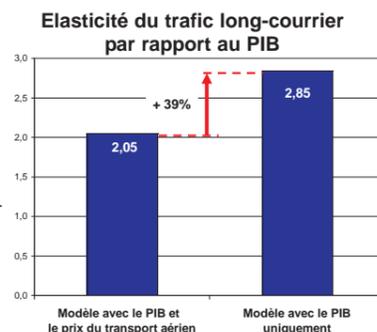


La non prise en compte du prix du transport aérien dans un modèle peut entraîner de graves conséquences

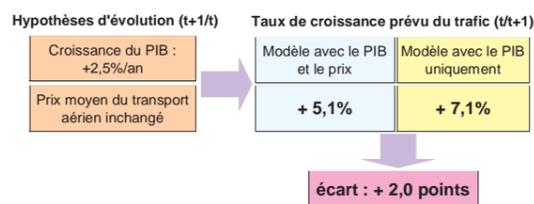
- sur la valeur des élasticités :

L'omission du prix du transport aérien dans le modèle expliquant le trafic long-courrier entraînerait une hausse de près de 40% de la valeur estimée de l'élasticité du trafic par rapport au PIB, cette élasticité passant de 2,1 à 2,8.



- en termes de prévision de trafic :

à titre d'exemple, si l'on considère le prix du transport aérien inchangé pour l'année suivante, l'écart entre les trafics prévus à partir du modèle incluant le PIB et le prix du transport aérien et celui ignorant l'effet prix sera d'autant plus élevé que la croissance économique est forte. Cet écart sera encore plus important si le prix du transport aérien augmente. Avec une croissance économique de 2,5%, il faudrait une baisse importante du prix du transport aérien, de l'ordre de 4% par an, pour que les deux modèles fournissent les mêmes prévisions de trafic.



## 5. Les prévisions se réalisent-elles ?

Deux raisons essentielles limitent le pouvoir prédictif des modèles économétriques<sup>7</sup> : le manque ou l'imprécision des données et l'hypothèse de stabilité du modèle pour les années à venir.

Cette dernière hypothèse, malheureusement invérifiable, rend souvent les modèles ajustés sur le passé caducs pour la prévision au-delà d'un horizon de 5 à 7 ans. Mais, force est de constater que, dans certains cas, les prévisions sont satisfaisantes même à un horizon de dix ans, c'est le cas notamment du modèle de l'OACI pourtant calibré avec deux variables seulement : le Produit Intérieur Brut et le prix moyen du transport aérien.

On notera que si l'OACI n'avait pas sous-estimé l'évolution du PIB mondial entre 1995 et 2005, le trafic prévu aurait été bien supérieur au trafic réalisé. Mais, à l'inverse, si les phénomènes survenus au début des années 2000 (11 septembre 2001, SRAS, conflit irakien,...) ne s'étaient pas produits, la croissance du trafic aurait été plus soutenue.

«L'important dans la prévision n'est pas le chiffre, mais les questions que l'on se pose pour faire cette prévision et la compréhension des écarts entre le prévu et le réalisé.»

Quant à la qualité des données, elle porte, d'une part, sur la connaissance détaillée des différents segments qui composent la clientèle aérienne et, d'autre part, sur la mesure précise des

<sup>7</sup> On distingue en fait trois causes d'erreur de prévision : une mauvaise spécification du modèle, les erreurs de prévision des valeurs à donner aux variables explicatives et les aléas que l'on ne peut expliquer.

	Modèle calé sur la période	Horizon de la prévision	Trafic à l'horizon de la prévision		
			Réalisé	Prévu	écart
Trafic régulier mondial (1)	1960-1995	2005	2 022	2 010	-0,6%
Trafic des aéroports français (2)	1965-1993	2005	130,9	140,0	6,9%
Mouvements IFR contrôlés dans l'espace aérien français (3)	1974-1997	2004	bas	2,85	7,2%
			moyen	3,05	15,0%
			haut	3,47	30,9%

(1) millions de passagers - prévision réalisée par l'OACI. Les hypothèses 1995-2005 (en termes réels) : PIB mondial : +2,5%/an et prix du transport aérien : -0,5%/an de 1995 à 2000 et 0% au-delà.

