parcours « sans couture » avec identification unique ;
- les aéroports améliorant leur productivité (réduction des queues, disponibilité pour aller aux commerces) ;
- les autorités (amélioration de la sécurité).

OneID est un projet très actif (site documenté, nombreuses références, animation d'une communauté) auquel il sera fait référence dans la suite du rapport.

2.4 Smart port, smart grid, smart city

Le mot *smart* employé ici n'est pas l'acronyme S.M.A.R.T. décrivant les objectifs dits spécifiques, mesurables, ambitieux, réalistes et temporellement définis du management par objectifs. C'est un terme plus vague qui précède également les noms *grid* (pour la production, le stockage et la distribution d'énergie) et, de façon plus large, *city* et *port*. Pour ces dernières entités humaines et économiques complexes, disposant d'actifs variés, coûteux et délicats à entretenir, et riches d'interactions, y compris « de crise », il désigne un fonctionnement de plus en plus fondé sur la numérisation. Comme pour les aéroports, le mot *smart* y est connoté positivement (malin, agile) et les technologies du numérique (données massives, intelligence artificielle, 5G et « nuage », internet des objets...) y sont convoquées.

Le *smart* et les nouvelles technologies intelligentes et connectées n'irriguent pas seulement les aéroports. En effet, depuis quelques années, il existe de nombreux projets, aussi bien dans les aéroports que dans les ports ou, de manière plus générale, dans les villes. Une *smart city*, selon la CNIL, est un nouveau concept de développement urbain. Il s'agit d'améliorer la qualité de vie des citoyens en rendant la ville plus adaptative et efficace à l'aide de nouvelles technologies qui s'appuient sur un écosystème d'objets et de services. Le périmètre¹⁴ couvrant ce nouveau mode de gestion des villes inclut notamment les infrastructures publiques (bâtiments, mobiliers urbains, domotique, etc.), les réseaux (eau, électricité, gaz, télécoms), les transports (transports publics, routes et voitures intelligentes, covoiturage, mobilités douces), les e-services et la e-administration.

À ce titre, il semble qu'un parallèle puisse être effectué entre la *smart city* et les aéroports intelligents. En effet, les gains potentiels en termes de productivité, d'efficacité énergétique et de sécurité se ressemblent. Par analogie, les problématiques qui se posent à la *smart city* semblent également exister dans le cadre du développement du *smart airport*, notamment en ce qui concerne les enjeux d'acceptabilité de recueil de données personnelles et de cybersécurité.

On trouvera en annexe une description des deux concepts, qui présentent des analogies avec le *smart airport*, notamment, dans le cas des ports, le « jumeau numérique » conçu pour faciliter une supervision d'ensemble du port d'Anvers, ce qui va plus loin, on le verra, que ce qui est actuellement déployé dans les centres de contrôle aéroportuaires.

¹⁴ Sources utilisées sur ce sujet : <https://www.cnil.fr/fr/definition/smart-city>, https://www.territorial.fr/PAR_TPL_IDENTIFIANT/1343/TPL_CODE/TPL_OUVR_NUM_FICHE/PAG_TITLE/La+smart+city+en+10+questions/532-resultat-de-votre-recherche.htm, <https://www.cerfi.ch/fr/Actualites/Smart-City-enjeux-dangers-perspectives.html>, <https://www.candeliance.fr/quels-sont-les-grands-enjeux-de-la-smart-city/>, Eveno, Emmanuel, *La Ville intelligente : objet au cœur de nombreuses controverses*, *Quaderni*, vol. 96, n° 2, 2018, pp. 29-41.

3 Définir et évaluer le *smart airport*

Dans ce chapitre est présentée une première typologie des constituants du *smart airport*, qui font l'objet d'exemples et d'une analyse plus détaillée dans le chapitre suivant. On y trouvera ensuite une description de quelques briques technologiques représentatives et, enfin, la présentation des dimensions proposées de l'évaluation.

3.1 Une première typologie

Les notions d'agilité, de flexibilité et d'usage des nouvelles technologies contenues dans le terme de *smart airport* peuvent concerner différentes fonctions de l'aéroport telles que :

- à l'intérieur du terminal, *landside* :
 - la facilitation du parcours passager par identification rapide grâce à la biométrie des étapes de contrôle (cf. concept OneID de IATA) : on recherche un parcours « sans couture » et si possible dans le contexte sanitaire « sans contact », plus rapide, sans file d'attente, créant du confort et de la disponibilité (pour d'autres activités, notamment se rendre aux commerces de l'aéroport). Outre la technologie, la coordination avec les compagnies et les autorités régaliennes est essentielle ici ;
 - la prise en charge des personnes à mobilité réduite (PMR), sujet important dans les aéroports ;
- côté pistes, *airside*, le déploiement des aides aux mouvements d'avion (roulage, accès au poste de stationnement) et à l'optimisation de l'escale (avitaillement, carburant, nettoyage, livraison des bagages, inspection de l'appareil). De nouveaux outils de supervision et d'optimisation (grâce notamment à l'intelligence artificielle) sont disponibles. Outre l'aéroport et les compagnies, sont également concernés l'opérateur de contrôle aérien et les assistants en escale ;
- la gestion et le suivi des bagages, sujet important et complexe ;
- la maintenance optimisée et prédictive de l'aéroport grâce notamment à l'installation de capteurs, dont certains sont connectés, et l'usage des ressources aéroportuaires, qu'il s'agisse de maintenance ou de supervision en temps réel. Ici les maîtres mots sont maintenance prédictive, coordination, objets connectés, virtualisation ;
- sur l'ensemble de l'aéroport, la gestion en temps réel des ressources grâce à un traitement intensif des données, dans le cadre du *total airport management*¹⁵, théorisé par Eurocontrol qui évoque sa capacité à « objectiver et analyser les arbitrages entre les nombreuses parties prenantes (aéroport, navigation aérienne, assistants en escale, compagnies aériennes, autorités régaliennes) sur la base d'indicateurs de performance (KPI) pour parvenir à une prise de décision concertée. ».

¹⁵ Il s'agit d'un concept défini par Eurocontrol dans le cadre du projet SESAR <https://www.eurocontrol.int/project/total-airport-management>, vision « holistique » de l'aéroport (côtés piste et ville) : "(...) Including all of the key processes (...), as it is the degree of synchronisation between these processes which (provides) punctual and predictable operations and ultimately, therefore, passenger satisfaction (...) through closer integration of landside and airside performance monitoring (...) optimised in accordance with the information requirements of (...) airlines, airport operators, ANSPs and ground handlers. (...) The ability to analyse the trade-off between various stakeholders in relation to numerous performance indicators will become an integral part of the collaborative decision-making process. This project favour evolution toward a **'performance-driven' airport** (...) Decision making will be based on more reliable information with enhanced decision impact assessment. As a result, there should be a **rise in the predictability, flexibility and efficiency of airport operations as well as increased resilience through shorter recovery to normal operations**. As clients of airport services, airlines will benefit from enhanced operational efficiency. For passengers, benefits will be tangible. (...) »

On parle également de supervision alimentée par et au service de tous les acteurs, dans une généralisation du CDM, *cooperative decision making*, processus de concertation de décision sur les arrivées et départs des avions mais généralement limitée à quelques périodes particulières de « crise » (épisodes climatiques sévères notamment). Ce concept s'incarne dans le centre opérationnel de l'aéroport (APOC).

- Aux frontières du système aéroportuaire, on trouve les accès vers la ville. De nombreuses innovations peuvent prendre place ici, qu'il s'agisse de l'intégration billettique, voire d'une prise en charge complètement coordonnée avec les autres transports collectifs (urbains et interurbains), de la gestion des parkings autos, de l'utilisation de véhicules autonomes pour certains parcours ou de diminution des freins à l'intermodalité, tels que la gestion des bagages dans les parcours intermodaux (trains / avions notamment).

Des exemples de mise en œuvre ou de projets appartenant à ces catégories sont analysés dans la partie suivante.

3.2 Quelques briques technologiques

Le *Smart airport* est la combinaison d'un processus d'amélioration continue de l'efficacité de l'offre et du fonctionnement aéroportuaire, et de l'importation dans ce milieu d'innovations technologiques dont certaines irriguent nombre d'activités et d'autres sont plus spécifiques à l'aviation. Nous en présentons quelques-unes brièvement ici, sans prétention à l'exhaustivité.

3.2.1 Identité numérique

La notion d'identité numérique a donné lieu à de nombreux travaux techniques, sociologiques et politiques (cf. loi pour une République numérique de 2016), notamment inspirés par l'emprise croissante des réseaux sociaux. Il s'agit d'associer des données numériques (éventuellement cryptées) à un objet ou à une personne réelle dans le cadre de transactions de toutes sortes (communication notamment). Une illustration *smart airport* en est donnée ci-après par la société Sita sur son site internet à propos du parcours d'un passager aérien : « L'adoption d'une identité numérique souveraine (*self-sovereign identity* – SSI) et des systèmes de *token* biométriques permettront aux passagers de contrôler quels aspects de leur identité révéler et dans quel but. Dans les aéroports du futur, le risque sera constamment évalué par une intelligence artificielle spécialisée. Les éléments sensibles de ces données d'identité numérique ne seront utilisés que par les gouvernements. ». D'autres applications sont également envisagées dans le contexte aéroportuaire où un objet (et non une personne) est associé à un avatar numérique, par exemple pour gérer des ressources, comme le font les Norvégiens d'Avinor en matière de supervision centralisée d'un grand nombre d'aéroports à partir d'un centre opérationnel unique (cf. également *Remote Tower* par exemple).¹⁶

3.2.2 Biométrie

Selon la Commission nationale informatique et libertés (CNIL), « la biométrie regroupe l'ensemble des techniques informatiques permettant de reconnaître automatiquement un individu à partir de ses caractéristiques physiques, biologiques, voire comportementales. Les données biométriques sont des données à caractère personnel car elles permettent d'identifier une personne. Elles ont, pour la plupart, la particularité d'être uniques et permanentes (ADN, empreintes digitales, etc.). ».

La biométrie est aujourd'hui largement utilisée pour l'accès à certaines installations sensibles, la sécurité (supervision de l'espace public) et les documents attestant l'identité.

¹⁶ Centralisation à partir d'un site du contrôle aérien d'approche sur plusieurs aéroports. La Norvège (opérateur Avinor) en a développé un programme important de déploiement (15 aéroports à terme, gérés depuis le site de Bodo). Le concept *remote tower* est par ailleurs déployé sur le site même (très étendu) de Paris-CDG.

L'automatisation de l'identification biométrique suppose de numériser un certain nombre d'informations à partir des caractéristiques observées.

Les principales méthodes biométriques utilisées (notamment dans le cadre du contrôle d'identité) sont les empreintes digitales, l'analyse de l'iris et la reconnaissance faciale.

Les méthodes d'identification par empreintes digitales, notamment dans le cadre d'enquêtes judiciaires, remontent à la fin du 19^e siècle. Elles figurent sur la carte d'identité en France depuis 1921.

Les empreintes digitales sont en effet inaltérables pendant la vie. Elles se prêtent à des calculs d'identification fondées sur les « points singuliers » des lignes donnant l'empreinte (appelés *minuties*) permettant de différencier « à coup sûr » deux individus distincts¹⁷. Elles assurent donc une identification solide si suffisamment de données sont prises en compte.

L'analyse de l'iris se fonde également sur la quasi invariabilité des motifs de l'iris durant la vie, et son caractère non génétique pour une part (deux vrais jumeaux ont des iris différents). L'observation de l'iris suppose des dispositifs optiques adaptés (assez précis, sans provoquer d'éblouissement). Elle est proposée couramment dans de nombreux smartphones ainsi que dans le programme Nexus de passage frontalier entre le Canada et les États-Unis dont le document de référence¹⁸ indique que « la technologie biométrique de reconnaissance de l'iris discerne les caractéristiques uniques de l'iris (l'anneau coloré autour de la pupille de l'œil). Cette technologie permet de lire les 266 caractéristiques uniques de l'iris de l'œil humain. La carte est sécuritaire et non invasive. »

Enfin la reconnaissance faciale est fondée sur la comparaison d'un individu avec une photo faite de lui à partir d'algorithmes 2D ou 3D s'appuyant sur la structure des différentes parties du visage (la méthode 3D implique qu'on ait pris plusieurs photos ou une vidéo de la personne identifiée). Il s'agit d'une méthode mise au point plus récemment que les méthodes précédentes, même si les photos figurent depuis longtemps dans les documents d'identité. Dans le contexte aéroportuaire, elle est notamment utilisée dans les sas Parafe permettant d'automatiser le contrôle frontalier. Elle est au cœur des solutions de parcours du passager « sans couture » (voir partie suivante), avec quelques acteurs industriels majeurs dans ces développements, notamment Idemia et Thalès, ou encore Amadeus.

Les dernières années ont vu un développement relatif plus important de la reconnaissance faciale considérée encore il y a cinq ans, selon Idemia, comme ayant des performances insuffisantes avec 20 à 30 points d'identification contre 200 pour les empreintes digitales et 1 000 pour l'iris. Ce ne serait plus le cas grâce aux progrès des algorithmes permettant une reconnaissance fiable même avec un masque.

Les systèmes d'identification peuvent combiner les différentes biométries, comme le système Aadhar déployé en Inde qui combine empreintes digitales, reconnaissance de l'iris et biométrie faciale à des fins d'identification de sa population¹⁹.

Ces différentes méthodes doivent faire la preuve de leur capacité à identifier sans erreur²⁰. Par ailleurs l'acceptabilité est un enjeu important, qui a fait l'objet de nombreux rapports de la CNIL, le point le plus sensible étant celui de la création d'un fichier, avec le risque d'utilisation excessive, voire de détournement, d'informations relatives à l'identité même des personnes.

¹⁷ On donne souvent le chiffre d'une chance sur 64 milliards pour que deux individus aient les « mêmes » empreintes digitales.

¹⁸ <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/prog/nexus/application-demande-fra.html>.

¹⁹ Système d'identification de la population de l'Inde fondé sur la biométrie. Il comprend un numéro d'identification national à 12 chiffres associé à des données biométriques, comprenant les photographies des iris et du visage et les empreintes digitales. Il intègre également le nom, le sexe, la date et le lieu de naissance. Aadhaar est le seul projet d'identification numérique étatique qui ne prend pas appui sur des registres d'état civil (source Wikipedia).

²⁰ En évitant les « faux négatifs » : refus d'identification de la « bonne personne » et les faux positifs (identification erronée de la « mauvaise personne »). Les systèmes d'identification doivent prendre en compte la variabilité des individus, plus ou moins faciles à identifier, et les éventuelles tentatives de fraude des personnes à identifier.

3.2.3 Internet des objets

L'internet des objets (*internet of things*) « désigne l'ensemble des infrastructures et technologies mises en place pour faire fonctionner des objets divers par le biais d'une connexion internet. On parle alors d'objets connectés. Ces objets sont pilotables à distance. Ainsi, le terme internet des objets regroupe tous les objets et appareils physiques qui possèdent une identité numérique. »²¹

Ces objets physiques possèdent leur propre identité numérique, normalisée (adresse IP, protocoles smtp, http...) et sont capables de communiquer grâce à un système de communication sans fil comme une puce RFID, Bluetooth ou Wi-Fi.

L'internet des objets est particulièrement présent dans la domotique (*smart home*). Aujourd'hui, dix milliards d'objets connectés seraient utilisés dans le monde, ce qui est assez faible par rapport aux prévisions antérieures, mais un développement considérable est attendu au cours des dix prochaines années. L'internet des objets est également recherché pour développer des techniques de maintenance prédictive des bâtiments et installations.

Des objets connectés sont également acquis par les particuliers (le marché pour 2020 est évalué à un million d'objets pour la France), ce qui n'est pas sans créer des risques de piratage informatique sur lesquels la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) attire l'attention dans une note parue en décembre 2020.²²

Dans le contexte aéroportuaire, où existent un très grand nombre d'objets devant faire l'objet de surveillance (sécurité, disponibilité, maintenance...) l'idée d'en connecter certains est naturelle. Quelques applications du *smart airport* font appel à cette technologie, notamment pour des applications de maintenance prédictive.

3.2.4 Lidar

Le terme lidar²³ est l'acronyme de *Light (ou Laser Imaging) Detection And Ranging* : détection et estimation de la distance par la lumière. Ainsi le terme fait-il référence à une technique de mesure de la distance qui repose sur l'analyse des propriétés d'un faisceau lumineux -- un laser en général (dans le domaine visible, infrarouge ou ultraviolet) -- renvoyé vers l'émetteur : la distance est évaluée à partir du délai entre émission et réception et la vitesse de l'objet à partir du décalage de fréquence.

Le lidar est une technologie assez ancienne : elle a été utilisée en 1971 pour une cartographie lunaire à partir de la sonde Apollo. Elle connaît des applications variées, par exemple pour détecter les cendres volcaniques dans l'atmosphère à l'initiative de la DGAC et de Météo France. Elle sert aussi à détecter des sites archéologiques enfouis et à guider des véhicules autonomes.

Bien que sa résolution soit très inférieure à celle d'une caméra, le lidar possède des qualités propres différentes (non dépendance à la luminosité extérieure, mesure des distances et vitesses, mais aussi mesure précise des volumes) qui le rendent très utile pour suivre des flux humains dans un vaste espace, dès lors qu'une excellente résolution n'est pas nécessaire et n'est même pas souhaitable pour garantir l'anonymat des personnes suivies.

Ce sont précisément ces qualités qui sont recherchées dans le domaine aéroportuaire, notamment comme cela sera exposé dans les parties suivantes, pour scruter les flux près de zones critiques du terminal.

²¹ Source : <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>.

²² *Objets connectés, les risques à connaître*, <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/objets-connectes>.

²³ Sources : <https://www.clubic.com/aeronautique/dossier-350757-lidar-definition-cout-cas-pratiques-et-avantages-d-une-technologie-aux-proprietes-multiples.html> et <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/univers-lidar-4342/>.

3.2.5 Apprentissage par la machine et données massives

L'« apprentissage par la machine » (*machine learning*) est une branche de l'intelligence artificielle (IA) visant à calibrer et à améliorer constamment un modèle à partir d'un très grand nombre de données (*big data*). L'apprentissage réalisé par la machine peut être supervisé (les données sur lesquelles s'entraînent les machines sont classées, ce qui permet de mesurer les erreurs par rapport à ce classement pendant l'apprentissage), non supervisé (pas de segmentation *a priori*) ou par renforcement (comme dans un jeu, la stratégie vise à maximiser une récompense). La sous-branche *deep learning* du *machine learning* utilise notamment des méthodes d'apprentissage inspirées du cerveau humain (réseaux neuronaux). La validation des données d'entrée et des résultats du *machine learning* demande un grand soin pour éviter des déconvenues parfois graves (accidents de véhicules autonomes lors d'expérimentations par exemple)²⁴.

Cette technique est maintenant très largement utilisée, qu'il s'agisse d'apprendre à un ordinateur à battre le champion du monde de go, ou de cibler une offre commerciale à un usager du Net.

Dans le contexte aéroportuaire, les données sont très nombreuses. Pour un mouvement d'avion, on pourra dénombrer des centaines ou des milliers d'informations en vol et au sol et quelques centaines d'informations peuvent être recensées, au moins temporairement²⁵, sur les caractéristiques et les mouvements dans le terminal de chaque passager, à multiplier respectivement par cent mille ou plus, ou dix millions ou plus, pour un aéroport important. On peut également mentionner un nombre significatif de données sur les mouvements des engins et véhicules (notamment d'assistance en escale) se déplaçant sur la plate-forme.

L'apprentissage par la machine de ces données peut permettre d'optimiser des algorithmes de détection (objets intrus), de positionnement des ressources (chariots bagages par exemple), ou de dimensionnement (climatisation...). On en verra plusieurs exemples.

3.3 Les critères d'évaluation

3.3.1 Enjeux de capacité

On mesure la capacité d'un aéroport sur une période donnée (une heure) par le flux maximal qui peut s'écouler pendant cette période, dans des conditions satisfaisantes. Vu la complexité du système aéroportuaire, le calcul est fait par sous-ensembles : piste (reliée au contrôle aérien), postes de stationnement, et différentes parties du terminal, la capacité globale (sous réserve d'indépendance relative des sous-parties) étant la plus petite des capacités de ceux-ci.

Sa détermination dépend donc de la structure du trafic (notamment l'emport des avions) et de la norme retenue pour définir des « conditions satisfaisantes », liée dans le cas des terminaux à la qualité de service. La capacité des terminaux est une notion plus relative que la capacité des approches aériennes (ou ferroviaires), résultat de normes d'espacement dictées par des impératifs de sécurité.

La capacité annuelle d'un aéroport est le volume maximal de trafic qui peut être écoulé au cours d'une année, compte tenu d'une qualité « globale » de service incluant un taux de saturation acceptable par les opérateurs du transport aérien et de contraintes externes (couvre-feu par exemple). Elle est traduite en nombre de passagers ou de mouvements par an. L'élément crucial de son calcul est la distribution du trafic dans la journée et dans l'année. Si les pointes sont marquées, les ressources nécessaires sont d'autant plus importantes pour un même volume annuel.

²⁴ Cf. l'article très documenté d'Afanou et Lelionnais, *Les systèmes de deep learning pour l'embarqué ferroviaire*, dans la *Revue Générale des Chemins de Fer*, Janvier 2021.

²⁵ Sous réserve du respect des règles sur le recueil et la préservation des données.

On ne dimensionne évidemment pas pour une « superpointe » annuelle, mais pour une heure chargée, mais « normale », comme la 40^e heure la plus chargée²⁶.

Au niveau mondial, le principal référentiel de dimensionnement des installations aéroportuaires est *Airport development reference manuel* (ADRM)²⁷.

En France, le service technique de l'aviation civile (STAC) a élaboré un guide technique des aérogares passagers (2010), connu et utilisé par Aéroports de Paris.

Le guide du STAC propose trois méthodes d'évaluation de la capacité :

- La méthode globale simplifiée, se fonde sur des ratios (m^2/PAX^{28}), éventuellement modulés selon la présence de fonctionnalités spécifiques (tri bagages complexes, transport rapide de passagers –escalators, *travelators* etc.). Les ratios recommandés par le STAC sont de l'ordre de 9 000 m^2 et 11 000 $m^2/MPAX$ pour les trafics intérieur et international respectivement.
- La méthode macroscopique détermine le nombre de m^2 nécessaires par passager et par fonction à partir du niveau de service (de 1,5 à 2 m^2/PAX^{29} suivant les fonctions pour les niveaux de service A et D), ainsi que des caractéristiques du trafic (nombre de bagages par passager par exemple). Ainsi, la surface nécessaire à l'attente avant l'enregistrement préconisée par IATA varie de 1,1 à 1,7 m^2/PAX pour les niveaux de service D et A dans le cas de passagers ayant moins d'un bagage de soute en moyenne, à respectivement 1,9 et 2,6 m^2/PAX dans le cas de passagers ayant plus de deux bagages et utilisant des chariots. La capacité des salles d'embarquement dépendra des taux jugés acceptables de personnes assises et debout.
- La méthode microscopique qui procède par simulation (qui n'est pas utilisée en planification, mais plutôt pour optimiser une infrastructure donnée, et qui doit être alimentée par des données réelles (comme celles fournies par les caméras).
- Au cours de son audition par la mission, la division capacité (département ESSOP) du STAC nous a indiqué utiliser le modèle de simulation CAST, notamment pour des études de capacité pistes, et plus rarement pour des études de capacité des terminaux

Les technologies de *smart airport* permettent pour la plupart de gagner de la capacité grâce à un passage plus court dans les installations équipées. Les expérimentations peuvent fournir les calages nécessaires à la modélisation. Le STAC pourrait ainsi réaliser des études de capacité prenant en compte les technologies de *smart airport*, en travaillant sur un ou deux cas. Par exemple côté piste (*airside* - voir 3-2) un paramétrage de la touchée équipée du projet « Mires avion - *ground handling* » et côté terminal les deux expérimentations de parcours biométrique d'Orly et de Lyon-Saint Exupéry (Mona).

Recommandation 1. (STAC) Développer l'expertise en matière d'évaluation de la capacité piste et des terminaux d'aérodromes dotés d'équipements smart airport, en rassemblant, conjointement avec les aéroports concernés, les données de calage nécessaires.

²⁶ Convention retenue par ADP. D'autres conventions comme l'heure de pointe du jour moyen du mois de pointe (méthode utilisée en Amérique du Nord), ou le trafic horaire au-delà duquel 5 % du trafic annuel s'écoule (Royaume-Uni) donnent une capacité annuelle supérieure à celle fondée sur la 40^e heure à une infrastructure donnée.

²⁷ Développé par les unions internationales des compagnies aériennes (IATA) et des aéroports (ACI), il fournit des calculs de dimensionnement des installations qui dépendent du niveau de service recherché. Il distingue six niveaux, de A (le meilleur – aucune gêne de circulation) à F (niveau de service inacceptable). Le niveau D est ainsi défini comme « niveau de service convenable, conditions de flux instables, retards acceptables pour de petites périodes, niveau de confort convenable ». La dernière édition de l'ADRM a simplifié cette typologie. Depuis, la nomenclature a été remplacée. Les ratios utilisés dans le rapport de 2010 ne sont plus d'actualité suite aux avancées technologiques et d'autres facteurs.

²⁸ PAX est l'acronyme de passager aérien.

²⁹ Sur une base horaire et non annuelle comme dans l'alinéa précédent

3.3.2 Enjeux de développement durable

Les projets de *smart airport* peuvent se traduire par des bénéfices en termes de développement durable, notamment sur le volet environnemental.

Il peut s'agir notamment de la diminution de la production de gaz à effet de serre et des émissions de polluants atmosphériques dans le cas de projets *airside* qui optimisent le parcours des avions (diminution du roulage) ou, côté terminal, de la diminution des besoins d'électricité, de chauffage ou de climatisation permise par l'optimisation du fonctionnement du terminal.

L'impact social est délicat à évaluer même qualitativement à ce stade. Comme dans tous les autres secteurs marchands, l'automatisation de certaines tâches fera disparaître des emplois (autour des fonctions d'enregistrement) mais apparaître d'autres, autour de l'analyse des données par exemple.

Il est possible, comme l'a précisé le STAC, de prévoir les impacts en matière d'émissions des activités aéroportuaires à partir de modèles de simulation de la capacité (type CAST) permettant de fournir des données environnementales. Cela peut concerner notamment la réduction du roulage des avions liée à certaines optimisations *airside*.

Les gains en matière de développement durable, particulièrement environnementaux, peuvent être sensibles sur certains projets de *smart airport*.

3.3.3 Enjeux de qualité de service : indicateurs chiffrés et perception

Tous les aéroports ont à cœur d'être reconnus pour la qualité de service (QDS) qu'ils offrent. Les incidents (longues attentes, manque de services, indisponibilité d'équipements comme les chariots à bagages, voire pertes de bagages) sont répercutés dans les médias en ligne et jouent sur la réputation des aéroports, ce qui peut aller jusqu'à affecter leurs relations avec les compagnies ou les choix des passagers. Ils contribuent à faire évoluer leurs classements internationaux, comme celui élaboré par Skytrax³⁰. Un autre classement, davantage reconnu par la profession (notamment les aéroports français), est le classement ASQ (*airport service quality*), élaboré par l'association internationale des aéroports (ACI) et fondé sur des enquêtes de satisfaction normalisées³¹.

