

PROJET «AVEA»

**ANALYSE DE LA DEMANDE
ETUDE DE MARCHE**

RAPPORT TECHNIQUE « AVEA »

O. Benmoussa

Lausanne, 15.06.01

Table des matières:

INTRODUCTION.....	1
LES SECTEURS D'ACTIVITE DEMANDEURS	5
ANALYSE STRATEGIQUE DES ENTREPRISES.....	5
PROFIL DES FIRMES DEMANDERESSES.....	6
LES MOYENS CONVENTIONNELS DE TRANSPORT HORS-NORMES.....	9
L'IMPORTANCE DU TRAFIC	14
LES ZONES GEOGRAPHIQUES ET LES CENTRES DE CONSOMMATION	25
LES ZONES FRONTALIERES ET LES AXES DE COMMUNICATION : L'INFLUENCE DES RELIEFS	26
LES ZONES PRODUCTRICES D'ENERGIE	26
UNE EXTENSION GEOGRAPHIQUE DU MARCHÉ : UN AVENIR A L'EST ?.....	28
UNE APPROCHE REGIONALE SOCIO-ECONOMIQUE	28
SPATIALISATION DES BASES DU DIRIGEABLE LOURD	30
LA MODIFICATION DES PROCESSUS LOGISTIQUES ET DE PRODUCTION	38
VERS UNE FORMALISATION DE LA MODIFICATION DES PROCESSUS.....	38
LE SYSTEME LOGISTIQUE	44
INDICATEURS DE PERFORMANCES	54
CONTRAINTES/EXIGENCES D'EXPLOITATION	56
PERFORMANCES OPÉRATIONNELLES DE L'AVEA	56
RÉGLEMENTATION	58
ASPECTS LOGISTIQUES, ÉCONOMIQUES ET ADMINISTRATIFS	59
UNE LOGIQUE BAYESIENNE D'AIDE À LA DÉCISION	60
DÉVELOPPEMENTS FUTURS	63
CONCLUSION.....	65
BIBLIOGRAPHIE.....	66

Dans le marché du fret, l'acheminement de marchandises aux normes exceptionnelles s'impose comme l'une des plus complexes formes de transport. La nature des convois de masses indivisibles peut varier énormément, de la caravane à la raffinerie, en passant par le transformateur et les poutres préfabriquées. Ce type de transport s'étale sur des échelles géographiques variées allant de quelques centaines de mètres à plusieurs milliers de kilomètres. En effet, les envois peuvent être acheminés entre centres industriels ou destinés à l'exportation en transitant ou non par des zones portuaires ou aéroportuaires. Tous les vecteurs de transport sont concernés par le fret exceptionnel : la route, le chemin de fer, les voies fluviale et maritime, la voie aérienne.

Dans la plupart des cas, diverses frontières des pays européens sont traversées. Face à une politique d'harmonisation de la réglementation des transports hors normes encore balbutiante, de tels acheminements ne répondent pas aux prescriptions légales de poids et de dimensions spécifiées dans les trafics des divers pays européens. Les autorités compétentes de chaque nation appliquent et exigent leurs propres règles de circulation et de procédures pour toute demande d'autorisation de passage d'un convoi exceptionnel. Cela signifie que les autorisations de circulation sont à obtenir sur chaque réseau national traversé, d'où une complexification du processus sans aucune valeur ajoutée en faveur du bénéficiaire de l'envoi dont la mesure de la satisfaction reste l'indice d'efficacité le plus probant.

Le transporteur doit donc satisfaire à un nombre considérable de demandes administratives dans de nombreux pays. Les durées des procédures d'études et leur nature même sont souvent longues et rendent difficile voire impossible le calcul des coûts d'acheminement dans leur globalité.

Aussi, devant des obligations croissantes, les prestataires spécialisés s'orientent vers des acheminements multimodaux. Cependant, de nombreuses contraintes demeurent. L'insuffisance d'infrastructures adaptées et surtout le coût global de la prestation multimodale astreignent les chargeurs à choisir principalement la voie routière, en desserte bien sûr continentale, lorsque les conditions d'exploitation requises sont présentes. De nombreuses externalités négatives se trouvent donc renforcées par la prédominance du mode routier ; coûts externes qui peuvent être notablement réduits par l'usage du dirigeable lourd. Ce point ne sera cependant pas abordé dans le présent rapport.

En outre, le transport exceptionnel par route est considéré comme une branche marginale du monde du transport routier, du fait de sa spécificité concernant d'une part les masses transportées impressionnantes et d'autre part le matériel utilisé. Parallèlement et du moins en Europe occidentale, les politiques d'aménagement du territoire se sont modifiées et d'inscrivent dans une logique de décentralisation densifiant l'urbanisation et complexifiant les infrastructures, les dessertes. Les possibilités et les choix d'itinéraires des colis indivisibles se trouvent ainsi limités. Les transporteurs spécialisés soulignent les dangers que cette politique présente dans l'exportation des projets industriels, symbole des économies développées.

A partir de ce bref constat, la mise à la consommation d'un dirigeable lourd permettant de transporter des masses indivisibles de manière « simple » à travers les airs ne peut qu'être bénéfique et faciliter la logistique des opérations. Cependant, compte tenu de la complexité du produit, des investissements à consentir et de la forte rupture de pratique qu'induirait ce « nouveau » moyen, une analyse de la demande visant à déterminer les besoins en partenariat avec ses futurs clients et par suite la ou les configurations adaptées au marché et aux divers secteurs d'activité économique recensés est nécessaire compte tenu des multiples interactions existantes ou qui seront créées durant les phases de développement et d'exploitation de l'engin. Cette première analyse de la demande, déclinée en trois volets (transferts modaux, modification des processus logistiques et de production, nouvelles niches), permettra d'estimer le marché potentiel de l'AVEA et de là, de déterminer ses rentabilités financière et sociale qui feront l'objet d'une étude ultérieure.

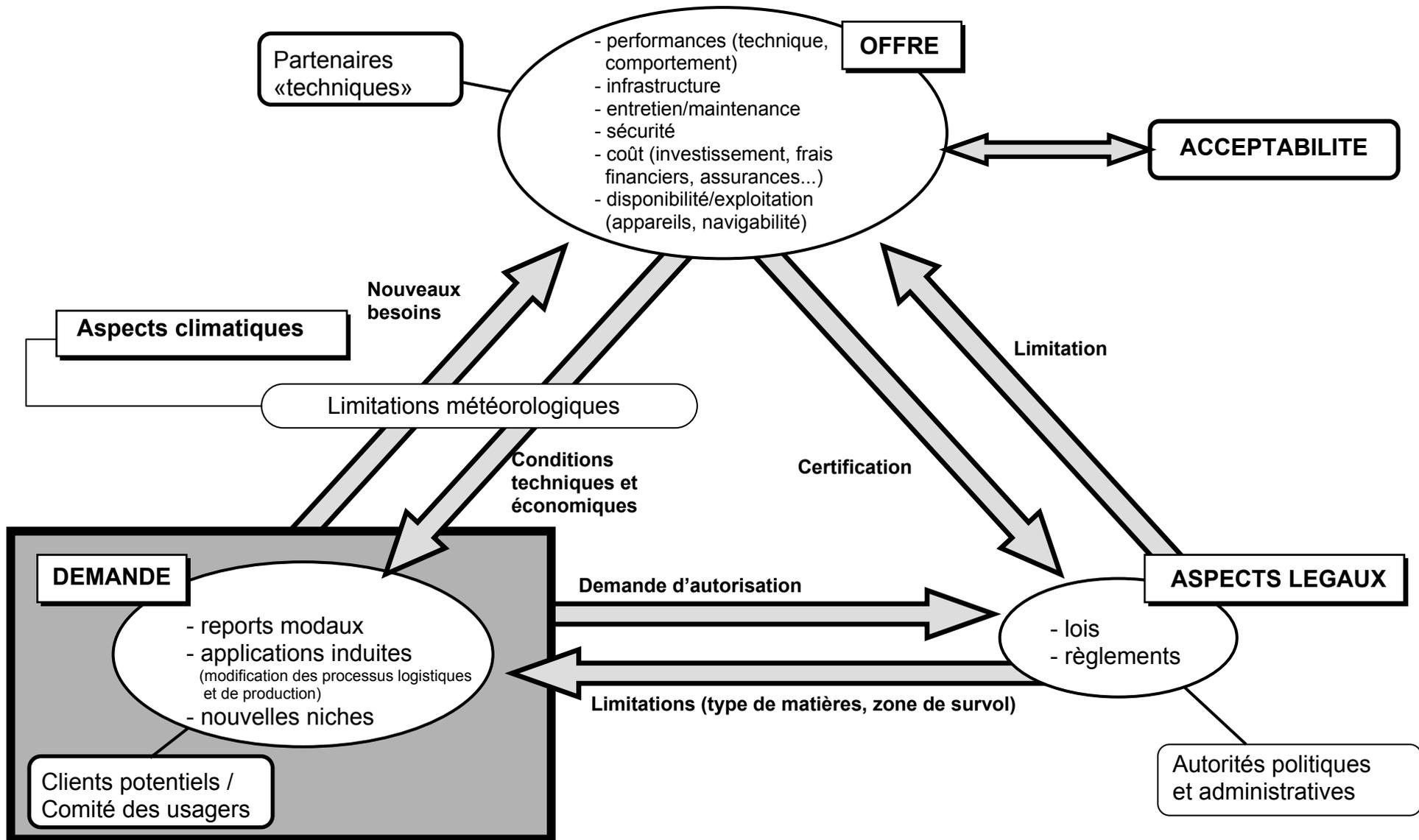
D'un point de vue méthodologique, l'analyse de la demande d'un tel système de transport ne peut être traitée que sous l'aspect systémique en raison :

- du grand nombre d'interactions qui lient les éléments entre eux
- des divers types de variables en présence
 - o variables rapides
 - o variables lentes
- de la variété des types de relation qui lient les variables entre elles
- des effets de synergie qui ont lieu entre deux ou plusieurs éléments, dans le sens que la conjugaison de leur action apporte plus de résultat (ou d'effet) que la simple somme de leur apport ; il y a donc **saut quantitatif**,
- des qualités (défauts) acquises par l'ensemble, et qui n'appartiennent pas à ses constituants pris isolément ; il y a donc **saut qualitatif**,
- du décalage temporel plus ou moins long qui caractérise les relations précitées.

De plus, l'intérêt d'une telle approche réside dans le fait que tout système, quelle que soit sa nature, économique, biologique, ou physique, obéit aux mêmes principes de fonctionnement et aux mêmes règles. Par conséquent, ce que l'on observe dans un ensemble donné peut être transposé sans difficulté à un autre système ; une généralisation est donc possible.

Ainsi, la règle veut qu'un système hautement interactif régi de manière non rigide, disposant de nombreux centres de décision et possédant une bonne capacité d'apprentissage et d'autorégulation, soit au bénéfice d'une capacité fortement évolutive et réactive par rapport à un noyau extrait de son environnement ou trempé dans un système autoritaire. L'approche systémique permet alors de mieux éclairer les mécanismes en question et de mieux saisir le caractère d'interdépendance des constituants de l'ensemble.

Le présent rapport, se basant sur les compte-rendus d'entretiens effectués auprès des clients pressentis de l'aérostat lourd, s'efforcera de définir ces mécanismes et les liaisons qui y prévalent selon le schéma suivant.



Cette étude permettra d'identifier les secteurs économiques les plus concernés et de fournir une première estimation du volume d'activité généré actuellement, ainsi qu'un trend prévisionnel tenant compte de paramètres exogènes tels que la dimension politique qui constitue un fort déterminant.

Dans une seconde phase, on localisera géographiquement, en prenant comme espace de démonstration le territoire français, les pôles d'activité susceptibles d'intéresser l'AVEA. On identifiera des pôles mobiles, d'autres fixes selon le secteur économique considéré. A partir de là, on optimisera les bases de positionnement du dirigeable en fonction de l'importance de ces pôles, de l'aire de marché couverte et de facteurs logistiques tenant compte à la fois des notions de proximité organisationnelle et circulatoire. On proposera alors une méthode pseudo-analytique de localisation du dirigeable facilement utilisable par ses futurs exploitants. Il s'agit ici d'une approche primordiale dans la mesure où cette méthode permettra a posteriori de déterminer le nombre juste nécessaire d'AVEA à l'exploitation, ce qui a un impact considérable sur les calculs de rentabilité économique du projet.

Dans une troisième étape, on déterminera et analysera les modifications attendues des processus logistiques et de production d'un point de vue qualitatif et on fournira une estimation quantitative d'indicateurs logistiques et de productivité. Ce volet constitue une des composantes principales visant à expliciter l'évolution future du marché de l'AVEA (Cf. trend prévisionnel). On s'efforcera également de recenser et d'évaluer les facteurs interdisant aux entreprises (futurs clients de l'AVEA) une modification rapide de leurs processus de production, voire logistique.

En avant dernier lieu, on explicitera les contraintes d'exploitation révélées par les chargeurs, ce qui permettra aux développeurs de l'aérostat de cibler leurs études afin que l'AVEA réponde au mieux, d'un point de vue opérationnel, aux exigences de ses futurs usagers.

On capitalisera alors les informations dégagées au cours des phases d'analyse 1, 2, 3 et 4 en ayant recours à la méthode des arbres de décision enrichie d'une notion d'aversion au risque permettant une approche probabiliste qui s'inscrit à même dans les phases de développement de projets à forte incertitude comme l'AVEA.

Enfin, on terminera ce rapport en précisant les développements technico-économiques encore nécessaires quant à l'aboutissement du projet. Une revue d'études de cas sera proposée.

I. Les secteurs d'activité demandeurs :

1. Analyse stratégique des entreprises

Afin de cerner au mieux l'intérêt et l'intention réels des entreprises susceptibles d'utiliser le dirigeable lourd AVEA, une étude statistique générale a été effectuée. L'analyse des résultats révèle que la toute première priorité pour les firmes, indépendamment de leur taille ou du secteur concerné, porte sur le renforcement des efforts actuels de **veille technologique** afin de se maintenir à l'affût des nouveaux développements. Cette préoccupation s'inscrit dans une tendance mondiale où les activités de recherche systématique d'informations sont cruciales et même vitales. En effet, comme le mentionne d'une façon assez brutale le rapport du « National Academy of Engineering » (Howard et Guile, 1992), une entreprise peut être soit le point d'origine, l'utilisatrice ou encore la victime de l'innovation ou de l'invention technologique : ne pas être au courant des nouveaux développements technologiques place l'entreprise à plus ou moins long terme dans la troisième position.

OBJECTIFS POURSUIVIS PAR LES ENTREPRISES AU COURS DES PROCHAINES ANNEES						
Importance des objectifs poursuivis⁽¹⁾	Toutes les entreprises	Selon la taille⁽²⁾			Selon le secteur⁽³⁾	
		0-49	50-199	200 et plus	M	n-M
Réduction du temps de développement de nouveaux produits	5.01	5.06	4.94	5.04	4.92	5.25
Acquisition de nouvelles technologies de l'information	4.72	4.72	4.71	4.72	4.52	5.38
Acquisition de nouvelles technologies de production, d'automatisation et de services tiers	4.95	4.87	5.18	4.70	5.22	4.12
Efforts accrus en recherche et développement	5.34	5.54	5.26	5.13	5.42	5.12
Efforts accrus pour se maintenir à l'affût des nouveaux développements technologiques	5.61	5.74	5.45	5.63	5.55	5.84
Alliance stratégiques technologiques avec d'autres entreprises	4.53	4.66	4.24	4.78	4.47	4.76

M : Manufacturier

n-M : Non manufacturier

(1) Mesures basées sur des échelles de Lickert en 7 points où 1=peu important et 7=très important

(2) Test de concordance de Kendall : $p = 0.0305$

(3) Test de concordance de Kendall : $p = 0.2545$

La deuxième priorité pour toutes les entreprises se situe au niveau de l'intensification des efforts en R&D. Ces efforts vont de pair avec les préoccupations de veille technologique et indiquent de plus, une sensibilisation accrue des entreprises quant aux retombées éventuelles des activités de R&D, dans la mesure où ces dernières sont axées ou concernent le développement de nouveaux produits. Cet objectif poursuivi par les entreprises semble crucial dans l'économie actuelle et dans celle qui se dessine où,

graduellement, les pays industrialisés concurrencent sur la base des mêmes secteurs industriels plutôt qu'en niche, comme ce fut le cas au cours des dernières décennies (Thurow, 1992). Dans cet environnement, la vitesse de développement et de commercialisation des produits représente un avantage concurrentiel majeur.

En outre, **les entreprises manufacturières prévoient faire l'acquisition de nouvelles technologies de production, d'automatisation et de services tiers**, alors que les entreprises non-manufacturières en feront de même pour les technologies de l'information. Il est intéressant de noter ici les profils très similaires des plus petites et plus grandes entreprises à l'égard de l'importance relative des différents objectifs poursuivis.

Enfin, il ne semble pas exister de volonté expresse de s'engager dans des alliances stratégiques technologiques malgré un certain écart qui peut être observé entre les différentes tailles d'entreprise, notamment les moyennes d'une part et les petites et plus grandes d'autre part. On soupçonne ici que si les plus grandes entreprises recherchent, dans une certaine mesure, des alliances de nature plus horizontale inter-industries, les plus petites poursuivent des alliances verticales composées de fournisseurs, producteurs et détaillants. Il semble cependant que cette intégration soit fort éloignée de celle observée dans la structure japonaise de Keiretsu (alliances verticales et horizontales) où les compagnies, membres de ces réseaux d'alliances, sont souvent impliquées financièrement et travaillent ensemble de façon à renforcer les compétences des différents partenaires. Il est fort regrettable que les alliances stratégiques technologiques avec d'autres entreprises représentent l'objectif le moins important car le développement des grappes industrielles qui est à la base même de la stratégie des compagnies repose en grande partie sur ce type d'alliances.

2. Profil des firmes demanderesses

En Europe, une centaine d'entreprises fabrique des produits nécessitant des transports exceptionnels. Elles se répartissent sur quelques secteurs.

- L'industrie « lourde » que l'on peut subdiviser en trois groupes :
 - o la production d'équipements énergétiques comprenant, entre autres, les activités de chaudronnerie et de vannerie incluses dans le terme générique d'industrie mécanique. On note dans cette catégorie des entreprises comme ABB, Alstom, Framatome, General Electric, VATEch, Eiffel Construction ...
Du côté des gros clients de ce pan industriel, on trouve EDF qui constitue, au niveau européen aux côtés des autres entités nationales de production d'énergie, un des principaux demandeurs de turbines, transformateurs, rotors, générateurs ... et réacteurs nucléaires jusqu'à une époque très récente. Les demandes se font souvent au départ d'Evry pour des convois de 100 à 700 tonnes de Poids Total Roulant (PTR). Ces transports nécessitent l'association de compétences de plusieurs transporteurs spécialisés reconnus par EDF selon des critères et des contrats étendus sur plusieurs années. Notons qu'une étude d'itinéraire demandée par EDF coûte en moyenne entre 500 000 et 600 000 FF. Avec l'introduction de l'AVEA, on assistera à une diminution de ces coûts d'étude et à une simplification de la chaîne logistique et par suite de ses acteurs. Ceci fera l'objet d'un développement dans la troisième partie de ce rapport.
Par ailleurs, le volume d'activités généré par EDF ne diminuera pas même suite à une politique d'arrêt de la production nucléaire. En effet, l'aérostat interviendra, dans ce cas là, dans le démantèlement des centrales en fin de vie, ainsi que dans le transport des nouvelles unités en passe de remplacer le nucléaire (éoliennes, turbines à combustion ...)
 - o l'ingénierie, comprenant les intégrateurs spécialisés dans les activités de transfert des usines clés en mains, et l'industrie pétrolière/para-pétrolière et

chimique (Technip, FCB, Bouygues off shore, Elf Total Fina pour les plus importants)

- l'industrie des biens d'équipement : on trouve principalement dans ce créneau les équipementiers et les constructeurs automobiles qui investissent largement dans des outils de production répondant aux nouvelles normes de sécurité du pays d'implantation. Lors d'un entretien, un équipementier confiait qu'ils (les équipementiers en général, à l'instar d'Air Liquide par exemple) s'orientaient vers des équipements imposants, toujours plus complexes, capables de convenir à des cadences de production élevées et pouvant effectuer de nombreux travaux en une seule opération. Dans ce marché, l'Espagne et l'Italie succèdent à la longue suprématie allemande du commerce de la machine-outils pour équipementiers et constructeurs automobiles. Il est à noter que ces transports spéciaux sont assurés en général par des prestataires locaux situés à proximité des lieux de départ des marchandises.

On constate parallèlement une autre tendance de la demande en transport exceptionnel. Suite aux nouvelles données économiques et de certaines décisions gouvernementales, un nombre non négligeable d'industriels recherchent de nouvelles zones d'implantation de leur site dans une optique de réduction des coûts d'exploitation. Les industriels reconnaissent avec regret leur décision mais elle constitue pour eux le seul moyen de conserver des marges suffisantes assurant leur croissance. Des transports exceptionnels sont alors réalisés dans le cadre de transferts intra-européens et d'exportation de sites industriels.

- L'industrie aéronautique. On peut prendre ici l'exemple du transport de la voilure et du fuselage de l'A 380 en convois exceptionnels qui constitue un programme s'étalant sur une trentaine d'années et qui initiera certainement d'autres applications.

- L'industrie du BTP (Bâtiment, Travaux Publics) et minière constituée des sous-groupes ci-après :

- Ouvrages de génie civil (ponts, barrages, digues)
- Bâtiments et ouvrages spéciaux

On distinguera, pour ces deux dernières catégories, selon que la construction est en métal ou en béton car ceci a un impact direct sur les dimensions de la pièce transportée. Notons qu'avec le dirigeable, on assistera immanquablement à un développement d'usines de préfabrication tendant à localiser précisément ces zones de production à l'image de l'industrie conventionnelle. Les sites de livraisons seront, quant à eux, situés aussi bien dans des zones urbaines, périurbaines qu'isolées. Les professions de la construction sont donc, avec des contraintes comparables à l'industrie lourde, des demandeurs de transports exceptionnels et de masses indivisibles pour la fourniture en matériels préfabriqués.