(2) millions de passagers - hors effet TGV, mais sans la réduction de l'effet frontière - avec double compte du trafic intérieur - prévision réalisée par l'ITA. Scénario retenu : " les compagnies globales ". Les hypothèses 1993-2005 (en monnaie constante): PIB France : +2,9%/an et prix du transport aérien : -2%/an.

Le trafic aérien détourné par les TGV Méditerranée, Eurostar et Thalys est estimé à environ 7 millions de passagers en 2005. Quant au trafic induit par l'atténuation de l'effet frontière en Europe, il est estimé entre 2 et 3 millions de passagers en 2005 d'après la méthode ITA.

Enfin, en prenant en compte ces deux effets, on obtient un trafic prévu de 136 millions de passagers pour 2005, supérieur d'environ 4% seulement au trafic réalisé.

(3) millions de mouvements - prévisions réalisées par Eurocontrol après prise en compte des effets TGV. Les principales hypothèses 1997-2004 (en monnaie constante) : PIB Europe : 1,5%/an (scénario bas), 2,5%/an (scénario de base), 3,5%/an (scénario haut) et gain de productivité : 0% (scénario bas), +10% (scénario de base), +20% (scénario haut).

indicateurs qui motivent cette clientèle à prendre l'avion.

Les travaux déjà réalisés dans le passé montrent que l'on doit distinguer au sein de la clientèle aérienne :

- **le motif de voyage.** La clientèle touristique est beaucoup plus sensible aux variations du prix du transport aérien que la clientèle d'affaires. De plus, les facteurs qui motivent ces deux catégories de clientèle à voyager ne sont pas les mêmes,

- **l'origine et la destination finale.** Le marché court-courrier étant concurrencé par les modes de transport terrestre, l'élasticité du trafic par rapport au prix aérien y sera plus élevée que sur une liaison long-courrier.

- **le pays de résidence.** Cette information permet, d'une part, de prendre en compte l'évolution du pouvoir d'achat des résidents à l'étranger et, d'autre part, d'estimer la propension à voyager par avion des passagers résidant dans une zone géographique.

Par ailleurs, l'importance de l'activité du hub d'Air France à Roissy requiert une bonne connaissance de l'origine et de la destination finale des passagers en correspondance sur cette plate-forme, ce segment de clientèle dépendant des stratégies d'alliance entre les compagnies.

Outre les caractéristiques socio-économiques des passagers (profession, revenu, ...), la variable explicative qui demande le plus d'attention est le prix moyen du billet réellement payé par le passager. En Europe, cette information n'est disponible que globalement pour l'ensemble du réseau de chaque compagnie, sans distinguer les grands faisceaux géographiques. Or, l'utilisation d'un indice tarifaire agrégé pour expliquer différents sous segments de marché, comme c'est le cas des modèles élaborés par la DGAC, peut entraîner des biais dans l'estimation des élasticités, fragilisant d'autant la prévision.

Aussi, paraît-il indispensable de réaliser en France des enquêtes auprès des passagers aériens afin de mieux connaître leur destination finale, le motif de leur déplacement, le tarif payé, ... à l'instar de celles réalisées depuis de nombreuses années par les Britanniques.

## LA DEMANDE DE TRANSPORT AÉRIEN : COMMENT L'EXPLIQUER ? PEUT-ON LA PRÉVOIR ?

La prévision du trafic aérien est essentielle pour tous les acteurs mais difficile : si les tendances à long terme ont été correctement prévues, il en va différemment pour le court et le moyen terme. Depuis 2003, la croissance a été sous-estimée par les modèles économétriques.

La plupart d'entre-eux expliquent la demande de trafic au niveau global par l'évolution du produit intérieur brut et celle du prix du transport aérien.

La réalisation d'enquêtes auprès des passagers permettrait d'améliorer significativement la précision des données d'entrée et donc la qualité des prévisions.