Ainsi pour ADP (mais c'est également le cas pour les autres aéroports français), la démarche d'amélioration de la qualité de service fait partie des objectifs du groupe. Selon ADP, l'expérience client se divise en deux temps très sensibles :

- le passage par les chaînes de contrôle jusqu'à la zone réservée. Il s'agit alors de rassurer le client sur le délai d'accès à l'avion, de l'aider à maîtriser son temps, etc. ;
- le temps passé en zone réservée (deux heures en moyenne sur un temps total de trois heures). Les enjeux concernent alors l'ambiance, le confort, les activités proposées...

Dans les analyses causales de QDS, le premier temps est le plus susceptible de susciter des notes négatives, le deuxième des notes positives. Pour un score global, il convient donc d'agir sur les deux. Le suivi QDS d'ADP s'articule sur un double registre :

- ASQ de l'ACI sur la base d'une enquête (normalisée) des passagers au départ ;
- la mesure d'indicateurs sur sept points avec des objectifs.

Ces indicateurs et objectifs sont actuellement les suivants :

³⁰ [Classement des aéroports certifiés | Skytrax \(skytraxresearch.com\)](https://www.skytraxresearch.com/).

³¹ [Customer Experience / ASQ - ACI World](https://www.aci-world.com/).

Indicateurs	Promesse / attentes de nos passagers	Définition promesse	Objectif
Ponctualité	L'objectif d'un avion qui part à l'heure	0 min	D0 : 35%
Temps d'accès	La promesse d'un trajet en voiture de moins de 7 minutes à Orly et moins de 18 minutes à Charles de Gaulle, entre l'entrée de l'aéroport et votre terminal	<18min CDG <7min ORLY	95%
Attente PIF	La promesse d'un vol en toute sécurité, contre maximum 10 minutes de votre temps, avec le meilleur confort possible	<10 min	95%
Attente PAF	L'objectif d'un passage à la frontière en moins de 20 minutes	<20 min	95%
Attente Bagages	L'objectif d'une livraison bagages en moins de 30 minutes pour un vol depuis l'Europe et de 45 minutes pour un vol depuis l'international	<30 min pour les bagages des vols Moyen Porteurs; <45 min pour les bagages des vols Gros Porteurs	95%
Réussite Correspondance (CDGE)	La promesse d'une correspondance réussie, en toute simplicité	Correspondances réussies	95%
Facilité orientation	La promesse d'un aéroport où l'on ne se perd pas	Satisfaction vis-à-vis de la facilité d'orientation	note de 4/5

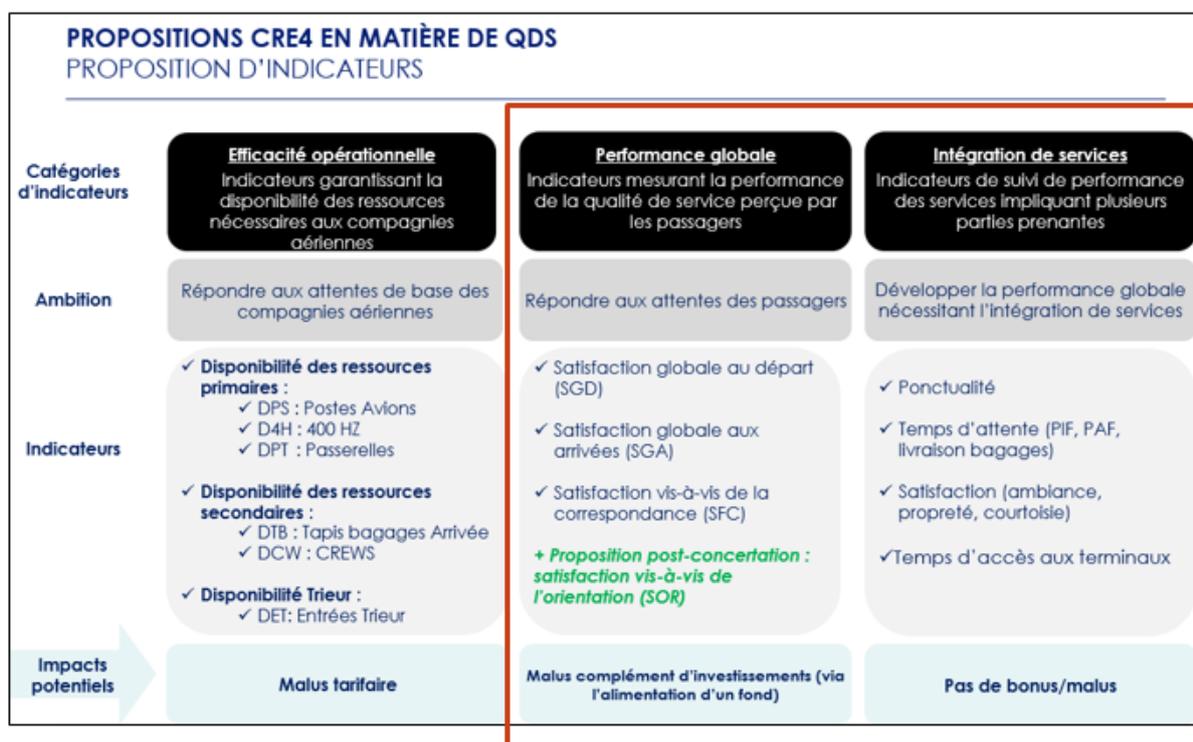
Source : ADP

La définition de ces indicateurs est stable et joue dans les contrats de régulation économique (CRE)³² sur les redevances aéronautiques par un système de bonus-malus.

Le tableau suivant résume les propositions qui avaient été faites pour le projet de 4^e CRE en matière de QDS³³.

³² Voir 1^e partie.

³³ Les indicateurs de performance globale et d'intégration de services sont suivis dans le cadre du Comité de qualité de service (DCL, CDG, Orly, DGO) et les indicateurs de performance globale sont inclus dans les objectifs des directions (DCL, CDG, Orly).



Source : ADP

La place importante de la qualité de service dans les contrats de régulation économique traduit son importance pour les compagnies aériennes. C'est ainsi qu'Air France, compagnie à réseau, souhaite assurer ses correspondances en une heure à Paris CDG, ce qui implique un déroulement optimisé de toutes les étapes de parcours (points de contrôle, navettes internes etc.).

Dans la gestion de la QDS, le *smart airport* a un rôle clé à jouer pour les outils et *process*. Par exemple, il facilite la mesure des indicateurs de confort, notamment grâce à l'outil Xovis de mesure des attentes aux points clés. La gestion du *big data* permet d'optimiser les ressources et de minimiser les temps d'attente grâce notamment à des outils prédictifs des flux. Il existe également d'autres outils, comme l'information des passagers, avec une application développée par ADP en partenariat avec *Apple Map* qui fournit une évaluation des temps d'attente dans les *process*, le temps de trajet estimé à la porte d'embarquement, une carte avec un guidage et de la géolocalisation... Cette application a déjà atteint les deux millions de téléchargements. La biométrie permettrait aussi d'améliorer la qualité de service en optimisant le temps d'attente aux caisses ou en permettant une meilleure traçabilité des flux par exemple.

3.3.4 Enjeux de cybersécurité

La cybersécurité est un sujet de préoccupation important pour les aéroports. Si le « cyber risque » touche toutes les activités économiques, les aéroports y sont particulièrement sensibles de par leur fonctionnement permanent et complexe, et aussi en tant que cibles d'attaques malveillantes.

Elle figure ainsi, comme cela a été indiqué à la mission, parmi les trois principaux risques identifiés par ADP.

Outre que l'établissement et la mise en œuvre d'un plan d'action contre le cyber risque sont une obligation pour les opérateurs de services essentiels parmi lesquels figurent les aéroports³⁴, les systèmes d'information des aéroports ont fait l'objet de nombreuses attaques³⁵. Le guide UAF insiste sur l'importance du sujet et sur les risques qu'une approche négligente de la cybersécurité fait courir à la disponibilité et à la réputation des aéroports, comme à leurs finances (y compris risques d'amendes pour non protection des données personnelles). Il reconnaît néanmoins au *smart airport* des avancées utiles à la cybersécurité, comme le dépôt d'informations sur le « nuage ».

Le rapport *Securing smart airports* de l'Agence européenne des systèmes d'information (ENISA)³⁶ est beaucoup plus circonspect sur le sujet. Parmi les vulnérabilités supplémentaires imputables au *smart airport*, il mentionne les risques supplémentaires liés au nombre accru d'objets connectés et à l'augmentation de la mise en réseau des informations (y compris via Internet).

Ce rapport liste un grand nombre de cibles potentielles de cyberattaques :

- l'administration de l'aéroport (attaques « sociales » via l'équipement informatique du personnel) ;
- le contrôle aérien (« faux » messages de télécommunications ADS B ou GPS...) ;
- le contrôle des opérations de gestion du terminal ;
- les équipements isolés à la disposition des passagers (bornes d'enregistrement, etc.) ;
- le réseau wi-fi mal protégé (cibles possibles : les machines de contrôle de bagages), voire les informations d'identité des passagers ;
- les services externalisés (« sur le nuage ») vulnérables à des attaques ciblant des serveurs externes ;
- les logiciels utilisés pour la maintenance des équipements.

À partir de cette liste, le rapport identifie trois scénarios d'attaques types :

- sabotage des bornes d'enregistrement (logiciel ou matériel) vulnérables du fait de leur manque de surveillance, pouvant par exemple conduire à l'impression de fausses cartes d'embarquement, avec des conséquences en termes de qualité de service (retards) et des risques pour la sécurité, d'autant plus problématiques qu'il s'agit d'équipements connectés (« criticité » moyenne à forte, « probabilité » moyenne) ;
- attaque du système de supervision, contrôle et acquisition de données de l'aéroport (SCADA)³⁷ dans son module de contrôle et visualisation du traitement des bagages ;
- brouillage par drones des objets connectés.

L'analyse de ces risques et de leurs liens avec le *smart airport* dépasse le cadre de la mission. Si la multiplication des connexions entre objets est potentiellement un facteur de propagation des risques, on peut considérer (au moins à court terme) que la mise en place d'un système nouveau s'accompagne d'une attention extrême au cyber risque et ne s'accompagne pas d'une augmentation du risque global. Il serait intéressant d'intégrer la cybersécurité dans les dimensions d'évaluation des projets et systèmes, mais cela ne pourra être fait que très qualitativement dans le présent rapport.

³⁴ Directive européenne NIS (*network and information security*) de juillet 2016, transposée en février 2018.

³⁵ Les éléments fournis dans cette partie sont notamment tirés du Document UAF : *L'aéroport : cyber guide pratique à l'attention des dirigeants...* et du Document ENISA- Agence sur la sécurité des systèmes d'information de l'Union Européenne de 2016, *Securing smart airports*.

³⁶ <https://www.enisa.europa.eu/publications/securing-smart-airports>, Rapport du 16 décembre 2016.

³⁷ SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), système de télégestion à grande échelle, permet de traiter en temps réel un grand nombre de télémessures et de contrôler à distance des installations techniques (Wikipedia). Les SCADA en environnement industriel (ICS/SCADA) sont considérés comme particulièrement cyber vulnérables.

3.3.5 Enjeux de protection de données personnelles et d'acceptabilité

Le *smart airport*, particulièrement dans sa composante essentielle d'optimisation du parcours passager grâce à la biométrie, pose la question de la protection des données personnelles, sujet également posé dans le contexte épidémique par le cadre dans lequel sont fournies les données sanitaires. Les règles RGPD et particulièrement celles de la CNIL sont strictes sur les points suivants : caractère volontaire du partage de données, accès de leur propriétaire à celles-ci, droit de rétractation et d'effacement³⁸. On sait combien ces conditions sont détournées dans bien des cas en dehors de l'aviation (particulièrement quand les données transitent hors de l'Union européenne). Une des conséquences de ces règles dans le cas du *smart airport* est l'impossibilité pratique de faire transiter des données entre aéroports.

Le volontariat ne semble pas, en revanche, une difficulté, comme on l'observe dans le bon taux de recrutement constaté dans les expérimentations d'Orly et de Lyon (voir partie suivante). Il faut cependant proposer une solution alternative traditionnelle aux passagers non familiers avec ces technologies ou désirant préserver leurs données³⁹.

3.3.6 Enjeux économiques et financiers : quelle chaîne de valeur ?

L'économie aéroportuaire se caractérise par la création de services – principalement au profit des compagnies aériennes et des usagers - par le gestionnaire de l'aéroport et ses sous-traitants (assistants en escale en premier lieu), la valeur de ce service faisant l'objet d'une rémunération (typiquement par les redevances aéronautiques).

Le *smart airport* entre dans cette grille d'analyse. Typiquement, l'aéroport réalise un investissement réputé rendre un service aux compagnies aériennes (directement en termes d'économie d'agents présents à l'escale - par exemple pour les fonctions d'enregistrement, ou en amélioration de la fluidité du parcours des passagers pour une fiabilité accrue des vols) et l'impute dans l'assiette des redevances aéroportuaires. Cela n'est possible que si l'investissement est utile à une majorité de compagnies, faute de quoi des contentieux sont possibles (et se sont produits) ; l'alternative étant que l'aéroport passe des accords bi (ou multi) latéraux avec les seules compagnies intéressées.

Le volet *smart airport* des investissements prévus dans le projet abandonné de CRE4 d'ADP indiquait d'importantes économies pour les compagnies grâce à ces technologies ; ainsi l'automatisation de l'enregistrement des bagages était réputée permettre une réduction des charges opérationnelles pour les compagnies affiliées de 30 à 75 % à moyen et long termes. La plus forte économie concernait les compagnies à fort trafic, pouvant mutualiser leurs ressources et ayant atteint un niveau élevé de maîtrise de ce type de processus.

Mais au-delà de ces gains opérationnels directs, les compagnies aériennes bénéficient encore plus des améliorations de qualité de service, tant côté piste (*airside*) que côté ville (*landside*), apportées par le *smart airport*, particulièrement si les intervalles entre arrivées et départ peuvent être réduits, jusqu'à ajouter la possibilité d'une rotation quotidienne supplémentaire (pour les compagnies basées), augmentant le rendement d'utilisation des aéronefs de 10 à 15 %.

La question de la maîtrise des données est un sujet potentiellement sensible. Les compagnies aériennes et leurs alliances disposent de fichiers clients très fournis valorisés par des offres commerciales. Les aéroports peuvent être tentés d'en faire de même (ou de renforcer l'impact et l'attractivité des bases mises en place, par exemple orientées vers les clients réguliers des parkings) pour concurrencer sur certains aspects les programmes des compagnies. Les aéroports rencontrés par la mission sont conscients de cette rivalité potentielle et mettent en avant le dialogue avec les compagnies.

³⁸ Les conditions posées par la CNIL au déploiement de la biométrie, et notamment au passage de l'expérimentation à une plus grande échelle, sont évoquées plus complètement dans la partie suivante.

³⁹ L'aéroport de Nice – où un passager sur deux ne fait qu'un aller-retour annuel avec une proportion significative de « seniors », a insisté sur ce point auprès de la mission.

D'autres acteurs participent à la création et au partage de la valeur due au *smart airport*. Les commerces sont rendus plus attractifs par une meilleure disponibilité des passagers : selon l'IATA (sur sa page *OneID*, une augmentation de 1 % de la satisfaction des passagers accroît le chiffre d'affaires des commerces de +1,5 %) c'est un enjeu très important pour les grands aéroports où les redevances commerciales peuvent représenter près de la moitié de leurs recettes. Les assistants en escale sont également concernés par les enjeux économiques du *smart airport*. Ce point est développé plus loin.

3.3.7 Proposition de grille d'évaluation

Les projets qui se rattachent au *smart airport* sont au croisement des besoins économiques, environnementaux, capacitaires et de qualité de service d'une part, et d'une utilisation adaptée à ces besoins de nouvelles technologies, sujets qui ont fait l'objet de cette partie. La partie suivante présente les projets connus de la mission sur la base d'éléments de cette grille de lecture à laquelle il faut évidemment ajouter un critère de résilience sur la capacité du système aéroportuaire à continuer à fonctionner en cas de dysfonctionnement ou d'interruption plus ou moins important ou prolongé des *process* mis en œuvre.

La mission s'est attachée à formaliser une fiche d'évaluation des projets *smart airport* et a demandé à ADP de la tester sur un projet⁴⁰. S'il est difficile d'évaluer de façon complète des projets *smart airport* du fait de l'incertitude sur la demande, de la prudence vis-à-vis des investissements et de la maturité encore assez faible de la plupart des projets, le canevas proposé peut servir de guide tant pour les aéroports que pour ses partenaires dans l'accompagnement des projets, ou dans le cadre de la régulation économique (voir dernière partie).

⁴⁰ Ces éléments figurent en annexe.

4 Les grandes familles de projets

Informée d'une grande variété de solutions opérationnelles allant dans le sens de l'efficacité du système aéroportuaire et du service au passager aérien, la mission du CGEDD s'est efforcée de les classer selon une arborescence logique. On trouvera en annexe un tableau synoptique des projets ou idées *smart airport* qui lui ont été présentés. Ils sont brièvement commentés ci-dessous.

4.1 Parcours passager : la biométrie au cœur du système

L'automatisation du parcours passager et les technologies y afférentes sont au cœur du concept de *smart airport* tel qu'il a été demandé à la mission du CGEDD de l'explorer. L'augmentation de la capacité des aéroports, la satisfaction des passagers et, partant, l'attractivité des plates-formes aux yeux des compagnies comme des voyageurs, figurent en effet parmi les objectifs cardinaux poursuivis par la démarche *smart airport*.

Face à la multiplication et à la complexification anxiogènes des contrôles imposés au passager aérien dans l'aéroport, un concept a émergé dernièrement : celui de parcours « sans couture » (*seamless* en anglais), c'est-à-dire fluide, dans lequel le voyageur passerait les contrôles sans excès de formalités.

Les technologies biométriques, en plein essor, semblent être à même d'aider à atteindre cet objectif.

Le concept *OneID* de parcours sans couture promu par IATA est entièrement fondé sur la biométrie.

4.1.1 Le parcours du passager jusqu'à son vol

4.1.1.1 Description du parcours

Dans son parcours au sein de l'aéroport, depuis sa dépose par une desserte terrestre jusqu'à l'embarquement, le passager aérien, supposé être en possession de son billet, est traditionnellement soumis à quatre contrôles successifs :

1. L'enregistrement, où il dépose ses bagages en soute et reçoit sa carte d'embarquement
2. Le contrôle de sûreté au poste d'inspection filtrage (PIF), effectué par des prestataires de l'aéroport, où est vérifiée l'innocuité de son bagage en cabine
3. Le passage de la frontière au poste de police de l'air et des frontières (PAF) : cette étape est évidemment ignorée dans le cas d'un vol intérieur au sein d'un État ou d'une communauté internationale dotée de règles policières harmonisées, telle que l'espace Schengen, sauf pendant l'état d'urgence
4. L'embarquement proprement dit, contrôlé par les agents de la compagnie aérienne.

Certaines de ces étapes peuvent être dupliquées pour les passagers en correspondance.

À chacune de ces étapes, le passager doit produire ses documents d'identité et de voyage, dans des conditions de confort incertaines (au PIF notamment), et au prix d'une attente de durée incertaine dans une queue, ce qui est clairement source d'inconfort.

La première étape est désormais couramment anticipée par l'édition en ligne, au moment de la commande du billet (ou à l'approche du voyage retour) de la carte d'embarquement, qui concerne désormais 60 % des voyages long courrier⁴¹. Elle est techniquement possible, mais encore peu usitée, sous la forme de la dépose des bagages dans des postes *ad hoc* dans l'aéroport. Le passager aérien est ainsi dispensé de l'attente au guichet de la compagnie qui s'avère être l'une des étapes les plus longues de son parcours dans l'aéroport.

⁴¹ Cf. entretien de la mission avec Air France.

Mais avec le développement et la fiabilisation croissante des technologies biométriques, et notamment de la reconnaissance faciale, les aéroports estiment désormais possible d'enchaîner les quatre étapes du parcours, y compris, sous réserve de l'accord des autorités policières, celle de la PAF, sans intervention humaine. Contrairement aux technologies biométriques classiques (empreintes digitales et examen de l'iris), la reconnaissance faciale est en effet capable d'identifier avec une excellente probabilité un individu par simple comparaison entre une photo prise de lui à un instant t et une banque de photographies contenant la sienne. Dans ces conditions, il est possible de suivre un individu tout au long de son parcours.

Le contrôle doit néanmoins, non seulement suivre le passager, mais aussi s'assurer qu'il est en possession de ses documents de voyage. C'est pourquoi la reconnaissance faciale ne peut s'envisager que couplée avec un document (*token*) porté par le passager et attestant de son vol. En pratique, ce *token* peut être un QR-code enregistré dans son smartphone. La collaboration minimale du passager au contrôle serait donc d'exhiber son smartphone aux points de contrôle.

Compte tenu toutefois de la fiabilité encore imparfaite de la reconnaissance faciale et des enjeux de souveraineté, la police aux frontières exige encore généralement la comparution du voyageur devant un policier⁴².

Le parcours entièrement sans couture, y compris PAF, semble encore peu développé à ce stade. Certaines aéroports emblématiques, vitrines de leur pays, comme Atlanta, Beijing Daxing (mise en service en 2019) ou Singapour Changi T4, proposent (sans l'imposer) cette option. Les entreprises françaises Sita et Idemia en ont été parmi les concepteurs majeurs. Ailleurs en revanche, les technologies utilisées restent assez classiques.

Les deux groupes aéroportuaires français ADP et Vinci Airports ont, chacun, développé leur propre solution *seamless* :

- À Orly, ADP propose au passager aérien de traiter lui-même l'étape 1 dans des dispositifs fonctionnant selon QR-codes et reconnaissance faciale. L'expérimentation (en cours) est menée avec la compagnie Transavia.
- À CDG, Air France teste *AOKPass* sur trois relations avec les États-Unis, en accord avec les autorités policières américaines. Il s'agit d'offrir au passager en possession d'informations sanitaires Covid sous une forme normalisée proposée par Air France en liaison avec un réseau de laboratoires partenaires un parcours accéléré, notamment à l'étape 2 (PIF).⁴³
- À Lyon puis à Gatwick, Vinci Airports, en partenariat avec les compagnies TAP et Transavia, teste Mona, dispositif expérimental de passage automatique des étapes 2 et 4 (et bientôt 1) à l'aide de la reconnaissance faciale. Il faut noter que la DGAC (le STAC notamment) est associée au projet MONA sur le volet sûreté⁴⁴.

L'exigence forte des autorités européennes en matière de protection des données personnelles, inscrite dans le règlement RGPD⁴⁵, et les dispositions législatives dont la France a été pionnière avec la loi informatique et liberté et la création de la Commission nationale informatique et libertés (CNIL), limitent toutefois très strictement les développements en ce sens. La règle européenne relative aux logiciels de reconnaissance des personnes est le *privacy by design*, c'est-à-dire une conception qui donne à l'individu intéressé la maîtrise *a priori* de l'utilisation de ses données personnelles.

⁴² Le règlement européen EES reconnaît cette exigence, mais uniquement dans le cas de voyageurs étrangers à l'espace Schengen et non enregistrés en base EES (notamment ceux qui y entrent pour la première fois). Les considérations relatives au passage à la frontière sont évoquées dans un paragraphe *ad hoc* ci-dessous.

⁴³ Voir à ce sujet : <https://abouttravel.ch/industrie-des-voyages/air-france-teste-laok-pass-en-californie/>.

⁴⁴ Information fournie lors de l'annonce de la préfiguration de l'Agence de l'Innovation dans les Transports.

⁴⁵ Règlement (UE) 2016/679 du Parlement Européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données).

On notera que les expérimentations françaises n'ont été autorisées que parce qu'un certain nombre de conditions préalables sont remplies : il ne s'agit encore que d'expérimentations à petite échelle (1 000 clients pour Mona à la fin du printemps 2021), les clients sont volontaires et dûment informés des conditions dans lesquelles leurs données sont utilisées, lesdites données sont effacées dès que l'avion a décollé, et il y a un véritable enjeu de prévention de la thrombose dans l'aérogare. Incidemment, cela interdit la communication des données des voyageurs à l'aéroport de destination, ce qui, en termes purement pratiques, aurait simplifié les formalités.

La CNIL raisonne selon le contexte. Ce qu'elle a autorisé à titre expérimental devra, au moment de la mise en service à grande échelle, faire l'objet d'une nouvelle autorisation. En pratique, elle privilégie le stockage local (à la main de l'individu) aux bases de données gérées par les opérateurs.

Mais quels qu'en soient les avantages, la reconnaissance automatique des individus est loin d'assurer à elle seule la fluidité des parcours dans l'aérogare. De nombreuses technologies sont actuellement développées, non concurremment, mais complémentaires.

Ainsi, se développent des technologies biométriques de suivi anonymisé des foules. Une référence en la matière est Xovis, société suisse qui a mis au point un système de suivi par lidar et de comptage des mouvements de foule dans l'aérogare. Xovis permet ainsi d'anticiper la formation des queues aux points névralgiques et d'adapter la présence du personnel. Il permet ainsi de vérifier le respect des objectifs de fluidité que s'est donné l'aéroport (à Paris : moins de 10 minutes au PIF dans 90 % des cas, moins de 20 minutes d'attente à la PAF dans 95 % des cas, un quart d'heure supplémentaire toléré pour les voyageurs non Schengen), et en perspective de queue excessive, d'adapter le dispositif d'accueil. Dans une démarche commerciale, il permet également de suivre la progression des passagers aériens dans l'aérogare. C'est ainsi qu'a été constaté que les passagers aériens usagers des aéroports parisiens passent plus de la moitié de leur temps en salle d'embarquement, signe sans doute de la peur de se trouver retardés aux contrôles préalables. Xovis a été mis en service dès 2014 à Dubaï. Il l'est depuis lors à Paris, concurremment à la technologie *smart flows* qui donne des résultats plus larges mais moins précis. Les aéroports allemands recourent eux aussi à de telles technologies. Dans le même ordre d'idée, Vinci procède à l'analyse des images des flux de voyageurs et, compte tenu de la charge apparente de leurs bagages, peut informer les compagnies afin qu'elles apprêtent leurs avions en conséquence.

Une autre solution, qui procède de la précédente, est l'information du voyageur sur le temps présumé de son parcours jusqu'à l'avion. ADP a ainsi développé une application sur smartphone. Outre le temps de cheminement « utilitaire » du passager, elle le renseigne sur l'affluence dans les boutiques. Marks & Spencer est l'un de ses premiers clients.

Des technologies spécifiques aident également au confort du passager aux contrôles. C'est le cas du *shoe scan*, qui évite au passager d'enlever ses chaussures au PIF et est déployé dans de nombreux aéroports (dont Genève).