- Le matériel de construction et minier. Il s'agit des grues, du matériel de chantiers, des pelles et des camions miniers, des tunneliers ... on trouve dans cette catégorie des industriels-chargeurs comme Libherr, Caterpillar, NFM Technologies

Concernant les acteurs de la chaîne de transport, diverses entités sont intéressées par le produit « dirigeable lourd » et ses applications parmi lesquelles :

- les transporteurs qui deviennent de véritables prestataires spécialisés ; on note, en France, le groupe Transalliance, le groupe Cayon, Sitca-Cochez, Scales, Capelle, Dessirier-Zucconi, Lemaréchal, Labatut pour les plus importants, Friderici en Suisse, Van Seumeren (également levageur), Lastra, Van de Detering aux Pays-Bas, Van der Vist, Bonet, Kebi, Schmidtauër en Allemagne, Belin et Wagner en Belgique,

Econofreight et Demby au Royaume-Uni. Il s'agit ici de transporteurs routiers. Cependant, l'analyse ne serait pas complète si l'on ne mentionne pas également l'intérêt des armateurs maritimes à l'égard de l'AVEA ; intérêt qui a été souligné par Delmas Vieljeux (SDV - Groupe Bolloré), Mamoet (Van Semeuren) dans l'optique d'un transport combiné porte à porte faisant usage du bateau et du dirigeable. Cette attitude laisse entrevoir l'impact de la concurrence à venir quant au marché de l'aérostat. L'analyse aussi bien qualitative que quantitative est l'objet du volet « Transfert modal ».

- les levageurs : ceci laisse entrevoir le besoin capital que devrait satisfaire l'AVEA en matière de manutention, corollaire d'une absence de rupture de charge prônée par l'engin et retenue comme l'un des avantages majeurs de ce système de transport
- les commissionnaires de transport et autres prestataires intermédiaires de la chaîne logistique globale. Le commissionnaire est un organisateur de transports successifs. En France, une dizaine d'opérateurs et coordonnateurs de ce genre se sont spécialisés dans le projet industriel, de même que des filiales de grands groupes industriels internationaux, organisant elles-mêmes leurs propres expéditions. On y trouve SCTT (groupe SAGA), TIP, Someport-Wallon (filiale d'Elf), CAT (groupe Renault), la SCAC (groupe Bolloré), Daher, CP Trans, Calberson Projets, GEFCO (principalement pour le compte de Peugeot).

La plupart des colis lourds produits en France et en Europe sont destinés à l'exportation. Etant donnée leur importance pour une entreprise, l'exportateur s'oriente vers un commissionnaire de transport, seul acteur de la chaîne capable d'agir non seulement comme transitaire, mais aussi comme organisateur global, coordonnateurs de l'ensemble des opérations qui lui paraissent les mieux adaptées à l'expédition. Pour Alstom, par exemple, une expédition peut atteindre 3% de la valeur du produit à l'exportation, soit environ 20 millions de FF. Jusqu'à présent, le commissionnaire est donc l'intermédiaire quasi obligé entre le transporteur et le client dès que l'acheminement devient intercontinental, multimodal et nécessite des transbordements. Le rôle des opérateurs s'accroît avec la complexité des acheminements de l'ensemble des produits nécessaires à la réalisation d'un projet industriel. La mondialisation de l'économie a complexifié les expéditions de colis lourds. Les équipements nécessaires à la construction d'une usine clé en main à l'exportation sont produits dans l'ensemble de la communauté européenne mais aussi en Amérique du Nord, en Asie, dans les pays du Maghreb ... alors que dix à quinze ans plus tôt, le matériel venait de deux ou trois pays. Globalement, les chargeurs comme Alstom travaillent sur des chaînes de transport ne consistant pas en un simple transit douanier. Entre le site de départ et le lieu de destination finale, il n'y a pas qu'un seul transporteur - ce schéma risque d'être modifié avec l'avènement du dirigeable lourd d'où une refonte des processus logistiques en vigueur actuellement -. Il ne s'agit plus d'exporter un colis lourd isolé mais un envoi intégré dans une centrale accompagné de plusieurs milliers de mètres cubes de matériels et accessoires divers. L'ensemble des colis lourds sont à regrouper à partir des différents sites de l'entreprise exportatrice. L'ensemble converge vers un port ou un site final. La coordination reposera ensuite sur les opérations de déchargement.

Cette manière d'opérer est caractéristique de notre époque et de la diversification géographique des sous-traitances réalisées par les exportateurs, ainsi que la généralisation des partenariats des accords commerciaux. Actuellement, seuls des commissionnaires peuvent être représentés simultanément sur les différents lieux de départ, sur les sites de transbordement maritime de départ et d'arrivée, ainsi que chez le destinataire final pour contrôler le bon déroulement de l'ensemble des opérations. Le commissionnaire possède des correspondants ou sous-traitants spécialisés dans les pays de départ et d'arrivée. Les responsables d'Alstom le

confirment, ils favorisent les opérateurs ayant une représentation à destination et une bonne connaissance du pays.

Ainsi, compte tenu de la longueur de la chaîne de transport, de la multitude d'interlocuteurs transporteurs (primaires, secondaires, demandes d'escortes ...), des aspects de transit douanier, documentaires, de la gestion des formations et des habilitations spécifiques du personnel intervenant sur les lieux présentant des risques (centre pétrolière, site radioactif ...), le commissionnaire est le seul acteur global capable de gérer l'ensemble des contraintes en vue de la bonne exécution du projet industriel. Le chargeur n'a pas le rôle de gérer le projet mais de garantir l'acheminement avec l'aide de spécialistes.

Cependant, face à la libéralisation de la zone économique européenne, les rapports de force entre commissionnaires et transporteurs sont en passe de se modifier ; modification qui sera confirmée par l'introduction du dirigeable lourd dans le marché du transport dont un des objectifs est la simplification voire la « standardisation » de la chaîne « hors normes » dans le souci d'une meilleure efficacité à moindres coûts. En effet, les prestations de type « intégrateur du transport exceptionnel » seront, avec l'AVEA, progressivement maîtrisées par le transporteur au-delà même du territoire européen. Le transporteur exceptionnel spécialisé s'affirmera désormais comme un affréteur ou un commissionnaire maîtrisant à la fois les moyens, les méthodes et le matériel nécessaire. Ceci explique, en partie, l'intérêt développé par des commissionnaires tels que le groupe CAT, Panalpina, Sermat/Danzas à l'égard du dirigeable dans une logique de veille technologique.

Hormis les secteurs d'activités économiques identifiés ci-dessus, on distingue deux autres segments potentiels d'utilisation de l'AVEA différents de par leurs spécificités :

- La logistique humanitaire : on donnera le volume d'activité probable généré par ce secteur, ainsi que les spécifications requises d'après les professionnels
- La logistique militaire

On fournira quelques précisions de ces domaines dans ce rapport.

D'autres domaines d'activités sont probables tels que la publicité, les transmissions hertziennes ou encore plus proche du transport : le déplacement de bungalows, de bateaux de plaisance sur l'axe Allemagne-Méditerranée où les transports par route et par voie maritime nécessitent des convoyeurs, des autorisations longues et coûteuses à obtenir, des assurances particulières ... Ces divers marchés qualifiés de nouvelles niches ne feront pas l'objet d'évaluation dans ce présent rapport.

3. Les moyens conventionnels de transport hors-normes

a. *Le transport ferroviaire des masses indivisibles*

En général, le rail peut permettre de transporter des marchandises aux caractéristiques plus imposantes (poids et/ou volume) que le transport routier conventionnel par sa charge à l'essieu (20 à 22,5 tonnes). L'exploitation de colis lourds par le fer est à peu près semblable dans l'ensemble des compagnies de l'Europe occidentale (SNCF, SNCB, DB, FS, British Rails, CFF, ...).

En France, le fret SNCF se décompose en sept Unités d'Affaires (UA) dont le service Maxifret (1371 millions de FF de chiffres d'affaires en 1995), qui s'occupe des acheminements de masses indivisibles, transport des armées et de voitures neuves par le rail, en progression de 5,9% de 1996 à 1997. La SNCF, via sa filiale STSI, propose un parc spécifique affecté particulièrement aux colis lourds (120 à 450 tonnes) en plus de véhicules routiers pour les pré et post-acheminements. Le matériel le plus important est quasi exclusivement utilisé par EDF dans le cadre d'acheminement de ses turbines et rotors de centrales électriques faisant l'objet de trains spéciaux à acheminement très particulier dont le matériel de 450 tonnes n'est utilisé, en moyenne, qu'une fois tous les deux ans. Les

équipements d'Alstom, d'EDF, le transport de matériels de génie civil, ceux de l'armement (essentiellement destinés à l'exportation) et de l'armée française (transport de chars Leclerc) constituent le « principal » trafic de Maxifret, toutes proportions gardées. La présence de la SNCF est, par contre, peu importante dans des secteurs d'activité comme celui de la construction (préfabriqué, poutres ...) ou d'autres dont les embranchements ferroviaires sont absents au départ ou à l'arrivée.

♣ Avantages du transport ferroviaire :

Globalement, la voie ferrée est bien placée pour les convois au-delà de 50/70 tonnes qui constituent la majorité des transports exceptionnels traités par les compagnies ferroviaires européennes pour les raisons qui suivent :

- Capacité d'acheminement du matériel de grande longueur
- Haute qualité de service dans des domaines comme la pétrochimie et les équipements énergétiques
- Aspects logistiques, bonne gestion de l'acheminement de bout en bout
- Dates et périodes d'acheminement fixées précisément à l'avance et fiables
- Possibilité de temps d'attente du matériel de transport (une journée de chargement et une autre de déchargement gratuite, contrairement au routier)
- Possibilité de longues distances de transport (350 km en moyenne observée)

De plus, les compagnies ferroviaires améliorent actuellement la charge à l'essieu des wagons (projet de tolérer 25 tonnes à l'essieu) et développent du matériel de plus en plus performant pouvant supporter des masses utiles encore plus importantes. Les wagons devront également permettre des déplacements en pleine charge à 120 km/h. Cette initiative améliorerait la rentabilité du transport mais exigerait des investissements importants pour la conception et la fabrication du matériel, ainsi que pour l'aménagement des voies et des infrastructures (renforcement du ballast, usure plus rapide du matériel ...).

♣ Inconvénients du transport ferroviaire :

Malgré les atouts de la voie ferroviaire par rapport aux autres modes de transports traditionnels (économie d'énergie, sécurité, rapidité ...), le réseau ferré reste très limité dans l'acheminement des colis indivisibles pour les motifs suivants :

- les dimensions des colis transportés par le rail demeurent limitées de par les gabarits et les infrastructures du réseau (caténaies, gabarits des tunnels et des ponts ...)
- la limite de poids à 450 tonnes de capacité
- le gabarit ferroviaire limité à 4 mètres de large et critique dès 3,50 m ; le gabarit RFF/SNCF reste l'un des plus contraignants (l'Allemagne et les pays de l'Est de l'Europe possèdent des gabarits plus larges)
- le prix du transport exceptionnel concurrencé par la route très virulente et présente
- les zones desservies limitées ; pour une utilisation optimale, les entreprises doivent être desservies par des embranchements ferroviaires particuliers sinon il faut avoir recours au pré et/ou post acheminement routier
- délais somme toute contraignants car les convois « exceptionnels » gênent le reste du trafic par le fait qu'ils utilisent les lignes de transport de voyageurs et de marchandises
- certains convois ne peuvent circuler que de nuit et le week-end pour éviter toute interruption de trafic régulier voyageurs et frets ou doivent emprunter d'autres itinéraires plus obligeants

- *Exemple de l'organisation d'un récent convoi de 350 tonnes Evry/Perpignan*

- *Etape 1 : Départ le vendredi 22/01/1999 soir d'Evry, arrivée le lundi 25 au matin à Lyon*

- Immobilisation : 1 semaine
 - Etape 2 : de Lyon vendredi 29/01/1999 à dimanche 01/02/1999 soir à Nîmes
 - Immobilisation : 1 semaine à Nîmes
 - Etape 3 : Nîmes-Perpignan du 5 au 7 février 1999
- ⇒ 16 jours pour 900 km !

Dans le cadre de l'analyse du transfert modal en faveur du dirigeable, l'AVEA devra dépasser les contraintes inhérents aux modes ferroviaire (Cf. ci-dessus), fluvio-maritime, routier (on les identifiera ci-après) et aérien d'un point de vue spécifications techniques en vue d'une optimisation fonctionnelle, et réglementaires pour une exploitation rentable.

b. Le transport fluvial de masses indivisibles

Bien qu'il soit l'un des plus importants d'Europe, le réseau fluvial français demeure en marge des autres modes de transport en raison de ses caractéristiques naturelles. Les voies de grands gabarit desservent uniquement l'axe rhodanien, rhénan et la vallée de la Seine sans liaisons de taille suffisante, contrairement au Benelux et à l'Allemagne qui possèdent une hydrographie très répartie grâce aux reliefs peu prononcés (cours d'eau à faible dénivelé, facilité d'aménagement ...).

Pour cela, les VNF (Voies Navigables de France) ont défendu deux grands projets de réaménagement d'infrastructures de liaisons fluviales à grands gabarits (il est à noter que l'acheminement des masses indivisibles constitue un des axes de développement chez les VNF) :

- le canal Rhin-Rhône
- les canaux Seine Nord et Seine Est

Ces trois projets permettraient de relier les pôles économiques d'Ile de France, les bassins de la Seine et du Nord Pas de Calais, ainsi que la vallée du Rhône avec les ports du Nord de la France, de la Belgique et des Pays-Bas.

Bien que ces projets soient inscrits au schéma directeur français et européens des voies navigables, les retombées économiques et écologiques paralysent leur réalisation. C'est le cas notamment du canal Rhin-Rhône qui a été abandonné en raison :

- de la cherté des infrastructures à réaliser :
 - o 229 km de canalisations entre la Saône et le Doubs dont la rectification du Doubs sur 169 km
 - o 58 km de méandres recoupés sur le Doubs
 - o Construction de 24 écluses et 15 barrages mobiles (98 km de retenues au total) pour escalader le seuil de Belfort, haut de 160 mètres. La plus importante des écluses atteindrait la hauteur d'un immeuble de 8 étages !
 - o Déplacement de 14 stations de pompage
 - o Disparition de 4700 hectares de terres agricoles
 - o Destruction et reconstruction de 91 à 94 ponts routiers et 11 ponts ferroviaires
 - o Construction d'un tunnel sous la citadelle de Besançon
 - o Destruction de 50% des zones humides existantes sur le parcours
 - o Production de 75 millions de m³ de déblais dont la moitié devrait trouver un site de stockage
 - o Les travaux concernent 5 départements et 148 communes riveraines.
 - o Coût des travaux:
 - estimation 1970 : 1,8 milliard de francs
 - estimation 1996 selon l'Inspection des Finances : 23 milliards de francs (hors TVA, hors intérêts des prêts). En prenant en compte la TVA et les coûts des intérêts intercalaires, l'Inspection des Finances chiffre le coût total des travaux à 49,3

milliards de francs, ce qui confirme l'estimation de la coordination Saône-Doubs du WWF, qui évalue le projet à environ 50 milliards de francs. Ce chiffre ne prend néanmoins pas compte de la dérive des coûts classiques dans ce genre d'infrastructure lourde.

De plus, Rhin-Rhône n'est pas le dernier maillon de la liaison Mer du Nord - Méditerranée : de nombreux autres travaux resteraient à entreprendre comme l'adaptation au nouveau gabarit des ponts sur la Saône à Lyon et la reconstruction du tunnel qui relie Marseille au Rhône. Ces travaux ne sont pas chiffrés dans le projet de grand canal !

- de l'importance des impacts écologiques :
 - o menace directe sur l'approvisionnement en eau potable de 500 000 habitants : la canalisation isole la rivière de la nappe phréatique et entraîne donc une diminution de la nappe et, par conséquent, une réduction de l'approvisionnement en eau ; de nombreux captages seraient donc menacés ;
 - o fragilisation de l'écosystème : l'endiguement d'un cours d'eau et le ralentissement du courant qui s'ensuit détruit ses capacités de régénération ; supprimer les plaines alluviales revient à se priver de leur fonction d'auto-épuration rendant ainsi la rivière plus sensible aux pollutions ;
 - o eutrophisation (pollution organique engendrant un déficit d'oxygène) ;
 - o appauvrissement de la faune, notamment des espèces les plus nobles de poissons ;
 - o aggravation des inondations à l'aval sur la Saône, avec notamment un risque de concordance des crues sur la Loue et le Doubs : le Doubs serait raccourci de 54 km par la rectification des méandres et les flux considérablement accélérés. Or, actuellement les crues de la Loue atteignent la confluence avec le Doubs avec près de 10 heures d'avance. Le canal réalisé, les deux pics de crues pourraient arriver en même temps, augmentant très sérieusement les risques à l'aval et dans le val de Saône.

Cet exemple a été volontairement choisi pour illustrer l'impact écologique des infrastructures lourdes permettant notamment d'envisager un transport fluvial sans contraintes de colis lourds et indivisibles. L'AVEA, compte tenu de ses estimations de consommation énergétique (rapport Aérospatiale) et, par suite, des émissions attendues, réalisera les mêmes services en étant bien plus respectueux de l'environnement. Il s'agit là d'un critère de taille permettant aux décideurs de promouvoir ce mode de transport.

c. Le transport maritime de colis lourds et/ou encombrants

Le transport maritime de colis lourds et/ou encombrants est généralement effectué par navires conventionnels en lignes ou affrétés en « part cargo » (affrètement d'espace pour un voyage sur une destination précise, dans un navire partagé avec d'autres chargeurs, pour la même destination ou non, dont les matériels peuvent être chargés sur le même port ou sur d'autres ports en fonction des opportunités de fret pour l'armement) ou en totalité (navire « dédié » : affrètement d'un navire à l'usage exclusif du chargeur entre le port de chargement et le port de déchargement). Ace stade, plusieurs questions se posent et doivent être prises en compte. Ces interrogations soulignent le caractère contraignant de ce mode de transport ; interrogations qui ne doivent pas se poser en ces termes pour l'AVEA qui doit être un mode plus flexible et disponible afin d'émerger et de se constituer un marché rentable.

Paramètres de choix	Contraintes			
	Navires de ligne	Navires affrétés		
		En « part cargo » classique	En « part cargo » en « Last In First Out »	En totalité (navire dédié)
Fréquence des navires	Présentation au port selon un planning prévisionnel défini par la compagnie maritime, compatible ou non avec la date de besoin	Présentation au port selon une fourchette temporelle (en jours), nature de la compatibilité avec l'impératif de délai de l'affaire considérée (risque de perte de temps au départ)	Présentation au port selon une fourchette temporelle (en jours), nature de la compatibilité avec l'impératif de délai de l'affaire considérée	Présentation au port à la date voulue (un seul chargeur à bord)
« Transit time »	Nature de la compatibilité avec l'impératif de délai compte tenu des escales annoncées	Compatible à condition que les besoins des autres chargeurs soient compatibles	Compatible en fonction des performances techniques du navire emprunté (puissance↑ ⇒ affrètement↑)	Compatible en fonction des performances techniques du navire emprunté (puissance↑ ⇒ affrètement↑)
Préavis	Possibilité de chargement avec un préavis de plusieurs jours en général (15 à 20 jours) avant la date de chargement (dépend des autres frets trouvés par la compagnie en ligne)	Plusieurs jours avant la date de chargement (dépend des navires en position ou susceptibles de l'être dans la fourchette de dates voulue)	En fonction de la contrainte, en l'occurrence LIFO, préavis minimum de près d'un mois en général pour être certain de trouver un navire	Compte tenu de la contrainte navire dédié, préavis minimum pour être certain de trouver un navire : 30 jours avant la date de chargement en moyenne
Chargement/déchargement	Pas de contraintes particulières dans la mesure où les ports potentiels de départ et le port d'arrivée sont équipés de moyens permettant les manutentions (grues flottantes de 400 tonnes de capacité minimale)			
Aspect financier	Nature de la compatibilité avec le budget	Nature de la compatibilité avec le budget	Nature de la compatibilité avec le budget	Nature de la compatibilité avec le budget

« Last In First Out » (LIFO): dernier entré, premier sorti. Ceci signifie que les matériels seront chargés en dernier sur le navire et déchargés en premier au port fixé, sans escale intermédiaire entre les ports de chargement et de déchargement.

« Transit time » : temps de mer prévisionnel annoncé par la compagnie maritime entre le port de chargement et celui de déchargement. Si on applique cette manière de procéder à l'AVEA, il va falloir déterminer précisément son comportement vis à vis des aléas atmosphérique (interface d'exploitation) !

Concernant le transport aérien, celui-ci est très occasionnel et revêt un caractère d'urgence. On ne lui accordera pas d'intérêt primordial dans ce rapport, mise à part lorsqu'on analysera le marché de la logistique humanitaire.

d. *Etat de la situation actuelle*

La répartition modale européenne des masses indivisibles est à peu près comparable à celle des marchandises conventionnelles. La réglementation en vigueur impose des études d'acheminement par différents modes de transport ; la voie routière demeure cependant incontournable pour la réalisation des pré et post acheminements, voire des parcours routiers complets.

Le transport fluvial est principalement pénalisé par ses problèmes d'infrastructures du réseau (tirant d'eau, tirant d'air), par les accès aux ports fluviaux (berges peu résistantes aux charges lourdes), par des moyens de manutention limités, chers (récemment, pour un colis de 7 m de diamètre, 56 tonnes de charge, les frais de transport routier ont été doublés par la prestation de manutention en Belgique) et plutôt adaptés pour des produits pondéreux et par l'éloignement des voies d'eau par rapport aux sites industriels, ce qui constitue un paramètre à forte inertie en faveur du développement du dirigeable lourd. Dès lors, le transport par voie fluviale présente peu de flexibilité pour les acheminements de bout en bout et la route demeure actuellement omniprésente mais loin d'être le moyen optimal d'acheminement.

En effet, les transporteurs essaient de réaliser un maximum de trajets par la route dans l'espoir de rentabiliser au mieux leur matériel roulant. Cependant, la voie routière européenne présente, en plus des diverses réglementations (circulations sur autoroute, créneaux horaires, absence de concomitance entre plages horaires particulièrement pénalisante lors de franchissement des frontières ...), de plus en plus contraintes. A titre d'exemples, le transport routier sur la vallée du Rhône se limite à des colis de 100 tonnes, en Belgique, la hauteur est fixée à 5,50 m. En Espagne, déplacer un chargement de plus de 5 mètres de haut sur 250 km nécessite la réalisation de remblais de fossés et de rampes d'accès.

Les entreprises de transports exceptionnels prennent alors d'elles-mêmes des initiatives et réalisent de plus en plus des acheminements internationaux ou trans-européens multimodaux essayant d'optimiser ainsi la chaîne. L'acheminement des éléments de la fusée Ariane constitue un excellent exemple de multimodalité : Les Mureaux - Flins - Le Havre - Cayenne - Kourou. Il utilise successivement la route, les voies fluviales, l'acheminement maritime intercontinental et une fois encore la route en fin de parcours. Le transport routier exceptionnel risque de devenir un « simple » pré et post acheminement avec de nombreuses ruptures de charges rendant sceptique les chargeurs. Là, on entrevoit donc l'importance du dirigeable et de son marché potentiel intra-continentale et internationale en transport intégral ou combiné « AVEA - Navire » **sous réserve d'une fonction de manutention opérationnelle précise et fiable**, limitant les ruptures de charges et les désagréments en résultant (risques d'avaries plus importants).