### 1. La prévision : pourquoi et pour qui ?

Les objectifs sont multiples et différents selon les acteurs. Pour **les compagnies aériennes**, prévoir la demande de transport aérien, à court et moyen terme, est stratégique pour l'activité. Même intérêt pour **les gestionnaires d'aéroports** qui ont besoin de prévoir le volume de leur clientèle et ses caractéristiques pour l'aménagement futur des aéroports. Pour l'État, et notamment l'élaboration de **la politique des transports**, la prévision de la demande de transport aérien à long terme est essentielle pour anticiper suffisamment tôt les problèmes de capacité, que ce soit au niveau aéroportuaire ou de navigation aérienne. C'est à partir de ces prévisions, que la décision de construire ou pas de nouvelles infrastructures est prise. **Les constructeurs** ont également besoin de connaître l'évolution de la demande à long terme pour anticiper les besoins futurs et définir dès à présent leurs stratégies. En tant que service de l'État, c'est sur cette problématique de moyen et de long terme que la DAST se penche plus particulièrement.

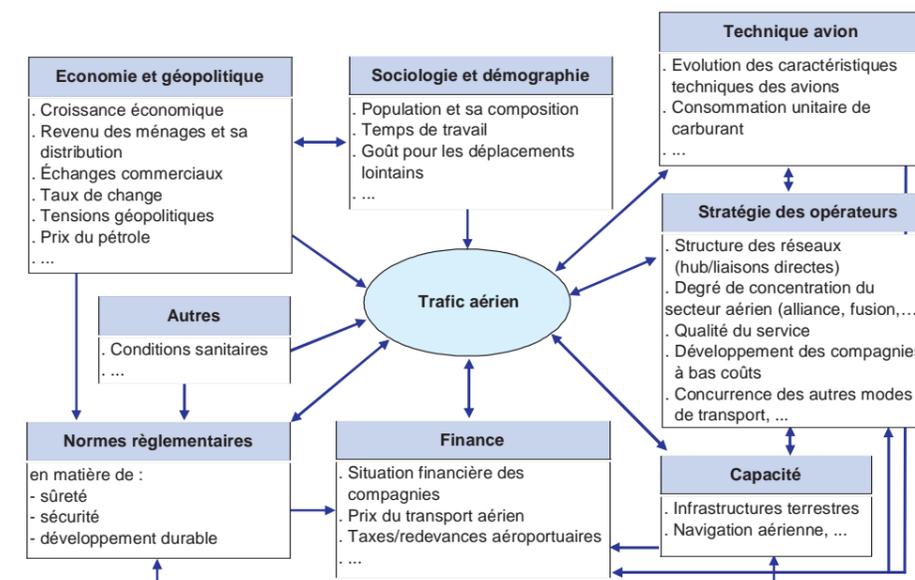
### 2. Une multiplicité de facteurs à prendre en compte ...

Un nombre de facteurs particulièrement important impacte la demande, issus tout autant de la sphère économique que géopolitique, financière, démographique, sociologique, stratégique, aéroportuaire, technologique ou réglementaire, certains interagissant les uns sur les autres, de manière directe ou indirecte. Et qui plus est, le transport aérien se distingue des modes de transport terrestre par sa dimension internationale.

### ... liée à une multitude de marchés et d'acteurs

L'impact de ces facteurs diffère selon les marchés, en fonction de leurs particularités liées à leur localisation, leur typologie, leur dimension spatiale, leur importance et leur degré de maturité.

### Les facteurs de la demande de transport aérien



Par exemple, la clientèle internationale est particulièrement sensible au climat géopolitique et aux évolutions des taux de change, lesquelles entraînent une variation de leur pouvoir d'achat. Autre exemple concernant cette fois l'effet revenu : la consommation finale des ménages et leur revenu disponible net sont des indicateurs adaptés pour expliquer les déplacements touristiques alors que, pour les voyageurs d'affaires, l'indicateur le plus pertinent est le Produit Intérieur Brut.

### 3. L'outil économétrique

Le **modèle économétrique**<sup>1</sup> est l'outil de prévision le plus traditionnel<sup>2</sup>. Il prend en compte l'effet des facteurs (ou variables explicatives) sur la demande. La modélisation permet, une fois la mesure des effets exprimée par les coefficients du modèle, et l'évolution des variables explicatives prévue, de « calculer » la valeur future du trafic.

Mais le modèle ne peut pas prendre en compte toutes les variables, certaines sont difficilement quantifiables (exemple : tension géopolitique, risque d'insécurité sanitaire), d'autres, trop corrélées entre elles (exemple : Revenu des ménages et Produit Intérieur Brut) ou déjà prises en compte dans une autre variable (exemple : prix et éléments entrant dans sa composition).