On signalera les performances remarquables atteintes à Gatwick qui est probablement, avec 47 MPAX/an sur une seule piste, l'un des aéroports les plus contraints au monde. Son PIF écoulerait (500 passagers à l'heure contre 160 à 180 dans un PIF normal. La solution trouvée est d'affecter à chaque passager un numéro d'ordre et de l'appeler en un point bien particulier du tapis roulant, à raison de plusieurs passagers en même temps.

De même, le *bingo boarding*⁴⁶, par lequel sont appelés à l'embarquement, en priorité, les passagers assis aux hublots et le plus loin des portes, permet un gain de 10 % sur le temps d'embarquement, particulièrement précieux pour les compagnies à bas coûts.

Enfin, au titre de l'audace architecturale, on signalera la performance de la nouvelle aérogare de Beijing Daxing, dont ADPI fut l'un des architectes, qui réussit le tour de force d'accueillir à terme 90 MPAX/an sans qu'aucun d'entre eux ait plus de 600 mètres à marcher de son entrée dans l'aérogare jusqu'à la passerelle, grâce à un dédoublement des étages arrivée et départ.

On voit bien ainsi que si la biométrie semble appelée à jouer un rôle majeur dans la gestion des flux dans l'aérogare, bien d'autres technologies y sont à l'œuvre.

4.1.1.2 Éléments d'évaluation du parcours biométrique

Dans la vision cible du parcours biométrique sans couture à toutes les étapes, l'IATA (OneID) évalue (étude réalisée en avril 2019) dans le cadre d'une analyse coûts bénéfices la valeur actualisée nette d'un déploiement complet réalisé entre 2020 et 2035 et aboutit à plus de 430 Md\$ d'avantages sur 20 ans pour 38 Md\$ de coûts (dont 23 au titre des systèmes biométriques). L'essentiel des avantages provient des gains de temps (313 Md\$) du fait d'un temps d'embarquement réduit de 40 %, d'enregistrement de 10 %, de contrôle d'identité de 80 %.

Les économies de personnel seraient de 93 Md\$, soit 11 % (dont 71 Md\$ pour les compagnies et 22 pour les aéroports et services régaliens).

En ordre de grandeur, le bénéfice net obtenu serait de l'ordre de 2 à 3 % du chiffre d'affaires des compagnies aériennes, tout à fait comparable (voire supérieur) à la marge obtenue durant les bonnes années.

Il est difficile de tirer des conclusions aussi fortes des expérimentations en cours à Lyon et Orly pour différentes raisons (la période d'expérimentation en pleine crise Covid, sa limitation à quelques compagnies, la non intégration de l'étape clé du contrôle frontalier). Néanmoins, les premiers résultats en termes de satisfaction et de gains de temps de parcours sont appréciables.

Dans le cas de Mona, il a été indiqué à la mission que les enquêtes de satisfaction donnent un retour très positif, avec des gains de temps de parcours à de 15 à 30 minutes.

La réflexion se poursuit sur le modèle économique de ce projet : le service crée de la valeur pour les compagnies, qui peuvent l'offrir en retour en contrepartie de l'adhésion à leurs services premium, et qui peuvent faire également des économies opérationnelles à l'escale (-1 agent dédié à l'embarquement). Un autre gain potentiel est lié à une augmentation du chiffre d'affaires des commerces en zone réservée. En revanche, pour le moment, les gains de capacité sont secondaires.

Des résultats analogues sont observés dans le cadre de l'expérimentation d'Orly.

⁴⁶ BBC: *Gatwick trial cuts plane boarding time by 10 %* (30 octobre 2019): "New plans could speed up the time it takes plane passengers to reach their seats. The frustration of waiting for someone to put their bag in an overhead locker may soon be over if a trial to get people on planes quicker is successful. Gatwick says it is working with EasyJet to try out new ways to board passengers at the London airport. They include boarding people in window seats first, starting at the back, followed by middle then aisle seats. Gatwick said different boarding methods could reduce the journey from airport gate to seat by about 10 %. (...) The two-month trial has already begun and Gatwick said an airline managed to board 158 passengers on one plane in 14 minutes, typically 2-3 minutes better than the usual time."

4.1.2 Un meilleur accompagnement des personnes handicapées et à mobilité réduite

Les compagnies et les aéroports doivent proposer un accompagnement spécifique des personnes à handicap ou mobilité réduite (PHMR)⁴⁷. ADP propose aux personnes sourdes et malentendantes un service de transcription écrite, de Langue des Signes Française ou de Langage Parlé Complété.

Pour les personnes devant se déplacer en fauteuil, des fauteuils en libre-service sont disponibles en certains points.

Enfin, une assistance spécifique est prévue pour les personnes qui le souhaitent, avec un accompagnement sur tout ou partie du parcours dans l'aéroport.

ADP, comme la plupart des aéroports français, souhaite être prévenu plusieurs jours à l'avance sur son site de besoins d'assistance, ce qui n'est en rien obligatoire (et même semble-t-il proscrit dans certains pays). Une bonne partie des passagers concernés ne le font pas, ce qui provoque souvent un traitement de la demande affecté de délais et de frustrations ou de surcoûts.

Des innovations pourraient être sources d'économies et de gains de qualité de service importants. Le directeur de Paris-CDG a ainsi indiqué un potentiel d'économie de plus de 10 % (soit environ 5 M€/an sur un coût de 50 M€/an) moyennant le développement et l'utilisation de logiciels auto apprenants sur les besoins des passagers et des positionnements des personnels et matériels à mettre en œuvre en fonction des besoins qui varient selon les heures. En outre l'amélioration de la qualité de service et la réduction des plaintes seraient un avantage notable.

Par ailleurs ADP est partenaire, dans le cadre de l'initiative *Innovation hub*, de Nino Robotics, *startup* installée dans l'Hérault qui produit des fauteuils roulants motorisés.

4.1.3 Le traitement des bagages

Le traitement des bagages de soute est sensible pour les aéroports à bien des égards, qu'il s'agisse de leur logistique en temps et en heure et sans pertes, de leur contrôle de sûreté (récemment renforcé par les équipements EDS3), ou de la gestion de l'assistance en escale notamment dans la préparation au vol de l'avion, alors que les compagnies cherchent à réduire les intervalles entre arrivées et départs.

Du point de vue du passager, le dépôt du bagage est le plus généralement facilité par des bornes de déposes bagages automatiques (DBA).

Dans la grande variété de sujets complexes liés aux bagages, il faut mentionner celui des bagages montés dans l'avion (en soute) sans que le passager se présente à l'embarquement. Il faut dans ce cas rechercher le passager et, faute de le trouver à temps (pour respecter le créneau de vol), débarquer le bagage, ce qui prend plusieurs minutes.

Air France a indiqué à la mission que le cas arrivait pour 21 % de ses vols moyens courriers et 45 % de ses vols longs courriers. 50 % des retards au décollage sont dus à des passagers égarés dans l'aérogare.

⁴⁷ Cf Règlement (CE) n° 1107/2006 du Parlement européen et du Conseil du 5 juillet 2006 concernant les droits des personnes handicapées et des personnes à mobilité réduite lorsqu'elles font des voyages aériens (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). Comme expliqué sur le site de la DGAC, <https://www.ecologie.gouv.fr/quels-droits-passagers-aeriens-handicapes-et-mobilite-reduite>, il dispose notamment : « Le règlement confie au gestionnaire d'aéroport la responsabilité de l'assistance dans l'aéroport (depuis un point de dépose jusqu'au siège de l'avion). Les aéroports doivent désigner les points situés dans le périmètre de l'aéroport où les PHMR peuvent signaler leur arrivée et demander l'assistance et les points de départ de l'aéroport. L'assistance minimale sous la responsabilité des entités gestionnaires d'aéroports figure dans l'annexe I du règlement (exemple : remplacement temporaire d'un équipement de mobilité endommagé ou perdu, prise en charge au sol des chiens d'assistance,..). Le gestionnaire d'aéroport peut percevoir une redevance auprès des transporteurs. »

Plusieurs solutions *smart* peuvent contribuer à apporter une solution à ce problème. L'une d'entre elles est de garantir (grâce aux équipements EDS3) que le contrôle des bagages en soute est suffisamment sûr pour accepter qu'il y reste en l'absence du passager. Cela suppose une autorisation accordée au cas par cas par la direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC), la réglementation européenne le permettant (sous conditions) selon les indications données à la mission qui n'a pas procédé par elle-même à l'analyse juridique de cette interprétation.

Le suivi des bagages serait également facilité par le marquage par des pistes RFID, recommandé par IATA (résolution 753)⁴⁸ avec un objectif de livraison < 45 mn à 95 % pour les gros porteurs. Cette technologie est cependant déjà jugée obsolète par certains des interlocuteurs de la mission (Thalès, aéroport de Dubaï).

Enfin de nombreux projets concernent l'optimisation du contrôle des bagages aux postes d'inspection filtrage. Gatwick (groupe Vinci Airports) est parvenu à augmenter le rendement des lignes sûreté en 2016 jusqu'à 500 passagers/h sur une ligne contre 180 passagers/h auparavant, en indiquant au passager sur quelle zone de dépose des affaires personnelles il doit se positionner.

Toujours dans le domaine de la sûreté, Thalès souhaite développer (avec une aide publique) un scanner bagages de nouvelle génération.

Recommandation 2. (DGAC) Étudier les conditions d'autorisation réglementaire de départ de l'avion avec bagage en soute en l'absence du passager.

4.1.4 Les enjeux spécifiques du contrôle des frontières

Le passage de la frontière est l'une des étapes les plus sensibles du parcours passager, car il touche directement à la citoyenneté et est opéré par les forces de police aux frontières (PAF). Sa gestion est du ressort de l'administration policière dépendant du ministère de l'intérieur, et non de l'aéroport.

4.1.4.1 Une étape critique du parcours passagers

Le passage de la frontière (nationale ou de la zone Schengen) se fait traditionnellement devant un fonctionnaire de police qui assure le récolement entre le passeport, le titre de voyage et leur porteur. Aux termes du code frontières Schengen⁴⁹, les flux de passagers sur les vols intérieurs (à l'espace Schengen) doivent être physiquement séparés des flux de passagers sur les vols internationaux. En pratique, c'est à la PAF que s'opère cette séparation.

Cela implique qu'à l'aval, les zones d'embarquement vers les vols intérieurs soient physiquement séparées des zones d'embarquement vers les vols internationaux. Cette contrainte, déjà lourde pour les aéroports et les compagnies (qui doivent dupliquer leurs services en zone d'embarquement) serait légère si les flux Schengen et non Schengen respectivement étaient à peu près constants au cours de la journée, ce qui n'est hélas pas vrai dans un *hub*.

⁴⁸ Cf. article de *Voyages d'affaires* de juillet 2019 : *Air France va suivre 8 millions de bagages à la trace RFID* : « Des étiquettes équipées de puces RFID : voilà sur quoi planchent Air France et Paris Aéroports pour améliorer la gestion des bagages sur le hub de Paris CDG dès 2020. L'étiquetage RFID devrait concerner 8 millions de bagages chez Air France en 2020. Afin de se conformer aux prescriptions IATA énoncées dans le cadre de sa résolution 753 qui impose le suivi des bagages à quatre étapes clés du parcours, Air France a choisi de s'engager sur le chemin des puces RFID, en vue d'améliorer la gestion du dossier bagage bien souvent problématique pour les voyageurs d'affaires. La compagnie l'a annoncé le 29 juillet : elle entend étiqueter sur ce nouveau format pas moins de 8 millions de bagages dès l'année prochaine. Cet étiquetage RFID doit permettre d'améliorer le taux d'identification et le suivi des bagages et de réduire les coûts opérationnels (...). Mené en partenariat avec Paris Aéroports, ce projet débutera sur le hub de la compagnie, à Paris CDG, mais Air France prévoit déjà de l'étendre à d'autres aéroports. »

⁴⁹ Règlement (UE) 2016/399 du 9 mars 2016 concernant un code de l'Union relatif au régime de franchissement des frontières par les personnes (code frontières Schengen), annexe 6, point 2.1.1.

C'est la raison pour laquelle les grands aéroports, tels ADP avec son projet SAGA (cf. *infra*), plaident pour le mélange dans les mêmes espaces des passagers, dont le suivi biométrique seul attesterait qu'ils se dirigent vers l'intérieur ou l'international.

Il semble certes possible de déroger à cette contrainte de la séparation physique des flux⁵⁰, mais selon une formulation juridique vague qui limite sérieusement la portée de cette libéralité.

Le code frontières Schengen a été amendé en 2017 par le règlement EES⁵¹, dont l'objet principal est le contrôle de la durée du séjour dans l'espace Schengen des non ressortissants (qui auparavant pouvaient assez facilement allonger leur séjour en passant d'un pays Schengen à un autre). EES prévoit la constitution d'une base de données individuelles à l'échelle de l'espace Schengen. Le nouvel art. 8 bis du code frontières Schengen introduit par EES dispose que le dossier d'un voyageur entrant dans l'espace Schengen, outre les données personnelles et les conditions d'entrée (visa), comporte une image faciale et, pour les voyageurs exemptés de l'obligation de visa, ses empreintes digitales des deux mains⁵². Ces éléments sont introduits en base dans des systèmes en libre-service. L'opération se fait sous la supervision des policiers garde-frontières, qui sont, de fait, dispensés de l'obligation de contrôle systématique, sauf dans le cas d'une première entrée dans l'espace Schengen où ils assurent le préenregistrement des données et les contrôles *ad hoc*.

EES est ainsi aux non ressortissants de l'espace Schengen ce que PARAFE (passage automatisé aux frontières extérieures) est à ces derniers.

EES est complété juridiquement par le règlement ETIAS qui dispose que tout étranger s'appêtant à entrer dans l'espace Schengen déclare son arrivée en ligne au préalable (mise en service en 2023).

La mise en œuvre opérationnelle du dispositif EES, initialement prévue pour 2020, a été reportée à mai 2022 dans le contexte de la pandémie Covid. La commande des systèmes en libre-service a été passée par la direction centrale de la police aux frontières (DCPAF), après mise en concurrence, à IN Groupe⁵³, qui avait auparavant équipé nombre de points frontaliers en sas PARAFE. Toutefois, le budget disponible rend encore aléatoire l'équipement de tous les postes frontières identifiés, et une discussion interministérielle est en cours. Selon la DGAC, le budget alloué par le ministère de l'intérieur ne couvrirait qu'à peine la moitié du coût du programme, et des choix d'équipement devraient être faits, probablement au détriment des plus petits aéroports et ports, sauf à en obtenir des fonds de concours.

La mission a pu s'entretenir avec les responsables du projet à la DCPAF et avec son délégataire technique, le Programme frontières souples et fluides (PFSF), créé en 2018 selon une recommandation d'un audit Schengen de la France, et placé auprès de la direction du numérique (DNUM) du ministère de l'intérieur. Selon PFSF, le nouveau dispositif EES devrait permettre de n'accroître le temps de traitement d'un individu à la PAF, aujourd'hui de 45 secondes, que de 20 % (soit 9 secondes), alors qu'il aurait doublé si l'ensemble des informations requises par EES avaient dû être compilées par le garde-frontière. La mission n'a pas eu connaissance de tests fondant cette assertion, à l'exception de tests engagés début 2020 en gare du Nord à Paris au poste frontière avec le Royaume-Uni, prématurément abandonnés du fait de la survenue de la pandémie Covid. Elle a noté en outre que pour PFSF, les aéroports – au contraire de la PAF – ne sont pas clients du dispositif et n'avaient pas, de ce fait, à être associés à sa conception, ce qui paraît regrettable.

⁵⁰ *Ibidem*, point 2.2.2.

⁵¹ Règlement (UE) 2017/2225 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2017 modifiant le règlement (UE) 2016/399 en ce qui concerne l'utilisation du système d'entrée/de sortie, dit EES.

⁵² Règlement (UE) 2017/2226 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2017 portant création d'un système d'entrée/de sortie (EES) pour enregistrer les données relatives aux entrées, aux sorties et aux refus d'entrée concernant les ressortissants de pays tiers qui franchissent les frontières extérieures des Etats membres et portant détermination des conditions d'accès à l'EES à des fins répressives, et modifiant la convention d'application de l'accord de Schengen et les règlements (CE) n° 767/2008 et (UE) n° 1077/2011, art. 16 et 17.

⁵³ Anciennement Imprimerie nationale.

La DGAC de son côté fait état de calculs des aéroports non concordants (de 28 secondes aujourd'hui à 35 secondes demain au kiosque EES, et 68 secondes par individu en l'absence de kiosque).

Malgré un calendrier serré (les tests doivent être effectués dès la fin 2021), il serait bon de permettre des évolutions ultérieures, notamment en matière de communication de données entre le kiosque et le système central, ce qui réduirait le temps de passage en aubette, sous le contrôle et avec l'autorisation de la DCPAF.

On ne peut que recommander que les uns et les autres collaborent sur l'évaluation *a priori* de l'efficacité du système.

Recommandation 3. (DGAC/DCPAF) Examiner les moyens de conformité au règlement EES compatibles avec une fluidité préservée ou améliorée du parcours des passagers, notamment dans le cadre d'évolutions ultérieures du système retenu.

4.1.4.2 S'affranchir de la séparation physique Schengen / non Schengen ? le projet SAGA

Le Code Schengen impose une séparation physique des flux Schengen et non Schengen, ce qui est coûteux en espace : « Elle entraîne la spécialisation des ressources aéroportuaires dédiées au flux Schengen ou au flux international pour les postes avion, portes d'embarquement, circuits d'embarquement / débarquement, les salons des compagnies, les commerces, espaces d'attente, blocs sanitaires. Certaines salles 'bi-statut' peuvent être utilisées alternativement Schengen ou international, comme c'est le cas à Orly, mais cette possibilité est limitée⁵⁴. »

Un suivi biométrique des passagers par reconnaissance faciale relierait le statut du passager lors du passage frontalier et à l'embarquement, pour garantir que tout passager embarquant sur un vol international a satisfait au contrôle aux frontières extérieures et qu'aucun ressortissant de pays tiers ayant satisfait au contrôle aux frontières extérieures ne reste dans l'espace Schengen. C'est le projet SAGA (pour *Secured Automatic Gates for Airports*) – visant à expérimenter puis si possible (cela nécessiterait un changement de réglementation des frontières) déployer une alternative par la biométrie à la séparation physique des flux.

Le passage aux jalons d'entrée dans la zone SAGA serait enregistré dans la base locale des cartes d'accès à bord (CAB) : la biométrie faciale des passagers serait prise en compte pour les passagers sur vol international (via *smart airport*, via une CAB biométrique ou un comparateur local), l'embarquement sur les vols internationaux étant conditionné au contrôle du jalon contrôle frontière et de la biométrie faciale correspondante. L'embarquement sur un vol Schengen serait conditionné au contrôle du jalon SAGA-Schengen.

Les passagers ne respectant pas les conditions pourraient être alors contrôlés individuellement par les agents de la police aux frontières.

SAGA peut être limité aux départs ou (dans une 2^e phase) déployé pour les départs et arrivées.

⁵⁴ Source ADP, qui précise la complexité de l'usage de salles bi statut alternatif (comme au terminal 2D de Paris CDG) : « A un instant t, la salle doit être soit en statut Schengen, soit en statut international ; changer de statut implique à la fois que les circuits physiques soient modifiés (ex. fermeture / ouverture de cloisons sans risque qu'un passager n'accède dans une zone où il n'a pas à se trouver, que la salle ait été intégralement vidée, et que l'on y contrôle qu'aucun document de voyage (passeport) n'y a été laissé qui puisse être récupéré par un passager de l'autre statut (ex. pas de siège avec assise où l'on puisse dissimuler un document, pas de poubelle transparente). De plus, elles ne peuvent être implantées que sur des espaces limitrophes aux zones Schengen et internationales. »

La réflexion sur le sujet est encore peu avancée et l'évaluation des coûts et avantages n'a pas encore été faite. Néanmoins, sur la base de premières simulations faites par ADP, le projet serait source d'économies d'espace très significatives. Mais des avantages significatifs existeraient également pour les compagnies : « Elles pourraient améliorer leur taux de contact, réduire leurs charges de transfert, mutualiser leurs salons, l'offre commerciale et de services serait mutualisée entre les zones Schengen et internationale, la qualité de service pour le client au final améliorée. ».

La DCPAF est informée de ces travaux et a donné son accord pour que la réflexion se poursuive. ADP indique : « Nous travaillons à ce stade à concevoir un dispositif suffisamment robuste pour que le ministère de l'Intérieur puisse décider de l'expérimenter en conditions réelles et rechercher les autorisations des instances européennes. » ;

Recommandation 4. (DGAC et services du ministère de l'intérieur – DCPAF/SNUM) Établir une évaluation complète des coûts et avantages de concepts de mixité (Schengen / non Schengen) des espaces d'embarquement ou d'arrivée (tels que SAGA) et de leur compatibilité avec la protection des frontières, et examiner les conditions d'un accord international sur le sujet.

4.1.5 En passant par les commerces...

Comme on l'a vu, l'attractivité des commerces d'aéroports bénéficie d'un parcours plus serein et plus fluide des passagers à travers les contrôles.

Le projet *Market place* d'ADP vise à développer et améliorer sa qualité de service en disposant des données des passagers. C'est l'une des raisons du lancement d'un programme de fidélité, depuis 2016. L'effectif augmente régulièrement (600 000 pax en 2019, 715 000 en 2020, objectif fixé à 1 million), les recrutements se faisant à 40 % depuis les réservations de parkings, et à 60 % depuis les commerces, riches en données sur les clients. La numérisation du programme de fidélisation augmente sa rentabilité car elle joue un rôle croissant dans la fréquentation des commerces : il y a dix ans, 50 % des achats étaient des achats d'impulsion ; aujourd'hui, 80 % des achats sont réfléchis et préparés à partir de l'outil numérique. La mise en place de *market place* permettra de vendre des prestations supplémentaires : autopartage, recharges électriques, voitures.

Plusieurs des aéroports interrogés par la mission ont des programmes similaires, partant souvent des parkings.

L'aéroport de Nice a mis en place un programme spécifique, *Passenger Loyalty*, sur le modèle des programmes de fidélité des alliances de compagnies aériennes.

Ces exemples attirent l'attention sur un des sujets de l'économie aéroportuaire susceptibles d'être exacerbés par le *smart airport*, à savoir la concurrence potentielle entre compagnies aériennes et aéroports pour offrir aux passagers aériens des offres commerciales, liées plus ou moins directement au voyage. L'analyse de cette concurrence potentielle – à ne pas surestimer, les services offerts pouvant être également complémentaires - dépasse le cadre de cette mission. Plusieurs de ses interlocuteurs (aéroports et compagnies) ont déclaré davantage craindre la concurrence des « agrégateurs de voyage » sur ce point.

4.1.6 ...et les parcs autos

Les parkings autos, qui représentent une part significative des revenus non aéronautiques des aéroports, font l'objet de réflexions de la part des aéroports sur les innovations qui peuvent être apportées à ce service, au-delà des programmes de fidélisation évoqués ci-dessus. Ces innovations sont d'autant plus nécessaires que les parkings gérés par les aéroports sont souvent concurrencés par des offres de stationnement organisées ou « sauvages » hors les murs, avec transport par navette assuré dans certains cas vers les terminaux.

Il y a également un enjeu de capacité, les parcs autos occupant beaucoup d'espace⁵⁵.

Parmi les innovations citées au cours de la mission, on pourra citer le « robot voiturier » expérimenté à Paris et Lyon avec des appréciations différentes. Lyon l'a expérimenté pendant un an sur un parking de 600 places, le concept étant de déplacer par des engins autonomes les voitures des parcs proches vers des parcs éloignés, avec des résultats suffisamment satisfaisants pour que Gatwick envisage de suivre l'exemple (test en cours).

ADP a indiqué avoir également expérimenté ce sujet avec à ce stade des conclusions technico économiques mitigées. ADP préfère proposer à ses abonnés de se garer dans des emplacements premium, des voituriers « humains » les déplaçant dans les parcs éloignés et les rapprochant à leur retour annoncé, avec une tarification attractive.

Le dernier-né des grands aéroports : Chengdu-Tianfu en Chine⁵⁶

Le nouvel aéroport de Chengdu-Tianfu a été mis en service le 27 juin 2021. La capitale du Sichuan dispose désormais de deux plates-formes aériennes internationales. Construit en cinq ans, avec le concours entre autres d'ADP Ingénierie, il aura coûté environ 74,7 Md¥. Avec trois pistes et deux terminaux en forme de phénix et d'une superficie totale de 710 000 m², il peut accueillir jusqu'à 60 MPAX/an et 1,3 Mt/an de fret. 1 000 chambres d'hôtel sont installées sur le site. Il a la capacité de doubler à terme.

Les terminaux sont le rendez-vous de technologies de pointe : logiciel de reconnaissance faciale, bornes d'enregistrement automatique, systèmes de sécurité intelligents, portes d'embarquement automatiques à ondes millimétriques ou encore robots humanoïdes qui renseignent le voyageur. La circulation des voyageurs en transit se fait à l'aide de véhicules autonomes, *Personal Rapid Transit* (mis en service auparavant à Londres Heathrow) et robots taxis autonomes. Le système ICS transporte et trie les bagages à 7 m/s.

L'aéroport est relié au centre-ville, distant de 50 km, par un train régional autonome. Il est de même traversé par une ligne à grande vitesse empruntée par des TGV autonomes, qui circulent à 350 km/h sur 6 000 km de lignes à travers le pays.

4.2 Airside : optimiser les ressources grâce aux données

4.2.1 L'Airport Operations Center (APOC) selon l'exemple de Nice Côte d'Azur

Le concept d'APOC, et celui de *Total Airport Management*, pour une gestion coordonnée des mouvements d'avions dans un aéroport, s'est imposé. On citera en exemples Orly, Schiphol, Rome, CDG, Lyon et Nice. L'exemple de Nice est intéressant par son côté précurseur.

Avec la mise en œuvre de son APOC, Nice Côte d'Azur pilote en temps réel sa performance globale.

Intégrant en un seul lieu toutes les fonctions liées aux opérations aéroportuaires - gestion des flux passagers, bagages, avions aux postes de stationnement – et à la maintenance technique des équipements, cette superstructure ultramoderne, promue par Eurocontrol, positionne Nice Côte d'Azur parmi les aéroports européens les plus avancés en matière de pilotage des opérations aéroportuaires par la performance globale permettant aussi de participer à la fluidification du trafic aérien.

⁵⁵ On peut également mentionner le « verdissement » des parcs autos, certains aéroports, à la suite de Montpellier Méditerranée, ayant couvert une partie de ceux-ci de panneaux photovoltaïques.

⁵⁶ Cf. <https://mp.weixin.qq.com/s/rIDoVKAxGSK8UCJerp-utQ> et <https://mp.weixin.qq.com/s/Hi601 QisEL-GOUB0yz6IA> (en chinois).

À terme, l'APOC de l'aéroport intégrera en son sein également toutes les fonctions liées à la gestion des accès à l'aéroport, la sécurité et la sûreté.