4. L'importance du trafic

Compte tenu de ce qui a été formulé ci-dessus, une estimation du marché potentiel de l'AVEA reposera essentiellement sur une évaluation des flux routiers de transport hors normes. La majorité des transports maritimes, fluviaux, ferroviaires et aériens connaissent un pré et/ou post acheminement par voie routière.

En France, les Directions Départementales de l'Équipement (DDE) sont les seuls organismes autorisés à délivrer les autorisations de transports exceptionnels par délégation du préfet de département et à gérer ce trafic.

En 1994, 124 048 autorisations de transports exceptionnels ont été données toutes catégories confondues.

Nota : Dans le code de la route français, il existe un classement en trois catégories des transports exceptionnels.

Convois présentant une ou plusieurs caractéristiques excédant la normale dans les limites suivantes	Classification des convois		
	1 ^{ère} catégorie	2 ^{ème} catégorie	3 ^{ème} catégorie
Poids total	45 tonnes	De : 45 à 70 tonnes	Tous les convois de caractéristiques supérieures.
Largeur	3 mètres	3 à 4 mètres	On distingue les sous-catégories suivantes :
Longueur	20 mètres	20 à 25 mètres	3C (de 70 à 120 tonnes), 3D, 3E et 3 super E (de 250 à 700 tonnes de Poids Total Roulant)

La mesure d'évolution de la demande pourrait s'effectuer auprès des DDE possédant un logiciel de gestion informatique des demandes (Convoi 1 et 2). Cependant, du fait d'une exploitation actuellement partiellement informatisée, les études statistiques ne sont faisables qu'au cas par cas après une comptabilisation manuelle dans les DDE. Cette étude reposerait sur une analyse fastidieuse basée sur quelque 1500 à 3000 arrêtés et avis de passage par département. Les mesures nécessiteraient au minimum 4 à 6 mois d'études sur les zones informatisées et dans un délai incertain pour les DDE qui ne le sont pas. L'étude serait d'autant plus imprécise qu'il est difficile d'avoir des données précises. On connaît le nombre de décisions transmises mais on ne connaît guère le nombre de voyages réels, notamment pour les petits convois exceptionnels, car leurs décisions sont délivrées pour plusieurs voyages.

Cependant, face à cette situation, les DDE confirment une progression annuelle régulière de 3 à 5% du nombre des demandes. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cette croissance :

- soit une réelle augmentation du marché et du trafic (les pièces se complexifient et sont spécifiques)
- soit une augmentation du trafic et de la concurrence étrangère suite à la libéralisation du marché européen
- soit un indice révélateur de l'inquiétude des transporteurs à répondre dans les plus brefs délais à leurs clients en proposant ainsi une sorte de « juste à temps ». Pour un même projet, plusieurs transporteurs sont en concurrence et chacun demande une autorisation en cas d'un éventuel accord avec le client chargeur afin de répondre dans les plus brefs délais à sa demande ; cette démarche est coûteuse (étude, préparation ...)
- soit une attention plus grande des transporteurs pour être en règle (crainte de sanctions pénales, mise en danger de la responsabilité individuelle et celle de l'entreprise ...)

Malheureusement, aucun retour sur informations détaillé n'est effectué, que ce soit par les DDE depuis de nombreuses années en raison d'une absence de coordination centralisée prescrite par circulaire ou par les transporteurs qui ne renvoient pas les bordereaux de statistiques remplis pourtant exigés par la réglementation.

Cependant, la probabilité d'occurrence de ces hypothèses serait, après confrontation avec les entretiens menés (Cf. Enquêtes AVEA), de 35%, 30%, 20% et 15%.

Par ailleurs, pour les besoins de l'analyse de la demande de l'AVEA, on propose ci-après une fourchette du marché potentiel du dirigeable déclinée selon trois scénarii de croissance : fort, médian et faible.

La construction de cette fourchette repose sur une estimation basée sur les statistiques du Ministère des Transports et reprise conjointement par Vox Populi et l'EPFL après analyse de la base de données SITRAM (charge jusqu'à 44 tonnes). Parallèlement, ces statistiques ont été confrontées aux enquêtes menées.

L'évaluation du trafic international est reconstituée, pour sa part, à partir des parités du PIB (PIB du pays considéré/PIB du pays de référence - en l'occurrence ici la France). L'utilisation de ce ratio constitue une approche d'évaluation de l'« exceptionnel » à l'échelle mondiale, mais reste difficile d'interprétation dans la mesure où la tendance structurelle de ce marché et son évolution diffèrent amplement de la structure du marché conventionnel global. Toutefois, pour asseoir la pertinence de cette méthode, on comparera les résultats fournis par cette estimation à ceux communiqués par Cargolifter.

a. Présentation des scénarii

Les Directions Départementales de l'Équipement (DDE/France), en charge de la gestion et du contrôle-suivi des Transports Exceptionnels (T.E), annoncent une progression de ce marché se situant entre 3 et 5%.

De ce fait, nous allons décliner trois scénarii possibles :

- une conjoncture faible accusant une progression de 2,3% par an, qui est la croissance de l'économie observée en moyenne, en Europe, sur le dernier quart de siècle
- un scénario médian se basant sur une croissance de 3,5% par an
- un scénario fort reposant sur un taux de 5% annuel

Concernant la probabilité d'occurrence de ces divers scénarii, le premier aurait un taux de 30% compte tenu d'une concurrence étrangère de plus en plus vive suite à la libéralisation des transports au sein du marché européen et à l'entrée des pays de l'Est d'où une compétitivité tirant vers le bas le prix des prestations et activant le nombre de TE (ce critère reste valable pour les charges exceptionnelles dites moyennes - jusqu'à environ 120 tonnes - ; au-delà, on rencontrera des barrières techniques et financières à l'entrée de ce marché qui demande des moyens importants en matériel ainsi qu'une haute technicité), ce qui tendrait à accroître la croissance accusée. D'un autre côté, la mise à niveau des économies des pays de l'Est et la cherté de la main d'œuvre des pays d'Europe occidentale tend à délocaliser les activités productrices d'où une baisse prévisible du trafic, pour ces derniers. De plus, le trend croissant observé peut n'être qu'un indice révélateur de l'inquiétude des transporteurs à répondre dans les plus brefs délais à leurs clients en proposant ainsi une sorte de juste à temps ; pour un même projet, plusieurs transporteurs sont en concurrence et chacun demande une autorisation en cas d'un éventuel accord du client chargeur. Une autre raison déchargeant une croissance forte et soutenue du T.E serait une attention plus grande des transporteurs vis à vis de la réglementation (crainte de sanctions pénales ...).

Le second scénario connaîtrait une probabilité d'occurrence de 45% initiée par les mêmes raisons que ci-dessus auxquelles s'ajoutent une évolution des gammes de produits manufacturés encore plus lourds et volumineux (tendance accusée par Alstom et G.E) et une modification substantielle de la demande et des exigences du client type de l'industrie mécanique qui s'oriente massivement vers une pratique de flux tendus.

Enfin, le dernier scénario pouvant se réaliser à hauteur de 25% traduirait une évolution et une complexification encore plus marquées des produits par rapport au cas précédent, ce qui induirait une modification conséquente des processus logistiques voire de production moins systématique d'après un certain nombre d'industriels eu égard à des considérations économiques, de mise à consommation sur le site final et surtout d'entretien (fonction maintenance). On reviendra sur ce point au chapitre III de cette étude.

Notons que, d'un point de vue méthodologique, cette approche fondée sur une « logique de scénario » a priori, négation même de l'analyse de risques (à la base de cette étude AVEA progressant dans un univers incertain) puisqu'un seul scénario serait examiné à la fois, est dotée d'une vision probabiliste qui, au contraire, permet de combiner plusieurs scénarii simultanément et d'appréhender parfaitement la gestion du risque appliquée au marché potentiel du dirigeable lourd en question.

b. Statistiques à disposition

La DSCR (Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière) a émis un nombre de transports exceptionnels en France en 1998 compris dans l'intervalle 800 000 à 2 millions toutes catégories confondues.

Un comptabilité des autorisations octroyées par les DDE en 1994 relève un chiffre de 124 048.

Pour sa part, Vox Populi a sorti, à partir d'un traitement effectué par le SES (Ministère des Transports) sur la base SITRAM, les statistiques des charges entre 20 et 40 tonnes en retenant les segments d'activités majeurs susceptibles d'être concernés par un transport exceptionnel (base NST). Il est à noter que ces acheminements se font actuellement de manière conventionnelle mais l'avènement du dirigeable pourrait générer une modification des processus logistiques (rapidité et fluidité de l'opération, qualité et coûts compétitifs) et inciter les industriels à opter pour l'aérostat lourd. On est donc là face à un marché en devenir de l'AVEA.

Sur la base des 124 048 autorisations de T.E recensées en 1994 :

Compte tenu de la structure du marché et de l'attitude de l'échantillon de transporteurs et de chargeurs interrogés, 20% de ces autorisations correspondraient à une « surenchère » et non à une réalisation effective de transports.

A partir de là, il faut retenir que 60% des acheminements effectués relèvent de la catégorie 1, 35% de la 2 et seulement 5% de la 3. Ces proportions sont dictées par la part respective estimée des charges des catégories 1,2 et 3 et par un questionnement systématique des entreprises enquêtées quant à leur nombre de transports annuel en catégorie 3.

	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
Part de marché	60%	35%	5%
Nb. voyages / autorisation (moyenne)	24	12 ⇒ prise en compte implicite que les autorisations de près de 40% des convois de la catégorie 2 permettent au maximum trois voyages	3
Nb. voyages estimé	1 429 000	416 800	14 900
Total (1994)		1 860 700	

En 1998 :

Scénario faible	Scénario médian	Scénario fort
2 031 900	2 121 200	2 232 800

Manifestement, on se situe dans le haut de la fourchette communiquée par la DSCR ; ce qui tend à valider cette estimation. Concernant la part transférable à l'AVEA, il s'agirait principalement de la catégorie 3, notamment les charges de plus de 100 tonnes en général et une partie de la catégorie 2 « supérieure » pour les envois essentiellement volumineux. Dans la suite de l'étude, on fera abstraction de cette dernière considération pour l'évaluation

du marché directement en faveur de l'aérostat, ce qui nous place dans une logique de dimensionnement du côté de la sécurité ! A noter que les transports relevant des catégories 1 et 2 de manière globale n'exigent pas d'études très approfondies et leur réalisation est de plus en plus facilitée par la politique actuelle de sauvegarde des itinéraires et celle de l'ouverture des autoroutes aux transports de catégorie 1. De plus, la tendance actuelle est à la simplification et à l'harmonisation des réglementations européennes en matière de trafic exceptionnel relevant des catégories équivalentes 1 et 2.

Répartition au sein de la catégorie 3 (valeur 1994) :

	70 - 120 t	120 - 200 t	200 - 400 t	400 - 500 t
Part globale	50%	30%	15%	5%
Part transférable au dirigeable*	50%	80%	90%	100%
Nb. voyages	3 725	3 575	2 010	745
Total (1994)	10 055			

* Ces pourcentages traduisent essentiellement la concurrence opérée par les modes conventionnels, sous réserve de la politique de transport en vigueur, et une certaine réticence des chargeurs à utiliser l'AVEA surtout durant la période de lancement de l'engin.

En 1998 :

Scénario faible	Scénario médian	Scénario fort
10 980	11 460	12 070

Sur la base des statistiques fournies par Vox Populi (valeur 1998) :

(sous réserve d'une modification des processus logistiques qu'accompagnerait l'AVEA)

	Bois et Liège	Produits métallurgiques	Agglomérés ponceux, pièces en béton et en ciment ou similaires	Matériel de transport et agricole	Machines et articles métalliques
En tonnes	31 569 562	56 568 084	31 283 865	12 284 988	10 999 350

Probabilité de transfert du conventionnel à l'exceptionnel*	
Bois et Liège	5 à 10%
Produits métallurgiques	10 à 15%
Agglomérés ponceux, pièces en béton et en ciment ou similaires	20 à 25%
Matériel de transport et agricole	20 à 25%
Machines et articles métalliques	25 à 45%

* Ces proportions résultent essentiellement de l'appréciation de la nature des produits composant chacune des catégories mentionnées dans le tableau et donc de leur potentialité à passer d'un mode d'acheminement conventionnel à un autre exceptionnel. La valeur du produit (plus un produit est cher, plus le recours au transport exceptionnel se fera facilement) et son évolution observée ou prévue (tonnage et/ou volume, nature et structure du marché : ex : la possibilité de recourir facilement au transport exceptionnel pour le BTP induira une nouvelle orientation de la branche qui tendra à se sédentariser par le recours plus massif aux pièces préfabriquées d'où le développement attendu d'usines de préfabrication) sont les deux principaux critères à l'origine des pourcentages proposés dans ce tableau.

	Transport exceptionnel (t)*
Bois et Liège	1 578 478 à 3 156 956
Produits métallurgiques	5 656 808 à 8 485 213
Agglomérés ponceux, pièces en béton et en ciment ou similaires	6 256 773 à 7 820 966
Matériel de transport et agricole	2 456 998 à 3 071 247
Machines et articles métalliques	2 749 838 à 4 949 708

*A partir de ce marché, le volume du report vers l'AVEA dépendra :

- du dirigeable lui-même (coûts, disponibilité, fiabilité, sécurité, pilotabilité ...)
- du comportement du chargeur assorti d'un délai d'expérimentation de l'aérostat
- des avantages logistiques procurés (durée, qualité, réactivité, flexibilité à l'exploitation, simplification de la chaîne de transport, réduction du risque d'avaries - par diminution de ruptures de charge -, complémentarité intermodale ...)

Comme il a été souligné plus haut, ce marché en devenir, construit à partir de données de la base SITRAM, concerne principalement le volume octroyé au dirigeable suite à une modification probable des processus logistiques et, in extenso, des processus de production. Toutefois, les résultats issus de cette évaluation devront être considérés comme des valeurs a minima (du côté de la sécurité) du fait que la modification signalée peut être plus structurelles et ce, certainement après une période d'essai. On sera donc face probablement à une discontinuité dans les tendances telles qu'on peut les décrire actuellement. Ce phénomène est caractéristique des produits à forte rupture technologique comme pourrait le confirmer, dans un domaine tout aussi équivalent, une analyse de marché ex-post du TGV.

Par ailleurs, parmi les branches d'activité identifiées dans les tableaux ci-dessus et compte tenu de la structure du marché, du comportement prévisible des chargeurs-industriels (notion d'aversion au « changement » voisine de celle d'aversion au risque dont les développements théoriques sont présentés par E. Quinet - 1998 -) et de l'évolution des modes concurrents/de leur réglementation, on prévoit, sur la base d'une analyse multicritère, un report de l'ordre :

- de 70% pour les « machines et articles métalliques »
- de 50% essentiellement dû aux « pièces en béton »
- de 20% pour les « matériels de transport et machines agricoles » (évaluation fournie par Libherr pour les matériels de transport et miniers)
- de 20% pour les « produits métallurgiques »
- de 5% pour le « bois et liège »

	T.E (t)	Marché potentiel AVEA (t)	Charge utile moyenne	Nb. voyages sans hypothèse de groupage	Configuration AVEA utilisée (en transport unitaire ou groupé)
Bois et Liège*	1 578 478 à 3 156 956	78 924 à 157 848	50 t		Probablement, AVEA de config. spéciale pour le débardage. Ne fera pas l'objet d'une évaluation dans cette étude.
Produits métallurgiques	5 656 808 à 8 485 213	1 131 362 à 1 697 043	100 t	11 314 à 16 971	AVEA 200 t
Agglomérés ponceux, pièces en béton et en ciment ou similaires	6 256 773 à 7 820 966	3 128 387 à 3 910 483	150 t	20 856 à 260 70	AVEA 200 t

Matériel de transport et agricole	2 456 998 à 3 071 247	491 400 à 614 250	100 t	4 914 à 6 143	AVEA 200 t
Machines et articles métalliques	2 749 838 à 4 949 708	1 924 887 à 3 464 796	70 à 500 t		

* Considérée comme « nouvelle » niche de marché (Cf. notion de grue volante)

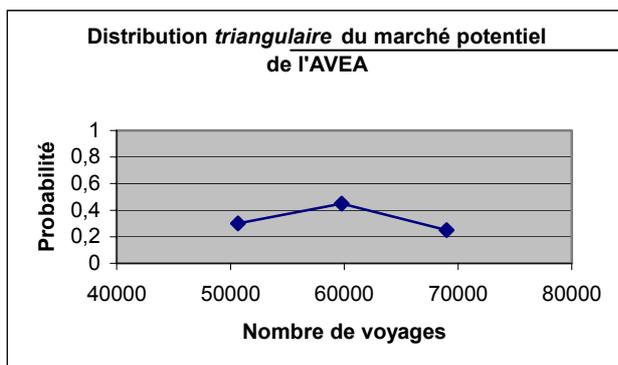
	Marché potentiel AVEA	Charge utile en tonnes (moyenne)	Nb. voyages unitaires	Configuration AVEA utilisée
Machines et articles métalliques	1 924 887 à 3 464 796	70 à 200 (prop. 80%) (moy. 120 t)	12 833 à 23 099	AVEA 200 t avec : 50% du trafic de cette catégorie non groupé car avoisinant les 200 t et les 50% restant groupé par 2 ⇒ donnée structurelle du marché observé
		200 à 500 (prop. 20%) (moy. 350 t)	1 100 à 1 980	AVEA 500 t (groupage occasionnel cas par cas : pas de généralisation)

Nb. de voyages réels à attendre compte tenu du groupage	
Produits métallurgiques	5 657 à 8 486
Agglomérés ponceux, pièces en béton et en ciment ou similaires	20 856 à 26 070 (pratiquement pas de groupage)
Matériel de transport et agricole	2 457 à 3 072
Machines et articles métalliques	70 à 200 t
	200 à 500 t
Total (avec hypothèse de groupage)	39 695 à 56 933 (moyenne : 48 314)

c. Marché potentiel de l'AVEA (valeur 1998)

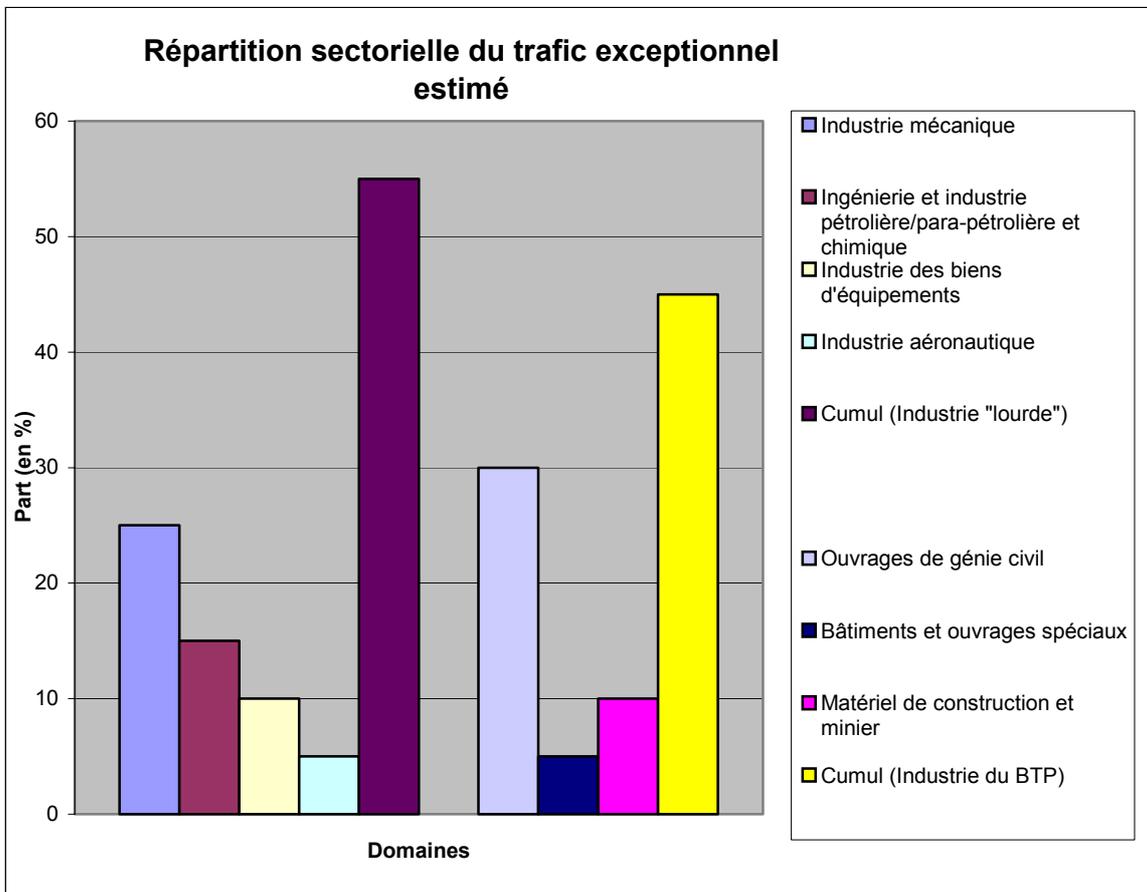
Valeur estimée pour 1998 dans le cas où l'AVEA aurait été exploité

	Scénario faible	Scénario médian	Scénario fort
Nb. voyages	10 980 + 39 695 = 50 675	11 460 + 48 314 = 59 774	12 070 + 56 933 = 69 003
Prob. occurrence	30%	45%	25%



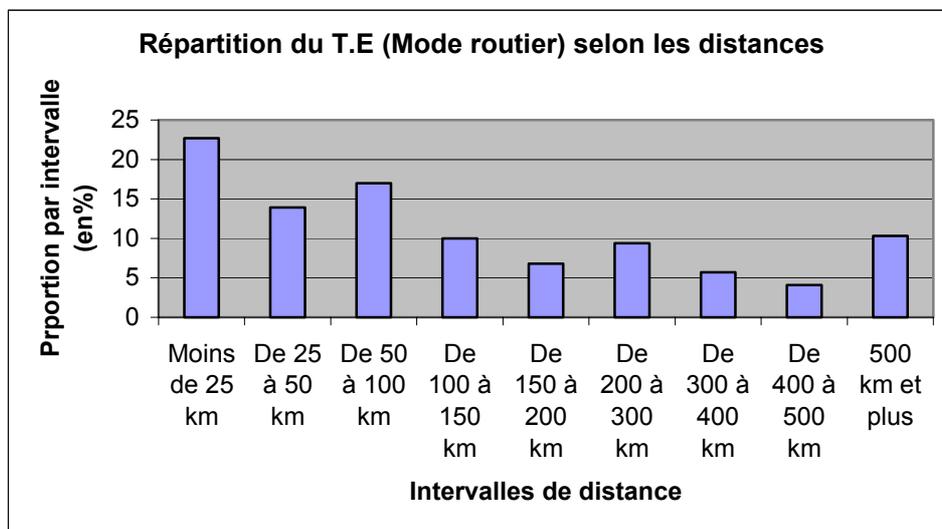
Loi de distribution triangulaire de moyenne (μ) 59 817,33 voyages et d'écart-type (σ) 3 741,22

En considérant l'échantillon d'entreprises questionnées (Cf. rapport « Enquêtes AVEA ») comme représentatif des futurs clients du dirigeable lourd (le degré et la nature des réponses des enquêtés le confirme), on note une répartition sectorielle du trafic estimé ci-dessus comme suit :



d. Répartition du T.E selon les distances

On présente ci-dessous la répartition du trafic exceptionnel actuel pour la France en fonction des distances.