Seules les plus pertinentes sont considérées afin d'éviter notamment tout risque lié à une trop forte colinéarité entre les variables explicatives.

#### Colinéarité

Plusieurs variables sont dites colinéaires si l'une d'entre elles s'explique comme une combinaison linéaire des autres. Dans ce cas, les données ne permettent pas d'isoler correctement les effets de chacune des variables fortement corrélées entre elles et il s'en suit une moins bonne précision dans l'estimation des coefficients du modèle.

Cette simplification ne réduit pas forcément la qualité de l'ajustement et permet même d'estimer plus précisément les coefficients.

Inversement, l'omission d'une variable explicative significative est susceptible d'entraîner un biais<sup>3</sup> dans l'estimation du coefficient de la variable incluse dans le modèle.

En pratique, il n'existe pas un « vrai » modèle unique. Outre les différents critères statistiques permettant d'aider à choisir ou rejeter un modèle économétrique, le choix *in fine* du modèle s'appuie sur le bon sens et la théorie sous-jacente décrivant le choix des consommateurs.

#### Les principaux indicateurs statistiques

- Le premier indicateur, le plus connu, est le coefficient de détermination ( $R^2$  corrigé) qui est un indicateur de la qualité globale de l'ajustement linéaire du modèle. Plus le  $R^2$  corrigé se rapproche de l'unité, meilleur est l'ajustement linéaire du modèle.

- Le deuxième indicateur est le t de Student. Il permet de savoir si le coefficient associé est significativement différent de zéro. Pour des tailles d'échantillon importantes, le coefficient sera différent de zéro au niveau de signification de 5% si le t de Student associé est supérieur à 1,96.

- Le troisième indicateur, certainement le plus important, porte sur l'analyse des résidus<sup>4</sup> du modèle. Les résidus doivent être indépendants entre eux et leurs variances doivent être constantes. Dans le cas contraire, on peut émettre des doutes sur la stabilité et la spécification du modèle.

\* probabilité de considérer que le coefficient est différent de zéro alors qu'en réalité ce n'est pas le cas  
\*\* écart entre le trafic observé et prévu

#### Quelques exemples de modèles économétriques

Les deux variables les plus significatives<sup>4</sup> de l'évolution de la demande de transport aérien, celles qui captent le maximum d'impacts sur la demande, sont le **Produit Intérieur Brut et les tarifs aériens**. C'est le cas des modèles présentés ci-après qui portent sur une prévision à grande échelle (trafic national ou mondial).

<sup>1</sup> Il s'agit d'une équation mathématique expliquant, à travers l'estimation de coefficients, le trafic à partir d'une ou plusieurs variables explicatives.  
<sup>2</sup> Un autre outil, complémentaire de l'économétrie et adapté pour la prévision à long terme, repose sur la démarche prospective qui permet notamment de mettre en évidence de possibles ruptures de tendance dans l'évolution future de la demande.

Les  $R^2$  sont corrects et les variables explicatives sont toutes significatives. Dans ces modèles, la qualité de l'offre aérienne est implicitement prise en compte à travers le coefficient associé au PIB et les prévisions réalisées à partir de ces modèles supposent, toutes choses égales par ailleurs, l'absence de bouleversement majeur dans l'évolution future de l'offre aérienne (hors effet prix).

La prise en compte de la qualité de l'offre des modes aérien et terrestre (fréquences, temps de trajet,...) s'impose dès lors qu'il s'agit de prévoir le trafic d'un aéroport ou sur une liaison donnée. L'une des méthodes consiste à calibrer un modèle en coupe transversale, expliquant, pour une année donnée, les différences de niveau de trafic entre aéroports ou entre flux de trafic à partir de la qualité de l'offre des différents modes de transport et des caractéristiques socio-économiques des populations concernées.