L'APOC est le mode de gestion collaboratif des opérations aéroportuaires le plus efficace et le plus moderne, permettant tout à la fois d'optimiser les ressources et d'accompagner les évolutions du trafic aérien, mais aussi de prendre en compte la totalité des paramètres qui peuvent perturber le trafic de la plate-forme aéroportuaire. Véritable poste de contrôle géant, il permet, en temps réel, d'échanger les informations, de définir les solutions les plus pertinentes, d'engager leur mise en œuvre et de vérifier leurs effets sur l'ensemble des terminaux, des pistes et des abords de l'aéroport. Pour les passagers, cette coordination étroite est une garantie supplémentaire de fluidité de leur parcours depuis leur arrivée sur la zone aéroportuaire, de l'enregistrement à l'embarquement en passant par la dépose bagages ou les contrôles de sécurité, et d'autre part d'une plus grande ponctualité de leur vol. Cette garantie est aussi importante pour s'assurer de l'accueil des clients depuis l'atterrissage de l'avion jusqu'à leur sortie de la zone aéroportuaire.

Concrètement, ce centre de supervision centralise la gestion des différentes ressources de l'aéroport, telles que les postes avion, les passerelles d'embarquement, les bornes d'enregistrement, les tapis bagages ou les bornes d'entrée et sortie des parkings. Il s'assure également de l'optimisation des flux de passagers sur tout leur parcours : aux abords des terminaux, tout d'abord, pour améliorer la fluidité des voiries ou prévenir la saturation des parkings ; dans les terminaux, par ailleurs, pour éviter qu'un engorgement se crée à l'un des points de passage des voyageurs, notamment les postes de contrôle, ou qu'une trop forte concentration de personnes en un même lieu ne contrevienne au respect des gestes barrière.

Au signal de défaillance d'un équipement (ascenseur, porte, escalator, barrière parking...), une équipe peut intervenir dans un temps réduit pour y remédier. En cas de situation dégradée, par un épisode météorologique par exemple, une chaîne de décision et de commandement raccourcie facilite un retour accéléré à une situation normale.

La mise en œuvre de l'APOC a nécessité la création d'un espace unique, de 500 m², ultramoderne et équipé de plusieurs dizaines d'écrans de contrôle, la formation de ses membres et la création du poste d'*Airport Duty Manager* (ADM). L'ADM, à la manière d'un super chef d'orchestre, conduit les opérations et prend les décisions en temps réel grâce à l'hyperviseur, un système informatique inédit permettant la gestion en temps réel de toutes les opérations en communication constante avec les partenaires, compagnies, assistants en escale ou forces de l'ordre. Créé sous l'impulsion d'Eurocontrol, prolongeant les bénéfices déjà tangibles du A-CDM mis en œuvre cet automne, l'APOC, également cofinancé par l'Union européenne, positionne Nice Côte d'Azur au cœur du ciel européen et participe de sa fluidité.

On trouvera également en annexe une description détaillée de l'APOC d'Orly, un peu plus ancien mais en modernisation constante, que la mission a eu l'occasion de visiter.

La réalisation d'un APOC n'est pas encore effective à CDG (la création d'un bâtiment regroupant les fonctions de supervision dont un étage « APOC » était envisagée dans le projet de CRE4 sans description précise des fonctionnalités attendues).

4.2.2 Autres solutions airside

Les solutions techniques adaptées au tarmac sont nombreuses.

Une première famille d'entre elles touche à la gestion de la ressource rare qu'est le parking avion. Paradoxalement, alors qu'il est devenu l'un des goulots d'étranglement du système aéroportuaire, son utilisation ne semble guère soumise à mesures incitatives. Une compagnie peut faire stationner un avion au contact pendant un temps assez long sans être pénalisée, sinon par une légère augmentation de la redevance d'atterrissage. Certaines d'entre elles, notamment parmi les compagnies historiques (les compagnies bas-coûts s'attachant à limiter leur temps de stationnement au parking) en profitent

sans acquitter de facture excessive à l'aéroport.

Dubaï se targue de travailler avec le logiciel le plus performant au monde, Quiniq. À la demande des compagnies à bas coûts qui forment l'essentiel de la clientèle de Gatwick, Vinci Airports développe une solution de gestion de parking à base d'intelligence artificielle dont il escompte un gain de 1 mn à 1 mn 30 sur les rotations.

Corrélée à cette première famille, on trouve la gestion des services à l'avion au parking (avitaillement, *handling*). La vision à distance de l'avion stationné, depuis la tour de contrôle et à l'aide de mires, de *timers* et d'écrans, permet d'ordonner le ballet de prestataires. ADP en escompte un gain de temps de 5 %. À Gatwick, Vinci Airports se targue d'une amélioration de 4 % de la ponctualité. Dubaï s'appuie sur le logiciel Assaia de gestion optimisée de l'escale par analyse vidéo. Plusieurs plates-formes (Toulouse, Lyon, Paris) testent ou souhaitent tester des navettes autonomes pour le *handling*. Pour aller plus loin, sachant que le parking avion est chroniquement encombré d'une multitude d'engins de service, Vinci procède à leur géolocalisation, tandis qu'ADP souhaiterait regrouper leur propriété entre les mains d'un seul acteur, le *pooler*, qui les louerait aux *handlers* (cf. § 5.5 ci-dessous).

La gestion de cette autre ressource rare qu'est le créneau d'atterrissage ou de décollage fait également l'objet de développements, particulièrement dans les aéroports contraints par un nombre insuffisant de pistes. On note la très remarquable performance de Gatwick, certes servi par une topographie, un climat et une grande homogénéité des flottes qui sont autant d'atouts, mais avec une capacité de 55 mouvements à l'heure, sans doute l'une des plus élevées au monde⁵⁷. Sur cette plate-forme, le gestionnaire Vinci Airports s'appuie sur un logiciel dit *time based separation* qui calcule l'intervalle optimal entre deux avions. Dans un contexte moins favorable, mais avec la contrainte forte d'une seule piste pour un trafic très élevé, Genève atteint néanmoins 40 mouvements à l'heure. Incidemment, la rationalisation des créneaux a un impact positif sur le bruit, comme a pu le constater l'aéroport de Lyon.

L'anticipation des atterrissages fait l'objet de son côté de développements importants, notamment dans les aéroports soumis à couvre-feu. Eurocontrol promeut un système à base de *machine learning* permettant, au vu des retards accumulés par un avion en début de journée, de ses habitudes et de son agenda, d'anticiper le risque qu'il arrive trop tard à sa dernière destination et, le cas échéant, de lui ouvrir la voie pour lui permettre d'honorer sa dernière mission. L'Allemagne dispose du logiciel ACD System. Dubaï, qui n'est certes pas soumis à couvre-feu mais connaît un trafic intense et ne peut pas s'appuyer sur la connaissance d'un vaste espace aérien souverain pour anticiper les mouvements, procède à une analyse fine des trajectoires incidentes pour planifier ses atterrissages.

La sécurisation des pistes et taxiways, au regard notamment du risque lié à la présence d'objets intrus ou *FOD* (on se souvient de l'accident du Concorde à Roissy), a également suscité des solutions innovantes. La jeune pousse FlyInstinct a ainsi testé avec succès, sur les pistes de Lyon, Orly, Cotonou, Genève, Gatwick, Bâle, CDG, et autres, à l'aide d'une caméra de haute précision couplée à un système d'analyse à base d'intelligence artificielle, la reconnaissance d'objets intrus. La technologie FlyInstinct est actuellement en test à Genève et à Châteauroux pour le suivi de l'état des lampes et de l'encrassement des pistes par la gomme, avec des perspectives en termes d'entretien très intéressantes.

Enfin, les procédures d'embarquement elles-mêmes sont revisitées dans le sens d'une accélération des flux, permettant une rotation accélérée des avions dont sont demandeuses les compagnies *low cost*.

Le STAC maîtrise un logiciel de calcul et d'optimisation de la capacité des aéroports dans leur dimension plurielle (terrestre motorisée, pédestre, aérienne). Fondamentalement, il apparaît que la capacité d'un aéroport ne peut se résumer au nombre de mouvements d'avions qu'il peut accueillir dans un certain laps de temps, ni à la surface couverte de ses aérogares, mais qu'elle est le produit de multiples mesures de gestion des ressources qui sont autant de goulots d'étranglement potentiels.

⁵⁷ Pour une seule piste utilisée, la 2^e n'étant utilisée qu'en secours.

4.3 Green et Smart : quelles interactions ?

L'aviation doit réduire son empreinte environnementale (bruit, émissions locales, et de façon de plus en plus critique son impact sur le réchauffement climatique).

L'impact purement imputable aux aéroports à ce titre représente une partie minime du total de l'empreinte climatique de l'aviation (la part de l'aéroport dans la pollution due au trafic aérien n'est que de l'ordre de 2 %) mais fait l'objet d'une recherche continue d'amélioration, sanctionnée par l'accréditation de l'ACI (association internationale des aéroports)⁵⁸.

Le verdissement des aéroports répond en outre à un enjeu propre, lié notamment aux difficultés à faire accepter des extensions importantes : le *smart airport* contribue à un développement de l'activité sobre en espace.

Quelques exemples, comme l'optimisation du roulage et le roulage électrique, ou l'optimisation de la climatisation montrent que *smart* et *green* sont liés. Le point le plus important, selon ADP, est l'enjeu pour l'entreprise d'utiliser au mieux les ressources, essentiel du point de vue du modèle économique de l'entreprise comme de celui du développement durable. Ainsi, avec l'objectif de réduire les émissions atmosphériques, les aéroports de Paris s'approprient à tester des solutions de traction des avions du parking vers le bout de piste, dites *taxibots*, dont l'intérêt est de limiter l'usage de leurs moteurs auxiliaires, fortement consommateur de kérosène. C'est un défi pour la *smartisation* car c'est un ajout supplémentaire de véhicules côté piste qui complexifient les opérations. Cette densification crée, *de facto*, davantage de croisements, etc. Néanmoins, c'est une manière de supprimer en partie les émissions au roulage, ce qui peut intéresser fortement les compagnies, comme Air France qui s'est engagée à être neutre pour toutes les émissions au sol d'ici 2030.

Des solutions de climatisation (*pot house*) permettent aux avions, avec des bornes de 400 Hz, de ne pas utiliser leur moteur auxiliaire (APU). Ainsi, à Gatwick, Vinci airports propose aux compagnies un service de pré-conditionnement d'air dans l'avion au parking, afin de lui permettre de couper temporairement ses moteurs auxiliaires. ADP travaille également au déploiement de telles solutions.

Le point de départ d'une politique environnementale responsable réside dans la bonne gestion des ressources.

Pour ADP, la densification maximale des installations est l'objectif premier du *smart airport*. De plus, au vu du contexte sanitaire et donc économique particulier, les solutions « de verdissement » doivent être « frugales » (pour reprendre l'expression utilisée par un collaborateur de Sita Aero) et utiliser au maximum les équipements existants.

Le *smart airport* est donc un aéroport densifié, avec moins d'installations entièrement nouvelles (*green field*), des circulations efficaces, des opérations fluides en vol, à l'atterrissage et au décollage. La fluidité des parcours est un élément clé de la performance du transport aérien. Elle a un impact direct sur le bon dimensionnement des ressources, les économies d'énergie et la compétitivité de l'activité. À l'inverse, la congestion des accès routiers ou par les transports en commun aux aéroports, les difficultés de circulation des avions au sol, ou encore les temps d'attente sur le parcours passager dans les aérogares peuvent induire un surdimensionnement des installations et des pollutions inutiles.

En ce qui concerne les émissions en vol, le volet *smart* n'est pas négligeable. Il permet d'optimiser les trajectoires ce qui peut faire, selon ADP, une réelle différence. Selon la Commission européenne, ce serait jusqu'à 10 % d'économie de CO₂ pour l'aviation européenne (pour les vols intra-européens), d'autres études évoquant le chiffre de 5 %.

Sur les plates-formes aéroportuaires, les émissions de CO₂ en zone réservée (côté piste) liées aux opérations au sol excèdent les émissions de l'aéroport lui-même.

⁵⁸ L'accréditation ACI comporte plusieurs niveaux...

À titre d'illustration, à CDG et Orly, sans mentionner les émissions liées au roulage avion, elles représentent de l'ordre de 7 % des émissions de CO₂ du transport aérien. Les principaux postes d'émission sont les suivants : les véhicules circulant côté piste, les engins d'assistance en escale, et l'utilisation des moteurs auxiliaires de puissance par les avions au stationnement. Ces mêmes sources sont également émettrices de polluants atmosphériques. La réduction des émissions (CO₂ et polluants atmosphériques) côté piste concourt directement à la transition environnementale du transport aérien, et à l'amélioration de la qualité de l'air sur les plates-formes.

Sur le périmètre sol et *Landing Take Off* (LTO), les émissions sont liées pour un tiers aux avions et pour deux tiers aux accès. L'objectif est de traiter également la partie accès. Les véhicules autonomes électriques assurant des liaisons de qualité et rapides sont une solution. Ces nouveaux outils nécessiteraient le renforcement des réseaux électriques et la mise à disposition de bornes de recharge, afin que les véhicules et engins électriques puissent opérer côté pistes. À titre d'illustration, Air France indique un objectif de 90 % d'engins d'assistance en escale électriques à l'horizon 2025. De même, pour utiliser des véhicules GNV, il conviendrait de mettre en service des stations-service délivrant du bio-GNV. La situation est identique avec l'hydrogène. Enfin, il faudrait mettre à disposition du biodiesel 100 % afin de décarboner certains engins spécifiques critiques pour lesquels il n'existe pas, à date, d'alternative technologique décarbonée mature.

Sur la partie infrastructure, la construction d'un terminal produit des émissions. Le projet de construction du terminal 4 de CDG représenterait l'équivalent de plusieurs dizaines d'années d'émissions des plates-formes parisiennes. En évitant ou en limitant la construction, un volume important d'émissions peut être évité. Le *smart* servirait alors le *green*, en permettant une réduction du besoin de construire : moins gros, moins vite, plus progressif, car la densification aurait été la priorité. Toujours au niveau de l'infrastructure, le *green* et le *smart* peuvent être liés pour tout ce qui concerne la climatisation intelligente ou encore le remplacement de chaudières.

Enfin, l'environnement aéroportuaire est particulièrement propice au développement des nouvelles mobilités terrestres. Plusieurs services innovants de mobilité (en matière d'usage et de technologie) sont étudiés, testés et développés pour leurs bénéfices en matière d'expérience passagers, d'optimisation des *process* aéroportuaires et parce qu'ils contribuent à la performance environnementale des plates-formes. Il s'agit de :

- La mobilité autonome : Plusieurs services méritent d'être expérimentés afin de positionner les plates-formes françaises à la pointe de cette technologie. Ce sont la mobilité des personnes pour couvrir les liaisons ville-aéroport et pour les déplacements au sein des plates-formes, le transport de biens (bagages ou fret), les opérations de logistique en automatisant les *process* (comme l'accostage des passerelles), et la mobilité au sein des terminaux (notamment pour les passagers PHMR).
- La mobilité à la demande : elle permet de concevoir des services de transports (itinéraires et arrêts) en fonction de la demande réelle. Cette technologie permettrait d'optimiser les flottes et de réduire le nombre de véhicules et de kilomètres parcourus tout en conservant un bon niveau de qualité de service.
- La mobilité partagée (notamment via le covoiturage pour les salariés et l'auto partage pour les passagers) : elle viendrait compléter les services de mobilité disponibles pour rejoindre les plates-formes, en vue de réduire le nombre de véhicules en circulation.
- La mobilité active : elle est également à l'étude sur les plates-formes en lien avec les collectivités locales et les acteurs majeurs sur les territoires.

5 Pour un déploiement efficace : une bonne articulation public/privé

5.1 Stratégies de déploiement du *smart airport*

Les aéroports les plus importants (et constitués en groupes déployés à l'international) déploient des approches globales, permettant de tester des solutions sur une plate-forme donnée, avant de la déployer le cas échéant, sur d'autres aéroports du groupe. C'est le cas des groupes ADP et Vinci Airports.

Les aéroports de taille moyenne (autour d'un seuil de trafic -en situation normale- de l'ordre de 10 MPAX/an) examinent attentivement les opportunités offertes par le *smart airport*, avec des stratégies « opportunistes ».

5.1.1 La stratégie du groupe ADP (dont *Innovation hub*)

ADP décline depuis plusieurs années le concept de *smart airport*, comme on l'a vu plus haut avec l'exemple du CRE4. Une structuration de l'activité a été récemment mise en œuvre, autour de la direction générale des opérations. Elle se caractérise par une approche structurée par thèmes et la prise en compte de la dimension du groupe.

Cette démarche repose sur trois piliers :

- *open* : ce sont les enjeux d'acculturation des collaborateurs dans un grand groupe ;
- *connect* : c'est la capacité à lancer de nombreux projets chaque année ;
- *invest* : la démarche est avant tout un fonds d'investissement interne qui permet de prendre des participations minoritaires.

Selon ADP, l'infrastructure intelligente *smart airport* englobe la *smart city*, le *smart building* et l'*usine du futur*. En effet, l'aéroport d'aujourd'hui propose aux passagers de vivre une véritable expérience « dans la ville » avec des points de rencontre, de divertissement, des informations personnalisées, etc. Le *smart building* correspond à l'optimisation du fonctionnement de l'aéroport (confort thermique, éclairage...) avec le déploiement de milliers de capteurs. Enfin, l'*usine du futur* concerne la gestion au quotidien de *process* industriels (comme le flux de milliers de bagages qui transitent chaque jour dans les aéroports). Pour ADP, le *smart airport* répond à de nombreux enjeux, situés autour de la donnée et du partage d'information entre les acteurs de la chaîne aéroportuaire, pour optimiser la performance opérationnelle et la qualité de service.

ADP développe donc de nombreux projets pour rendre leurs aéroports plus *smart*. Un certain nombre d'entre eux ont été cités plus haut, et on en trouvera le détail en annexe.

Depuis mars 2017, le groupe ADP a commencé à investir dans de jeunes entreprises innovantes dans le cadre de l'*Innovation hub*. L'idée de cette démarche est de positionner une structure à côté des unités commerciales de manière transversale pour développer la culture de l'innovation et des projets de court terme.

ADP souhaite transformer les aéroports en terrains d'expérimentation. Ces logiques d'innovation ouverte constituent des moyens d'impulser ces nouvelles dynamiques.

On trouvera en annexe le détail des investissements suivis dans le cadre de *ADP Innovation hub* ainsi qu'une présentation générale de sa stratégie *smart airport*.

5.1.2 La stratégie du groupe Vinci Airports

La mission a rencontré la direction de Vinci Airports, ainsi que les dirigeants de deux des aéroports du groupe, Lyon Saint-Exupéry et Londres Gatwick. On trouvera en annexe une présentation détaillée de la démarche *smart airport* du groupe.

Vinci, en tant que gestionnaire de 45 aéroports en France et dans le monde, a fondé sa démarche *smart* sur trois piliers : gestion de l'infrastructure, gestion des flux, satisfaction client et qualité de service.

Le groupe peut ainsi être amené à expérimenter sur l'une ou l'autre de ses plates-formes en déployant sur les autres, après adaptation, les concepts les plus prometteurs.

Ainsi, il s'intéresse à la biométrie qui lui permet des gains de productivité importants. Comme on l'a vu plus haut ; l'expérimentation Mona à Lyon a vocation à diffuser ultérieurement dans l'ensemble du groupe.

De même, les résultats de Gatwick en matière d'intelligence artificielle (IA) appliquée à la gestion de l'escale ont également vocation à se diffuser.

Vinci airports met en place des innovations alliant *green* et *smart* : développement de l'hydrogène, gestion de l'utilisation de l'énergie (*Energy Management System* (EMS) reliée à la gestion du bâtiment BMS)...

La stratégie de groupe ne veut pas dire pour autant standardisation. Vinci airports fait observer que certains pays (États-Unis, Russie) n'ont pas de scrupules à adopter la biométrie quand d'autres sont plus réticents (Japon), notamment du fait d'une législation de protection des données personnelles proche de la nôtre. Toutefois, une biométrie standardisée ne semble pas envisageable dans la mesure où chaque aéroport a ses spécificités. La portabilité d'une solution doit être vérifiée à chaque fois (Vinci airports a eu une expérience infructueuse de massification du déploiement du Wifi, s'étant mis entre les mains d'un prestataire unique).

5.1.3 Les autres aéroports sont intéressés mais en attente

Les autres aéroports interrogés par la mission (Nice, Marseille, Bâle-Mulhouse, Toulouse, Genève)⁵⁹ ont exprimé un intérêt variable, mais réel. Ils restent toutefois dans l'expectative du fait de la conjoncture économique difficile. Ils expriment en général le souhait de ne pas prendre de risque technologique excessif et privilégient les solutions sur étagère. Comme l'exprime l'aéroport de Genève : « Notre souhait est d'être le meilleur second ».

5.1.3.1 L'aéroport de Nice Côte d'Azur (groupe Aéroports de la Côte d'Azur - ACA)

Nice est intéressé à améliorer l'expérience client, sachant que tout ne peut être automatisé (forte proportion de clients peu fréquents et souvent seniors, qui pourraient ne pas s'enrôler en majorité dans des parcours biométriques par exemple). Les données sont un enjeu majeur et Nice Côte d'Azur a créé un programme de fidélité *Passenger Loyalty* (voir plus haut).

ACA a plusieurs spécificités dans les domaines *smart* et *green* : parmi celles-ci l'inauguration récente

⁵⁹ La mission a également recueilli les avis des unions des aéroports français (UAF) et allemands (ADV).

d'un APOC à Nice (le premier en France hors Paris), s'ajoutant au CDM existant. ACA a également développé une solution d'auto correspondance⁶⁰ (intéressant particulièrement les trajets Scandinavie Corse) même si la crise n'a pas permis pour l'instant d'en voir les fruits.

En matière de verdissement, ACA se considère comme exemplaire (label ACI 3+ : neutralité carbone avec compensation) et a investi dans les transports collectifs (tramway) et les nouvelles mobilités, ainsi que dans des solutions de climatisation des avions permettant de se passer de l'APU et de roulage électrique pour les avions d'affaire, dont les parkings jouxtent la ville.

5.1.3.2 L'aéroport de Toulouse Blagnac (ATB)

ATB avait conçu dans son plan stratégique de 2020 (à l'initiative de son nouveau concessionnaire Eiffage) des lignes d'action *smart airport*. À ce stade, les actions entreprises sont des partenariats commerciaux avec les compagnies (parkings, salons), qui ne vont pas jusqu'au « sans contact », et le test de véhicules autonomes en partenariat côté piste, mais sans gain économique ou d'efficacité avéré.

ATB examine également un projet de salle APOC, visant à l'optimisation des infrastructures existantes et la gestion de la complexité, mais la décision n'est pas prise.

ATB souligne également ses efforts en matière de verdissement de l'aéroport (50 % de réduction des émissions imputables à l'aéroport depuis 2010, pour un trafic -avant COVID - de +40 %) et rappelle que son concurrent est davantage le train que les autres aéroports, d'où l'intérêt de parcours sans couture dans l'aérogare.

5.1.3.3 L'aéroport de Marseille Provence (AMP)

Comme Nice, Marseille cherche à faciliter l'auto correspondance (système Kiwi), sans aller à ce stade jusqu'au service complet avec assurance (mais il y réfléchit).

Des services ont été mis en place pour les usagers des parkings (suivi des temps de parcours, réservation...) et AMP réfléchit à une offre similaire pour les passagers arrivant par train.

Une difficulté pour mettre en œuvre un parcours sans couture est le recrutement, les compagnies étant peu désireuses de partager leurs informations sur les passagers (plus facilement sur les mouvements dans le cadre de la CDM). Une offre intéressante pour les passagers volontaires (par exemple pour les passagers internationaux avec préenregistrement frontalier avec accord – non acquis - de la PAF) serait d'offrir des créneaux horaires en PIF et aubettes PAF.

AMP n'est pas sûr que le *smart* fasse gagner de la capacité car les normes génèrent des besoins supplémentaires.

5.1.3.4 L'EuroAirport de Bâle Mulhouse (EAP)

L'EAP a conçu un programme modulaire appelé *Home to Fly* portant sur l'enregistrement à domicile ou au kiosque, la réservation du parking, la dépose bagages automatique (DBA), Parafe, les prestations commerciales et salon, l'embarquement automatisé, avec des prestations symétriques à l'arrivée. Il mobilise un budget important : 700 M€ de 2020 à 2030, dont 20 engagés à date.

Néanmoins la connaissance des passagers reste très parcellaire (enquêtes PAX à renforcer).

⁶⁰ L'autocorrespondance (*self connecting*) est l'organisation par le passager de parcours aériens enchaînés avec l'achat de plusieurs billets d'avion, pratique très fréquente (40 % des correspondances intra-européennes selon l'OAG). Ce qui est récent, c'est l'implication de certains aéroports pour promouvoir ces services, notamment en informant largement les passagers sur les combinaisons de vols permettant des correspondances de durées raisonnables, avec l'aide le cas échéant d'offres de services « coupe-files » (*fast track*) pour les passagers concernés. L'aéroport de Milan Malpensa en a été l'un des pionniers ([Kiwi.com to power Milan Malpensa Airport's 'ViaMilano' self-connect service - Kiwi.com](https://www.kiwi.com/en/press-releases/2020/09/10/kiwi-com-to-power-milan-malpensa-airport-s-viamilano-self-connect-service)). On pourra aussi citer le service « TGV -Air » proposant une « auto correspondance » TGV Avion dans certains aéroports.

L'enjeu majeur est l'interopérabilité et l'EAP est prêt à intégrer des solutions venues d'ailleurs.

5.1.3.5 L'aéroport de Genève

Pour son président, « Toutes les bonnes idées pour faire progresser les aéroports, c'est le *smart airport*. Il y a beaucoup d'idées. Pour nous, c'est faire mieux avec moins », défi particulièrement concret pour un aéroport qui a reçu (avant COVID) 17 MPAX/an sur une seule piste et qui est très contraint dans son développement par l'espace exigu dont il dispose (350 ha).

En matière de mise en œuvre de nouvelles technologies, Genève ne souhaite pas être précurseur, mais le meilleur second. Parmi les sujets les plus prometteurs sont cités l'optimisation du placement des passerelles avions, gage de performance accrue sur la durée des rotations, la refonte du tri bagages et surtout la gestion optimisée des actifs, avec un effort y compris financier pour la maintenance (notamment en utilisant le couvre-feu nocturne pour réaliser des opérations de maintenance lourde).