On remarque que plus de 50% des transports considérés se font à moins de 100 km. Toutefois, l'introduction du dirigeable sur le marché ne suivra cette dispersion spatiale qu'à court terme. A moyen et long terme, on observera un accroissement des distances dû :

- à une compétitivité renouvelée en raison d'une augmentation certaine des aires de marché des entreprises
- à un redéploiement des bassins de production qui ne sont plus astreints à être localisés aux abords d'une voie fluviale ou de toute infrastructure de communication particulière (ports en l'occurrence) afin de pouvoir écouler facilement leur produits manufacturés (localisation stratégique de l'industrie lourde ; Cf Eiffel à Lauterbourg, Framatome à Châlon Sur Saône ...). On rejoint ici le concept de l'interface « Transport-Production » tel qu'il a été dépeint par A. Burmeister et K. Colletis-Wahl.

Comme on le verra dans le chapitre suivant, la distance moyenne franchissable par AVEA se situera aux environs de 800 km. Dans la seconde partie de ce rapport, on localisera les futures bases de stationnement du dirigeable lourd considéré.

e. *Evaluation du marché international*

Sur la base du marché actuel :

Prise en compte uniquement de la catégorie 3

Nombre total de voyages prévisibles (catég.3, valeur 1994) : 14 900				
	70 - 120 t	120 - 200 t	200 - 400 t	400 - 500 t
Part globale	50%	30%	15%	5%
Masse moyenne par sous-catégorie	95 t	160 t	300 t	450 t
Total masse par catégorie (t)	707 750	715 200	670 500	335 250
Total (t)	2 428 700			

Evolution selon le scénario médian (valeur 1998)

⇒ ≅ **2 768 700 t**

Principaux pays producteurs de pièces lourdes et/ou encombrantes (recoupé grâce aux enquêtes menées) :

Valeur 1998 :

Pays	Ratio PIB/France	Tonnage (t) en exceptionnel estimé (seul. équivalent catégorie 3)
France	1 (PIB = 1 394 124 10⁶ \$ US)	2 768 700
Allemagne	1,5	4 153 050
Autriche	0,15	415 305
Australie	0,29	802 923
Belgique	0,17	470 679
Brésil	0,58	1 605 846
Canada	0,44	1 218 228
Chine (sans Hong Kong)	0,65	1 799 655
République de Corée	0,32	885 984
Espagne	0,38	1 052 106
Etats-Unis	5,61	15 532 407
Grande Bretagne	0,92	2 547 204
Italie	0,82	2 270 334
Japon	3	8 306 100

Pays-Bas	0,26	719 862
Pologne	0,1	276 870
Russie	0,32	885 984
Suède	0,16	442 992
Suisse	0,18	498 366
Total		46 652 595 t

Sur la base d'une première modification des processus logistiques voire de production :

Prise en compte uniquement de la catégorie 3 ou équivalent

Pays	Ratio PIB/France	Tonnage (t) en exceptionnel estimé
France	1 (PIB = 1 394 124 10⁶ \$ US)	3 849 773
Allemagne	1,5	5 774 660
Autriche	0,15	577 466
Australie	0,29	1 116 434
Belgique	0,17	654 461
Brésil	0,58	2 232 868
Canada	0,44	1 693 900
Chine (sans Hong Kong)	0,65	2 502 352
République de Corée	0,32	1 231 927
Espagne	0,38	1 462 914
Etats-Unis	5,61	21 597 227
Grande Bretagne	0,92	3 514 791
Italie	0,82	3 156 814
Japon	3	11 549 319
Pays-Bas	0,26	1 000 941
Pologne	0,1	384 977
Russie	0,32	1 231 927
Suède	0,16	615 964
Suisse	0,18	692 959
Total		64 841 674 t

Soit un total catégorie 3 de l'ordre de 111 500 000 tonnes (valeur 1998).

Compte tenu de la structure des statistiques présentées dans ce paragraphe 4 et en considérant le fait qu'une partie de la catégorie 2 (45 - 70 t), environ 40%, serait « affectée » au transport par dirigeable, en plus du développement qu'induirait l'aérostat lourd quant aux nouveaux marchés, au désenclavement de régions éloignées, difficiles d'accès ou sous-exploitées, on multiplierait approximativement par 3 la valeur évaluée de 111 500 000 tonnes correspondant à la seule catégorie 3 incluant la tendance actuelle du marché analysé et une première phase de la modification des processus logistiques et de production.

On rejoint alors l'estimation de Cargolifter qui annonce un marché potentiel de 300 000 000 t dont 10% qu'elle pourrait s'adjuger.

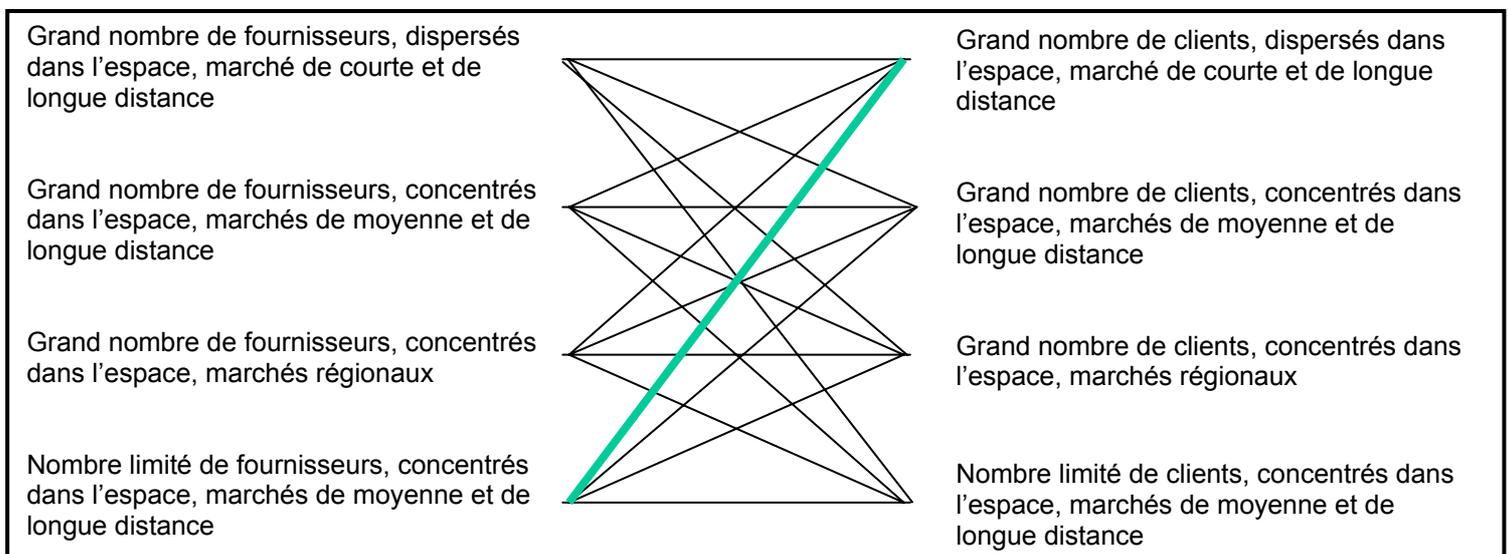
La part de l'AVEA dans ce marché nécessite une analyse se basant sur ses performances, mais également sur celles de ses concurrents (Cargolifter, Thermoplan, Aerocraft, Sky Cat, Hamilton Airship ...) !

Au-delà de cet essai de quantification a minima du marché potentiel de l'AVEA, on entrevoit aisément l'impact de facteurs logistiques orientant la demande en « dirigeable lourd » ; critères logistiques liés au mode de transport envisagé mais également à l'organisation de l'« entreprise-chargeur ». De nombreuses études théoriques, parmi lesquelles celles de Bolis/Maggi (2000) et Maier/Bergman (2000) traitant de la modélisation des choix de transport et de logistique via la méthode des préférences déclarées adaptatives, considèrent

en effet que les choix de transport ne dépendent pas uniquement des caractéristiques physiques du produit et des attributs des modes de transport mais aussi de la stratégie logistique générale (économies d'échelle/effet de masse, configuration spatiale du réseau de la firme considérée, économie de réseaux comprenant les économies de gamme et de dimension ...). De là et en particulier, une typologie des réseaux spatiaux de l'entreprise en aval et en amont a été proposée selon :

- la distance des marchés (à l'approvisionnement comme à la distribution : marchés locaux, régionaux, nationaux, continentaux ou internationaux)
- et
- la complexité des flux (nombre et concentration/dispersion spatiale des marchés, nombre et concentration/dispersion spatiale des établissements de la firme, des clients, des fournisseurs)

Bolis et Maggi déduisent alors de cette typologie les configurations spatiales possibles des firmes, comme suit :



La liaison en trait renforcé « Nombre limité de fournisseurs, concentrés dans l'espace, marchés de moyenne et de longue distance - Grand nombre de clients, dispersés dans l'espace, marché de courte et de longue distance » renseigne plus précisément sur la nature résiliaire des entreprises pressenties comme utilisatrices potentielles de l'AVEA, compte tenu des enseignements de l'enquête menée auprès des chargeurs potentiels du dirigeable (Cf. rapport « Enquêtes AVEA »). L'« Aile Volante » devrait donc être adaptée aux opérations de courtes et de longues distances, aux pratiques du groupage, **que ce soit sous l'aspect performances techniques**

- distance franchissable minimale de 5 000 km. Une autonomie annoncée de 10 000 km est donc satisfaisante ;
- système de chargement/déchargement performant en terme de temps nécessaire : en effet, une durée en heures passe inaperçue pour des opérations de longue distance ayant nécessité un temps de transport de plusieurs heures voire jours, ce qui n'est guère le cas pour des missions de faible distance (jusqu'à quelques dizaines de kilomètres) où le temps de transport est insignifiant mais où l'interface d'emportage/dépotage nécessiterait une durée considérable, comparée à celle de l'acheminement à proprement dit, et viendrait alors surenchérir le coût de l'opération incitant dans certains cas les industriels à utiliser les modes conventionnels en faible distance. Notons que ce type de transport constitue à l'état actuel près du quart du marché de l'exceptionnel. Il faudrait donc concevoir un système d'emportage/dépotage facilement manœuvrable en un temps raisonnable. Cette remarque s'inscrit dans la même logique que celle qui prévaut lors de la recherche

d'une précision de pose. Le dirigeable doit être aisément maniable même s'il est nécessaire d'avoir une équipe au sol avec ou sans équipements supplémentaires dont le rôle serait de guider le positionnement de l'aérostat ;

ou coûts d'exploitation qui devront suivre une courbe décroissante en fonction de la charge emportée et/ou de la distance et visant à favoriser les longues distances. A défaut, une partie de la clientèle « longue distance » serait perdue ou, dans une position intermédiaire, utiliserait massivement une logique de transport combiné « AVEA-Navire » avec tous les avantages et inconvénients qu'elle comporte. Dans tous les cas, la faisabilité technique de cette dernière solution, notamment l'interface de chargement ou de déchargement à partir d'un navire à quai ou au large (en vue d'une limitation voire absence de rupture de charge) devrait être étudiée car il s'agirait d'une solution viable économiquement et procurant une certaine pénétrabilité de l'AVEA à l'international (Cf. rapport « La complémentarité entre le dirigeable lourd et le navire-cargo »).

Outre les critères logistiques pris au sens large, la volonté institutionnelle et d'autres aspects tels que les facteurs environnementaux, pour ne citer que les plus importants, combinés à une politique tarifaire, en vue, entre autres, d'une internalisation des externalités négatives induites par les modes de transport et leurs infrastructures, influent également sur le choix modal et par suite, sur le marché potentiel de l'aérostat à l'étude qui reste, d'après les premières simulations techniques menées par l'Aérospatiale, un moyen de transport du moins écologique.

II. Les zones géographiques et les centres de consommation :

Cette partie permettra de définir, **en prenant pour référence la France**, les bases futures de positionnement probables de l'AVEA en observant la situation actuelle de la production et de la consommation des charges lourdes et/ou encombrantes en relation avec le concept de la théorie des aires de marché.

Les centres industriels, les ports fluviaux et maritimes sont des lieux fortement demandeurs en transports spéciaux. Ce sont des zones de départ, de création, d'arrivée et de transit des matériels hors normes.

Les implantations industrielles importantes favorisent ces transports. De nombreux exemples le prouvent. On rencontre un trafic significatif de convois sur l'axe Bordeaux-Toulouse lié au centre d'assemblage d'Airbus. Aussi, en 1998, sur 1800 demandes, la DDE 90 (Territoire de Belfort) a délivré 150 arrêtés de transports exceptionnels au départ du département, les autres consultations concernant des transports en Transit. Toutefois, sachant qu'Alstom réalise environ trente à quarante envois de turbines par an (constitué chacun de 3 à 6 pièces en exceptionnel), la firme française constitue le principal trafic. Ces acheminements sont en majorité à destination de Strasbourg dont le port autonome possède des moyens de levage en propre de 350 tonnes pour réaliser des transbordements fluviaux à destination d'Anvers ou de Rotterdam lors d'une exportation.

En outre, certains ports fluviaux constituent des zones de concentration pour du transport exceptionnel. Les ports fluviaux de Frouard et Strasbourg sont en avant poste des ports maritimes nord européens (Anvers, Amsterdam et Rotterdam).

Malgré la présence du port industriel de Marseille, le département des Bouches-du-Rhône ne constitue qu'une simple zone de transit ; les grosses pièces circulant dans le port entre les barges fluviales et les navires. Le fret provient du port fluvial Edouard Herriot (Lyon) qui permet un transit de matériel par le Rhône en direction du port de Fos-sur-Mer.

Quant à la demande colis-lourds empruntant le rail, celle-ci passe principalement par l'axe de la vallée du Rhône et par la moitié Nord-Est, soit la région marseillaise, lyonnaise, parisienne et le nord de la France jusqu'à Dunkerque. Le trafic ferroviaire international se compose, pour sa part, de transit sur le territoire français, d'importation et d'exportation. Il est présent sur :

- l'Allemagne
- l'Italie : du fait du protectionnisme routier virulent
- l'axe des PECO qui se développe, tout comme le routier, pour la construction d'usines ou la réalisation de projets industriels.

Par contre, ce trafic est peu présent sur :

- le Benelux, du fait de la forte concurrence de la route et du fluvial
- le Royaume-Uni, avec un flux de faible tonnage en raison du gabarit limité du tunnel
- sur la péninsule Ibérique à cause de la différence des écartements de voies à la frontière alors que le transport exceptionnel routier est très présent. Maxifret travaille en partenariat avec des routiers espagnols pour l'acheminement terminal par route.

Il paraît toutefois nécessaire de préciser que la part du ferroviaire dans l'exceptionnel tel que défini dans le premier chapitre, reste dérisoire.

Concernant le trafic lié au BTP, celui-ci est très dense dans la région lyonnaise. Le matériel est transféré d'une entreprise à l'autre et de chantier à chantier (sous-traitance de prestation, location de matériel). Toutes les sociétés importantes de travaux publics possèdent des agences sur cette zone et génèrent du trafic.

Dans le département du Haut Rhin, la présence de concessionnaires de matériel de travaux publics comme Libherr France nécessite le transport de nombreux engins. Ce matériel qui figurait initialement à la première catégorie a évolué. Désormais, la demande exige des engins de plus en plus imposants qui relève de la seconde catégorie (délivrée avec trois itinéraires de transports maximum) voire de la troisième (3C) pour certaines pelles hydrauliques.

1. Les zones frontalières et les axes de communication : l'influence des reliefs

Le recensement des autorisations montre que les DDE des départements frontaliers délivrent plus d'arrêtés que les autres. Ces DDE correspondent aux zones d'entrée donc de départ d'un acheminement d'un convoi en France. Dans ces régions, la quasi totalité des entreprises effectuent du transport international favorisé par des réseaux routiers et autoroutiers majeurs. Un fort passage de convois transite par la France, reliant l'Allemagne et l'Europe centrale à l'Espagne.

Le Haut Rhin est également un département d'accès privilégié en France car le trafic du nord de l'Allemagne descend de plus en plus au sud - jusqu'au sud de la Loire - du fait que le réseau autoroutier français se situe dans le prolongement du réseau germanique déjà très utilisé par les convois exceptionnels. La Moselle, pour sa part, connaît un trafic intense mais ne dessert pas la partie nord de la France. Le Bas Rhin présente, quant à lui, une traversée plus délicate de par la difficulté du terrain. On imagine ici probablement un fort report futur des charges exceptionnelles transitant par cette région en faveur du dirigeable lourd.

2. Les zones productrices d'énergie

Les centrales électriques ont été les premières demandeuses de transports exceptionnels exigeant l'acheminement de poids records.

La DDE 68 (Haut-Rhin) a constaté un fort transit de convois exceptionnels entre le Nord-Est (départements 59, 62, 57, 68) de la France et le nord de la Loire, soit un trafic réparti sur le quart Nord-Est. Il correspond aux développements des centrales nucléaires. Ajoutons que si la décision d'abandon du nucléaire est prise, on assistera, dans ces régions, à un trafic

certain de démantèlement qui pourrait être réalisé par AVEA avec l'avantage d'une action plus rapide, plus sûre et plus respectueuse de l'environnement (nuisances sonore et polluante moindres, respect de la faune et de la flore, protection du paysage, inexistance de gêne de trafic pouvant générer des congestions à certaines périodes, probabilités d'accidents réduites). Notons que les plus grosses demandes, jusqu'en 1999, étaient en provenance d'Evry (site EDF) pour les centrales nucléaires en construction. De nombreux convois de 100 à 700 tonnes de PTR, de 50 à 70 mètres de long avec une largeur allant jusqu'à 5,40 m ont transité dernièrement en France depuis la Seine et Marne jusqu'aux centrales de Civeaux, Golfech, Penly ou Chooz. En Grande-Bretagne, cela a été également le cas pour les sites de Sizewell et de Hinkley-Point.

Les centrales nucléaires en Europe occidentale



En Europe, la politique énergétique a évolué, l'objectif est actuellement de maîtriser la pollution émanant des centrales énergétiques. Des pays de l'Union européenne ont déjà pris des décisions. En Autriche depuis 1978 puis en Suède (1980), en Italie (1987) et en Suisse (1990), les gouvernements ont successivement suspendu le développement des centrales nucléaires sans vraiment savoir quel mode de source d'énergie utiliser. Par ailleurs, les centrales nucléaires de France et celles des autres états européens ont déjà atteint, pour la plupart, les deux tiers de leur durée de vie limitée à une trentaine d'années.

Le récent projet allemand, suite à la coalition gouvernementale entre socialistes et écologistes, projette d'abandonner l'exploitation nucléaire. L'Allemagne préfère importer de l'électricité des pays d'Europe centrale, actuellement en surproduction et aux normes de sécurité moins rigoureuses.

Cette politique, à l'échelle européenne d'ailleurs, va entraîner le développement de centrales électriques différentes. Le démantèlement des anciennes centrales et la construction de nouvelles, plus écologiques, moins polluantes (éoliennes aux Danemark et en Allemagne),

nécessiteront l'acheminement de matériel aux dimensions exceptionnelles. Un marché important de démantèlement et d'édification s'ouvre donc au dirigeable lourd.

3. Une extension géographique du marché : un avenir à l'est ?

De nombreuses entreprises spécialisées dans l'exceptionnel se développent vers les anciennes nations de l'Union Soviétique et celles d'Europe centrale.

Des sociétés de travaux publics françaises obtiennent de nombreux contrats pour la réalisation de chantiers en Pologne, Hongrie, Tchéquie, Slovaquie et expédient sur place leur gros matériels d'exploitation ainsi que des éléments préfabriqués.

Ce nouveau marché reste néanmoins limité en raison des infrastructures de communication disponibles. Les réseaux routiers de ces pays sont souvent en si mauvais état que les autorités administratives locales limitent une charge à l'essieu maximale de 10 tonnes. Les hongrois ont, par exemple, installé des gabarits physiques à ne pas dépasser à leurs postes frontières. D'autres pays, par contre, présentent un grand libéralisme comme en Tchéquie.

Il apparaît donc ici un marché en devenir pour l'AVEA. Une étude détaillée concernant le dynamisme économique d'un de ces pays, par exemple la Roumanie, permettrait de qualifier, plus en détail, cette niche mercatique.

En définitive, un trafic régulier se concentre sur les zones économiques industrielles déjà bien connues où sont localisés quelques grands groupes industriels (produits pétroliers, chimiques, sidérurgiques, bâtiment ...).

Toutefois, le transport exceptionnel ne s'adresse pas toujours à une clientèle bien déterminée. Les besoins des secteurs industriels sont occasionnels et font l'objet d'affaires ponctuelles ou de projets industriels. Le transport hors normes constitue souvent une vente par affaire : usines clé en main, transfert, acheminement de matériels pour une grande construction de génie civil. Certains secteurs professionnels ne proposent ainsi qu'occasionnellement des acheminements exceptionnels.

Face à cette localisation aléatoire du marché potentiel de l'aérostat, les performances prévisibles de l'AVEA (vitesse, distance franchissable pour l'essentiel) et l'identification des quelques zones fixes de consommation et de production d'équipements lourds et volumineux recoupées avec la théorie des aires de marché nous permettront de délimiter les bases de stationnement principales du dirigeable lourd en France.