#### Le trafic mondial (PKT, passagers-kilomètres-transportés)

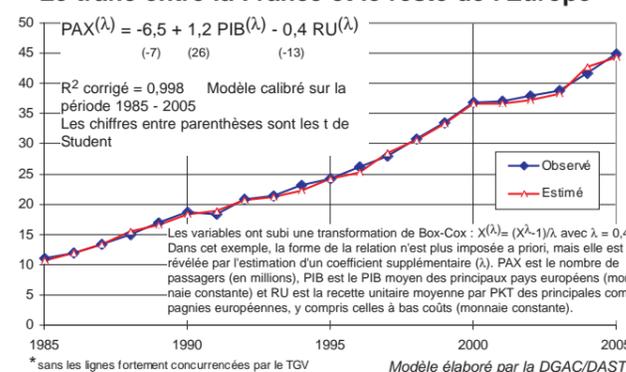
$$\ln(\text{PKT}) = 5,43 + 1,30 \ln(\text{PIB}) - 0,67 \ln(\text{RU})$$

(3,65)                      (-2,24)

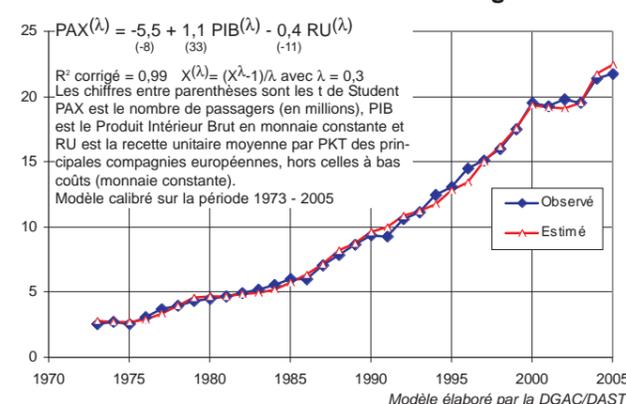
$R^2 = 0,97$

Il s'agit d'un modèle, de type log-linéaire, calibré par l'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) sur la période 1975 - 2005. Ln est le logarithme népérien, PIB est le Produit Intérieur Brut mondial en monnaie constante et RU est la recette unitaire moyenne en termes réels, obtenue en divisant la recette de transport de passagers par les passagers-kilomètres-transportés. Les chiffres entre parenthèses sont les t de Student.

#### Le trafic entre la France et le reste de l'Europe\*



#### Le trafic de la France sur le réseau long-courrier



<sup>3</sup> Le biais est l'écart entre le coefficient estimé et sa vraie valeur qui est inconnue.  
<sup>4</sup> Pour les modèles calibrés sur des séries chronologiques.

### 4. Quels sont les impacts de la croissance économique et des prix sur le trafic ?

Le critère couramment utilisé pour mesurer l'effet d'une variable explicative (le PIB par exemple) sur le trafic aérien est l'élasticité. Celle-ci varie selon la structure du modèle (linéaire ou non linéaire), les variables prises en compte (leur nature et la manière dont elles sont calculées), le motif du voyage (affaires, tourisme,...), la distance parcourue (court/moyen-courrier et long-courrier) et la période considérée (court terme, moyen terme et long terme).

#### Élasticité

L'élasticité ( $\epsilon$ ) mesure le pourcentage de variation du trafic (T) lorsque la variable explicative (PIB) augmente de 1%, toutes les autres variables explicatives du modèle demeurant inchangées. Elle est toujours calculée pour une valeur donnée du trafic ( $T^0$ ) et de la variable explicative concernée ( $PIB^0$ ).

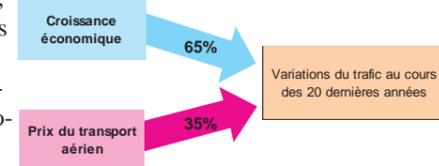
$$\epsilon(T, PIB) = \frac{\Delta T/T^0}{\Delta PIB/PIB^0} = \frac{(T-T^0)/T^0}{(PIB-PIB^0)-PIB^0}$$

Les élasticité du trafic aérien par rapport au PIB, estimées à partir des modèles de la DGAC, sont assez élevées, légèrement supérieures à 2<sup>5</sup>, car elles prennent en compte

deux phénomènes majeurs :  
- le développement de l'activité du hub d'Air France à Roissy qui influence fortement le trafic entre la métropole et l'Europe ainsi que le trafic long-courrier,  
- la croissance de l'activité des compagnies à bas coûts qui stimule le trafic entre la métropole et l'Europe à travers la diversification de l'offre aérienne et la création de liaisons directes (hors effet prix).