5.1.3.6 En Allemagne

La mission a obtenu un avis d'ensemble sur le contexte allemand en interrogeant l'Association des aéroports allemands *Flughafenverband* ADV qui a donné les indications suivantes :

1. Avant la crise Covid, la question était plutôt l'accessibilité terrestre des aéroports. La plupart d'entre eux sont désormais reliés au réseau ferroviaire rapide, à l'instar de Francfort, à l'initiative conjointe de la Deutsche Bahn et de Lufthansa. Mais certains aéroports comme Munich demeurent difficiles d'accès (trois quarts d'heure en navette ferroviaire pour rejoindre le centre-ville, sans liaison au réseau à grande vitesse). ADV avait créé le programme *Mobility for the future*. Il propose également une application MaaS (*Passenger App*) qui n'a été que peu téléchargée.
2. Il y a des expérimentations, notamment sur la biométrie, à Munich. Pour le moment, aucune amélioration n'a été constatée dans les queues ou en sécurité. Or, si les passagers ne trouvent pas de réels avantages à ce type de technologies, ils refuseront de partager leurs données. De plus, des difficultés en termes d'illectronisme ont été relevées.
3. Pour anticiper les flux et rassurer les voyageurs, les aéroports se sont dotés de caméras mesurant anonymement les flux (une personne = une unité), et proposent des applications expliquant au voyageur le parcours à suivre et le temps estimé. Ce n'est donc pas de la biométrie faciale. L'autre problème est l'absence de standard. Il existe de nombreuses applications qui ne sont, au final, que très peu utilisées.
4. La réglementation allemande de la protection des données individuelles est draconienne. Son respect relève de la responsabilité des Länder. La reconnaissance biométrique n'est appliquée qu'aux voyageurs volontaires, qui ont téléchargé l'application *ad hoc* de l'aéroport.
5. Les systèmes *seamless* concernent surtout les parkings avec la possibilité, dans les dix plus grands aéroports, de payer d'avance son parking sur le site de la Lufthansa.

5.1.4 En conclusion

Ce tableau d'ensemble reflète à la fois une avance sur le sujet – parmi les aéroports interrogés par la mission - des groupes ADP et Vinci, forts de leurs réseaux et de leurs ambitions mondiales, et un intérêt, souvent teinté de prudence, des aéroports de moindre importance en termes de trafic. Il faut cependant, dans l'analyse de ces réponses, tenir compte du contexte particulièrement difficile que connaît actuellement le secteur.

5.2 L'écosystème industriel et l'appui à son déploiement

La France dispose pour les sujets apparentés au *smart airport* à la fois de géants de niveau mondial (Thalès, Idemia, Schneider, Airbus...) et d'un vivier de PME, voire de *start-ups*, et d'ETI, souvent très dynamiques sur ces sujets. Le défi à relever est double : celui de la formalisation des besoins des utilisateurs (aéroports), avec un dialogue en amont avec les fournisseurs potentiels (ou des structures intermédiaires) sur les fonctionnalités et les manières d'y répondre et, particulièrement pour les petites entreprises, celui de faciliter le référencement d'expériences réussies en France pour un développement à l'export. Les initiatives exposées ci-après ont vocation à y contribuer.

5.2.1 L'accompagnement mis en place par Proavia⁶¹

Proavia⁶² a lancé l'initiative AirportLAB en septembre 2020, en vue de remotiver sa communauté d'adhérents et les convaincre de persévérer dans l'innovation.

Afin de proposer une aide concrète, hors financement, Proavia a souhaité mettre en contact des industriels innovateurs et des aéroports utilisateurs, disposés à mener ensemble une démarche collaborative de *proof of concept*⁶³.

Pour ce faire, Proavia a recensé, parmi ses adhérents, les besoins en expérimentation. Une douzaine de demandes ont été reçues.

Parallèlement, des discussions sont en cours avec les aéroports pour étudier les propositions d'expérimentation de AirportLAB (réponse positive de Châteauroux, discussions en cours avec les aéroports de Rennes, Bergerac, Pau, Perpignan et Pointe-à-Pitre notamment).

Proavia a alors organisé des visioréunions avec chaque aéroport pour leur permettre des échanges directs avec les industriels concernant la faisabilité des tests, des visites sur sites et une rencontre avec le STAC.

Cette mise en relation entre clients (aéroports) et entreprises pourrait faciliter l'émergence de nouvelles solutions françaises, notamment à l'export.

5.2.2 L'approche originale de l'Innovation hub d'Eurocontrol

L'initiative d'Eurocontrol⁶⁴ est complémentaire de son implication dans le programme communautaire SESAR2 (*Single European Sky Air Traffic Management Research*), qui représente un montant de subvention communautaire de 585 M€, sur cinq grands volets, de la recherche fondamentale aux démonstrateurs en passant par les nuances de la recherche appliquée.

Innovation hub d'Eurocontrol peut être vu comme un complément à SESAR, lequel apporte des montants importants, mais avec peu d'agilité sur les gros programmes (durée typique de quatre ans). Il le fait en développant de l'innovation à court terme (deux ans) dans des cycles courts d'innovation en intégrant les compagnies aériennes et les aéroports. Il s'agit d'inverser la démarche traditionnelle (des acteurs arrivent avec des solutions et tentent de les « vendre » aux utilisateurs finaux) par l'écoute des utilisateurs finaux, des réponses à leurs besoins et la création de réseaux.

⁶¹ Éléments fournis par Proavia à la mission.

⁶² Proavia (Association française pour la promotion des équipements et services aéroportuaires & ATC) est une association professionnelle loi 1901 créée en 1976 à l'initiative conjointe de la DGAC et d'industriels désireux de promouvoir, ensemble, le savoir-faire et la technologie française à l'étranger dans le domaine aéroportuaire. Elle regroupe actuellement 60 sociétés spécialisées dans le secteur des équipements et des services pour les aéroports et le contrôle aérien (source <https://www.proavia.com/fr>).

⁶³ Première étape de validation d'un projet ou d'une idée - viabilité économique, technique, qui précède la réalisation d'un prototype ou d'une expérimentation à grande échelle.

⁶⁴ Éléments fournis par le chef du centre de Brétigny d'Eurocontrol, responsable de son *Innovation hub*.

Une initiative sera prise dès lors que plusieurs aéroports auront exprimé une demande convergente. Le réseau permet de mettre en commun ces besoins.

Eurocontrol cherche alors à développer la solution qui répond au besoin en mutualisant les efforts, prenant à sa charge cette innovation et le développement de solutions et sans concurrencer les industriels. L'objectif est de réaliser un *minimum valuable product*, soit un prototype suffisamment mûr pour que l'utilisateur voie si ça lui convient. Cette solution est publique et fournie aux industriels qui disposent ainsi, en *open source*, d'une solution, et de la connaissance des clients intéressés. Ils n'ont plus qu'à industrialiser cette solution, dans un cadre concurrentiel, ce qui permet la réduction des coûts.

L'activité est rythmée en cycles annuels. Le premier qui s'achève portait sur trois solutions pilotes :

- prévision des risques de non-respect du couvre-feu (par *machine learning*, qui permet de détecter et quantifier les facteurs de risques) ;
- prévision du temps d'attente à l'arrivée (sur la base de données de quatre aéroports connaissant de forts retards : Heathrow, Dublin, Lisbonne et Zurich) ;
- prévision de l'évolution du retard ATFM (contrôle aérien).

Les trois projets sont avancés, le *network manager*⁶⁵ industrialisera le premier (2022/2023). Le deuxième est une solution d'aide à la décision, mais il faut plus de données encore. Elle améliore les prédictions de 40 %, ce qui n'est pas suffisant pour le temps réel mais suffisant pour la planification.

Le deuxième cycle, de plus grande ampleur, vient de démarrer en mai 2021 avec trois volets, dont l'un porte sur les aéroports :

- optimisation des ressources aéroportuaires par une meilleure prédiction du trafic ;
- « corridor » de données sur l'aviation : le sujet (parti de Gatwick qui a rassemblé un grand nombre de données d'origines diverses) veut traduire l'ambition même du *smart airport landside* et *airside* ;
- prévention des incursions sur piste.

Le fonctionnement est très interactif : un chef de projet Eurocontrol organise des réunions très fréquentes avec les experts des parties prenantes (aéroports notamment), avec plusieurs sessions de *pitch* (affinement du concept), choix de l'option prioritaire, évaluation technique de faisabilité, présentation de projets. Les parties prenantes doivent s'engager (experts non payés). Puis il faut 6 à 24 mois selon les projets pour réaliser le prototype.

Des points sont faits tous les six mois, permettant l'abandon ou l'ajout de projets.

S'il est un peu tôt pour apprécier si des innovations importantes et utiles sortiront de ce creuset, avec un fonctionnement de type *Fab Lab*, il a l'avantage de fédérer fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP), aéroports et compagnies autour de réflexions communes et de formaliser des besoins suffisamment partagés pour susciter l'intérêt de fournisseurs. C'est potentiellement une dynamique positive pour le *smart airport*.

5.2.3 Vers un accompagnement dynamique et organisé

La future Agence de l'innovation dans les transports, dont l'annonce de la préfiguration a été faite le 8 avril 2021 par le ministre des transports, regroupera des unités existantes de la DGITM (mission innovation et nouvelles technologies - MINT) et de la DGAC (service technique de l'aviation civile - STAC) dont les actuels responsables sont les préfigureurs. Si elle ne dispose pas de financements propres,

⁶⁵ Eurocontrol dans sa responsabilité de coordination des plans de vols à la capacité de l'espace aérien.

elle aura notamment pour fonction sera de réaliser des appels à projets et ambitionne de fédérer les financements nécessaires auprès de structures existantes de financement de l'innovation. Elle contribuera à susciter et développer des innovations dans des domaines considérés comme prioritaires. En particulier elle peut assister et accompagner les responsables du PIA 4⁶⁶ dans la définition d'un programme d'innovation aéroportuaire agile, numérique, et vert, voire à combiner sur certains projets et initiatives des financements PIA et européens⁶⁷.

Les financements seraient particulièrement utiles sur certains sujets bloquants (interfaces PAF aéroports par exemple, ou systèmes d'accompagnement des passagers interopérables entre aéroports, mais préservant la confidentialité des données au sens RGPD/CNIL).

Recommandation 5. (Agence de l'Innovation dans les Transports) Lancer un ou plusieurs appels à projets visant à valider ou développer des projets smart airport.

Au-delà de cet indispensable accompagnement financier, il convient d'aider les entreprises, particulièrement les *start-ups* et PME, à disposer d'un dispositif reconnu de référencement d'État (à l'instar du label accordé par la FAA américaine), seul reconnu dans de nombreux pays (comme la Chine). Ce référencement, à lier peut-être avec une action de test et certification (voir 5.6), aiderait ces entreprises à valoriser à l'export des résultats positifs obtenus sur notre sol. Certaines PME ont indiqué à la mission que l'absence d'un tel référencement était pénalisante dans leurs actions de prospection à l'international.

Il ne s'agit pas nécessairement ici d'un processus de certification complet au sens de la sécurité (tel que défini par l'AESA et ou la DSAC) mais de la production de l'attestation qu'une performance utile et bien mesurée a été obtenue à la satisfaction du client.

Recommandation 6. (DGAC, en liaison avec les services du ministère de l'économie, Agence de l'Innovation dans les transports) Étudier les modalités d'un référencement officiel des solutions innovantes développées par les entreprises françaises, en vue de leur reconnaissance sur les marchés étrangers.

5.3 Renforcer la coordination entre aéroports, police aux frontières et contrôle sanitaire

Il s'agit notamment des sujets suivants développés ci-dessus en partie 4 :

- évolutivité de la solution EES ;
- travail sur la solution SAGA (approfondir le cas d'Amsterdam) ;
- recommandation à définir d'évaluations conjointes de solutions destinées à concilier protection des frontières et facilitation du parcours passager.

⁶⁶ Programme d'investissements d'avenir cycle 4, lancé en 2020, qui a prévu un financement d'État de 12,5 Md€ sur des stratégies d'innovation, s'ajoutant à 7,5 Md€ pour l'enseignement supérieur.

⁶⁷ Lors du lancement de la préfiguration de l'Agence, avait été évoqué un financement de 35 M€ sur ce type de problématique, sans précision sur la justification de ce chiffre, ni sur les thèmes traités. Cette somme étaient prévue dans le cadre du volet dirigé « décarbonation et digitalisation des transports » du PIA, et encore une fois, pas au titre de l'AIT. Depuis, le financement de ce volet a été sorti du volet dirigé, et renvoyé au volet « structurel », avec mention d'un budget prévisionnel de 50 M€ sur la durée du PIA 4.

5.4 Adapter la réglementation technique (sécurité)

Le *smart airport* doit évidemment se conformer à la réglementation de sécurité établie par l'AESA et par la Commission européenne (sûreté) et précisée (le cas échéant) et mise en œuvre par la direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC).

Quelques sujets ont été recensés dans le rapport, comme celui des bagages embarqués en l'absence du passager. D'autres le sont dans la partie suivante (mutualiser les ressources d'assistance en escale). Néanmoins les référentiels relatifs à la sécurité et à la sûreté, ainsi que les méthodes d'approbation et de surveillance, auront à être revus, à la lumière des nouveaux usages du *smart airport*, en veillant à la résilience de la disponibilité et de la sécurité des opérations aéroportuaires en cas de défaillance.

Recommandation 7. (DSAC, en liaison avec l'AESA et, pour la sûreté, la Commission européenne)
Enrichir progressivement les référentiels de certification et de surveillance en y intégrant les innovations liées au smart airport.

5.5 Moderniser la régulation économique

Si le *smart airport* améliore, comme il en fait la promesse, le retour sur investissement des installations existantes et réduit le besoin d'investissements nouveaux, il ne peut qu'être perçu en termes globaux, par les acteurs, favorablement à terme compte tenu de son impact sur le niveau des redevances aéronautiques.

Il convient cependant d'attirer l'attention sur les points suivants :

- La concertation entre aéroports et compagnies doit être renforcée au-delà de ce qui existe par exemple dans les commissions consultatives aéroportuaires (les *cocoeco*) pour expliquer et partager les objectifs et solutions *smart airport*, notamment en ce qui concerne les sujets sensibles des données et du partage de la chaîne de valeur. Il s'agit notamment d'obtenir un consensus suffisant, même si certaines compagnies peuvent bénéficier plus que d'autres de certaines innovations. En cela le concept développé par l'IATA des *Airport consultative committees* (ACC) peut être une voie utile à suivre⁶⁸.
- Les contrats de régulation économique (CRE) futurs pourront être rendus plus attractifs par un renforcement du volet « qualité de service », notamment en lien avec les apports du *smart airport*, ce qui suppose des dispositifs de mesure et d'analyse bien expliqués et partagés.
- Les métiers d'assistance en escale seront soumis à des exigences accrues d'efficacité et de coordination pour optimiser la rotation des appareils (voir volet *airside* au § 4 ci-dessus). ADP souhaite notamment mutualiser entre les mains d'un prestataire dédié (un *pooler*) une partie du parc de matériels roulants utilisés par ses prestataires, l'objectif étant d'accélérer sensiblement (au bénéfice de l'économie et de l'environnement) la rotation des matériels. Cela suppose une attention particulière aux clauses contractuelles et à l'impact sur le jeu de la concurrence. Saisis par ADP, les services juridiques de la DGAC ont estimé qu'une obligation réglementaire de *pooling* serait contraire au principe de liberté d'accès au marché posé par la directive communautaire 96/67, mais que rien n'empêche un aéroport de le demander dans ses appels d'offres. Les aéroports de la Côte d'Azur l'imposent dans un appel d'offres en cours pour les prestations d'assistance en escale sur les catégories limitées, et ADP l'a retenu comme l'un des critères de choix de ses prestataires.

⁶⁸ Cf. https://www.icao.int/SAM/Documents/2018ADPLAN/2.6%20Airport%20Consultative%20Committees_MarkRdrigues_v1.0.pdf). Des ACC ont été organisées par exemple par ADP pour la préparation du CRE 4, avec son volet « Terminal 4 ».

En revanche, il n'est nullement fait mention du *pooling* à l'article R. 216-1 sq. du code de l'aviation civile qui codifie le décret assistance en escale de 2019.

En outre l'incitation économique à ne pas immobiliser trop longtemps les parkings avion n'est pas suffisante dans les formules de calcul de la redevance d'atterrissage et des formules plus incitatives gagneraient à être étudiées.

Recommandation 8. (DGAC) Étudier les évolutions de la régulation économique résultant du smart airport notamment en matière de concertation avec les usagers, de tarification, et du fonctionnement de l'assistance en escale.

5.6 Renforcer le rôle des services techniques de l'État

Ce rapport a identifié une implication encore insuffisante des services techniques (de l'État notamment) dans des sujets d'analyse, de vérification ou de certification des sujets liés au *smart airport*, même si ce n'est pas le cas pour des sujets voisins comme la sûreté, avec une présence forte du STAC.

Parmi ces sujets figurent :

- l'analyse de la capacité aéroportuaire (Cf. § 3.3.1. et recommandation associée) ;
- une expertise à structurer et renforcer dans le domaine cybersécurité. La mission a pris note que la DGAC allait effectivement renforcer son organisation sur ces sujets importants, d'autant plus que, comme cela a été indiqué dans ce rapport, le *smart airport* est susceptible de créer de nouvelles vulnérabilités aux cyberattaques ;
- la capacité à tester, voire certifier, des solutions smart particulièrement sensibles (fiabilité de la biométrie par exemple). Le STAC pourrait faire des propositions à ce sujet, pouvant passer par des partenariats à l'international ou avec le secteur privé.

Recommandation 9. (DGAC/STAC) Définir et mettre en œuvre des modalités de tests, voire certifications, de produits et solutions smart airport particulièrement sensibles.

Conclusion

Le *smart airport* porte la notion d'un comportement agile des aéroports dans toutes leurs composantes, essentiellement grâce à un recueil de données plus vaste et mieux ciblé, et une meilleure utilisation de celles-ci. Il n'est pas pour autant un concept entièrement stabilisé. De plus, il fait l'objet de points de vue parfois contradictoires, souvent portés par des fournisseurs en concurrence.

Cependant le *smart airport* doit aujourd'hui être considéré comme un axe de développement incontournable, et même essentiel, des aéroports et ce particulièrement dans le contexte actuel de reprise incertaine du trafic, de contestation du mode aérien et de faibles capacités de financement, interrompant les projets d'extension de capacité, parfois très importants, qui étaient envisagés avant la crise. En effet, il permet avant tout d'utiliser plus efficacement les infrastructures, d'en accroître significativement la capacité, et d'envisager ainsi un report d'investissements de capacité lourds. Il ne faut pas non plus négliger l'intérêt de disposer de plus d'espace voyageur, à surface globale constante, pour contribuer à redonner confiance et confort aux passagers dans le contexte de « sortie d'épidémie ».

Des gains significatifs de productivité, et surtout de qualité de service sont également à en attendre, ce qui est d'autant plus important que les compagnies à réseaux et les aéroports sont en concurrence, laquelle joue notamment sur la qualité de service.

L'IATA évalue à 400 Md\$ l'avantage actualisé sur vingt ans du seul concept de parcours fluide du passager avec identité biométrique pour un investissement de 40 Md\$ (ce qui, sur la base de 3 ou 4 % pour la part française du trafic mondial donnerait des montants respectifs de 10-15, et 1-1,5 Md\$ environ pour la France), ce qui montre à la fois l'importance des enjeux - d'autant plus que les autres composantes du *smart airport* côté piste et gestion optimisée des ressources aéroportuaires présentent des avantages également notables.

La mission a pu vérifier que l'aéroport « intelligent » est également un aéroport plus vert en ce qu'il permet d'optimiser les ressources de l'aéroport mais également, par exemple, de réduire les mouvements au sol des avions.

Malgré leurs difficultés, les gestionnaires d'aéroports, et notamment les groupes ADP et Vinci, n'ont pas renoncé à expérimenter sur plusieurs sujets (notamment sur la facilitation du parcours passager par la biométrie) et ont un grand nombre de projets prêts à être lancés. Les aéroports de taille moyenne se déclarent prêts à mettre en œuvre des solutions éprouvées le moment venu.

Les technologies et bonnes pratiques se diffuseront, à l'intérieur des groupes ou par des échanges en réseaux (comme l'*Innovation hub* d'Eurocontrol ou Proavia) sans exiger pour autant une standardisation poussée, fût-elle souhaitée par certains industriels. En effet, les cultures des aéroports sont différentes selon les pays : ces différences de sensibilités sont apparues notamment à la mission sur des sujets comme la prise en compte des données personnelles dans les projets de biométrie, ou l'utilisation du *cloud* pour la gestion des données.

Dans ce processus de modernisation profonde des aéroports qui ne fait que commencer, l'accompagnement public est essentiel. Il est attendu dans l'aide aux *start-ups*, actives dans notre pays sur ce sujet, pour promouvoir leur savoir-faire sur le marché export. Il l'est dans la diffusion des bonnes pratiques. Il l'est enfin dans l'adaptation de certaines réglementations comme suggéré dans le rapport, qu'il s'agisse de la réglementation de l'aviation civile ou de la fluidification des contrôles frontaliers.

Le *smart airport* est fondamentalement un processus positif, et indispensable. Des points de vigilance, comme pour tous les processus de transformation, notamment numérique, existent toutefois : il s'agit notamment des risques liés à la cybersécurité, à la protection des données personnelles, et à un partage équitable de la chaîne de valeur. La profession en est très consciente, et les services de l'État, qui le sont également, auront à renforcer les moyens à mettre à disposition sur ces sujets.

Philippe Ayoun



**Ingénieur général
des ponts,
des eaux et des forêts**

Michel Rostagnat



**Ingénieur général
des ponts,
des eaux et des forêts**

Annexes

1 Lettre de mission

234/66



M.T
15/12
N'ou parler sup. approuvée.
direction générale

Paris, le - 8 DEC. 2020

Le directeur général

Note à Monsieur le Vice-président du Conseil général de l'environnement et du développement durable

Nos réf. : N° 200672 DG
Affaire suivie par : Pierre BASTARD
Pierre.bastard@aviation-civile.gouv.fr
Tél. : 01 58 09 44 97 - Fax : 01 58 09 38 64

OBJET : MISSION RELATIVE AUX INVESTISSEMENTS DANS LE SMART AIRPORT ET L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE SERVICE ATTENDUE

Les exploitants des aéroports ont accru ces dernières années leurs investissements dans l'automatisation du parcours passager. Ces programmes sont présentés notamment sous la dénomination *smart airport* et sont cohérents avec les développements que l'on observe internationalement et promus par l'International Air Transport Association.

Les objectifs poursuivis par les aéroports sont multiples, en lien avec l'augmentation de la capacité des aéroports, la diminution des charges opérationnelles des compagnies aériennes, la satisfaction des passagers et l'amélioration de la performance opérationnelle de l'aéroport. Dans l'ensemble, les gestionnaires d'aéroport visent à accroître la compétitivité de leurs plateformes aéroportuaires.

Afin d'atteindre leurs objectifs, les aéroports d'Etat, et notamment ADP, sont amenés à investir des sommes significatives dans de nouveaux équipements et systèmes informatiques dont il convient de justifier la pertinence auprès des usagers et de l'État. À titre d'illustration, dans le document public de consultation du projet de quatrième contrat de régulation économique avec l'État, abandonné en raison de la crise, ADP prévoyait d'investir 181 M€ sur ce thème sur la durée du contrat.

Il apparaît, à travers les échanges entre les exploitants aéroportuaires et les compagnies aériennes que la nature des technologies à déployer ne fait pas consensus entre les acteurs. Les débats sont notamment nourris par la volonté de chacun des acteurs de mettre en place son propre système « *smart* » pour maîtriser les données sous-jacentes.

La crise que traverse actuellement le transport aérien rend d'autant plus sensible l'ensemble de l'écosystème aéroportuaire à une optimisation des ressources financières. Afin d'éclairer le Gouvernement dans son rôle d'autorité concédante et de détenteur du pouvoir réglementaire relatif aux aéroports, je sollicite donc votre expertise sur plusieurs points, détaillés ci-après.

50, rue Henry Farman – 75720 PARIS CEDEX 15

État des lieux du déploiement du *smart airport* et perspectives

La mise en service de nouvelles technologies d'automatisation du parcours passager par les exploitants est récente sans que le panorama de l'ensemble des mesures et technologies déployées n'ait été clairement établi.

La mission veillera à définir précisément le concept de *smart airport* et établira un état des lieux détaillé du déploiement de ces technologies sur les aérodromes français, en particulier les aéroports régionaux d'Etat et d'ADP (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Orly, Paris-Le Bourget), et une sélection pertinente d'aéroports internationaux.

La mission devra caractériser le potentiel des technologies *smart airport* pour l'ensemble de l'écosystème aéroportuaire (exploitant, usagers, assistants en escale, voyageurs, services de l'Etat). Cette analyse devra être, autant que possible, basée sur une argumentation économique prenant en compte les gains attendus, notamment ceux relatifs à l'augmentation capacitaire liée à l'amélioration du traitement des flux de passagers à infrastructure inchangée et ainsi la limitation des investissements en nouvelles capacités, et les coûts d'investissement associés.

L'apport du *smart airport* pour le renforcement des approches de type CDM (Collaborative Decision Making) sur les aéroports sera également étudié notamment à propos de l'échange de données, de la transmission d'informations en temps réel, de la planification des opérations aériennes, de la réduction des coûts et des impacts sur l'environnement.

Dans une démarche prospective, je souhaite que la mission explore les opportunités qu'apporte le *smart airport* à moyen et long termes. La problématique de la valorisation des données et du positionnement des acteurs économiques pouvant capter cette valeur devra être abordée. Les risques associés, notamment en termes de cyber-sécurité, au bon accomplissement des missions de sécurité et sûreté dans un environnement hautement digitalisé, devront être caractérisés.

Enfin, j'attends de la mission qu'elle fasse des recommandations sur le mode de développement optimal du *smart airport* pour les principaux aéroports d'Etat concédés en métropole et outre-mer ainsi que pour ADP (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Orly et Paris-Le Bourget), précisant le rôle des acteurs, notamment au regard de la propriété des données et de leur maîtrise, ainsi que sur leurs contributions respectives au financement de ces investissements. La conformité du *smart airport* au règlement général sur la protection des données devra également être étudiée.

Amélioration de la qualité de service attendue grâce au *smart airport*

Au-delà de l'intérêt économique du développement du *smart airport*, ces investissements doivent permettre d'améliorer la qualité du service rendu par les exploitants d'aéroport auprès des compagnies aériennes et des voyageurs du transport aérien.

Je souhaite que la mission puisse rappeler les enjeux d'attractivité des plateformes relatifs à la qualité de service vis-à-vis des compagnies aériennes comme des voyageurs. Les points les plus sensibles seront notamment mis en exergue ainsi que les grandes tendances d'évolution des contraintes et exigences des utilisateurs.

La mission devra préciser comment le développement du *smart airport* peut influer positivement sur la qualité de service. Cette analyse devra être basée, autant que possible, sur des indicateurs de référence caractérisant la qualité du service rendu en cohérence avec les points les plus critiques identifiés précédemment.

Enfin, elle étudiera comment le *smart airport* peut permettre la promotion du développement durable sur les aéroports. Les résultats de cette analyse seront, dans la mesure du possible, quantifiés et mis en regard des initiatives existantes et des perspectives offertes, notamment par le programme « *Green airports and ports as hubs for a sustainable and smart mobility* », tel

qu'envisagé par la Commission européenne dans le cadre du Pacte vert. Dans cette perspective, je souhaite que la mission mette en évidence les synergies entre le *smart airport* et le *green airport*.