4. Une approche régionale socio-économique

En effet, nous allons, tout d'abord, essayer de modéliser les zones susceptibles d'activités majeures actuelles et surtout futures. Nous effectuerons une analyse du dynamisme des régions - **approche emploi** - qui nous fournira un premier jet des axes dominants qu'on recoupera avec l'analyse qualitative menée ci-dessus, spécifique aux déterminants du transport exceptionnel. En croisant ce résultat avec la courbe de conductance (courbe nationale moyenne) traduisant le rapport $F_{ij}/E_i * P_j$ en fonction du temps de conduite sur route T_{ij} en heures, on arrivera à placer les lieux de positionnement du dirigeable ; la localisation de ces bases seront alors analysées conceptuellement en fonction de la théorie des aires de marché couplée aux notions de proximité.

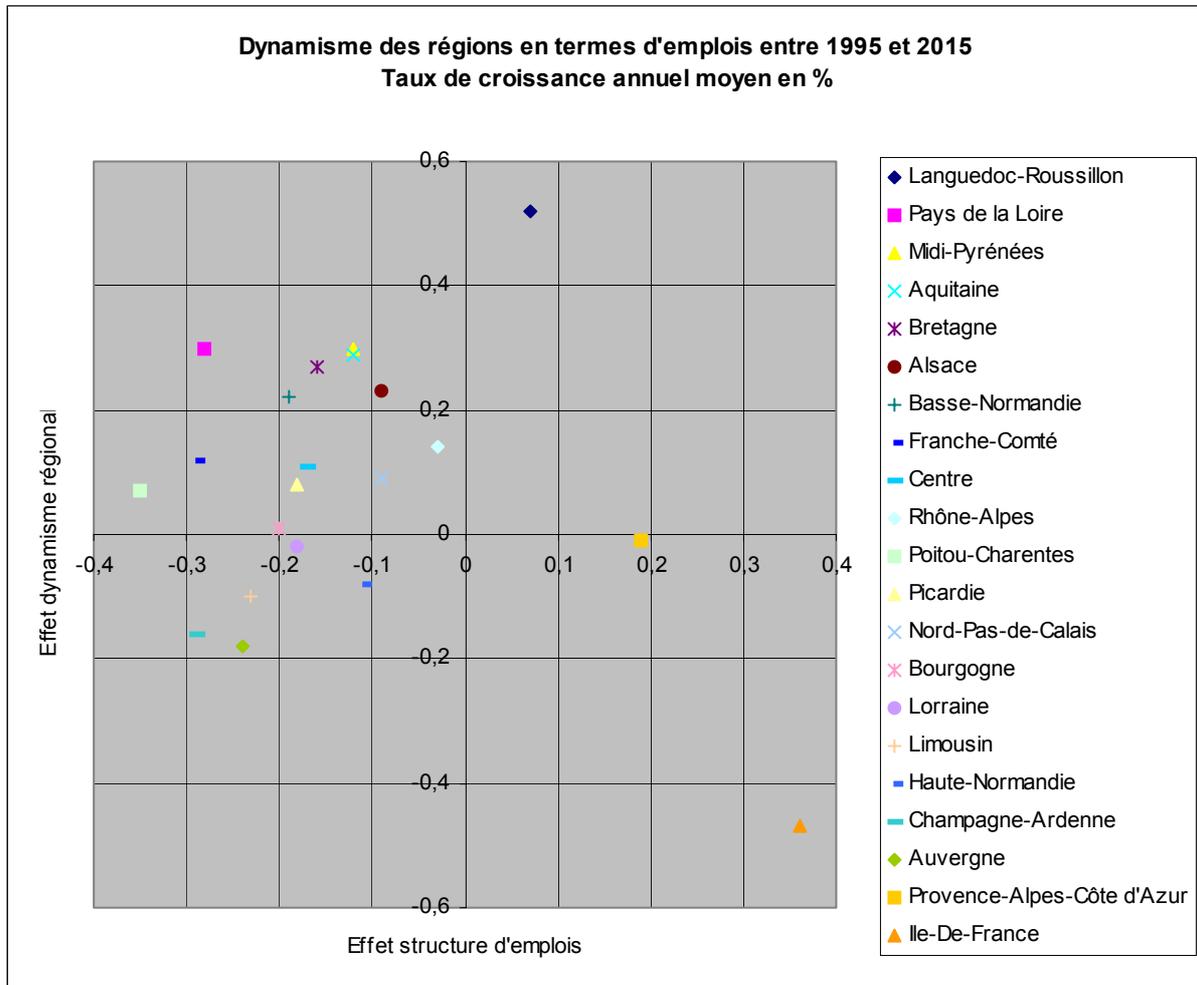
L'analyse du dynamisme des régions repose sur la mise en évidence de l'évolution des trois principales composantes de l'évolution de l'emploi :

- L'effet « d'entraînement national » traduit l'évolution qu'enregistrerait une région si elle avait présenté des structures et des évolutions sectorielles identiques à celles de la moyenne nationale.
- L'effet « structure d'emploi » (« effet structurel ») traduit l'incidence qu'apporte à la région sa spécificité sectorielle (c'est à dire la répartition de l'emploi régional par secteur d'activités économiques) comparée à la structure sectorielle nationale. Il peut

s'agir d'un handicap si la région présente des pôles d'activité en déclin ou en faible augmentation des emplois ou d'un avantage si la région est plus particulièrement spécialisée dans des activités prospères.

- L'effet « dynamisme des régions » qui est en fait un effet résiduel expliqué ni par l'effet d'entraînement national, ni par l'effet de structure d'emploi. Il s'agit d'un effet propre à la région.

Taux d'évolution de l'emploi dans la région = Effet d'entraînement national + Effet structure d'emploi + Effet dynamisme des régions = Mesure du dynamisme régional



Comme le montre le graphique ci-dessus :

- la majorité des régions ont un effet structure d'emploi négatif
- la croissance de l'emploi en Ile-de-France est essentiellement tirée par sa structure d'emploi, alors que pour le Languedoc-Roussillon, c'est son dynamisme régional.

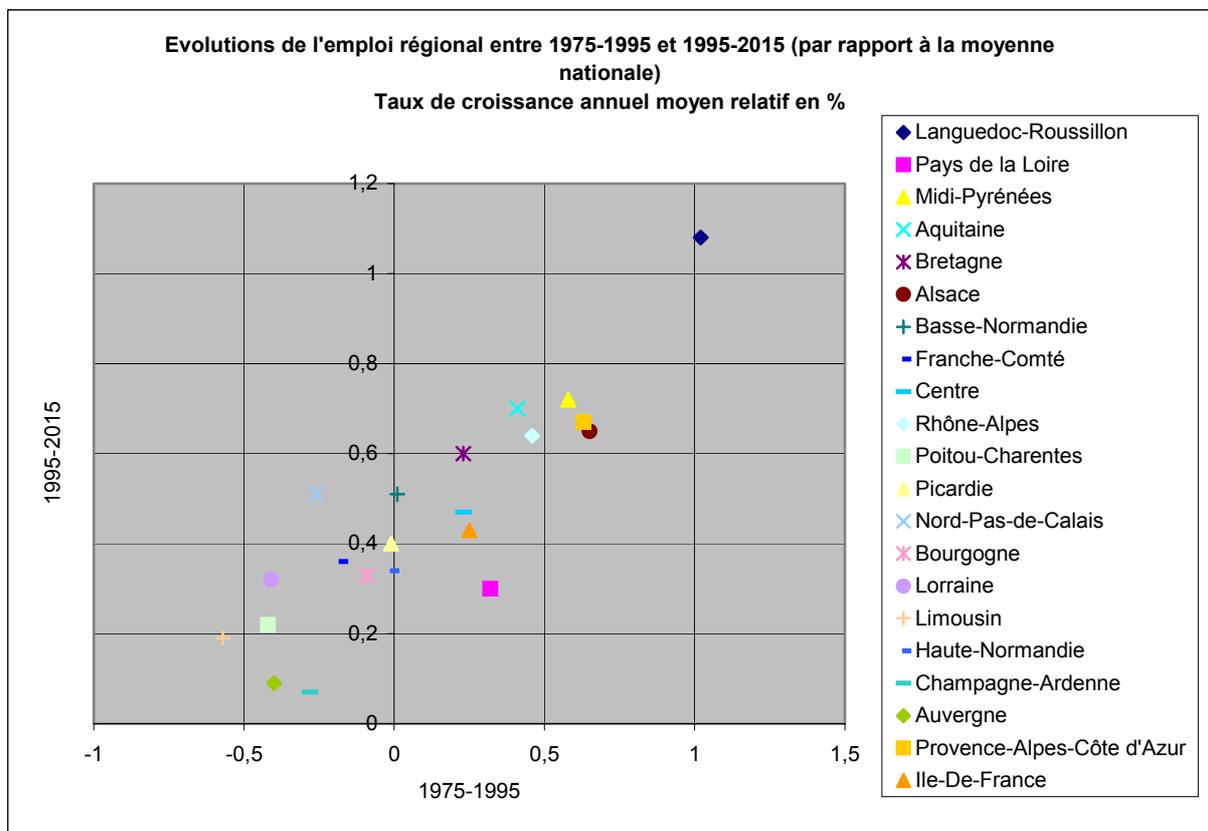
Avant de déterminer d'un point de vue macro-économique les axes prépondérants de l'espace français, nous allons, tout d'abord, essayer de lier la notion de dynamisme d'une région à celle du nombre d'emplois - pour étayer l'analyse ci-dessus -, plus particulièrement de l'emploi industriel.

Cette représentation a été menée par l'Observatoire Régional Transports (ORT) des Pays de la Loire à partir de la base de données SITRAM qui note, pour les 94 départements métropolitains (hors Corse), une bonne corrélation aux environs de 0,8 autour de la courbe moyenne (ou courbe de lissage), **Flux sortants = f(emplois industriels)**.

Dès lors, trois grandes tendances paraissent structurer l'Hexagone :

- le dynamisme de la région capitale diffuse aux régions voisines
- les régions frontières bénéficient du processus de construction européenne : Lille et le Nord-Pas-de-Calais dopé par sa proximité renouvelée avec le nord de l'Europe (au premier chef Grande Bretagne et Benelux), Strasbourg et l'Alsace et surtout Lyon et Rhône-Alpes, dynamisées par la proximité de la Banane Bleue, par l'excellence des connexions avec Paris et aussi (paradoxalement peut-être) par son plus grand éloignement
- enfin, les quatre régions de l'Arc Méditerranéen.

D'un point de vue prospectif et en se basant sur le scénario Europe* (le plus utilisé dans les projections), sept régions croîtraient plus vite que la moyenne nationale : Alsace, Bretagne, Aquitaine, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon et Provence-Alpes-Côte-d'Azur. En revanche, neuf croîtraient moins vite, au premier rang desquelles les régions du centre de la France et de l'est du bassin parisien.



*Le scénario « Europe » décrit une croissance de l'économie européenne et de l'économie française finalement assez proche de celle connue sur période longue : 2,3% l'an, ce qui est la croissance observée en France sur le dernier quart de siècle.

5. Spatialisation des bases du dirigeable lourd

En recoupant ces résultats présentant les régions les plus dynamiques avec ceux issus de l'analyse qualitative spécifique aux transports exceptionnels, ainsi qu'avec l'analyse statistique régionale effectuée par Vox Populi en collaboration avec l'EPFL, on note les régions suivantes comme étant les plus actives sur le créneau « transport hors normes » ; il peut s'agir de zones de production, de consommation ou de transit (ports maritimes et fluviaux essentiellement) :

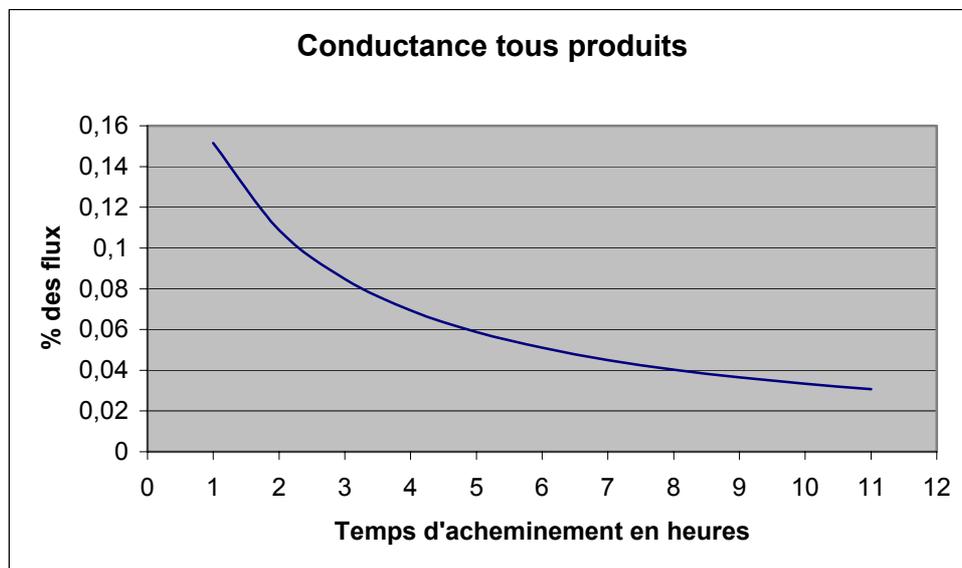
- Alsace
- Aquitaine

- Nord-Pas-de-Calais
- Rhône-Alpes
- Ile-de-France
- Pays de la Loire
- Midi-Pyrénées

et dans une moindre importance

- Lorraine
- Provence-Alpes-Côte d'Azur

Par ailleurs, on relève ci-dessous la courbe de conductance qui renseigne sur la durée moyenne actuelle de conduite routière continue qui peut être prise, dans le cas de l'aérostat lourd, comme intervalle de temps maximal séparant une base de positionnement AVEA d'une zone client.



Nota : En réalité, cette courbe a été ajustée sur la fonction $1/(4+T_{ij}^{*2,6})$ après prise en compte d'un décalage de 50 mn réglementaire de pause après 3h 30 à 4h 30 de conduite.

En effet, au-delà de cet aspect réglementaire qui pourrait être de nature différente pour l'AVEA, il apparaît, chez ses « armateurs » pressentis, que cette durée d'environ 4 h, au niveau d'une exploitation quasi-hexagonale, constituerait le délai maximal de mise à disposition du dirigeable chez le client-chargeur ; ceci dans une optique à la fois de réactivité s'approchant d'une démarche « just in time » visant une satisfaction maximale du client et de limitation des éventuels trajets à vide dans un souci d'optimisation budgétaire. Il est à noter que la modification des caractéristiques du fret JIT s'est accompagné d'une redistribution de la répartition modale : 63% des entreprises déclarent avoir changé de mode de transport en adoptant le JIT. On pourrait s'attendre à une attitude similaire dans le fret exceptionnel avec l'introduction sur le marché du dirigeable lourd. Ceci viendrait donc renforcer les prévisions effectuées à la première partie de ce rapport.

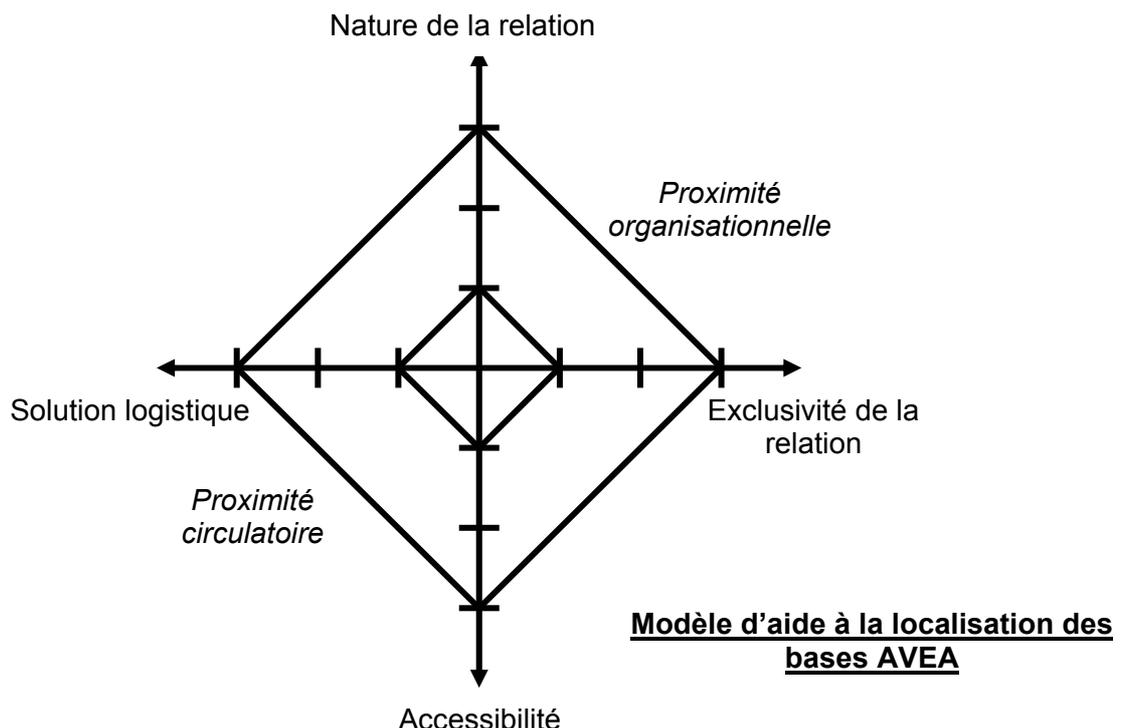
En outre, avec les performances de l'AVEA, un délai de 4 h à partir d'une de ses bases de positionnement permet de drainer une zone de près de 800 km de diamètre (on se situe ici dans une analyse de type national ; le trafic intercontinental n'est pas pris en compte dans ce chapitre : il constitue une logique d'exploitation différente), ce qui, pour une entreprise conventionnelle de transport exceptionnel, augmente considérablement son aire de marché et surtout ses performances (amélioration des communications) par rapport à la situation

actuelle. Il s'ensuit donc une présence mercatique plus forte et une meilleure compétitivité du fait d'économies d'échelle désormais possibles avec l'aérostat lourd pour les transports hors normes.

On aboutirait ainsi à une modélisation de la notion de « proximité » dans une logique JIT appliquée désormais à l'industrie mécanique, caractéristique des petites séries. Cette proximité se veut l'arbitre d'une dimension organisationnelle traitant de la nature de la relation (sous-traitance, co-traitance, partenariat) et de son exclusivité (dépendance, multi-clients, diversification), et d'une autre circuloire considérant les aspects logistiques (globale, partielle, pauvre) et « accessibilité » (faible, moyenne, forte). Elle résulte donc de l'interaction de quatre forces :

- la nature de la relation : plus les agents construisent une relation dense, plus la proximité spatiale sera recherchée. Au partenariat correspond un fort besoin de proximité ; à la co-traitance, un moindre besoin ; à la sous-traitance, une indifférence totale.
- L'exclusivité de la relation : plus le transporteur sera dépendant d'un donneur d'ordres, plus il sera enclin à se rapprocher de lui. A la dépendance, nous associerons donc une forte tendance à l'agglomération ; au multi-clients, une proximité spatiale relative ; à la diversification, une indifférence totale.
- La solution logistique : plus la solution logistique est sophistiquée, plus il est facile de gérer les distances, d'autant plus faible est donc la nécessité d'un rapprochement physique. A la logistique pauvre, correspond une forte tendance à la concentration géographique ; à la logistique partielle, un moindre besoin ; à la logistique globale, une indifférence totale.
- Les supports physiques : plus les firmes ont accès à des communications performantes, plus il leur est facile de réduire les distances et donc, plus il leur est possible de s'éloigner géographiquement. A une accessibilité faible correspond une forte logique de polarisation ; à une accessibilité moyenne, une moindre ; à une accessibilité forte, une indifférence totale.

Ces quatre éléments agissent comme autant de forces centrifuges ou centripètes attirant le transporteur auprès de son donneur d'ordres ou le repoussant. En leur accordant une pondération équivalente et dans la mesure où ces forces agissent de manière indépendante, nous pouvons présenter une vision synthétique de leurs actions à l'aide d'une représentation graphique.



La figure est composée de quatre axes : chacun représente une des forces agissant sur le besoin de proximité tel que défini ci-dessus. En ce qui concerne la dimension organisationnelle (partie supérieure droite du graphique), nous retrouvons : l'exclusivité de la relation sur l'axe horizontal qui est gradué en partant de l'origine, par la dépendance, le multi-clients, la diversification de la relation ; la nature de la relation sur l'axe vertical gradué par le partenariat, la co-traitance puis la sous-traitance.

Pour la dimension circulaire (partie inférieure gauche), les axes représentent : horizontalement, la solution logistique adoptée, toujours en commençant par l'origine, l'abscisse est graduée par une logistique pauvre (traditionnelle), partielle, globale ; verticalement, le niveau d'accessibilité qualifié de faible, moyen, fort. A partir de là, tout rapprochement de l'origine s'interprète donc comme une tendance à l'agglomération des firmes et inversement, un déplacement vers les extrémités, correspond à une tendance à la dispersion géographique. Cependant, nous avons noté qu'aucune des forces n'est susceptible à elle seule de conduire à l'agglomération des firmes mais, qu'au contraire, c'est le recoupement de leur influence mutuelle qui permet d'expliquer l'attraction des transporteurs autour de leurs donneurs d'ordres. L'intérêt du graphique proposé provient du fait qu'il permet de représenter simultanément l'ensemble des influences.

Ainsi, lorsque les quatre forces se conjuguent pour pousser simultanément à la concentration, un losange resserré autour de l'origine se dessine (Cf. graphique). Nous le qualifierons de losange de polarisation puisqu'il traduit un besoin de proximité immédiate : les transporteurs dont les structures organisationnelle et circulaire s'inscrivent à l'intérieur de ce parallélogramme devront s'agglomérer autour de leurs donneurs d'ordres afin de satisfaire par exemple aux conditions du JIT. A l'inverse, lorsque l'ensemble des forces pousse à la déconcentration, la proximité spatiale ne sera pas désirée ; se dessine alors un losange, toujours centré sur l'origine, mais qui ne passe pas par les extrémités des axes.