En revanche, tous motifs confondus et même pour les seuls touristes britanniques, l'élasticité du trafic aérien par rapport au prix apparaît en valeur absolue inférieure à l'unité, comprise entre -0,6 et -0,8<sup>6</sup> selon les modèles de l'OACI, de la DGAC et de la CAA. Mais son effet sur le trafic aérien n'est pas marginal

Au cours des 20 dernières années, un peu moins des deux tiers des variations du trafic entre la métropole et l'Europe sont expliquées par la croissance économique et plus du tiers des variations du trafic sont attribuables au prix du transport aérien.



#### Quelques exemples d'élasticité

##### - impact du prix sur le trafic :

		Elasticité du trafic par rapport au prix				
		← forte sensibilité      faible sensibilité →				
		-2	-1,5	-1	-0,5	0
Liaison internationale long-courrier	Travaux antérieurs à 2003 (1)	Voyages d'affaires	-0,47	-0,27	-0,20	
		Voyages d'agrément	-1,65	-1,04	-0,56	
	Modèle CAA (2)	Voyages d'agrément		-0,8 ↔	-0,7	
	Modèle DGAC (3)	Tous motifs confondus			-0,6	
Liaison court/moyen-courrier	Travaux antérieurs à 2003 (1)	Voyages d'affaires	-0,78	-0,7	-0,60	
		Voyages d'agrément	-1,74	-1,52	-1,29	
	Modèle CAA (2)	Voyages d'agrément			-0,7	
	Modèle DGAC (3)	Tous motifs confondus			-0,7	
Ensemble du réseau	Modèle OACI (3)	Tous motifs confondus			-0,67	

##### - impact de la croissance (PIB, revenu) sur le trafic :

		Elasticité du trafic par rapport au revenu					
		← faible sensibilité      forte sensibilité →					
		0	0,5	1	1,5	2	2,5
Tous marchés et tous motifs confondus	Travaux antérieurs à 2003 (1)	0,81	1,14	2,05			
	Modèle DGAC (3)					2,1 ↔	2,3
	Modèle OACI (3)				1,3		
Voyages d'agrément	Modèle CAA (2)				1,6 ↔	1,8	

Signification :

-0,78 | -0,7 | -0,60 la valeur médiane de l'élasticité est de -0,7. 25% des élasticité sont inférieures à -0,78 et 25% des élasticité sont supérieures à -0,60. La moitié des élasticité sont donc comprises entre -0,78 et -0,60

(1) D. W. Gillen, W. G. Morisson et C. Stewart, "Air Travel demand elasticities : concepts, issues and measurement" (Department of Finance, Government of Canada), ont recensé en 2002 les élasticité estimées dans différentes études réalisées entre 1980 et 2002 dans différentes régions du monde (notamment aux Etats-Unis, en Australie et au Canada).  
[http://www.fin.gc.ca/consultresp/Airtravel/airtravStdy\\_e.html](http://www.fin.gc.ca/consultresp/Airtravel/airtravStdy_e.html)

(2) Modèle élaboré en 2005 par la CAA (Civil Aviation Authority) : "Demand for Outbound Leisure Air Travel and its Key Drivers" - <http://www.caa.co.uk/docs/5/Elasticity%20Study.pdf>

(3) Il s'agit des élasticité obtenues à partir des trois exemples de modèles présentés dans cette note. On notera que, dans les deux modèles de la DGAC, les coefficients estimés ne correspondent pas à des élasticité alors que le modèle de l'OACI, de type log-linéaire, donne directement la valeur des élasticité.

<sup>5</sup> voir : " Quelques exemples d'élasticité "

<sup>6</sup> En revanche, pour une compagnie et une destination donnée, l'élasticité du trafic par rapport au prix sera nettement supérieure à ces valeurs (en valeur absolue), car, à l'effet revenu, s'ajoutent également des effets de substitution : si une compagnie augmente ses tarifs sur une

liaison donnée, certains passagers annuleront leur voyage (c'est l'effet revenu), mais d'autres préféreront soit utiliser une autre compagnie (ou un autre mode de transport) pour se rendre vers cette destination, soit changer de destination (effet de substitution).