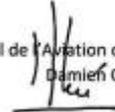
Les services de la direction générale de l'Aviation civile se tiennent à votre disposition pour vous fournir tous les éléments que vous jugeriez utiles au démarrage de votre mission, et, le cas échéant, pour faciliter vos échanges avec les différentes parties prenantes des aéroports.

Je vous saurais gré de me communiquer un rapport reprenant vos constats et propositions d'ici la fin juin 2021, *si cela reste bien évidemment conciliable avec le programme d'activité du CGEDD.*

En vous remerciant pour ce que sera votre appui.

Le directeur général de l'Aviation civile

Damien CAZÉ



2 Liste des personnes rencontrées

nom	prénom	organisme	fonction	rencontre
Albertelli	Marie-Eve	Aéroports de Paris, direction générale des opérations, Direction des opérations aéroportuaires, Pôle sûreté, sécurité publique et contrôle frontière	Directrice de projets transverses, chargée des évolutions du contrôle frontière	04/05/21
Arassus	Anne-Laure	Direction centrale de la police aux frontières, sous-direction des frontières	Commissaire divisionnaire, chef de la division des frontières et de la sûreté	28/04/21
Barré	Estelle	Schneider Electric	Strategy and business development	10/06/21
Bastard	Pierre	Direction générale de l'aviation civile, DTA, SDA	Chargé de mission auprès de la sous-directrice	27/01/21
Bellot	Jacques	IN Groupe		06/04/21
Bernand	Philippe	Aéroport de Marseille Provence	Président du Directoire	03/03/21
Bernard	Alain-Hervé	Air France		12/03/21
Bertolus	Tanguy	Aéroports de Lyon	Président du directoire	09/04/21
Bès	Jean-Pierre	Syndicat des compagnies aériennes autonomes	Secrétaire général	23/03/21
Beunardeau	Yannick	Amadeus	Vice President Airport IT - Europe, Middle East and Africa	24/03/21
Brangier	Francis	DGAC, DTA, Service technique de l'aviation civile	Chef du département environnement, sécurité des systèmes et des opérations, planification - ESSOP, délégué de la direction sur le site de Toulouse	31/05/21
Briand	Loïc	Aéroports de Paris, direction générale des opérations	Directeur Pôle Coordination TSA / O&M / ORAT / Expertise Projets	23/02/21
Buffry	Romain	DGAC, DTA, Service technique de l'aviation civile, département sûreté, équipements	Chef de la division équipements	28/05/21
Carru	Marie	Proavia French Airport & ATM Technology	Déléguée générale, Conseiller du commerce extérieur de la France	10/02/21
Chad	Robert	International air transport association		26/05/21
Coutard	Justine	Aéroports de Paris	Directrice de l'aéroport d'Orly	04/06/21
Couturier	Sébastien	ADP Innovation Hub	Directeur	04/05/21
Crebassa	Philippe	Aéroport de Toulouse Blagnac	Président du directoire	09/03/21
Crinier	Raphaël	Direction générale de l'aviation civile, DTA	Adjoint à la sous-directrice des aéroports	11/03/21
Dalloni	Denis	Air France	Chef de l'escale de Pékin	26/04/21

nom	prénom	organisme	fonction	rencontre
Daubert	Mathieu	Aéroports de Paris	Directeur client	23/04/21
Delobel	Eric	Vinci airports	Directeur technique	09/04/21
Dominiak	Jean-François	Syndicat des compagnies aériennes autonomes	Président	23/03/21
Dubus	Thomas	Aéroports de Paris, aéroport d'Orly		04/06/21
Echegaray	Fernando	Aéroports de Paris	Directeur général des opérations	23/02/21
Eland	Mario	EuroAirport Basel Mulhouse Freiburg	Directeur marketing et commercial	26/02/21
Fermoso	Nuria	International Air Transport Association, Geneva executive office, EUR-Regional Airport, Passenger, Cargo and Security	Regional Manager, Passenger Experience & Facilitation, Europe	26/05/21
Fernandez de Grado	Jean-Marc	Direction générale de l'aviation civile, DSNA, DTI	Directeur	10/05/21
Gaillet	Luc-René	EuroAirport Basel Mulhouse Freiburg	Président du Conseil d'administration	26/02/21
Gama	Alexandre	DGAC, DTA, Service technique de l'aviation civile	Chef de projet senior apacité aéroportuaire	31/05/21
Ghiron	Hugo	Aéroports de Paris, direction générale des opérations	Directeur du personnel	23/02/21
Goldnadel	Franck	Aéroport de Nice Côte d'Azur	Président du directoire	26/02/21
Gonthier	Béatrice	Direction centrale de la police aux frontières	Commissaire	28/04/21
Guérault	Benoît	Idemia		22/03/21
Guittet	Kevin	Direction générale de l'aviation civile, DTA, SDE		19/05/21
Hericher	Romain		Ancien directeur de la stratégie opérationnelle de Dubai Airports	26/04/21
Janer	Pascal	IN Groupe		06/04/21
Janin	Léo	Aéroports de Paris, aéroport d'Orly	Chef de centre APOC	04/06/21
Jaquot Farat	Aurélie	Air France, DO/TP		12/03/21
Joly	Georges	Direction générale de l'aviation civile, DSNA, DTI		10/05/21
Krieff	David	Aéroports de Paris, Direction des systèmes d'information		21/04/21
Laborie	Philippe	Aéroports de Paris	Directeur adjoint de l'aéroport d'Orly	04/06/21
Lachenaud	Georges	Syndicat des compagnies aériennes autonomes	Délégué aux affaires aéroportuaires	23/03/21

nom	prénom	organisme	fonction	rencontre
Lanuza Fabregat	Manuel	International Air Transport Association, Geneva executive office	Assistant Director, Global Airport Performance	22/03/21
Layan	Valérie	Schneider Electric, Division energy management	Transportation segment president	10/06/21
Le Bour	Anne	Vinci concessions	Directrice de la communication et de l'innovation	09/04/21
Le Caherec	Anthony	ADPI	Asia Pacific Managing Director	07/05/21
Le Gall	Franck	Aéroports de Paris, direction générale des opérations	Directeur des opérations aéroportuaires	23/04/21
Lévêque	Gilles	Aéroports de Paris	Directeur des systèmes d'information	21/04/21
Lummaux	Amélie	Aéroports de Paris	Directrice de l'environnement et de la responsabilité sociale de l'entreprise	28/05/21
Luxembourg	Isabelle	Direction générale de l'aviation civile, DSNA, DTI		10/05/21
Marguet	Guy	Aéroport de Genève	Coordinateur projets et méthodes	17/05/21
Martin	Gautier	Aéroports de Paris, aéroport d'Orly	Chef de projet biométrie	04/06/21
Médioni	Frédéric	DGAC, DTA, Service technique de l'aviation civile	Directeur	23/04/21
Montalant	Thierry	Ministère de l'intérieur, DNUM	Directeur du Programme frontières souples et fluides	18/05/21
Pascal	Philippe	Aéroports de Paris	Directeur général adjoint finances et stratégie	05/05/21
Paulissen	Nicolas	Union des Aéroports Français	Délégué général	20/04/21
Persch	Bernhard	Flughafenverband ADV	Bereichsleiter Wirtschaft und Wettbewerb	03/05/21
Phan	Nicolas	Idemia, Public Security & Identity Business Unit	Market Manager Extended Borders	22/03/21
Pillan	Aline	Direction générale de l'aviation civile, DTA	Sous-directrice des aéroports	27/01/21
Renou	Laurent	Eurocontrol experimental centre	Head of Air Transport Innovation Head of Eurocontrol Experimental Centre	26/05/21
Rouquié	Christophe	Direction générale de l'aviation civile, DSNA, DTI		10/05/21
Rudny	Adam M	International Air Transport Association, Geneva executive office	Assistant Director, Global Airport Performance	22/03/21
Salmon	Lionel	Thalès	Director Strategy & Marketing, BL Protection Systems	03/05/21
Schmit	Pierre-Hugues	Vinci airports	Directeur commercial et opérations	09/04/21

nom	prénom	organisme	fonction	rencontre
Scottetz	Clémence	Commission nationale informatique et libertés	Cheffe du service des affaires économiques	17/05/21
Seng	Jean	DGAC, DTA, Service technique de l'aviation civile	Chef de la division sécurité et capacité aéroportuaire	31/05/21
Théoleyre	François	Direction générale de l'aviation civile	Directeur adjoint du transport aérien	27/01/21
Valentino	Julien	Direction générale de l'aviation civile, DTA, SDE, SDE1		19/05/21
Valenzuela	Eva	Aéroports de Paris	Directrice générale adjointe des opérations	23/02/21
Vallet	Félicien	Commission nationale informatique et libertés		17/05/21
Vedel	Benoît	Sita	Head of AirportHub & Backbone Program	23/03/21
Vernay	Marion	Aéroports de Lyon	Directrice de la communication	09/04/21
Vesque Jeancard	Valérie	Vinci airports	Directrice déléguée France, Suède & Caraïbes	09/04/21
Zacklad	Guy	Air France, DO/DE		12/03/21

3 Cartographie des projets

3.1 Coté ville

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Nice	accès	terminus tramway, vélo, autopartage			l'Aéroport a investi 12 M€ dans le tramway	Nice aéroport
3/ Francfort	aérogare	gare TGV dans l'aérogare				ADV
3/ Gatwick		navette ferroviaire		47% des passagers arrivent ainsi		Vinci
4/ Hongkong		enregistrement en ville	les voyageurs enregistrent leurs bagages en ville au terminal du Hongkong Express			ADPI Hongkong
4/ Shenzhen		bus et taxi électrique		100% de la flotte desservant l'aéroport est électrique	facilités administratives pour les taxis électriques (licence)	ADPI Hongkong

3.2 Côté aérogare

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
1/ Paris	aérogare	smart flows	analyse anonyme des traces mobiles	montre que 50 % des PAX se rendent directement en salle d'embarquement	plus large que Xovis, mais triangulation moins précise hors champ du RGD donc accord CNIL inutile	ADP/DC
1/ Paris	aérogare	contrôle de la qualité de l'air, de l'épuration, du nettoyage				ADP/DGO
1/ Paris	aérogare	exploitation des séries historiques de service aux handicapés	anticipation des besoins en personnel	10% de gain de temps de passage	projet / coût actuel: 50 M€/an	ADP/CDG
1/ Paris	bagages	puce RFID	suivi des bagages par puces RFID		recommandé par IATA (résolution 753) objectif livraison < 45 mn à 95% pour gros porteurs Dubai sceptique (obsolète)	ADP/DGF
1/ Paris	chariots	recyclage	consigne?	15 M€/an actuellement à Paris	la consigne malvenue dans un grand aéroport	ADP/DGF

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
1/ Paris	commerces	market place	application informatique à disposition des prestataires commerciaux	optimisation des files d'attente, cf. Mark & Spencer		ADP/DC
1/ Paris	contrôles	Xovis	suivi par caméra des flux, mesure des temps d'attente	objectif: < 10 mn au PIF à 90 %, < 20 mn à la PAF à 95 %, +1/4 h pour les non Schengen, correspondance en 1 h (Air France)		ADP/DC
1/ Paris	contrôles	app smartphone	estimation des temps de process avant embarquement		2 M/an téléchargements	ADP/DC
1/ Paris	contrôles	AOKPass	enregistrement de données passager partagées entre aéroports de départ et d'arrivée		test sur Paris - San Francisco par Air France	ADP/DGO
1/ Paris	contrôles	simple barriérage	suppression d'une des deux barrières	50% de réduction du temps d'attente		ADP/CDG
1/ Paris	domicile	enregistrement				ADP/DGO
1/ Paris	enregistrement	Crews	système ADP	gain pour les compagnies	inclus dans la redevance passager Air France a tardé à l'adopter	ADP/DGF
1/ Paris	PAF	Saga	séparation seulement virtuelle des voyageurs selon leur citoyenneté		objectif: mélanger Schengen et autres testé sur autres	ADP/DGO
1/ Paris	parking	market place	application informatique à disposition des prestataires commerciaux	40 % des réservations, objectif 80 %	objectif: prestations supplémentaires (autopartage, recharges électriques, voiturier...)	ADP/DC
1/ Paris	PIF	shoe scan	contrôle des chaussures sans nécessité de les enlever		Genève a testé, puis arrêté (problèmes de maintenance)	ADP/DC
1/ Paris	PIF	exploitation des séries historiques	anticipation des besoins en personnel	10% de gain de temps de passage coût actuel: 70 M€/an	projet	ADP/CDG
1/ Paris	PIF				idée: passage de la frontière en salle d'embarquement au préalable, les documents d'identité présentés au PIF seraient analysés par la PAF qui pourrait intercepter le	ADP/DGF

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
					voyageur en salle d'embarquement	
1/ Paris	SI	cloud souverain	stockage des données chez un hébergeur proche de l'aéroport et non sujet à extra-territorialité US			ADP/DSI
1/ Paris Orly	contrôles		parcours sans couture (bagage + PIF + embarquement) après reconnaissance biométrique		test autorisé par la CNIL car prévention de la congestion aux points de contrôle et effacement des données après décollage de l'avion	ADP Orly
1/ Paris Orly	contrôles	biométrie	tous contrôles sauf PAF par biométrie	300 PAX/h au PIF contre 160 à 180 d'ordinaire problème: taux de rejet supérieur (14 à 15% contre 8%)		ADP Orly
1/ Paris Orly	contrôles	Saga	séparation virtuelle des vols Schengen et internationaux par apposition d'un identifiant biométrique par la PAF		interdit par le code Schengen en test sur l'international non Schengen	ADP Orly
2/ Chambéry	enregistrement	mobile checking	en pointe hivernale, un agent muni d'une imprimante portative se déplace dans les queues et édite les cartes d'embarquement			Vinci
2/ France	bagages	EDS 3	plus besoin de décharger les bagages d'un passager non présenté	21 % des vols moyen courrier et 45 % des longs courriers affectés par ces retards, de 10 mn en moyenne	en vigueur aux États-Unis, autorisé en Europe, en discussion avec DSAC	Air France / DO + ADP
2/ France	bagages	dépose bagage automatique		40 % des clients moyen courrier et 60 % des clients long courrier y recourent		Air France / DO
2/ France	contrôles	TSA pré-check par biométrie		passage de frontière en 5 mn	uniquement vers les États-Unis	Air France / DO
2/ France	contrôles	biométrie	données biométriques conservées en mémoire 3 ans, fiche entrée et fiche		mise en œuvre d'EES	DCPAF

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
			sortie à chaque passage			
2/ France	contrôles	kiosque de pré-enregistrement du passager			ce n'est pas un contrôle la DCPAF exige une double biométrie, faciale et digitale (Vinci)	DCPAF
2/ France	PAF	programme frontières sécurisées et sûres				MI/DNUM
2/ France	contrôles	kiosque de pré-enregistrement du passager		temps de passage unitaire: de 45 s (aujourd'hui) à 54 s et non 90 s (sans kiosque)	ce n'est pas un outil de contrôle le contrôle est fait ensuite au sas PARAFE (un policier pour 5 sas) ou à l'aubette	MI/DNUM
2/ France	contrôles	sas EES / ETIAS	la reconnaissance biométrique repose sur des tokens, ou clés, par exemple le visage		IN Groupe lauréat de l'appel d'offres de la DCPAF	IN Groupe
2/ France	contrôles	AOKPass	initiative d'Air France, testée sur deux relations avec les États-Unis, pour un parcours passager sans couture			Air France Scara
2/ France	contrôles	PKI interoperable	normalisation internationale des pièces essentielles (passeport...)		idée	STAC
2/ France	Embarquement	reconnaissance d'image	voit si les voyageurs sont lourdement chargés, apprête l'avion en conséquence			Vinci
2/ France	Enregistrement	pré-enregistrement	à domicile	temps d'enregistrement: 7 mn contre 25 il y a 20 ans à CDG E et F, les 85 % de clients AF passent aussi vite que les 15% de clients des concurrents. 80% des clients Schengen pré-enregistrés		Air France / DO
2/ Lyon	aérogare	maintenance prédictive des tapis roulants et ascenseurs		10 à 15 % gagnés sur les coûts	technologie IOT	Lyon aéroports

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Lyon	aérogare	détection du passager par caméra embarquée			à l'étude avec une <i>start up</i>	Lyon aéroports
2/ Lyon	contrôles	Mona	parcours PIF + embarquement, bientôt bagages, sans couture après reconnaissance biométrique	coût 1 M€	autorisé par la CNIL car prévention de la congestion aux points de contrôle et effacement des données après décollage de l'avion installé à Gatwick après Lyon	CNIL
2/ Lyon	contrôles	Mona	parcours PIF + embarquement, bientôt bagages, sans couture après reconnaissance biométrique	1000 PAX traités 15 à 30 mn gagnées pour les passagers 5 mn gagnées dans le <i>turn around</i> des avions 1 agent de moins à l'escale	test avec TAP et Transavia Idemia, Atypic, CRM, Viseo, AODB, Salesforce suivi DGAC pour sûreté au PIF intégration possible du passe sanitaire européen	Lyon aéroports
2/ Lyon	parking	robot voiturier	enlèvement des véhicules au contact de l'aérogare et stationnement à l'écart, retour du véhicule au retour du voyageur		test pendant un an sur un parking de 600 places en test depuis lors à Gatwick	Vinci
2/ Nice	aérogare	<i>passenger loyalty</i>	programme de fidélisation client dont Nice est pionnier			Nice aéroport
3/ Allemagne	aérogare	comptage anonyme des passagers			couplé à une application qui indique au passager le temps de parcours résiduel	ADV
3/ Allemagne	aérogare	biométrie	reconnaissance de l'individu		uniquement pour les volontaires (qui ont téléchargé l'application ad hoc)	ADV
3/ Allemagne	parking	réservation sur le site Lufthansa		entrée sans contact dans le parking		ADV
3/ Bâle	parcours passager	<i>home to fly</i>	pré-enregistrement, réservation de parking, préparation des formalités départ et arrivée, boutiques			EAP
3/ Europe Nord	contrôles	pas de passe sanitaire			prochainement en test avec une compagnie scandinave	Idemia

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
3/ Gatwick	embarquement			1 MPAX/porte/an	ratio exceptionnel	Vinci
3/ Gatwick	PIF	e-gate	plusieurs passagers déposent simultanément leurs bagages sur le tapis, en des lieux fixés pour chacun	500 PAX/h contre 180 sur une ligne ordinaire marges de progrès	en service depuis 2016	Vinci
3/ Milan	contrôles	L-protect	intégration au billet d'information sanitaires numérisées sécurisées			Sita
3/ Schiphol	PAF	Saga	séparation seulement virtuelle des voyageurs selon leur citoyenneté		interprétation souple d'EES à l'étude	ADP/DGO
4/ Asie	aérogare	bioclimatisation		réduction de la consommation d'électricité (chauffage et climatisation)		ADPI Hongkong
4/ Atlanta	contrôles	parcours sans couture par biométrie	les données biométriques du pax sont enregistrées une fois pour toutes, il passe tous les contrôles sans montrer son passeport		la PAF conserve les données en mémoire	Air France / DO
4/ Chine	aérogare	biométrie	permet de passer les contrôles sans montrer sa carte d'embarquement		vols domestiques seulement	Air France Chine
4/ Chine	contrôles	biométrie	reconnaissance faciale	7000 équipements livrés		Sita
4/ Dubai	contrôles	Xovis	suivi par caméra des flux, mesure des temps d'attente		en service depuis 2014	Dubai Airport
4/ Etats-Unis	contrôles	partage des données sur les pays à risque			également en Israël, pas en France	Nice aéroport
4/ New-York	aérogare	gestion des équipements électriques	gestion technique du bâtiment, distribution électrique, expérience client, installation d'un microgrid pour pallier coupures de courant		avec Carlyle	Schneider
4/ Pékin Daxing	aérogare	2 niveaux départ, 2 arrivée		600 m maximum entre l'entrée dans l'aérogare et l'embarquement	Daxing a été inauguré en 2019	ADPI Hongkong
4/ Pékin Daxing	aérogare	kiosques d'enregistrement des bagages				Air France Chine

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
4/ Pékin Daxing	aérogare	biométrie	suivi du passager de bout en bout, y compris PAF		à l'international, seul Daxing, vitrine de la Chine nouvelle, offre ces services	Air France Chine
4/ Pékin Daxing	contrôles	smart pass	parcours automatisé sur présentation d'un code barre obtenu après reconnaissance faciale, bientôt plus besoin d'agents de contrôle			Sita
4/ Singapour	aérogare	qualité du cadre	musique, plantes tropicales, belle zone de commerce	... mais toujours 20 mn de marche jusqu'à l'embarquement		ADPI Hongkong
4/ Singapour	aérogare	surveillance des équipements électriques				Schneider
4/ Singapour	contrôles	biométrie	reconnaissance faciale et digital token, conservation en mémoire des données biométriques, réutilisées au retour parcours entièrement sans couture, y compris PAF	plus besoin de présenter le passeport ou la carte d'embarquement	au T4 technique Idemia	ADPI Hongkong
4/ Singapour	contrôles	<i>passenger processing system</i>	concordance carte d'embarquement / réservation / biométrie		en France, où ce n'est pas fait, il est possible de passer la sûreté avec une carte d'embarquement sans lien avec une réservation	Amadeus
4/ Singapour	contrôles	<i>IATA travel pass</i>	enregistrement de données personnelles (pas seulement sanitaires) à l'initiative du passager		inauguré à Singapour, en service depuis lors à Heathrow	IATA
4/ Singapour	PIF	scan global du corps	pas besoin d'enlever chaussures, clés...			ADP/DC
5/ Monde	contrôles	kiosque de pré-enregistrement du passager	biométrie: reconnaissance faciale, ou iris, ou empreintes digitales	à défaut, le contrôle à l'immigration réclamerait 90 s/PAX, contre 30 autrefois		Idemia
5/ Monde	contrôles	identité sanitaire numérique mobile		2 M connexions/mois		IN Groupe
5/ Monde	contrôles	Fly to gate	solution biométrique bout en bout			Thalès

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
5/ Monde	contrôles	AiRISE InFlow	logiciel de gestion prédictive des flux de passagers technologie lidar		anonymat possible projet	Thalès
5/ Monde	PIF	scanner bagages			à l'étude	Thalès
5/ Monde		IATA <i>Passenger locator form</i>	identification électronique du passager			Air France / DO

3.3 Côté tarmac

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
1/ Paris	Poste avion	mires, <i>timers</i>	anticipation des besoins, rangement des engins	5 % de gain	escompté	ADP/CDG
1/ Paris	Poste avion	<i>pooling</i>	engins de piste propriété d'un <i>pooler</i> qui les loue aux <i>handlers</i>	réduire le coût très élevé de l'assistance en escale à Paris	projet en attente, DGAC réticente pc réglementation	ADP/DGF
1/ Paris	tarmac	navette autonome				ADP/DGO
1/ Paris	taxiway	taxibot	traction des avions du parking en bout de piste		test prochain	ADP/DERS E
1/ Paris		Olga	innovations diverses: hydrogène...		projet retenu par la Commission européenne (appel d'offres <i>green airport</i>)	ADP/DERS E
1/ Paris CDG	tour de contrôle	<i>remote tower</i>	suivi des avions jusqu'au parking		projet avancé	DGAC/DTI
1/ Paris Orly	tarmac	vumètre				ADP Orly
2/ France	tarmac	Alvest	géolocalisation des équipements de piste			Vinci
2/ Lyon	piste	détection de FOD (objets intrus)	caméra + IA			Lyon aéroports
2/ Lyon	tarmac	véhicule autonome	transport de matériel ou bagages		technologie Navya	Lyon aéroports
2/ Lyon	vol	collaborative decision making (CDM)	Concertation et aide à la décision pour régulation des mouvements d'avions	réduction du bruit par optimisation des approches, réduction du temps au sol	depuis 2016	Lyon aéroports
2/ Nantes	tour de contrôle	CDM <i>light</i>	optimisation des mouvements d'avions au sol	coût: 100 k€ + 100 k€/an	en test collaboration Innov-ATM	Vinci
2/ Nice		<i>collaborative decision making</i> (CDM)	Concertation et aide à la décision pour régulation des mouvements d'avions			Nice aéroport

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Toulouse	tarmac	véhicule autonome	expérimentation en trafic réel		avec Air France	Toulouse aéroport
3/ Allemagne	vol	ACD System	outil de suivi du retard des avions			ADV
3/ Europe	vol	<i>machine learning</i>	gestion des atterrissages avant couvre-feu		anticipation au vu du planning de la journée de l'avion et de ses habitudes	Eurocontrol
3/ Europe		<i>innovation hub</i>	les utilisateurs finaux (aéroports...) s'associent pour développer des réponses communes à leurs besoins		innovation court terme point tous les 6 mois	Eurocontrol
3/ Gatwick	avion	<i>bingo boarding</i>	embarquement des passagers en commençant par le fond et les hublots	10 % de temps gagné sur l'embarquement		Vinci
3/ Gatwick	parking	intelligence artificielle pour gestion du service		1 mn à 1 mn 30 susceptible d'être gagnée sur les rotations d'Easy Jet (aujourd'hui: 25 mn)		Vinci
3/ Gatwick	parking	pré-conditionnement d'air	par un prestataire extérieur, évitant à l'avion d'utiliser ses moteurs auxiliaires			Vinci
3/ Gatwick	parking	<i>computer vision</i>	suivi des avions au sol par caméras pour surveiller la diligence de l'avitaillement, l'arrivée de la passerelle...	4 % de ponctualité gagné		Vinci
3/ Gatwick	piste	<i>time based separation</i>	900 vols/jour, 55/mn, projet à 60 le logiciel calcule l'intervalle optimal entre deux avions		l'homogénéité des flottes (court et moyen courrier Easy Jet pour 60%) et la topographie des lieux autorisent un fort débit	Vinci
3/ Genève	avion	taxe d'atterrissage modulée selon la performance environnementale			les avions les plus polluants sont interdits	Genève aéroport
3/ Genève	piste			40 mouvements/h	hétérogénéité des flottes et topographie des lieux moins favorables qu'à Gatwick	Genève aéroport

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Lyon	piste	détection de FOD (objets intrus)	inspection par caméra, détection des objets > 4 cm		Serait plus performant que la technologie Assaia concurrente tests à Lyon, Orly, Cotonou, Perpignan, Genève, Gatwick, Bâle, CDG...	Flyinstinct
3/ Genève	piste	<i>Instinct Map</i>	inspection par caméra de l'état de la piste (pour dégivrage) et des équipements (lampes...)		dégommage: tous les 3 mois à Châteauroux (5000 mouvements/an fret)	Flyinstinct
4/ Dubai	parking	Assaia	gestion optimisée du <i>turn around</i> par <i>video analytics</i>		idem Schiphol (proof of concept)	Dubai Airport
4/ Dubai	parking	Quiniq	gestion des parkings avion		le plus sophistiqué au monde	Dubai Airport
4/ Dubai	vol	prédiction des heures d'atterrissage	par analyse fine des trajectoires			Dubai Airport
5/ Monde	parking	<i>data driven airport management system</i>			permet de savoir si l'avion est plein, prêt à partir	Amadeus
5/ Monde		<i>collaborative decision making (CDM)</i>	algorithmes d'aide à la décision pour régulation des mouvements d'avions		profite au trafic aérien dans son ensemble et pas seulement à l'aéroport d'implantation	ADP/DGO
5/ Monde		<i>collaborative decision making (CDM)</i>	intégrer les aéroports dans un écosystème		concept promu par IATA	IATA