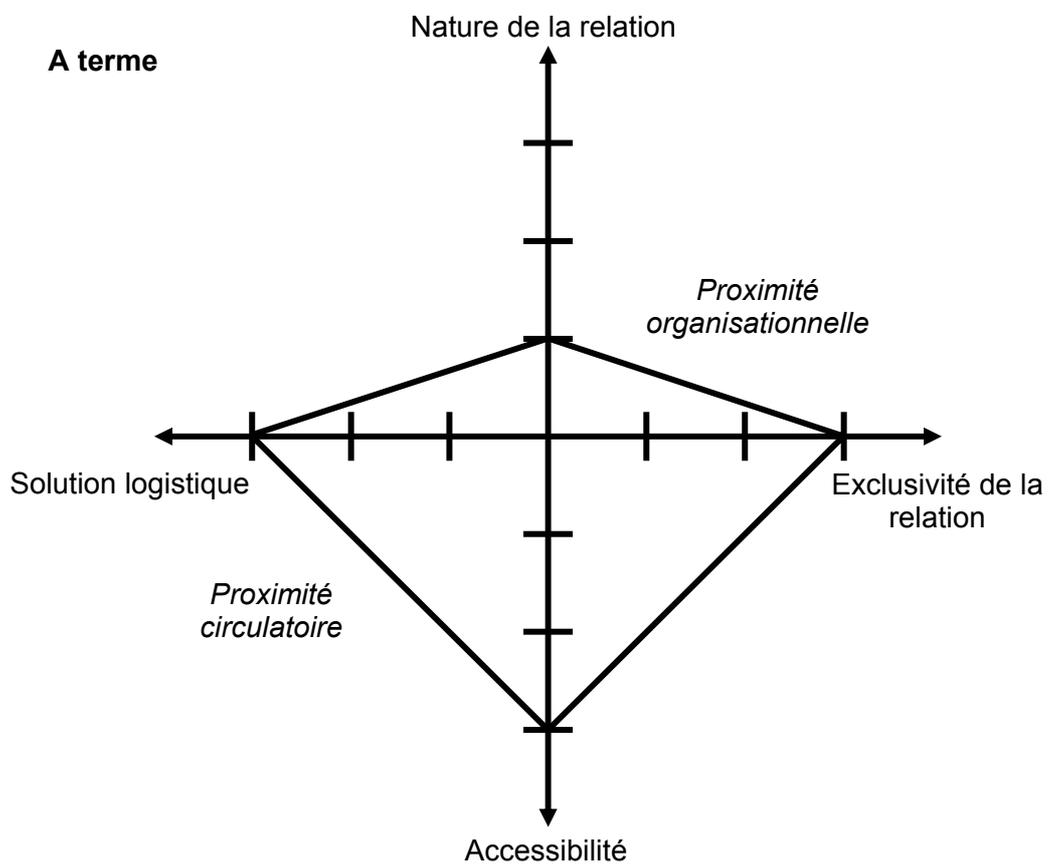
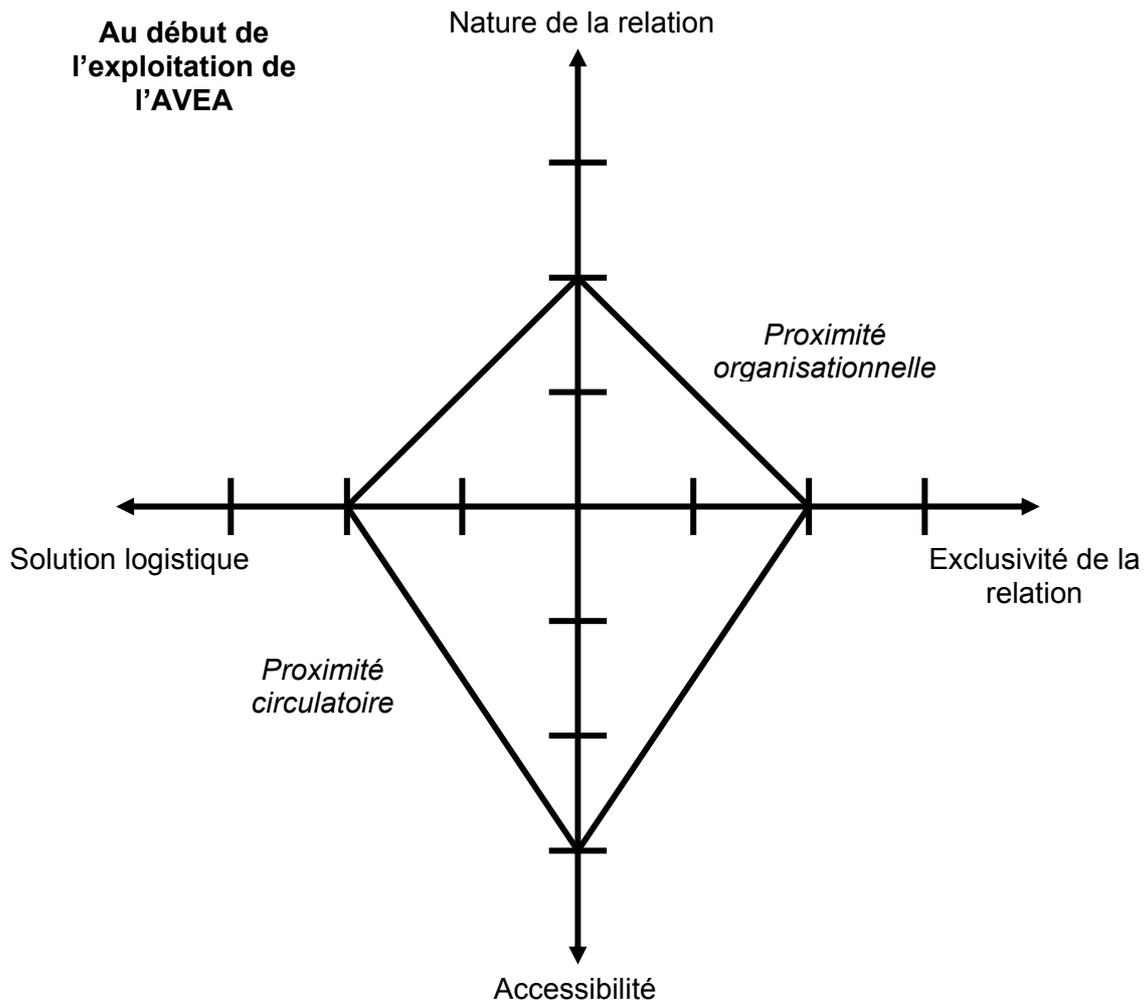
Dans la réalité, ces deux situations polaires ne se réaliseront que rarement : les forces peuvent opérer de manière opposée. C'est justement la prise en compte de ces situations intermédiaires qui va permettre d'esquisser la logique de positionnement des bases de l'AVEA.

En effet, le futur exploitant de l'aérostat devrait être en mesure, à terme :

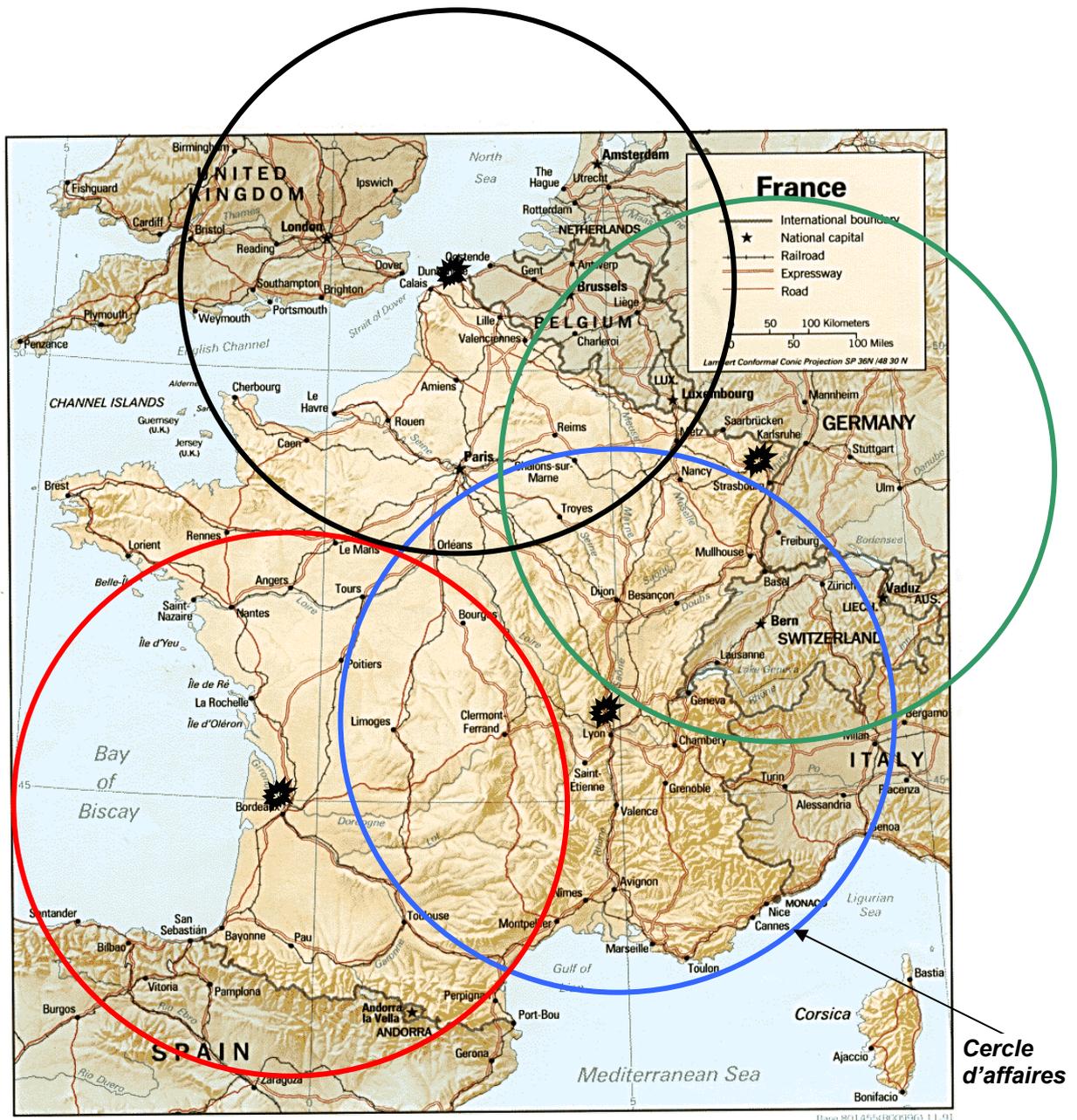
- de gérer parfaitement les distances d'où une accessibilité forte et, a posteriori, un redéploiement des localisations des firmes. Ceci relève de la problématique « interaction transport-espace » que l'on ne traitera pas dans ce rapport
- de développer une maîtrise totale de la chaîne logistique des « colis lourds et/ou encombrants », d'où une relation qualifiée de logistique globale
- d'aboutir à une logique de partenariat au sein d'une stratégie entrepreneuriale de non dépendance vis à vis de son client, soit une diversification de ses donneurs d'ordre.

Il est évident, qu'au départ et compte tenu de la haute technicité qui prévaut à l'exploitation du dirigeable, la situation ne serait pas telle qu'elle est décrite ci-dessous en raison d'une période de mise en route du nouveau mode de transport considéré. On sera donc dans un schéma, plus timide, de logistique partielle, de co-traitance, de multi-clients et, tout de même, d'accessibilité forte dès le départ due à l'essence même de l'AVEA.

Graphiquement, ces deux états se présentent comme suit :



Compte tenu de ce qui précède, notamment des déterminants spatiaux, on obtient concrètement quatre bases de positionnement de l'AVEA sur le territoire français. Ces localisations ont été obtenues grâce une construction s'inspirant du modèle GA « greedy adding » présenté pour la première fois par R. Church et C.R. Velle (1974) qui consiste à démarrer avec un jeu de solution vide et à ajouter à ce jeu les meilleures localisations l'une après l'autre. Ainsi, la construction s'est faite en commençant par la zone de production nationale la plus importante, en l'occurrence, l'Alsace, pour l'industrie mécanique de manière globale, avec comme point barycentrique, Strasbourg, puis la région Rhône-Alpes avec Lyon, enfin les zones de transit d'Aquitaine et du Nord-Pas-de-Calais. Avec un diamètre d'opération de près de 800 km pour chaque région repérée et en gardant en équation la notion de proximité spatiale telle qu'appliquée à l'AVEA (Cf. graphiques précédents), on est arrivé à couvrir pratiquement le territoire français et les zones frontières allemande, belge, suisse, italienne, britannique et espagnole comme le laisse montrer la carte suivante :



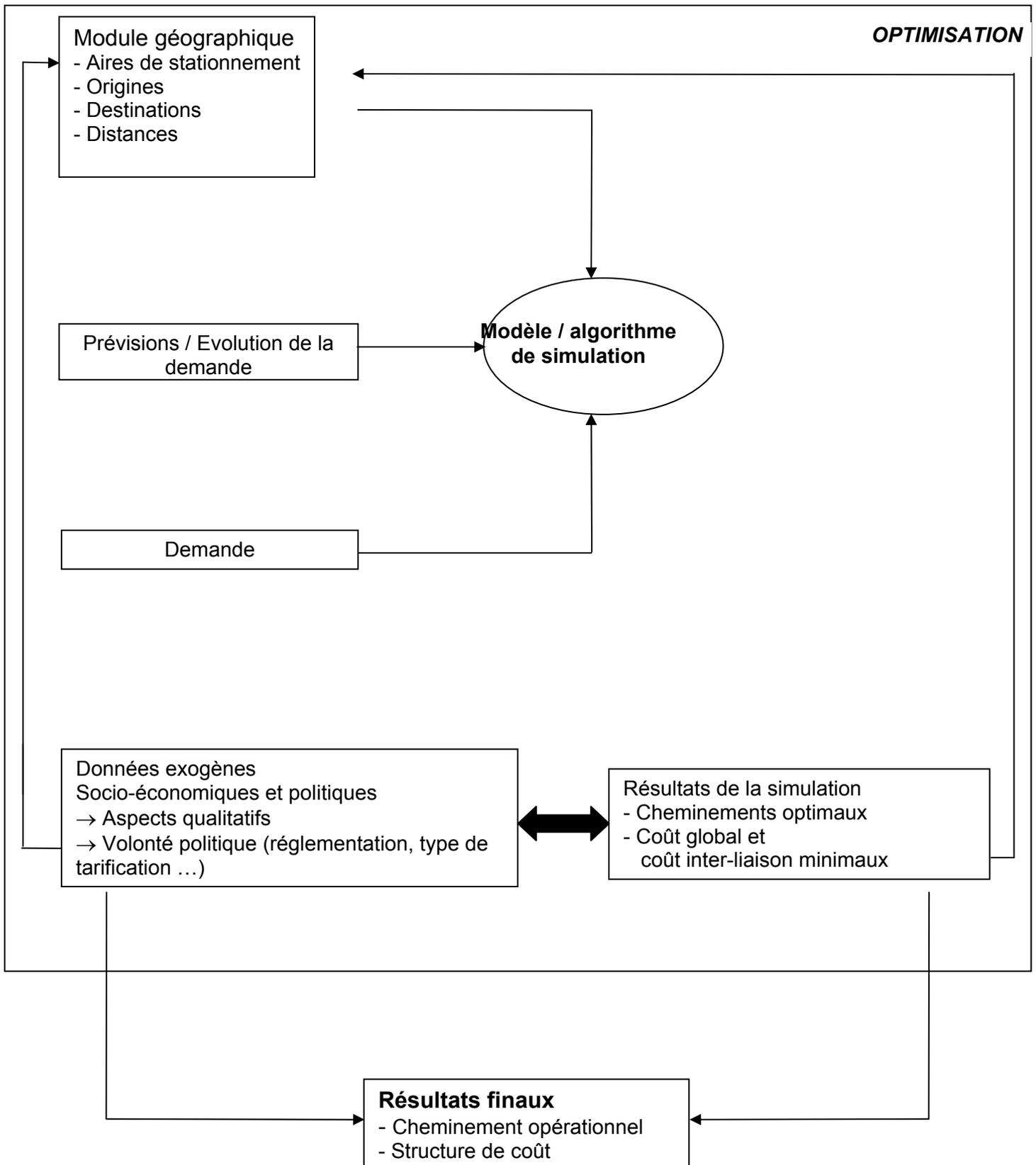
Malgré le fait que certains pôles majeurs tels que Paris et région (production des lanceurs Ariane aux Mureaux et à Limay) ou Le Havre ne soient pas des zones de positionnement de

l'AVEA n'est guère étonnant car, quoiqu'ils représentent des aires d'activité économique prépondérantes, ils ne se situent pas en première ligne pour les envois exceptionnels (Dunkerque comparé au Havre dans cette activité, en plus de la proximité géographique de Dunkerque par rapport à la Grande Bretagne qui est un facteur de compétitivité certain du dirigeable). On peut néanmoins constater que ces pôles sont parfaitement irrigués par le réseau AVEA tel qu'il a été projeté dans cette étude.

Aussi, ce qu'il faut surtout retenir de cette construction, c'est, outre une liaison en moins de 4h entre tous les pôles économiques importants faisant partis d'un même cercle d'affaires, une **limitation des trajets ou retours à vide** : en effet, l'AVEA, à partir de n'importe quelle destination, peut rejoindre une de ses bases de positionnement en un maximum de quatre heures.

Par ailleurs, notons que la construction des cercles d'affaires effectuées ci-dessus sur la base de considérations macro-économiques répond parfaitement à la répartition des pôles majeurs de BTP recensés actuellement en France (Cf. rapport « Enquêtes AVEA » p 70), ce qui vient reconforter la méthodologie employée.

Aussi, une des suites à donner à cette modélisation est la confrontation de ce résultat issu de considérations socio-économiques à celui obtenu par conceptualisation mathématique (recherche opérationnelle). Ceci pourra faire l'objet d'une étude ultérieure selon le schéma suivant :



III. La modification des processus logistiques et de production :

Avant de décrire en quoi consiste cette modification des processus logistiques et de production - le terme modification des processus de fabrication au lieu de production serait plus juste dans l'analyse qui va suivre - qui s'appuie sur les enquêtes menées, nous allons essayé tout d'abord de proposer une théorisation de cet aspect afin de fournir une preuve à l'analyse que l'on effectuera.

1. Vers une formalisation de la modification des processus

Comment évoluera le transport (les besoins en matière de transport) des charges lourdes et/ou encombrantes à l'avenir ?

L'idée centrale de cette partie est que les caractéristiques physiques des produits (poids, volume, conditionnement, contraintes spécifiques, nature ...) sont, certes, déterminantes pour l'organisation du transport mais sont loin d'expliquer, à elles-seules, le choix d'une organisation du transport et de la logistique. Le fondement sur lequel nous nous basons est qu'une réflexion gravitant autour de considérations logistiques doit prendre en compte, outre les caractéristiques physiques des produits et celles liées à l'offre de transport, un certain nombre de critères qui relèvent de l'organisation industrielle : caractéristiques de la production, du marché et de l'organisation de la « firme-chargeur ».

Pour illustrer ce qui vient d'être énoncé, on réalise ci-dessous un inventaire des critères de différenciation des organisations logistiques et productives :

Critères	Attributs
Nature du produit	Caractéristiques physiques du produit Contraintes techniques pesant sur sa production et son transport Caractéristiques commerciales influençant les modes de circulation
Nature du processus de production <i>- Ce facteur peut contribuer à expliquer la structure du marché -</i>	Economie d'échelle : petites séries, grandes séries, unités (c'est le cas le plus courant pour les futurs transport en dirigeable) Economie de variété : différenciation, diversification Production continue/discontinue ou intermittente Intensité capitalistique Flexibilité Délais techniques Complexité technologique du processus de production
Nature des ressources <i>- Ce facteur peut contribuer à comprendre la localisation et la stabilité d'une implantation, ainsi que la place relative de l'offre de transport qui peu être considérés comme une ressource, le plus souvent générique dans un secteur délimité -</i>	Nature des équipements productifs : génériques ou spécifiques Degré de spécialisation des moyens de production Importance des investissements
Nature de la demande <i>- Ce facteur peut notamment expliquer le degré d'intégration de la logistique dans les systèmes de production (rapprochement des cadences de production et de distribution) -</i>	Type de clients Position dans la filière Concentration de la clientèle (industrielle/spatiale) Relations avec les clients Production sur stock ou sur commande

	Production sur spécification Produits à standard ou à façon Variabilité de la demande : durée de vie commerciale
Organisation de la production - <i>Ce facteur exerce notamment une influence sur la nature et l'organisation des flux de et vers la firme</i> -	Degré d'intégration verticale de la production (intégration, sous-traitance, co-traitance) Nature des relations en amont et en aval

Notre analyse postule que la combinaison des critères ci-dessus aboutit à décrire un certain nombre de types de coordination de la production qui vont influencer, à leur tour, les rapports qu'entretiennent les activités de production à leur environnement et notamment l'articulation avec la circulation et le système de transport. Dans ce domaine, nous pouvons distinguer entre deux groupes de critères :

- Configuration spatiale : Transnationalité
 - Mono ou multi-établissement
 - Accessibilité du site de production
 - Concentration/dispersion spatiale des clients
 - Concentration/dispersion spatiale des fournisseurs

- Organisation du transport et de la logistique : Coût de transport
 - Taille des envois/réceptions
 - Diversité des envois/réceptions
 - Modes de transport
 - Externalisation du transport
 - Externalisation de la logistique
 - Délais de livraison
 - Fréquence de livraison/d'approvisionnement
 - Contraintes de transport

De même, l'organisation du transport et de la logistique, dans une logique de « retour sur enseignement », instruira et influera également sur les activités de production décomposées selon les critères identifiés dans le tableau qui précède. On assiste donc à un système rétroactif.

Ceci aboutit à un premier constat spécifique au projet que l'on traite consistant à nier le fait que le dirigeable lourd **induirait une modification des processus logistiques et de transport**. L'AVEA est considéré dans le système ainsi modélisé comme une ressource et exercera tout au plus un effet d'accompagnement favorisant une éventuelle modification dont l'existence et même l'ampleur dépend d'une combinaison multi-critère où le moyen de transport n'est qu'un élément. Cette conclusion à caractère théorique se trouve largement confirmée à travers les propos et réflexions tenus par les industriels à divers niveaux sectoriels.

Nous allons à présent préciser cette réflexion issue des travaux d'économie régionale et industrielle en proposant une approche de la production en termes de coordination entre transformation et circulation. Sur le plan analytique, on envisage l'activité de production comme un ensemble composé de tâches de transformation, d'un côté, et de circulation, de l'autre. Cette différenciation s'appuie notamment sur la distinction entre transformation et transaction dans l'école suédoise du réseau (Hakansson, 1987), sur la séparation des activités de production en production de biens matériels, d'un côté, et services d'intermédiation et de circulation, de l'autre, chez Beckouche/Damette (1993), ainsi que sur les analyses de Storper (1995).