3.4 Des deux côtés *landside* et *airside*

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Nantes		logiciel de calcul de capacité	logiciel d'optimisation de la capacité d'accueil des flux		logiciel STAC	STAC
2/ Toulouse		<i>green airport</i>		-50 % d'émissions pour +40 % de trafic depuis 2010		Toulouse aéroport
5/ Monde		CAST	logiciel d'optimisation de la capacité d'accueil des flux (pédestres, terrestres, aériens)		logiciel allemand	STAC
5/ Monde		AiRISE ShareView (<i>airport operation center</i>)	système d'hypervision			Thalès

3.5 Management du système aéroportuaire

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
1/ France	piste	PIA 4	aide publique à investissements innovants		intéressé par l'aéronautique, non l'aéroportuaire	Flyinstinct
1/ Paris	contrôles	vision sûreté	espace de dialogue entre les acteurs		PAF invitée	ADP/DGO
1/ Paris		<i>innovation hub</i>	investissement et accompagnement		ADP a investi dans 9 <i>start ups</i> , notamment dans le parcours passager showrooms à Pontoise, Istanbul...	ADP/ Innov
1/ Paris Orly		<i>airport operation center</i>	centre de pilotage de l'exploitation		projet à CDG	ADP/DGO
1/ Paris Orly		<i>airport operation center</i>	3 salles: PC crise, CDM pour situations dégradées, hypervision en permanence pour l'ensemble du site		la proximité physique des agents des différents services est essentielle	ADP Orly
3/ Europe	piste	<i>Innovation hub</i>	initiative Eurocontrol aide publique à investissements innovants		Flyinstinct trop mûr selon Eurocontrol	Flyinstinct
2/ France		PIA 4	aide publique à investissements innovants	35 M€ prévus pour les aéroports	en gestation	STAC
2/ France		CORAC	grands programmes innovants portés par la profession aéronautique		soutien à l'innovation,	UAF
2/ France		AirportLAB	test d'innovations sur un réseau d'aéroports volontaires		7 aéroports et plusieurs dizaines de prestataires impliqués en 2021	Proavia
2/ Lyon		<i>airport operation center</i>	centre de pilotage de l'exploitation land + air, y compris parkings passagers et écoute client		depuis 2015	Lyon aéroports
2/ Lyon		ACA4 (accréditation carbone d'ACI)	neutralité carbone sans compensation en 2030		Projet financement par crédit impôt recherche et aides directes aux tiers	Lyon aéroports

lieu1	lieu3	innovation	description	évaluation	commentaire	source
2/ Nice		<i>airport operation center</i>	centre de pilotage de l'exploitation land+air, y compris parkings passagers et écoute client		inauguré début 2021, en sommeil pc Covid collaboration IN Groupe	Nice aéroport
3/ Gatwick		APOC virtuel	en réseau			Vinci
3/ Munich	données	<i>airport management system</i>	gestion informatisée des ressources de l'aéroport	aurait permis de renoncer à la 3 ^e piste prévue par meilleure gestion des départs		Amadeus
3/ Stuttgart	données	<i>cloud</i>	données hébergées à l'extérieur		1 ^{er} aéroport en Europe	Amadeus
4/ Chine	piste		aide publique à investissements innovants		la CAAC réclame une lettre de recommandation de la DGAC	Flyinstinct
4/ Etats-Unis	piste		aide publique à investissements innovants		la FAA n'aide que les entreprises US	Flyinstinct
4/ Vancouver	données	<i>cloud</i>	données hébergées à l'extérieur		2 ^{ème} aéroport en Amérique	Amadeus
5/ Monde	avion	OneRecord	pour le cargo		concept promu par IATA	IATA
5/ Monde	contrôles	OneID	fluidification du parcours passager par biométrie	en test partiel sur quelques aéroports dont Schiphol	concept promu par IATA calage sur les réglementations les plus strictes (RGPD)	IATA

4 L'innovation dans le groupe ADP

4.1 La stratégie d'innovation d'ADP

Selon ADP, l'infrastructure intelligente *smart airport* englobe la *smart city*, le *smart building* et l'*Usine du futur*. En effet, l'aéroport d'aujourd'hui propose aux passagers de vivre une véritable expérience « dans la ville » avec des points de rencontre, de divertissement, des informations personnalisées, etc. Le *smart building* correspond à l'optimisation du fonctionnement de l'aéroport (confort thermique, éclairage...) avec le déploiement de milliers de capteurs. Enfin, l'*Usine du futur* concerne la gestion au quotidien de process industriels (comme le flux de milliers de bagages qui transitent chaque jour dans les aéroports). Pour ADP, le *smart airport* fait face à de nombreux enjeux, situés autour de la donnée et du partage d'information entre les acteurs de la chaîne aéroportuaire, pour optimiser la performance opérationnelle et la qualité de service.

ADP développe donc de nombreux projets pour rendre leurs aéroports plus *smart*. Tout d'abord, des capteurs de flux ont été mis en place. Avec plus de 200 000 passagers par jour à Paris Charles de Gaulle, 100 000 à Paris-Orly, et plus de 125 000 salariés pour les deux aéroports, le risque d'engorgement est important. Les points de contrôle successifs de l'aéroport (enregistrement, contrôle frontière, sécurité, embarquement...) sont autant de zones à risque de saturation à scruter pour éviter bouchons et congestions. ADP a donc réalisé un partenariat avec la startup suisse Xovis qui a installé 1 700 capteurs au sein des aéroports parisiens pour mettre à disposition des policiers et des équipes opérationnelles une somme d'information exceptionnelle. Les passagers sont comptés et suivis de manière anonyme par des capteurs 3D stéréoscopiques sur l'ensemble des lignes de PAF. Ces capteurs sont complétés par des dispositifs d'analyse vidéo et lidar.

D'autres outils technologiques ont également été mis en place. C'est notamment le cas de Tripperty qui a permis de créer des boîtes de stockage temporaire et sécurisé des objets interdits en cabine d'avion. Les objets sont ensuite entrés en stock dans la base de données, puis restitués soit *via* la consigne soit *via* l'expédition au domicile. C'est également le cas de Mindsay, un *chatbot* pour améliorer l'expérience client, ou de Safety Line, un système centralisé de suivi en temps réel de la gestion des risques qui vise à en limiter les causes possibles et les conséquences éventuelles.

Enfin, ADP a également procédé à plusieurs expérimentations comme le laboratoire sûreté (un espace de type *lab* pour tester les nouvelles procédures de nouveaux équipements hors exploitation avant de les mettre en œuvre en situation réelle), les environnements immersifs, les traducteurs automatiques, le Wifi dans les navettes, l'éclairage intelligent sur les postes avions, le *hackathon* (pour proposer de nouveaux services au travers d'applications pour le passager), la traçabilité, les *beacons* (qui permettent un envoi contextualisé de messages d'orientation et d'information), les bornes « trouver mon transport » (des bornes interactives de renseignement mises en place dans les terminaux), les outils mobiles pour agents commerciaux ou encore les outils de visualisation 3D de l'exploitation (un outil mobile a été développé pour permettre aux responsables d'exploitation d'avoir, sur support tablette, une vue 3D des installations augmentée de toutes les données de terrain : comptage et temps d'attente aux contrôles, report des caméras de surveillance, disponibilité des équipements électromécaniques (ascenseurs, escalators...), informations détaillées sur les vols.

De manière plus générale, les grands aéroports parisiens sont des écosystèmes de transport complets pouvant contribuer à l'accélération de la stratégie nationale d'innovation dans les transports. Ainsi, ADP souhaite y contribuer en articulant sa stratégie autour de trois objectifs :

- faciliter le déploiement à l'échelle de nos bassins d'influence de modes de transports alternatifs à l'usage de la voiture individuelle et thermique,
- renforcer l'automatisation et la décarbonation de toutes les formes de mobilité dites « côté pistes », captives d'un usage aéroportuaire,

- améliorer l'intermodalité entre le train et l'avion, de manière à favoriser la bascule de l'avion vers le train.

Ainsi ADP entend améliorer le verdissement côté piste, notamment en renforçant des réseaux électriques et en mettant à disposition des bornes de recharge, en mettant en service des stations-service délivrant du bio-GNV, en se préparant à l'arrivée de l'hydrogène et en mettant à disposition du biodiesel 100 % afin de décarboner certains engins spécifiques.

De plus, l'environnement aéroportuaire étant particulièrement propice au développement de nouvelles mobilités terrestres, ADP entend étudier, tester et développer la mobilité autonome, la mobilité à la demande, la mobilité partagée et la mobilité active.

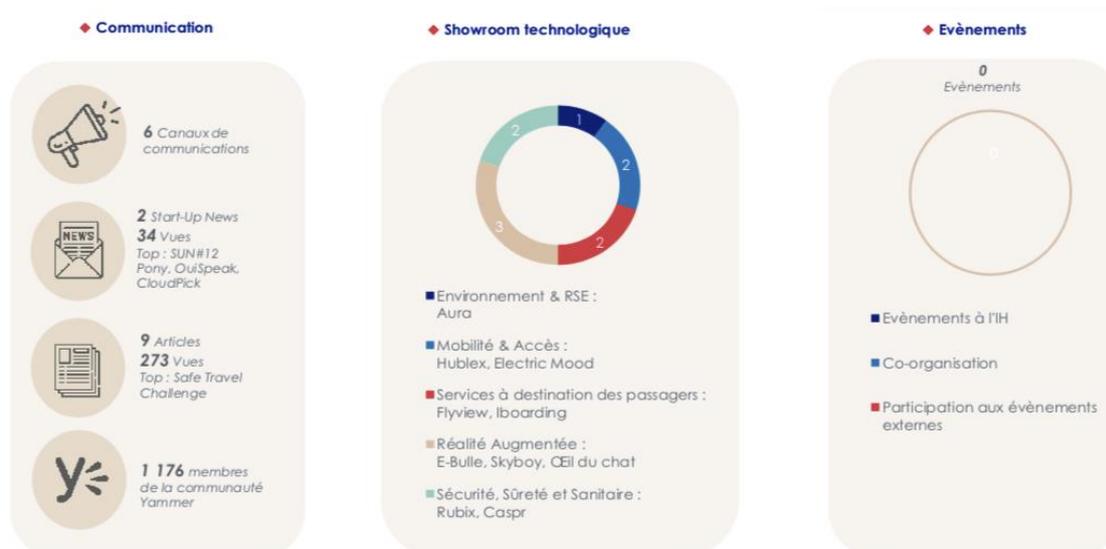
4.2 L'Innovation hub ADP

La mission a rencontré Sébastien Couturier, responsable de l'innovation et des projets d'entreprise et co-fondateur de l'Innovation Hub.

Cette démarche a été officialisée en mars 2017 (mais avait commencé en 2014) afin qu'ADP puisse investir dans de jeunes entreprises innovantes. L'idée était de positionner une structure à côté des unités commerciales (*business unit*), de manière transversale, pour développer la culture de l'innovation et des projets court-terme. ADP a le souhait de transformer les aéroports en terrains d'expérimentation. Ces logiques d'innovation ouverte (*open innovation*) constituent des moyens d'impulser ces nouvelles dynamiques.

La démarche repose sur trois piliers :

OPEN : Ce sont les enjeux d'acculturation des collaborateurs dans un grand groupe. Il s'agit de développer un écosystème comprenant à la fois des incubateurs (Paris&Co, Welcome City Labs), des acteurs de l'événementiel (*Web Summit*), des acteurs institutionnels (BPIFrance, DGAC), des aéroports (Schiphol), des partenaires grands comptes (Michelin, Air France), des académiques (Paris Saclay, Sciences Po), des pôles de compétitivité (ASTech, Cap Digital) et des acteurs du financement (Early Metrics, XAnge). Tout cela passe également par des lieux d'innovation. Il y a donc un espace Innovation Hub à Charles de Gaulle, un à Orly, un à Istanbul (TAV) et un à Hyderabad. L'objectif est de développer un maximum de lieux avec des écosystèmes pour ensuite pouvoir les mettre en lien.



◆ Expériences passagers

	Covoiturage domicile-travail	Hélène Bout	A venir	
	Constructeur véhicules autonomes	Hélène Bout	Terminé	
	Gestionnaire de flotte autonome	Hélène Bout	Terminé	
	Expérience de réalité virtuelle	Noëlline Macron Marechal	A venir	
	Spécialiste des fauteuils électriques	Hélène Bout	A venir	
	VTOL électrique	Alban Negret	A venir	
	Gestionnaire de parking	Bérénice Nossent	Déployé	
	Chatbots et voicebots	Bérénice Nossent	Terminé	
	Calibreur électronique de bagages	Raphael Frayssinet	Terminé	

Source : Groupe ADP

CONNECT : Ce pilier concerne l'expérimentation et la capacité à lancer de nombreux projets. L'objectif est fixé à 15 projets par an, mais sera peut-être réduit de moitié en 2021 du fait de la crise sanitaire notamment. L'opération serait un succès si elle parvenait à connecter, c'est-à-dire à obtenir l'adhésion des équipes opérationnelles. Les projets concernent de nombreuses thématiques, en lien avec les équipes métiers. Le Hub essaye de couvrir l'ensemble de la chaîne de valeur :

- Sanitaire : CASPR, pour désinfecter l'air et les surfaces ainsi que pour capter si oui ou non le nettoyage a été fait
- Mobilité : Navya, pour des mobilités terrestres ou aériennes autonomes
- Mobilité aérienne : Urban Air Mobility, pour les taxis volants (pour le transport de personnes et de marchandises)
- Divertissement : FlyView, pour faire de la réalité virtuelle et visiter Paris, pour l'expérience passager
- PMR : Nino Robotics, pour vérifier que le personnel est présent avec des solutions comme des robots qui permettent de se déplacer



◆ Opérations

	Inspection augmentée des pistes	Thomas Petrelle	A venir	
	Eclairage LED microbicide	Raphaël Frayssinet	A venir	
	Robot tondeur autonome	Hélène Bout	A venir	
	Surveillance de l'air intérieur	Raphaël Frayssinet	En cours	
	Désinfection des espaces	Raphaël Frayssinet	En cours	
	Désinfection des bannettes	Raphaël Frayssinet	En cours	
	Logicielle de gestion de données	Bérénice Nossent	Déployé	
	Traçabilité documentaire sur blockchain	Raphaël Frayssinet	Terminé	

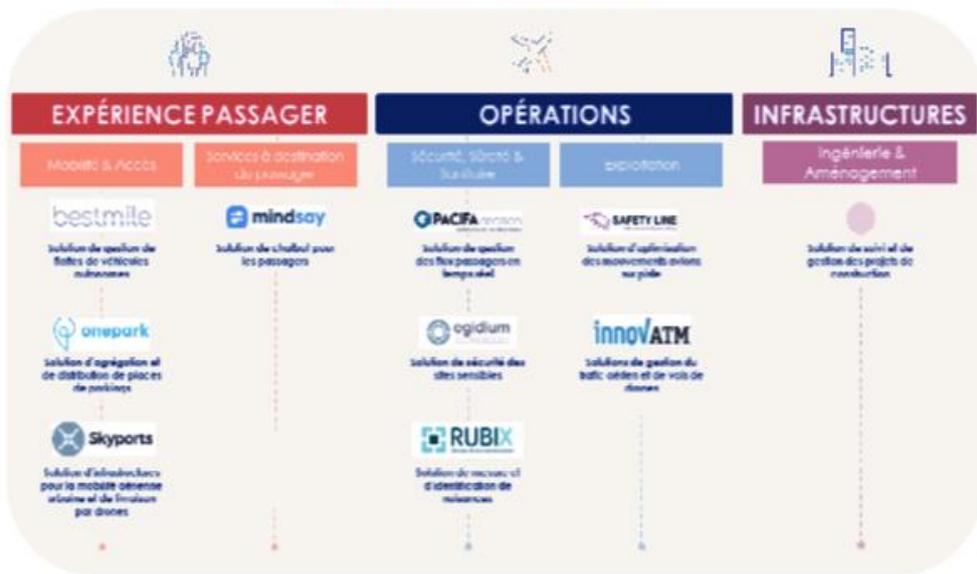
Source : Groupe ADP

INVEST : La démarche est avant tout un fonds d'investissement interne (ADP Invest) qui permet de prendre des participations minoritaires (moins de 20 %, essentiellement pour des questions de fiscalité) mais qui donne la possibilité au Hub de ne pas être dormant. Le plus souvent, ADP fait de la détection et de l'expérimentation sans chercher à entrer dans la société. L'Innovation Hub a également souscrit dans quatre fonds de capital-risque qui ont une logique de complémentarité sur un plan géographique et au niveau de maturité des entreprises dans lesquelles il a investi directement. Le travail avec ces fonds a également pour objectif de gagner du temps en termes de qualification de dossiers d'entreprises.

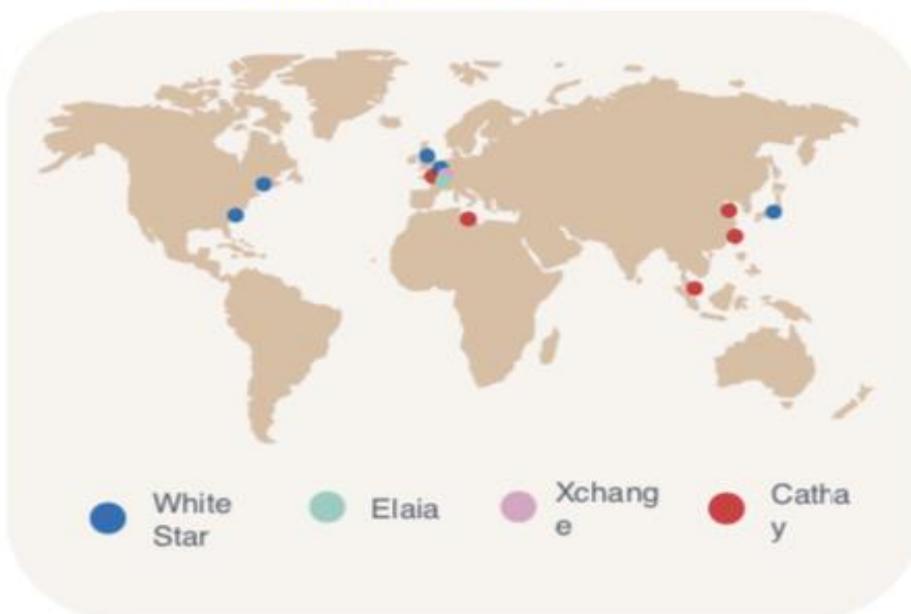
Jusqu'à présent, le Hub a investi dans neuf entreprises listées ci-dessous :

- Bestmile (gestion de flottes de véhicules autonomes) ;
- Onepark (gestion de parking) ;
- Skyports (solution d'infrastructures pour la mobilité aérienne, urbaine et de livraison par drones) ;
- Mindsay (technologies chatbots et voicebots) ;
- Pacifa (solution de gestion des flux passés en temps réel) ;
- Egidium (solution de sécurité des sites sensibles) ;
- Rubix (surveillance de l'air intérieur) ;
- Safety Line (logiciel de gestion de données) ;
- InnovATM (solution de mesure et d'identification de nuisances) ;
- Finalcad (solution de suivi et de gestion des projets de construction).

◆ Investissement - startups



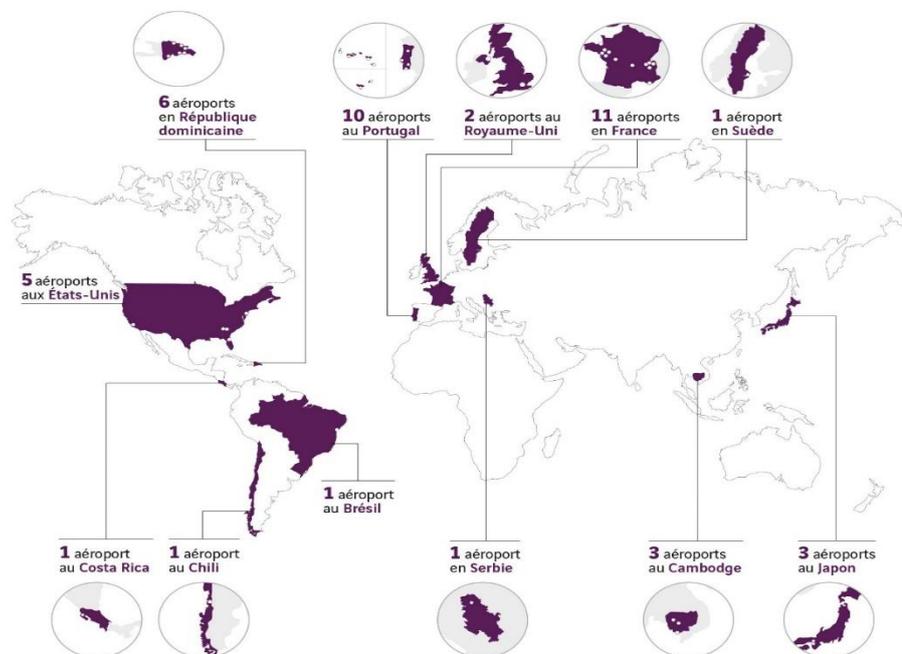
◆ Investissements - Fonds



Source : Groupe ADP

5 L'innovation dans le groupe Vinci airports

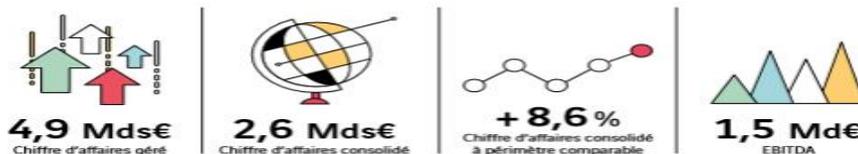
Vinci airports gère 45 aéroports auxquels vont s'ajouter 6 aéroports brésiliens, d'après une annonce récente. En France, il gère notamment les aéroports de Nantes, Toulon et Lyon⁶⁹.



Source : Vinci

En 2019, le réseau Vinci airports a passé un cap historique avec un total de 255 millions de passagers accueillis au cours de l'année, en progression de 5,7 % sur un an à périmètre comparable. Cette performance témoigne d'une dynamique de croissance de l'ensemble du réseau avec des seuils symboliques franchis au Japon (plus de 50 MPAX/an), à Lisbonne (plus de 30 MPAX/an), à Belgrade (plus de 6 MPAX/an) ou encore à Las Américas en République dominicaine (plus de 4 MPAX/an).

Des résultats solides



Performance opérationnelle : un réseau attractif



Source : Vinci

⁶⁹ La mission s'est entretenue avec Vinci représentée par Valérie Vesque-Jancard (directrice France-Amériques), Pierre-Hugues Schmit (directeur des opérations), Eric Delobel (directeur technique) et Anne Lebour (directrice communication-environnement).

La crise sanitaire a eu un impact fort puisqu'une baisse de fréquentation de 60 % par rapport à 2019 a été enregistrée pour le premier trimestre de 2021 en France. Au Royaume-Uni, cette baisse atteint même 97 %. En revanche, le Brésil, les États-Unis ou le Japon ont été relativement épargnés grâce à leur trafic domestique important.

Pour Vinci, le smart *airport* repose sur trois piliers :

- la gestion de l'infrastructure ;
- la gestion des flux ;
- la satisfaction client et qualité de service.

Les technologies déployées sur ses aéroports sont nombreuses : Mona⁷⁰ avec Idemia (biométrie, reconnaissance faciale), CRM, AODB, Salesforce (pour la collecte de l'information en temps réel).

5.1 Déploiement de la biométrie



Source : Vinci

Au niveau de la biométrie, Vinci entretient des contacts étroits avec les autorités. L'entreprise dialogue donc avec la CNIL pour prendre en compte ses exigences, notamment en termes de conservation des données biométriques et de consentement. En effet, les données biométriques peuvent être conservées seulement pendant 48 à 72 heures. De plus, le consentement peut être retiré à tout moment. Vinci discute également avec le DGAC sur l'aspect PIF (sûreté).

Au niveau des passagers, les retours sont très positifs. Alors que Vinci anticipait des réticences des Françaises et des Français, ce n'est visiblement pas le cas. Le principal problème concerne le fait que la biométrie demeure limitée aux personnes majeures, ce qui peut poser problème aux familles par exemple. Vinci tente actuellement de ramener cette limite à 12 ans comme pour les sas PARAFE.

La biométrie permet des gains de productivité importants. Elle permet de gagner jusqu'à 30 mn sur le temps de parcours passager, un embarquement plus fluide et donc un gain de 5 mn sur les rotations, et une économie d'un agent à l'escale. Ces expériences de biométrie vont être prolongées de six mois pour valider le modèle économique et pour, ensuite, déployer cette technologie dans les autres

⁷⁰ Le projet Mona est un programme innovant co-développé par Vinci airports et Vinci concessions. Cette solution simplifie l'expérience des voyageurs en combinant une application mobile, des outils de personnalisation et des technologies biométriques.

aéroports du groupe. À l'international, certains pays sont très mûrs pour accueillir ces technologies (Etats-Unis, Russie) quand d'autres le sont moins (Japon) notamment du fait d'une RGPD proche de la nôtre. Toutefois, une biométrie standardisée ne semble pas envisageable dans la mesure où chaque aéroport a ses spécificités. La portabilité d'une solution doit être vérifiée à chaque fois (Vinci a eu une expérience infructueuse de massification du déploiement du Wifi, s'étant mis entre les mains d'un prestataire unique).

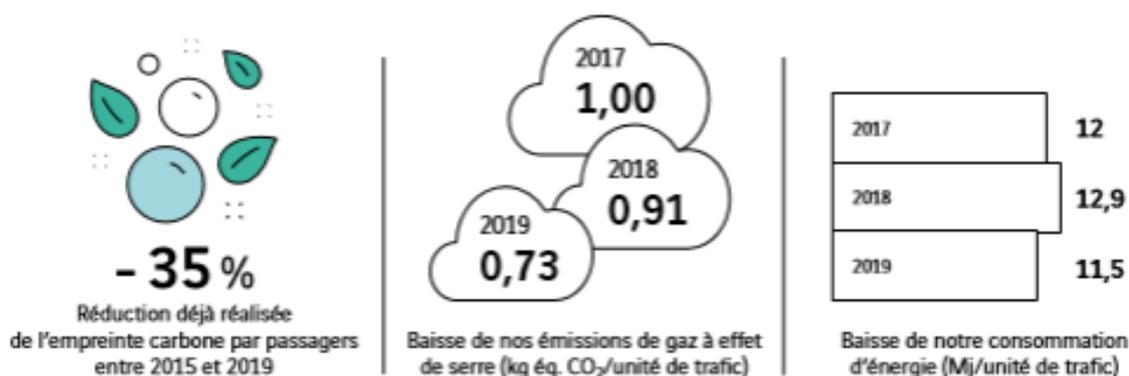
5.2 CDM (Collaborative Decision Making)

La France était pionnière dans ce domaine. Un CDM a été mis en place à Nantes, avec des gains opérationnels à faibles coûts attendus. À Gatwick, l'intelligence artificielle a été utilisée pour optimiser le roulage et l'utilisation des postes. À Lisbonne, le sujet n'est pas mûr car les relations avec le contrôle aérien sont compliquées.