Les activités de transformations peuvent être définies comme la combinaison de ressources (génériques ou spécifiques) dans le but de produire un objet (bien ou service) destiné à une demande. Il s'agit donc ici du cœur des activités de production au sens strict. En termes de

fonctions, ces activités concernent la fabrication concrète mais aussi la conception de produits et de processus, ainsi que la gestion et le management. Par activité de circulation, on entend l'ensemble des activités concernant la mise en relation du processus de transformation avec son environnement, constitué de ressources, de demandeurs et d'autres producteurs. Il s'agit ici de l'ensemble des liens avec les sous-traitants et les fournisseurs en amont, les distributeurs et les concessionnaires en aval mais aussi de tous les liens horizontaux pouvant exister dans l'éventualité d'accords de coopération avec d'autres entreprises ou dans la coordination entre établissements d'une même entreprise.

Cette distinction entre transformation et circulation nous permet de séparer analytiquement et d'aborder la coordination entre les deux types d'activités. Nous avançons deux hypothèses de base :

- la relation entre les mutations dans les transports et celles des dimensions spatiales, des dynamiques industrielles ne relève pas d'un déterminisme de l'effet du transport sur l'économie. Les formes que prennent les activités de circulation sont le résultat de l'organisation de la production (ce qui n'exclut pas des effets en retour comme déjà mentionné). Plus en amont, la nature de l'organisation va dépendre de celle de la demande (générique ou spécifique) et se traduire dans les configurations productives par la nature des ressources échangées et la place respective accordée à l'organisation de ces flux de ressources ou à leur transfert physique.
- Il existe une pluralité de modes de coordination des activités.

Le corollaire de ces deux hypothèses de base est que les différents modes de coordination de la production appellent des formes d'utilisation du transport différentes : les entreprises mobilisent le système de transport de façon différenciée suivant les modes de coordination de la production. C'est de ce corollaire que l'on déduit la nécessité de construire une grille d'analyse des logiques de coordination afin d'en déduire les formes de transport utilisées et par suite, selon un raisonnement en arrière, leur impact sur la logistique et les processus de production.

De nombreux travaux récents en économie industrielle proposent des grilles de lecture pour saisir la nature des mutations en cours au sein du système productif parmi lesquels ceux de Salais et Storper (1993) que l'on retiendra dans cette démonstration. Ils analysent les trajectoires de développement économique à travers une grille d'analyse en termes de « mondes de production », concept qui exprime un idéal-type de formes de coordination économiques, de natures (ou qualités) de produits et de registres élémentaires d'action mis en œuvre pour la réalisation de ces produits. Ces mêmes auteurs distinguent quatre mondes possibles qui s'opposent suivant deux axes.

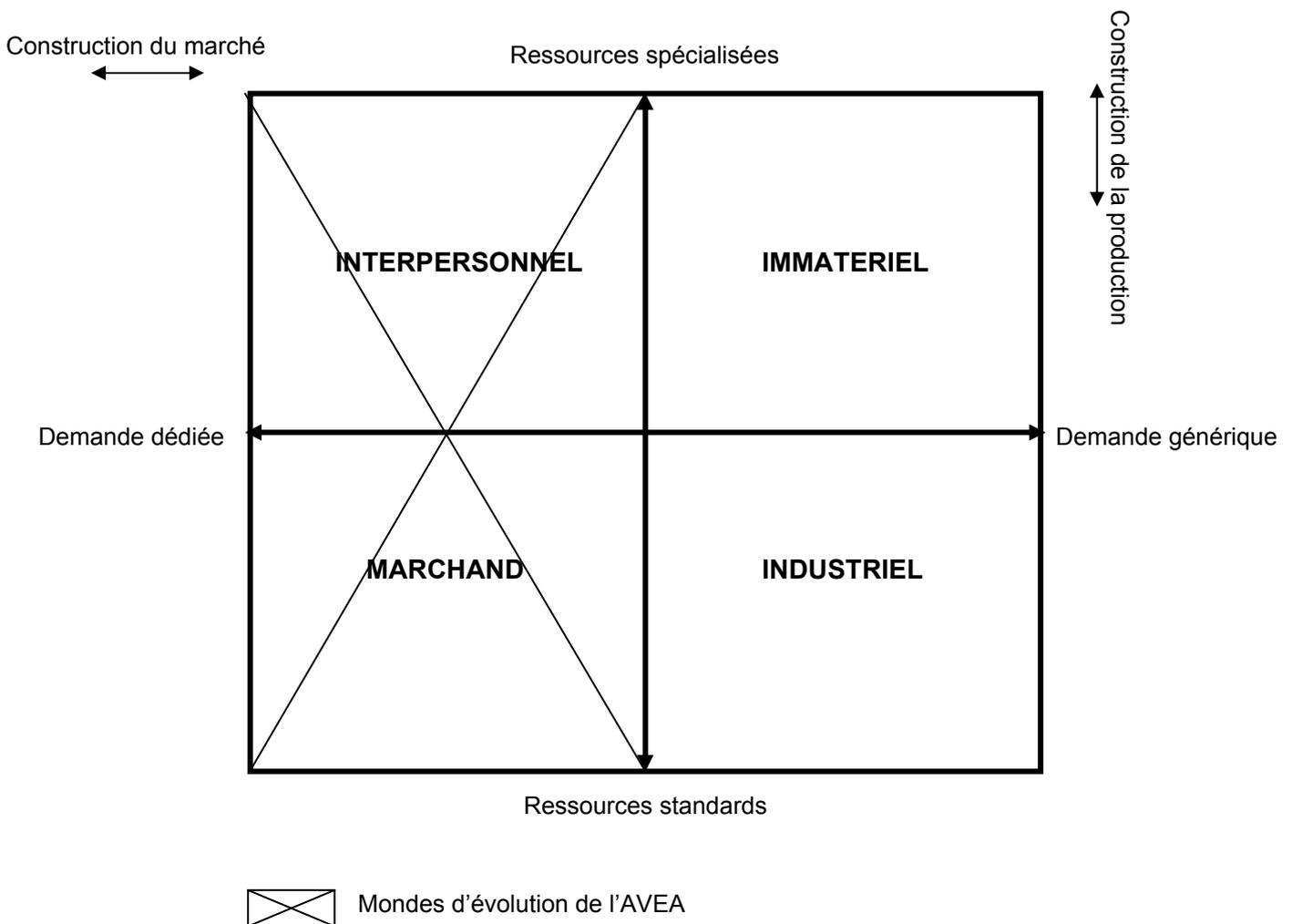
- L'axe de la construction du marché oppose les produits génériques anonymes quant à leur destination et définis indépendamment de l'identité du demandeur aux produits dédiés, situation où un produit correspond à chaque demande unique dans sa spécification.
- L'axe de la construction de l'action productive oppose des produits spécialisés, élaborés à partir de facteurs de production dédiés, aux produits standards dont les qualités intrinsèques ne sont pas liées à l'identité et à la spécificité des facteurs qui ont servi à leur élaboration.

La combinaison de ces deux axes aboutit à la distinction de quatre mondes de production : industriel, marchand, immatériel et interpersonnel d'après la dénomination fixée par Salais et Storper.

- Le monde de production industriel : il s'agit de produits standards (élaborés à partir d'actes de travail et de technologies standardisées) et génériques (destinés à une demande différenciée). C'est le monde de la production de masse, fondé sur la réalisation d'économies d'échelle, sur la concurrence par les prix et sur le rôle moteur de l'offre.

- Le monde de production marchand : ce type concerne les produits standards (élaborés à partir de ressources standardisées) mais répondant à une demande particulière à un instant donné. Le pilotage de la coordination se fait par la demande. La concurrence se fait sur le prix, la qualité ainsi que sur le délai de satisfaction de la demande voire sur le juste à temps.
- Le monde de production immatériel : dans la situation paradoxale de la production à partir de ressources spécialisées qui répond à une demande générique, le producteur produit « de la nouveauté » en requalifiant des objets existants et en définissant pour la collectivité l'usage et la qualité des nouveaux produits. Il sollicite ainsi une réorientation de la demande. Ce monde est fondé sur l'existence de processus d'innovation et d'apprentissage.
- Le monde de production interpersonnel : la production est différenciée et de haute qualité. Comme dans le cas précédent, elle est fondée sur le caractère spécialisé et localisé des savoirs. L'intensité en transactions internes et en contenu informationnel est élevée, elle est basée sur le partage d'une représentation commune, fruit de la mémoire de processus d'apprentissage collectifs antérieurs.

En appliquant cette typologie au cas de l'AVEA, plus particulièrement à ses secteurs d'activité recensés au premier chapitre de cette étude, on remarque que l'on évolue dans les mondes de production « marchand » et « interpersonnel ».



A présent, nous allons développer la relation entre « mondes de production » et circulation dans l'espace en nous appuyant sur la notion de « proximité » qui a été présentée dans le chapitre 2 de ce rapport et ce, afin d'introduire la dimension spatiale dans la réflexion.

On fait à nouveau référence dans ce point aux « mondes de production » de Salais et Storper (1993) dont on se servira comme outil de représentation de la complexité des logiques de coordination aboutissant à la production d'un bien. Il apparaît en effet que, selon le registre d'action des entreprises, la coordination externe des activités change faisant ainsi référence à des catégories de proximité fort différentes. Soulignons qu'il ne s'agit en aucun cas ici d'aboutir à une situation simple où un monde de production correspond de manière ferme à un type donné de proximité. Il s'agit simplement de noter que certains types de proximité paraissent devoir se rencontrer plutôt dans certains mondes possibles que dans d'autres.

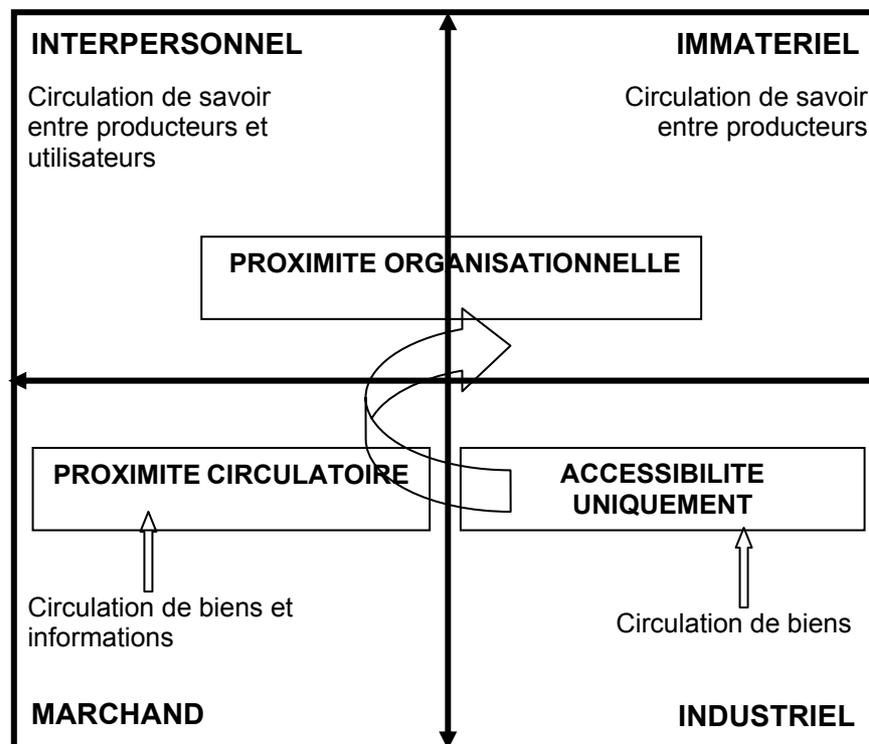
Dès lors, on présentera ci-après uniquement les mondes de production possibles - y compris leur articulation avec la logique « proximité » - dans lesquels l'AVEA pourrait intervenir.

- **Le monde de production marchand :** Dans le cas de la production à partir de ressources standardisées pour une demande dédiée, la fonction de commercialisation/distribution devient centrale. La circulation porte avant tout sur des interactions marchandes mais elle associe les flux de biens aux flux d'informations. Ici le rôle du transport devient stratégique : il doit assurer une circulation très rapide et fiable des produits suivant un principe de fragmentation des lots et de juste à temps et permettre ainsi d'améliorer la réactivité de la production (afin de « coller à la demande ») et le taux de service (de satisfaction). La dimension spatiale ne représente, dans ce monde, que le coût de franchissement de la distance. Elle est de faible importance. Si elle existe, elle permet seulement de réduire les contraintes pesant sur les coûts de transport. Ce dernier, en revanche, s'intègre dans le concept plus large de logistique permettant de relier l'offre à une demande diversifiée et de véhiculer également l'information attachée aux produits. La proximité demeure faiblement représentée par sa dimension circulatoire. Il s'agit simplement d'adapter les flux de produits aux variations et à la segmentation de la demande, ceci au moindre coût.
- **Le monde de production interpersonnel :** Dans ce monde, les firmes produisent à façon pour une demande spécifique ; les grands équipements industriels ou encore les services hautement spécialisés liés à la production font partie de ce groupe. Là, par contre, la logistique ne joue qu'un rôle mineur. Le transport de marchandises se fait à une échelle plus spécialisée, plus petite et voire, assez souvent, en compte propre. Cependant, le JIT est une tendance très forte. Les interactions face à face, grâce à de nombreux déplacements et parfois une localisation à proximité des clients, apparaissent comme le moyen de coordination le plus important entre producteurs et clients. On trouve également une utilisation intensive de tous les moyens de télécommunication dans les interactions avec les clients et les fournisseurs. Les contacts fréquents permettant l'ajustement mutuel, les réseaux interpersonnels et, plus généralement, les interactions non marchandes semblent essentiels pour établir la confiance.

Ainsi, le développement de la logistique et du juste à temps, analysé comme une tendance majeure à l'heure actuelle, est particulièrement lié au monde marchand. C'est ici que la circulation physique des produits (c'est à dire le transport) prend une importance capitale dans la stratégie du producteur. L'évolution de la logistique traduit une production de transport dédiée.

Le monde de production interpersonnel, quant à lui, est fondé, avant tout, sur une circulation de l'information et du savoir liée à la proximité organisationnelle des acteurs. Le transport, au sens strict de support de flux physiques, n'intervient donc pas ici en tant qu'élément stratégique. Or, c'est ce monde - et celui de la production immatériel - qui connaît le plus fort dynamisme en terme de croissance.

Les aspects organisationnels et institutionnels de la proximité apparaissent comme fondamentaux dans le monde interpersonnel. La logique marchande prend, quant à elle, une place intermédiaire dans la mesure où la proximité « circulatoire » nécessaire à ce monde comporte une dimension organisationnelle (fiabilité, adaptation, traçabilité ...).



Nous avons ainsi pu mettre en relief le lien complexe existant entre la production, le transport, l'espace et le développement, et l'appliquer au cas de l'AVEA - identification des mondes de production - afin de saisir la logique visant à une éventuelle modification des processus logistiques et de production.

Fort de cette modélisation, on affirme que la « mise à la consommation » de l'AVEA accompagnera principalement et, dans un premier temps du moins, une modification des processus logistiques dont l'intensité du changement se fera par étapes.

En outre, il n'y aura pour ainsi dire pas de modification des processus de production lesquels sont animés d'une plus forte inertie car ils dépendent, comme on l'a vu dans la théorisation développée ci-dessus, d'une multitude de facteurs et d'acteurs dont le poids reste prédominant par rapport au seul transport qui, même dans le cas particulier des industries développant une certaine « dépendance » vis à vis de ce vecteur, ne constitue en réalité qu'une ressource au même titre que tant d'autres. De ce constat, nous pouvons avancer également que, même dans des secteurs enclins à une flexibilité d'œuvre et d'organisation forte comme le BTP, la modification des processus de production « encouragée » par l'AVEA ne se fera que progressivement en commençant sûrement par la réalisation de constructions phares à l'image du futur Viaduc de Millau dont les économies sur la durée (amélioration notamment de la logistique de chantier), sur l'étaillage, sur certains frais fixes et, compte tenu des difficultés d'accès au site, génèreront un gain financier total de l'ordre de 10 à 15% représentant dans l'absolu près de 300 millions de FF. Cet état de fait concernant une modification timide des processus de production, dans une première étape, a été confirmé par l'attitude de professionnels de ce secteur, en l'occurrence Bouygues, GTM, Vinci et Razel Frères. Le développement massif et généralisé d'usines de préfabrication pourrait se produire mais dans un avenir éloigné qu'il ne convient pas dans cette étude macro-économique de prévoir. On se contentera, dans un premier temps, des unités existantes.

Plus généralement, il en va de même d'un possible redéploiement géographique d'unités de production jusque là astreintes à un voisinage à proximité de voies navigables à fort gabarit ; l'exemple de leur agglomération autour de Châlon-sur-Saône en France est frappant. En conséquence, il ne faudra pas s'attendre à un changement significatif des processus de production à part certains secteurs cherchant encore à asseoir leur position sur le marché, donc encore libres de tentatives, à l'instar du créneau « maisons transportables » et ce, comme le démontre pragmatiquement les entretiens auprès des chargeurs potentiels de l'AVEA. La différence notable à observer est la disparition de la phase « assemblage à blanc » en usine puis désassemblage pour le transport, ainsi que, partiellement, des travaux de réassemblage et de finition sur le site final d'utilisation du produit acheminé ; facteurs qui seront implicitement pris en compte dans le choix du mode de transport par le chargeur et intégrés dans le phasage logistique. Toutefois, il convient de rester prudent quant au potentiel d'économie lié aux travaux de finition sur site qui se feront, avec l'AVEA, en unité de production et non plus sur le lieu d'utilisation et ce, particulièrement pour les exportations en direction des pays d'Afrique, du sud-est asiatique et du Moyen Orient. Ce constat a également été rapporté par **Technip** qui ajoute : « *Si, a priori, le transport par l'AVEA d'équipements calorifugés et habillés en usine pouvait constituer une économie au plan d'une diminution des coûts de construction sur le site, il a été constaté par les services « **Cost Control et marchés** », que les statistiques chiffrées ne confirmaient pas cette tendance. En effet, dans les pays à faibles coûts de main d'œuvre, tels que le Moyen Orient, le sud-est asiatique, la CEI ou encore l'Afrique, dont le marché local offre également la possibilité de s'approvisionner à un prix compétitif en fers et aciers travaillés (échelles et plates-formes pour l'habillage de colonnes par exemple) ou autre calorifuge, il s'avère plus rentable d'y faire réaliser ces prestations même en intégrant, dans le cas du calorifuge, un coût de transport containérisé, donc modeste, depuis l'Europe. Il faut savoir, en outre, que les opérations d'habillage et de calorifugeage ne constituent pas le métier de base des chaudronniers en général et européens, en particulier, lesquels sous traitent ces activités avec à la clé, une plus value et des coûts de main d'œuvre et d'achat de matières premières inférieurs à ceux pratiqués dans les pays européens exportateurs* ».

Cette situation reste nuancée voire différente pour les réalisations européennes dans le cas notamment du « revamping » en raison d'aspects essentiellement logistiques relevés par Technip et Alstom qui avancent deux principaux critères :

- manque d'aires de travail sur des sites existants afin de réaliser l'habillage et le calorifugeage
- période d'« arrêt » d'un complexe en général très réduite pour exécuter le remplacement d'équipements qui devront être livrés « prêts à être montés ».

Une autre modification liée aux processus de production concerne la possibilité pour un industriel, si la demande l'exige, de produire des équipements plus gros et, par suite, plus performants. Une fois encore, cette possibilité peut être capitalisée dans le cadre d'une analyse logistique globale car elle ne change en rien les lignes directrices de la production.

Aussi, l'estimation du trafic transférable à l'AVEA effectué au chapitre 1 de cette étude reste recevable et significative au regard des éléments ci-dessus. Les calculs de rentabilité à mener pourraient très bien se faire sur cette base.

La suite de ce rapport portera donc sur les mécanismes propres au système logistique dont fera parti le dirigeable et qui constitue une tendance plus certaine de l'évolution du marché des industries a priori concernées par le dirigeable lourd.

2. Le système logistique

Comme il a été diagnostiqué dans le paragraphe précédent, l'AVEA évoluera dans les mondes de production « marchand » et « interpersonnel ». A noter que la composante logistique est fortement présente pour le cas « marchand » dans lequel les activités de

l'industrie mécanique en général, ainsi que celles du BTP sont bien représentées. Au niveau du monde interpersonnel, la logistique ne joue par contre qu'un rôle mineur. On trouve dans ce milieu les grands équipementiers et les intégrateurs. Toutefois, bien que la logistique ne soit pas prépondérante dans cet « univers » interpersonnel, le JIT est une tendance très forte qui induira une refonte dans l'organisation du transport et là, l'AVEA aura un rôle à jouer.

En effet et comme le confirme les enquêtes, les grands équipementiers et les intégrateurs à l'instar de ABB Kraftwerke, VA tech, G.E ..., essaient d'adopter un mode d'organisation JIT complet ou du moins partiel (JIT aval/amont). Cependant, ils sont freinés dans leur démarche de restructuration de leur transport par les aléas de disponibilité des moyens propres à assurer un acheminement de colis lourds et ce, notamment à l'export intercontinental de/vers le site d'intégration nécessitant l'affrètement de navires (Cf. liste des contraintes au chapitre 1 de cette étude) voire d'avions type Antonov AN-124 ou Boeing 747 Cargo.

Avant de conclure quant au rôle de l'AVEA dans la diffusion des pratiques du JIT, nous distinguons en réalité entre deux degrés d'application de cette méthode d'organisation :

- Le JIT complet : pas ou peu de stocks (stocks de sécurité compte tenu d'aléas externes), ni à l'approvisionnement, ni au niveau des produits finis. Les matières et composants (en l'occurrence, produits semi-finis de taille conséquente à assembler en vue d'une usine clé en main) arrivent et les produits finis quittent l'établissement de manière synchrone au processus de transformation.
- Le JIT partiel : « disparition » d'un stock à l'un ou l'autre niveau (aval ou amont). Deux cas de figure sont possibles. Pour le JIT amont, les matières et les composants, en l'occurrence des produits semi-finis de taille conséquente à assembler en vue d'une usine clé en main (métier des intégrateurs), sont livrés selon les besoins du processus de production mais des stocks subsistent au niveau des produits finis. Pour le JIT aval, les produits finis sont expédiés dès qu'ils quittent le processus de transformation mais des stocks subsistent à l'approvisionnement.

Cette définition ne prend pas en compte l'existence de stocks (niveau d'en-cours ; la constitution de stocks d'en-cours est limitée dans l'industrie des gros équipements travaillant à la commande, cela pourrait être différent si l'émergence en force d'usines de pré-fabrication d'éléments substantiels de BTP venait à se confirmer, encouragée par un vecteur de transport adapté tel l'AVEA) à d'autres étapes de la filière et fait abstraction d'aspects importants de la production en JIT tels que l'organisation du travail ou la gestion de la qualité. Elle a, en revanche, l'avantage d'être robuste et plus facilement observable.