5.3 Sur le lien entre *smart* et *green*

Vinci met en place de nombreuses innovations qui permettent d'allier les aspects *green* et *smart*. L'entreprise travaille sur le développement de l'hydrogène, sur la gestion de l'utilisation de l'énergie (*Energy Management System - EMS*), reliée à la gestion du bâtiment (*Building Management System - BMS*).

Performance environnementale



Source : Vinci

5.4 Focus sur l'aéroport de Lyon

Aéroports de Lyon (ADL) est considéré comme le centre d'excellence « expérience client » du groupe Vinci airports⁷¹. Géré depuis 2016 par Vinci airports, Lyon Saint-Exupéry a été désigné meilleur aéroport européen 2019 par l'ACI, dans la catégorie 10 à 25 MPAX/an. En plus de saluer l'engagement environnemental d'une plate-forme neutre en carbone, cette distinction consacre les efforts continus de l'aéroport de Lyon en matière d'expérience des passagers. En trois ans, la connectivité nationale et internationale a progressé avec l'ouverture de plus de 50 lignes, et le trafic a augmenté de près de 30 % pour s'établir à plus de 11 millions de passagers en 2019. Surtout, l'aéroport a déployé de nombreuses innovations destinées à fluidifier le parcours des voyageurs. Des bornes physiques et une place de marché en ligne permettent d'accéder de façon centralisée aux différents services (parkings, coupe-

⁷¹ La mission a rencontré Tanguy Bertolus (président de l'aéroport) et Marion Vernay (directrice de la communication) et les éléments fournis dans cette partie ont pour source cet entretien.

file, salons...), ainsi que d'acheter en une seule réservation un billet combiné avion-bus-train intégrant les offres de partenaires comme Flixbus, OuiGo, TGV, Rhônexpress. L'aéroport a néanmoins fortement souffert de la crise sanitaire en perdant 70 % de sa fréquentation en 2020 par rapport à 2019.

Selon l'aéroport, le *smart airport* est un sujet ancien mais plus que nécessaire dans le contexte actuel pour améliorer l'équation économique en apportant des revenus (CRM) et en diminuant les coûts de gestion des infrastructures. Malgré les difficultés actuelles, l'aéroport a préservé la majeure partie du projet *smart*.

Mona est le projet phare d'ADL. C'est un dispositif fondé sur la reconnaissance faciale, fonctionnant du départ du passager de son domicile à l'embarquement (à l'exception de la police aux frontières, le dialogue avec la PAF se poursuivant). Ce dispositif concerne les passagers volontaires des compagnies TAP et Transavia. 1 000 passagers, soit 10 % d'entre eux, se sont enrôlés depuis le début effectif de l'expérimentation en octobre 2020. Les enquêtes de satisfaction donnent un retour très positif, avec des gains de temps de parcours de 15 à 30 mn. La réflexion se poursuit sur le modèle économique : ce service crée de la valeur pour les compagnies, qui peuvent l'offrir en contrepartie d'adhésion aux services premium qu'elles offrent et qui peuvent également faire des économies opérationnelles à l'escale (avec un agent en moins dédié à l'embarquement). L'autre gain potentiel concerne l'augmentation de chiffre d'affaires des commerces en zone réservée.



Source : Aéroport de Lyon

L'aéroport développe aussi d'autres technologies pour améliorer la « qualité de service voyageurs » :

- le robot voitureur : gains de temps et de capacité dans les parkings (95 % des utilisateurs du robot voitureur à l'aéroport de Lyon déclarent vouloir utiliser à nouveau le service) ;



- l'Access Wall : mur d'informations dans la salle de livraison bagages (horaires du Rhône Express...);
- le projet expérience opérationnelle : utilisation de l'intelligence artificielle pour optimiser le temps de livraison des bagages (en utilisant les données fournies par les compagnies et en modélisant l'utilisation des tapis), véhicules autonomes (expérimentation faite avec Navya), maintenance prédictive des tapis roulant et ascenseurs (gains importants avec une réduction de 10 à 15 % des coûts), détection des FOD sur tarmac, *build infra model* (BIM) ;
- le CDM : il est déployé depuis cinq ans sur l'aéroport et a permis des gains opérationnels et pour l'environnement importants. De manière plus générale, le centre des opérations est effectif depuis 2015.

Enfin, ADL a également un objectif de verdissement pour atteindre l'accréditation carbone de l'ACI : l'ACA 4. Cela passe par de nouvelles motorisations de véhicules et par l'optimisation du chauffage et de la climatisation.

6 L'APOC (airport operation center) d'Orly

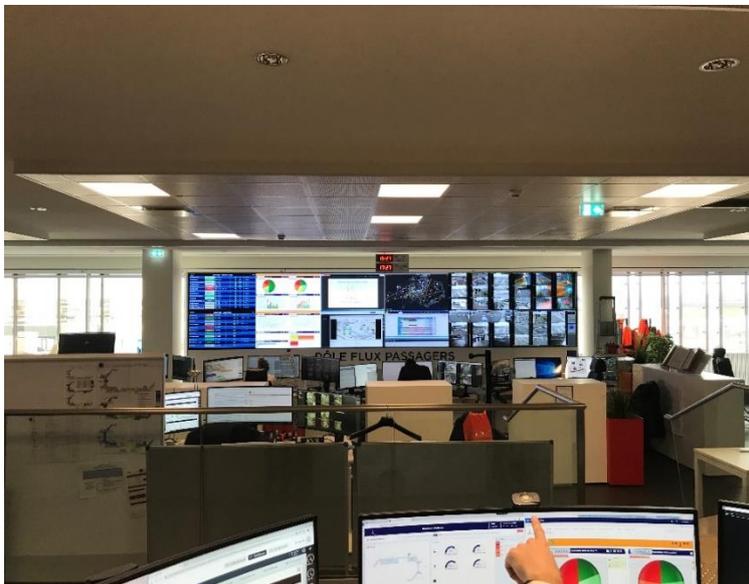
Lors d'une visite d'Orly, la mission a rencontré M. Laborie, adjoint au directeur de l'aéroport de Paris-Orly, directeur des projets et de la maîtrise d'ouvrage chez ADP et M. Thomas Dubus, directeur des opérations de l'aéroport d'Orly. Pendant une visite de l'aéroport au cours de laquelle elle a pu découvrir les innovations récentes mises en place par l'aéroport en termes de biométrie ou de lignes multiplexées par exemple, une présentation de l'Airport Operations Center (APOC) de l'aéroport a été effectuée. L'APOC est un centre de supervision et de décision dont le rôle est de piloter, en temps réel, la performance globale de l'aéroport.

L'APOC a remplacé les sept postes de contrôle (PC) qui préexistaient. Elle est constituée de trois espaces différents : le cœur de l'APOC, ou hyper vision ; le CDM ; le PC Crise.

6.1 Le cœur de l'APOC : l'hyper vision

La salle principale, ou hyper vision, est composée de trois *process* principaux :

- Le *process* technique : il gère les problématiques d'automatismes, de réseaux, d'équipements, etc... avec le RIM (poste principal). Il y a donc de la remontée d'information notamment grâce à la Gestion Technique Centralisée qui permet une connexion. Toutefois, il existe des degrés différents de maturité selon les compagnies.
- Le *process* avion : il gère l'affectation des ressources et le suivi de la touchée.
- Le *process* passager : il gère le parcours du passager (sur les accès routiers, dans les parkings et dans l'aérogare). La partie sûreté fait aussi intervenir des partenaires sous-traitants. L'idée est d'accueillir ces prestataires soit de manière très large soit de manière ponctuelle. Enfin, ce process intègre aussi la partie sécurité des biens et des personnes.



Source : CGEDD à l'aéroport d'Orly

6.2 Le Collaborative decision making - CDM

C'est la seconde salle de l'APOC. Elle sert pour les situations en risque de dégradation ou déjà dégradées, comme les épisodes neigeux. Originellement, cette salle est dédiée à l'*airside*, mais à Orly elle rassemble des partenaires *airside* et *landside*. Le CDM peut se déclencher en amont (en cas de neige ou de grève...). En cas d'événement imprévu, le CDM est déclenché avec le directeur de permanence et le directeur des opérations (DO).



Source : CGEDD à l'aéroport d'Orly

6.3 Le PC de crise



Source : CGEDD à l'aéroport d'Orly

C'est la troisième et dernière salle de l'APOC qui n'est armée qu'en cas de crise importante.

Chaque *process* est géré par un adjoint, un agent de maîtrise, dont le travail est de faire remonter les informations majeures au directeur des opérations. Les informations sont remontées surtout si elles ont un impact sur les autres *process*. Le DO et l'APOC constituent donc le premier niveau en cas de situation dégradée, le temps de gérer les situations de crise.

Selon la direction de l'aéroport d'Orly, la numérisation de l'APOC est inutile et contreproductive, bien que techniquement possible. La proximité des équipes est très importante. Les agents qui interviennent sur le terrain vont passer par l'APOC pour s'informer. L'APOC est un environnement silencieux dans lequel on entend ce qui se dit, même sans information directe. Cette dernière passe donc naturellement, par exemple lorsqu'elle concerne la saturation au niveau des contrôles. L'ancrage terrain n'est donc pas tant technologique qu'humain et managérial.

Une journée type se déroule de la manière suivante :

- 5h15 : Briefing (il y a moins de monde à l'APOC pendant la nuit, mais il y a toujours une présence sur certaines positions)
- 8h : point interne
- 8h30 : point externe
- 20h30 : point interne
- 21h : point externe
- Minuit : fin.

Cette visite de l'APOC a été l'occasion de prendre connaissance des technologies utilisées. Du côté *airside*, l'APOC utilise le *vumètre* qui améliore la gestion en temps réel du trafic aérien mais aussi routier dans l'aéroport. Pour optimiser la gestion des flux passagers, l'aéroport a fait appel à une entreprise suisse - Xovis - qui a installé un réseau de caméras dans les terminaux. Ces capteurs permettent également de voir les séries passées. Enfin, l'APOC utilise aussi l'APAMS qui agglomère toutes les informations. Il produit des alertes pour identifier des situations critiques à venir. Ce logiciel très récent (début juin 2021) permet de faire ressortir la donnée importante. Il y a une logique de suivi de production. Cette technologie utilise également du *machine learning*.

7 Smart City et Smart Port

7.1 Smart port : un label de plus en plus revendiqué

Le cas du smart port révèle des analogies notables avec le contexte des aéroports, les ports partageant avec les aéroports un certain nombre de caractéristiques : clientèle mondiale, concurrence entre les différents sites, importance vitale de la rapidité de traitement des opérations et de la disponibilité⁷².

Parmi les nouvelles technologies mobilisées on notera les objets connectés (IOT) et la création de « jumeaux numériques » des ports. Le jumeau numérique est un modèle réduit du port qui reproduit dans un environnement virtuel les biens physiques réels.

Alimenté par des flux de données en temps réel, il facilite la visualisation des opérations et permet à distance, à partir des données collectées par les capteurs embarqués, des analyses plus précises et pertinentes.

Un jumeau numérique peut aussi être utilisé à des fins de surveillance et de rapport en temps réel. Il est également utile pour examiner les événements futurs (notamment à des fins de maintenance prédictive). Le modèle archive et analyse les données passées, ce qui permet de simuler des événements dans des conditions déterminées et programmables.

Le Port d'Anvers élabore un tel système de jumeau numérique, fondé sur le système APICA (Antwerp Port Information & Control Assistant). Le système impliquant des caméras, des capteurs et des moyens de communication permettrait de surveiller ce qui se passe dans le port, y compris les mouvements et les incidents. Les données fournies par les capteurs, les caméras, les drones, les prévisions météorologiques seraient accumulées et analysées, pour être à terme analysées par intelligence artificielle. Selon le Port d'Anvers, la mise en œuvre d'une infrastructure permettant l'analyse déductive fondée sur des données complètes nécessiterait encore deux à trois années de développement.

À noter en France les projets de smart port du Grand port maritime de Marseille et, pour le Havre, le projet Smart port city, retenu récemment dans le cadre du PIA 3 et associant le Port et la Ville du Havre.

On notera pour l'initiative de Marseille Smart Port in Med, la mise en place d'une démarche coopérative qui pourrait inspirer le sujet *Smart Airport* (voir partie 5)⁷³.

7.2 Smart City : quelques exemples

En Europe comme dans le monde, les *smart cities* sont déjà nombreuses. Selon les horizons, en France, plusieurs villes ont déjà introduit du *smart*, à l'instar de Lyon, Dijon, Nantes et Bordeaux.

⁷² Ce chapitre prend notamment en compte les publications suivantes : *Accelerating digitization, Critical Actions to Strengthen the Resilience of the Maritime Supply Chain*, établi conjointement par la Banque Mondiale et the World Ports Sustainability Program (WPSP) of the International Association of Ports and Harbors (IAPH), décembre 2020, ainsi que des indications fournies par Geoffroy Caude.

⁷³ : 1- Le référencement et le déploiement d'actions concrètes et de projets pilotes pour rendre lisible et concret le *French Smart Port in Med*.

2- La mise en œuvre d'un dispositif d'innovation ouverte basé sur un *Challenge* pour faire du Port et de la Métropole des terrains d'expérimentation de nouveaux usages, applications, et démonstrateurs.

3- L'animation d'une *Brain Port Community* pour favoriser la mise en place de formations, de programmes de recherche, de démarches de coopération autour des activités portuaires et mener une réflexion prospective sur l'emploi.

4- La structuration d'une base de données *Smart Port Data* permettant à l'ensemble des acteurs voulant développer un projet de recherche, d'innovation ou d'activité sur la thématique du *Smart Port* d'accéder à des jeux de données variés et spécifiques.

5- La mise en place d'une politique de communication et de promotion de l'initiative *Le French smart port in Med* au niveau local, régional, national, européen et international.

La ville de Lyon a été classée première ville intelligente de France et 10^{ème} d'Europe par le Parlement européen en 2015. La Ville a investi plus de 340 M€ répartis dans plusieurs aspects liés au *smart*. Tout d'abord, elle a développé l'aspect transport en testant un système de navettes autonomes et de véhicules électriques en autopartage. Toutefois, elle a essentiellement utilisé ces fonds pour développer l'éco quartier intelligent de la Confluence. Composé de trois bâtiments, ce quartier est le premier en France à produire plus d'énergie qu'il n'en consomme. Les immeubles sont équipés de panneaux photovoltaïques sur les façades et les toitures, d'un cogénérateur à huile de colza et d'un système géothermique (grâce à la Saône). Ces immeubles consomment 50 % à 60 % d'énergie en moins qu'un bâtiment classique et produisent 67 % de leurs besoins électriques, 87 % de leurs besoins en chauffage et 80 % de leurs besoins en climatisation.

La ville de Dijon dispose quant à elle d'une structure unique en France inaugurée en avril 2019 : OnDijon, un poste de commandement permettant la gestion centralisée de différents équipements urbains connectés. Ce poste permet de commander à distance et en temps réel l'éclairage, les feux rouges ou la distribution d'eau. La ville a investi près de 53 M€ pour ces équipements. L'objectif est d'économiser 65 % d'énergie d'ici à 2030.

La ville de Nantes, déjà pionnière en matière de transports en commun (notamment pour avoir réintroduit le tramway dès 1985), a continué à innover pour réduire les émissions de CO₂ liées aux transports en testant par exemple les navettes autonomes. Nantes a aussi développé très tôt l'*open data* afin d'améliorer le confort des habitants notamment en développant près de 50 applications mobiles. Des applications permettent de signaler les problèmes sur la voie publique ou de consulter l'état du trafic en temps réel.

À Bordeaux, le développement de la *smart city* prend pour le moment la forme d'un quartier laboratoire : le stade Matmut-Atlantique. La ville a installé une multitude de capteurs sur le mobilier urbain pour récupérer et analyser les données ainsi recueillies. Par exemple, 220 capteurs ont été installés sur l'éclairage public. Tout ce système permet d'amoindrir la consommation énergétique et d'optimiser la gestion des déchets.

Mais c'est à l'étranger qu'il est possible de trouver des *smart cities* encore plus abouties. Selon *Demain la Ville*, depuis 10 ans, Copenhague s'est transformée au point de devenir un exemple de ville verte, intelligente et connectée. L'objectif de la ville est de devenir la première ville neutre en carbone d'ici 2025. Le mobilier urbain est donc connecté et permet de collecter les données utiles pour réduire l'empreinte environnementale de la ville. La ville de Copenhague s'est donc équipée de poubelles connectées qui permettent d'optimiser l'utilisation des camions poubelles en leur disant où et quand passer. La ville teste aussi des lampadaires intelligents qui permettent de moduler l'éclairage en fonction du trafic. D'autres systèmes sont testés dans la capitale notamment pour mesurer la qualité de l'air et pour prévenir les habitants des zones à éviter. Enfin, l'un des sujets essentiels à la réussite de ce modèle est aussi celui du partage des données. Copenhague travaille notamment à une vaste plateforme permettant aux entreprises privées et aux organismes publics de collaborer sur les données liées aux parkings, à l'eau ou encore à la gestion des déchets. L'objectif est de démontrer qu'un partage efficace du savoir peut créer de nouvelles opportunités d'affaires pour tous les acteurs.

Enfin, d'autres villes étrangères, notamment en Asie, comme Singapour se situent, selon *Courrier International*, en tête du classement mondial des *smart cities* conçu par l'Institute of Management Development (IMD) de Lausanne. La ville de Singapour s'est démarquée surtout pour sa gestion de l'épidémie de Covid 19 qui s'est beaucoup appuyée sur la technologie qu'elle avait mise en place pour la circonstance. Au-delà des nombreuses installations typiques d'une *smart city*, Singapour est allée plus loin avec l'introduction de la notion *smart nation* en investissant plus de 1 Md\$ en 2019 pour atteindre ses objectifs de numérisation. Singapour s'est appuyée sur des plates-formes avancées dont la 3D Experiencity de Dassault Systèmes. Cette plate-forme collaborative a permis de créer un double virtuel intitulé Virtual Singapore. L'objectif a été de créer un modèle 3D de Singapour afin de naviguer dans la ville dans un environnement virtuel tout en ayant les informations réelles de température, d'humidité, ensoleillement, de circulation, de niveaux sonores, voire des disponibilités de places de parking dans certaines zones, etc. parfois en temps réel.

Cette technologie permet également de réaliser des simulations.

L'organisation de cette *smart nation* repose sur six piliers principaux :

1. L'open data : toutes les données collectées sont mises à disposition au public afin que tous les citoyens puissent y contribuer (notamment *via* des sites gouvernementaux officiels)
2. Un laboratoire vivant : Singapour maintient un très haut niveau d'investissement dans la recherche et l'innovation technologique pour le développement de nouveaux marchés économiques
3. Une industrie et un écosystème important de startups permettant la connexion entre entrepreneurs et mentors du monde de l'industrie, lien essentiel entre l'innovation et l'entreprise
4. Une importante cybersécurité et sécurisation des données récoltées afin de se protéger des risques de piratage ou de vol des données personnelles
5. Une mise à disposition de ressources technologiques pour l'ensemble de la population et des entreprises afin de créer une inclusion numérique globale et permettre de créer de nouvelles opportunités pour chaque citoyen
6. Une collaboration au-delà des frontières avec ASCN : l'ASEAN Smart Cities Network qui est une plate-forme collaborative où l'ensemble des pays de l'Asie du Sud-Est échangent meilleures pratiques et nouvelles idées pour améliorer non seulement la vie des Singapouriens mais également celle de tous les habitants de la région

Par ailleurs, Singapour a beaucoup investi dans la mobilité avec pour objectif de réduire le nombre de voitures individuelles. Actuellement, moins de 20 % de la population est équipée d'un véhicule. En conséquence, la part d'utilisation des transports en commun a augmenté.

Sources :

<https://leshorizons.net/exemples-smart-city-france/>

<https://www.demainlaville.com/copenhague-lexemple-de-la-smart-city/>

<https://www.courrierinternational.com/article/classement-smart-cities-singapour-en-tete-des-ville-intelligentes>

<https://www.bearingpoint.com/fr-fr/blogs/energie/singapour-de-la-smartcity-à-la-smartnation/>

8 Fiche d'évaluation des projets *smart airport*

La mission a tenté de définir une fiche d'évaluation des projets dont l'objet est de caractériser dans un cadre multicritère les éléments d'évaluation d'un projet *smart airport* dont les grandes options (site, finalités, ordre de grandeur du déploiement...) ont été définies, même à titre préliminaire et susceptibles d'évolution par la suite.

Cette fiche a vocation à être présentée à titre d'illustration dans le rapport de la mission CGEDD *Smart Airport*, si possible testée sur quelques projets réels, mais pourrait également être utilisée dans d'autres cadres de suivi des investissements.

Les projets visés sont ceux qui ont franchi les phases *proof of concept* et sont au moins bien avancés dans l'expérimentation et pour lesquels on cherche à évaluer une phase fonctionnelle de déploiement. Les données à renseigner peuvent à ce stade ne pas avoir fait l'objet d'études précises et dans ce cas être estimées sur la base de « dires d'expert », « comparables », évaluations des fournisseurs etc.

8.1 Contenu

Titre du projet

Description du projet (site – quel aéroport, où sur l'aéroport ; fonctionnalités principales, objectifs attendus..., technologies mobilisées, installations créés ou modifiées, nombre de pax ou de mouvements d'avions concernés...)

Maturité du projet : on caractérisera la maturité de la technologie et celle relative à la définition du projet, compte tenu de validations nécessaires à préciser (internes ou externes, autorisations administratives par exemple)

Ordre de grandeur du coût d'investissement (dont : supporté par aéroport, compagnies, autres acteurs)

Avantages (certains peuvent être sans objet pour le projet considéré) :

- Avantages en termes de qualité de service (à caractériser/ quantifier)
- Avantages en termes de capacité (taux d'utilisation des équipements, m²/ pax, rapport nb de postes d'avion/ mouvements prévus etc.)
- Avantages en termes de disponibilité (s'il y a lieu de la distinguer des items capacité et qualité de service)
- Avantages environnementaux
- Avantages économiques : impact OPEX pour aéroports/ Compagnies/ autres acteurs/ recettes commerciales induites...
- Image et réputation (caractériser notamment l'impact éventuel sur le positionnement concurrentiel de l'aéroport)
- Sécurité /sûreté

Facteurs d'attention et risques :

- Adaptations réglementaires nécessaires
- Impact cyber sécurité
- Acceptabilité par les usagers (données personnelles, formations nécessaires des professionnels...)

8.2 Éléments fournis par ADP en réponse à la sollicitation de tester la fiche d'évaluation

PROJET : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN POSTE AVION (IAPA) + GREENAIRPORT (OLGA)

Concept / Vision Cible

- Jalonnement automatique de la touchée par :
 - Reconnaissance d'image
 - Utilisation intelligence artificielle
- Supervision des opérations du poste avion
- Optimisation du turn-around (aide à la décision et alertes)
- Monitoring de l'utilisation de l'APU



Réalisé / En cours		Prochaines étapes	
<ul style="list-style-type: none"> - Expérimentation réalisée sur ORY (P09) et CDG (K38) permettant de montrer la maturité de la technologie <p>Sur CDG:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Projet présenté et retenu dans le cadre de OLGA sur 3 aspects <ul style="list-style-type: none"> • Monitoring de l'utilisation de l'APU • Détection des épandages • Prédicibilité départ - Rencontres avec AF pour qualifier le besoin et définir une méthodologie de suivi et évaluation des gains – réflexions sur le choix des postes avions <p>Sur ORY:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choix de deux postes avions à multiples composantes en vue d'une expérimentation (A03/31/32 et E04/E41/E42) 		<p>Sur CDG:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Préparer le lancement du projet OLGA: <ul style="list-style-type: none"> • Kick-off meeting • Sécurisation des investissements • Choix des postes avions <p>Sur ORY:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Décision GO/NOGO concernant le déploiement d'une solution sur les postes sélectionnés 	
<p>Bénéfices compagnies</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la ponctualité (réduction des retards) - Meilleure prédictibilité pour l'heure prévisionnelle de départ (POBT) - Optimisation/réduction du temps d'escale - Diminution consommation carburant - Gain sur le pilotage de la SST 	<p>Bénéfices ADP</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amélioration OTP plateforme - Meilleure gestion capacités parking - Réduction du temps d'utilisation de l'APU (baisse des émissions) - Réduction des déversements parking - Baisse des incidents liés à la co-activité 	<p>Impacts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau stockage et analyse données - Modèle économique: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Investissement ➢ Paiement à la rotation 	<p>Performance</p> <p>SEC :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obstacles/FOD sur poste - Positionnement passager <p>OPS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prédicibilité OBT - Ponctualité - Optimisation capacités <p>ENV :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduction des émissions CO2/Qualité de l'air - Réactivité sources de pollution

9 Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
ACI	Airports Council International
ADP	Aéroports de Paris
ADRM	Airport Development Reference Manual
ADV	Union des aéroports allemands
ANSP	Air navigation service provider
AODB	Amadeus Airport Operational Data Base
APAMS	Automated Pilot Aptitude Measurement System
APICA	Antwerp Port Information and Control Assistant
APOC	Airport Operation Center
APU	Auxiliary Power Unit
ASQ	American Society for Quality
BLS	Borne Libre Service
CAB	Carte d'Accès à Bord
CDM	Cooperative Decision Making
CGEDD	Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
CRE4	4 ^{ème} Contrat de Régulation Economique d'ADP
CRM	Crew Ressource Management
DBA	Dépose Bagages Automatique
DCPAF	Direction Centrale de la Police Aux Frontières
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGCCRF	Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
DNUM	Direction du Numérique
DO	Directeur des Opérations
DSAC	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
EES	Règlement européen Entrée et de Sortie dans l'espace Schengen
ENISA	European Union Agency for Cybersecurity
ETIAS	European Travel Information and Authorization System
GNV	Gaz Naturel pour Véhicules
GTC	Gestion Technique Centralisée
IA	Intelligence Artificielle
IATA	International Air Transport Association
IOT	Internet Of Things

Acronyme	Signification
KPI	Key Performance Indicator
LIDAR	Light Detection And Ranging
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PAF	Police de l'Air et des Frontières
PARAFE	Passage Automatisé Aux Frontières Extérieures
PAX	Passager aérien
PC	Poste de Contrôle
PFSF	Programme Frontières Souples et Fluides
PIA	Programme d'Investissements d'Avenir
PIF	Poste d'Inspection Filtrage
PMR (ou PHMR)	Personne (Handicapée ou) à Mobilité Réduite
QDS	Qualité De Service
RFID	Radio Fréquence Identification
RGPD	Règlement Général sur la Protection des Données
SAGA	Secured Automatic Gates for Airports
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SNUM	Service du Numérique
SSI	Self-Sovereign Identity
STAC	Service Technique de l'Aviation Civile
UAF	Union des Aéroports Français

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)