Dès lors, les caractéristiques physiques de l'AVEA (charge utile) et ses performances techniques (vitesse, sensibilité réduite aux aléas atmosphériques permettant une exploitation tout au long de l'année afin de pénétrer et d'orienter les habitudes des industriels-chargeurs quant à l'affrètement du dirigeable qui sera alors considéré comme un moyen sur lequel on peut compter en tout temps !) alliées à un régime d'exploitation réactif visant à des interventions dans des délais courts et à une disponibilité marquée favoriseront la mise en place plus rapidement de ces pratiques de tension des flux avec, peut-être, une généralisation du JIT partiel dans les secteurs d'activité économique retenus dans cette étude. L'AVEA accompagnera donc, voire renforcera la mise en place d'un mécanisme d'organisation déjà amorcé dont il n'est pas l'instigateur avec, en prime, un report massif des envois en sa faveur sous réserve, notamment, d'une fiabilité, d'une réactivité à l'exploitation et d'une disponibilité en tout temps et en nombre d'appareils adéquate.

a. La performance logistique

On vient de décrire la place de la logistique et d'une méthode d'organisation particulière mais majeure, le JIT, dans le cadre d'une application à l'aérostat lourd. Il est à présent important de se positionner sous l'aspect systémique de la chaîne logistique globale qui peut être décrite sous l'angle de la performance liée à une opération de transport par AVEA.

La performance est l'ensemble des composantes nécessaires à la satisfaction du client final au moindre coût. Elle se divisera en deux grandes parties :

- le service (délais, fiabilité, qualité et interactions dans la chaîne logistique)
- le coût

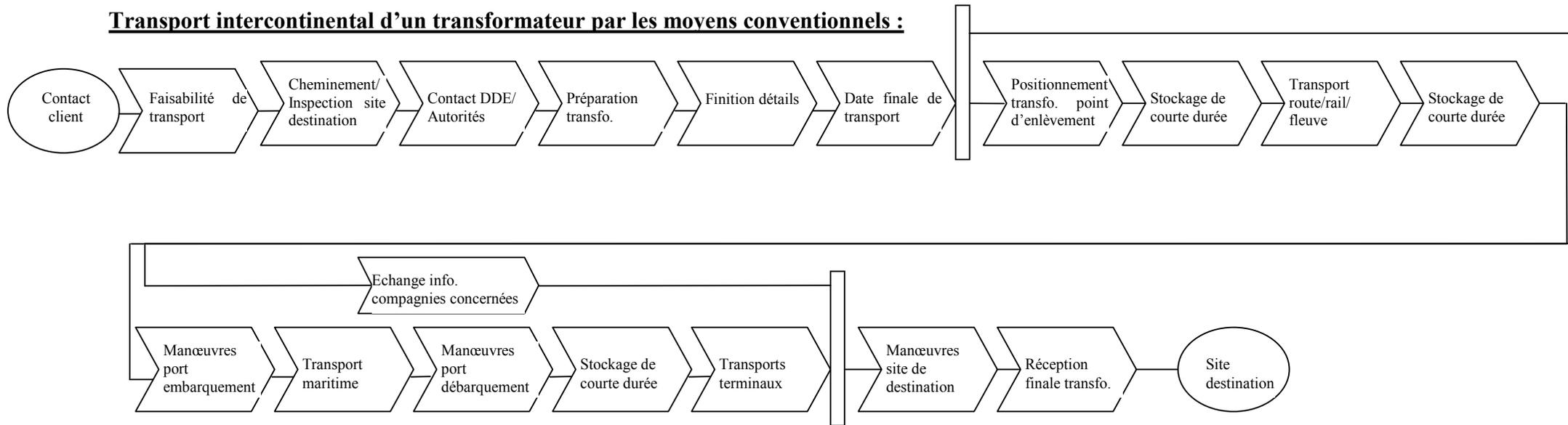
Le service :

- Le délai de transport

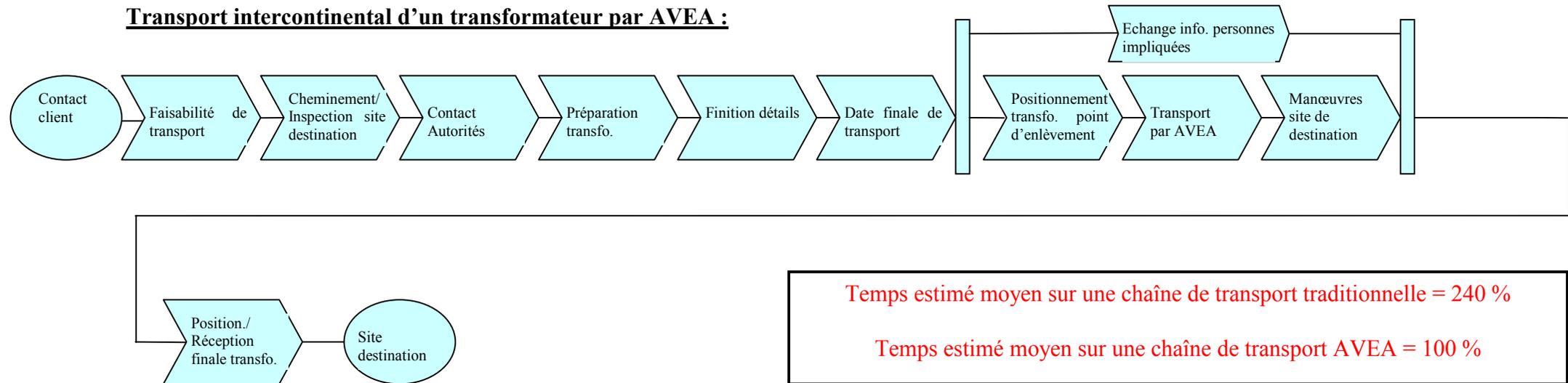
L'AVEA, compte tenu de ses performances techniques (vitesse essentiellement dont la valeur annoncée moyenne de 100 km/h paraît satisfaisante, abstraction faite des vents contraires freinant l'évolution du dirigeable), réaliserait des transports en un délai jusqu'à quatre fois moindre par rapport à la situation actuelle en ce qui concerne les opérations intercontinentales de longue distance, ce qui permet au chargeur de « recouvrer ses créances » plus rapidement d'où un impact financier positif, estimé à 5% l'année, sur la trésorerie de l'entreprise ; le client, quant à lui, ne s'en trouve que plus satisfait. Ce gain de temps est plus significatif dans les opérations de longue distance que dans celles de courte distance. L'impact, en terme de durée, serait aussi intéressant dans le cas d'un transport combiné « AVEA-Navire cargo », principalement au niveau du maillon post-acheminement principal où, contrairement aux pays équipés, on peut être amené à livrer dans des zones sous-équipées ou en manque d'infrastructures. L'usage de l'AVEA reste alors précieux pour les opérations de et vers le vecteur principal de transport qui peut être le navire-cargo dans un transport combiné, ainsi que pour les opérations de chargement/déchargement et manutention qui, moyennant des moyens adéquats, peuvent éviter les ruptures de charge. Il est donc primordial de définir précisément d'un point de vue opérationnel l'interface de levage de l'AVEA (manœuvrabilité, précision du positionnement pour l'essentiel) en collaboration avec les professionnels du secteur (ex : Fostrans, Van Semeuren, Mediacco Maxilift).

Analyse opérationnelle de la chaîne de transport d'un transformateur via AVEA versus moyens conventionnels

Transport intercontinental d'un transformateur par les moyens conventionnels :



Transport intercontinental d'un transformateur par AVEA :



Temps estimé moyen sur une chaîne de transport traditionnelle = 240 %

Temps estimé moyen sur une chaîne de transport AVEA = 100 %

- L'AVEA : un vecteur de transport fiable en même temps qu'un modérateur de programme de livraison fiable

L'un des éléments les plus importants, parmi ceux qui contribuent à la satisfaction du client, est la capacité de livrer le produit désiré dans le délai souhaité. Qu'il s'agisse d'un produit fini ou d'une composante d'un système, voire d'un voussoir ou d'une travée de pont dans le domaine du génie civil, son utilisation est programmée par le client. Si l'article n'est pas livré dans les délais, la production/la construction sera arrêtée, le client sera furieux et perdra confiance en son fournisseur.

Ni trop tard, ni trop tôt : si le fournisseur prend du retard et reporte la livraison, le client sera certainement mécontent. Si le produit est une pièce essentielle, il arrive que la production doive être arrêtée. Dans le cas d'un produit fini, le retard peut obliger l'acheteur à différer des programmes d'activité. Une livraison anticipée est, à première vue, un bon point pour le fournisseur mais des produits livrés avant la date prévue peuvent être une source de problèmes aussi graves que ceux livrés trop tard. Si le destinataire dispose d'entrepôts ou d'aires de stockage, la livraison des marchandises n'aura pas de conséquences fâcheuses. Toutefois, le cas le plus fréquent est que l'accumulation de stocks non désirés empêche une utilisation optimum de l'espace de stockage. De plus, les risques de détérioration pendant le stockage étant accrus, des mesures doivent être prises pour protéger les marchandises en excédent. En bref, des livraisons faites avant ou après les délais prévus sont un dérangement pour l'utilisateur.

Concernant les livraisons prématurées, il s'agit là d'un facteur complètement inhérent à l'organisation et à la planification de la production d'une unité industrielle. Un quelconque effet de l'AVEA est à proscrire. Par contre, concernant les retards de livraison, l'AVEA peut les combler en partie ou totalement : ainsi, compte tenu des délais de livraisons plus courts par AVEA (Cf. paragraphe précédent), celui-ci est en mesure de remédier à un retard dû à un aléa au niveau de la production (vices au niveau des moyens mis en œuvre, des méthodes, de l'ordonnancement et du suivi des matières et pièces entrant dans la composition du produit final ou encore problèmes émanant de la main d'œuvre et qui tendent à modifier de manière conséquente le plan de production), voire au niveau d'un moyen de transport connexe et concurrent à l'aérostat ; de tels risques générés par les vecteurs de transport et non prévus existent comme, par exemple, la montée des eaux du Danube qui a bloqué les acheminements, qui devaient y transiter, pendant des semaines en laissant à quai la marchandise. Ceci nous interpelle aussi pour insister sur la fiabilité du transport par AVEA et ce, surtout pour un nouveau mode qui doit faire ses preuves. Le marché du dirigeable lourd ne prendra de l'importance que lorsqu'il aura prouvé, entre autres, sa fiabilité qui doit être par ailleurs supérieure aux modes concurrents.

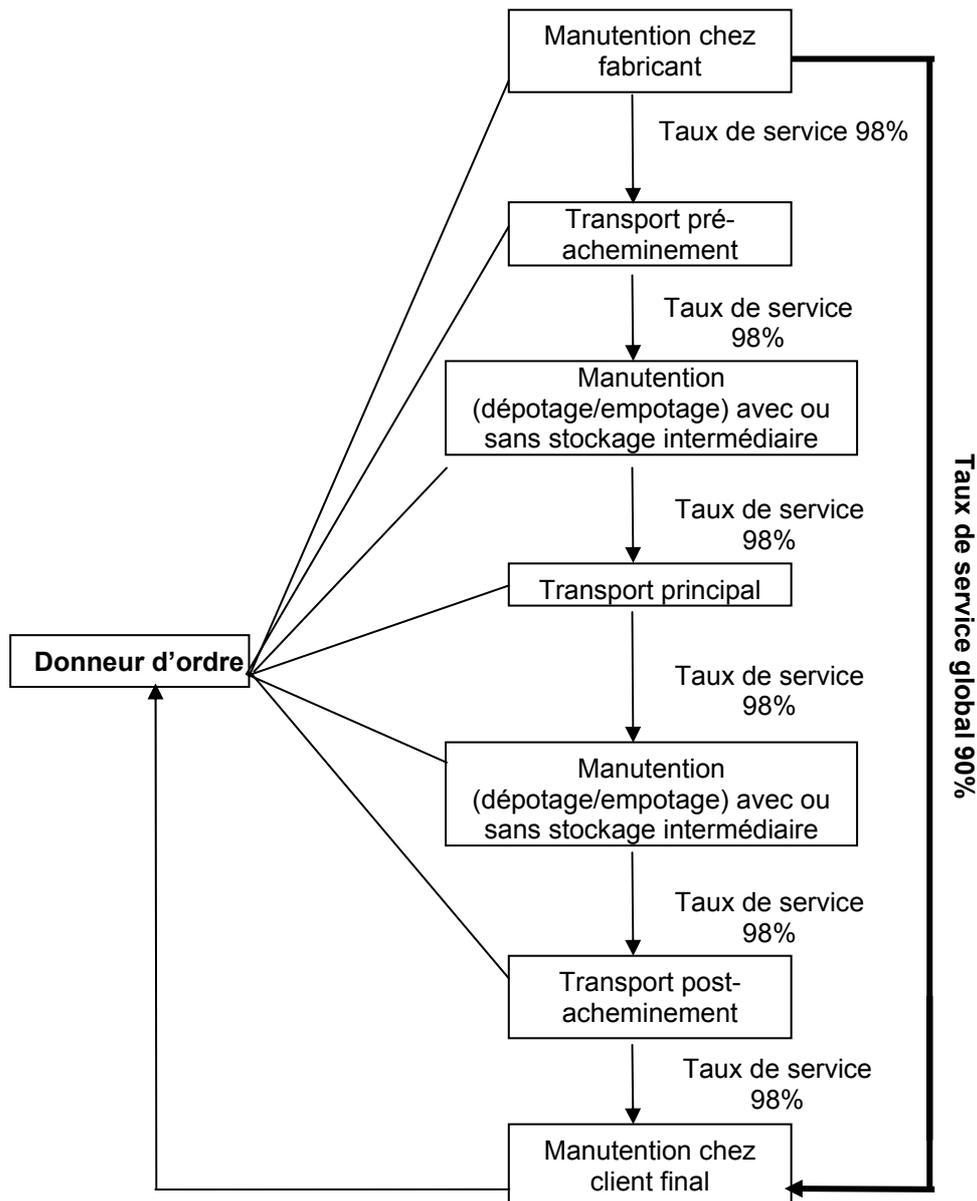
- Une simplification de la chaîne de transport

Au travers des enquêtes menées auprès des usagers potentiels du dirigeable et au-delà d'une qualité de service que l'on déterminera ci-après, les industriels-chargeurs expriment un besoin de service global, c'est à dire que le dirigeable devrait être à même de réaliser, à la fois, le transport et la manutention d'une pièce dans une opération d'acheminement et ce, sans rupture de charge d'où, notamment, un impact baissier sur les primes d'assurances honorées directement ou indirectement par le chargeur. Dès lors, la chaîne de transport serait grandement simplifiée et verrait la participation d'un nombre d'acteurs réduits. De plus, dans certaines opérations d'acheminement dites linéaires, les services transport et logistique des entreprises-chargeurs concernées peuvent suivre et organiser l'acheminement de bout en bout sans passer par l'entremise d'un commissionnaire de transport. Cette pratique reste apparemment non conforme par rapport à la tendance actuelle poussant à l'externalisation de fonctions en marge du métier de base de l'entreprise. Toutefois, cette démarche de contrôler le transport d'une pièce par l'entreprise productrice a été constatée chez ABB Kraftwerke (Suisse) qui effectue lui-même l'ensemble des opérations liées à l'acheminement de son produit, y compris l'affrètement des moyens. De plus, cette philosophie s'inscrirait, du

moins théoriquement, dans le cadre des industries relevant du monde production interpersonnel décrit au chapitre 2 de ce rapport. On y trouve en effet les grands équipementiers et les intégrateurs.

D'un point de vue de la qualité de service, la simplification de la chaîne de transport induit quasi-immanquablement une amélioration du taux de service global.

Pour s'en persuader, il suffit de regarder l'exemple ci-dessous valable dans le cas d'un transport intercontinental plurimodal.



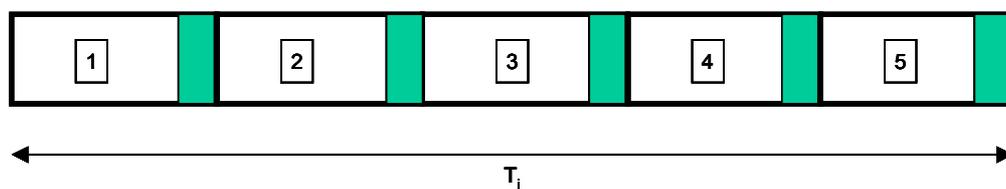
Dans un tel schéma, le donneur d'ordre a imposé à chacun des intervenants de la chaîne un taux de service de 98%. Chacun peut très bien le respecter sans qu'on ait pour autant la certitude que le client final obtiendra le niveau de qualité requis. Dans le cas présent, nous serons plus proche de 90% que de 98%. Toutefois, il est clair que si des relations de partenariat stables s'instauraient entre les différents acteurs de cette chaîne, le taux de service global ne subirait pas une telle détérioration. La démarche partenariale obligera les divers opérateurs à une réflexion solidaire par rapport aux besoins du client final. Elle se traduira dans le concret par la mise en place d'une démarche qualité commune orchestrée par le responsable de la chaîne de transport. Cependant, la construction d'un tel réseau

n'est pas sans difficultés et exige un effort de suivi soutenu. Le recours à l'AVEA comme vecteur de transport élimine un certain nombre d'acteurs en charge auparavant d'opérations désormais intégrées au mode « dirigeable lourd », ce qui augmente les chances d'entretenir le taux de service global à la performance fixée, en l'occurrence ici 98%.

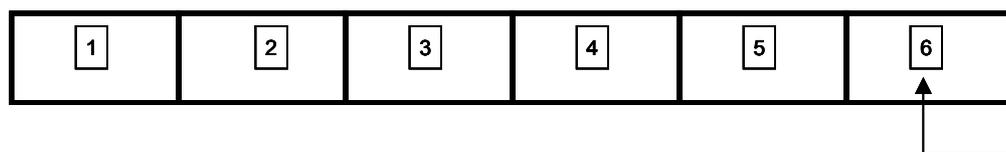
- Intégration de la supply chain

En intégrant l'avantage de diminution des délais de livraison, rendue possible grâce au dirigeable lourd, à l'ensemble de la chaîne logistique, on remarque que, pour une cadence de production maximale fixée, une diminution du temps de livraison alloue davantage de temps à la production. Ce temps additionné sur une période de « fabrication » permet d'accroître la capacité réactive de production de l'unité industrielle.

Sans utilisation de l'AVEA



Avec utilisation de l'AVEA



Supplément de la capacité de production: 6 unités au lieu de 5

i Produit i

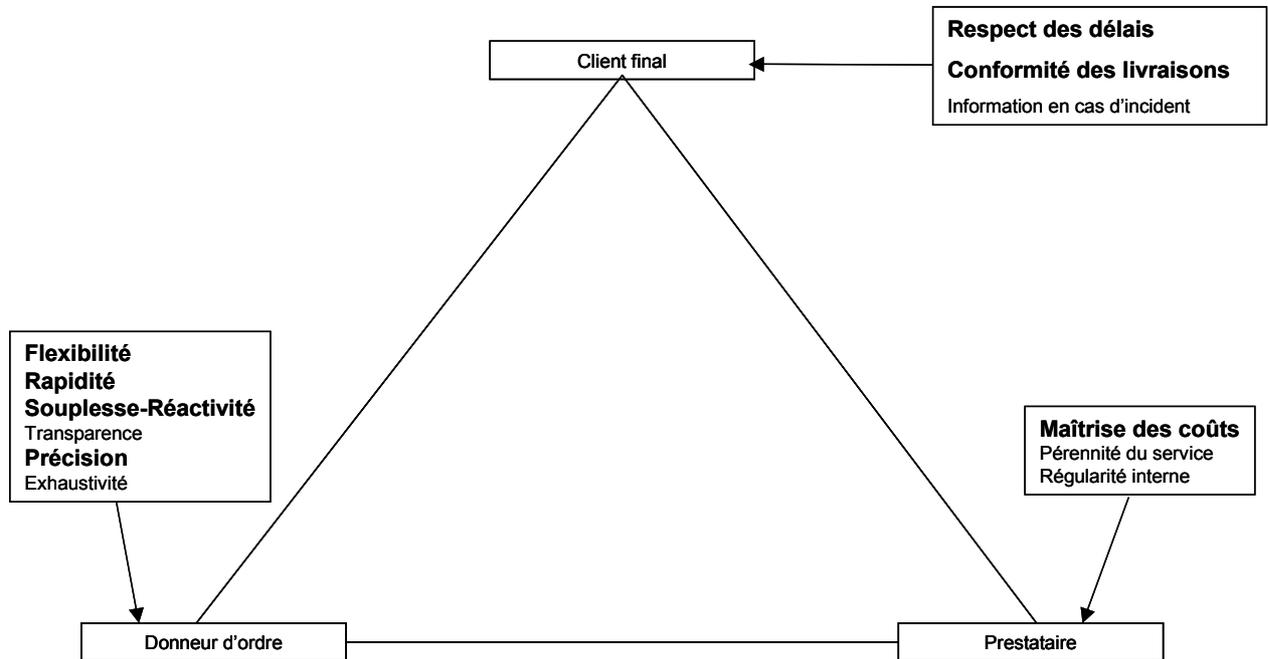
 Gain de temps de livraison par rapport à la solution sans AVEA aboutissant au gain de capacité réactive de production

T_i Période de production considérée (en terme de durée d'analyse)

L'effet d'accroissement de la capacité de produire peut être plus important d'un cas à un autre et sa valorisation de même, selon que l'unité considérée a une marge suffisante de capacité de production ou non. De plus, dans des industries où le temps de livraison a une incidence aussi bien au niveau amont (approvisionnement) qu'aval (produit fini) de la chaîne de production, l'apport de l'AVEA converti en capacité est intéressant dans la mesure où l'on peut aussi optimiser le flux amont des produits semi-finis lourds et/ou encombrants et l'adapter aux mouvements physiques de la chaîne logistique globale. A noter que cette augmentation de la capacité réactive de production est également perçue par le client final qui peut, compte tenu du « nouveau » plan de production permis par l'AVEA, optimiser sa marge de manœuvre propre et entrer en possession plus tôt de son matériel à une fin d'utilisation plus précoce et une probabilité de retour sur investissements plus rapide.

- Qualité de service perçue par le client final

La problématique de la qualité de service de chacun des acteurs du trio (donneur d'ordre, client final, prestataire) peut être résumée au travers du schéma général ci-dessous, auquel obéit également l'exploitation de l'AVEA.

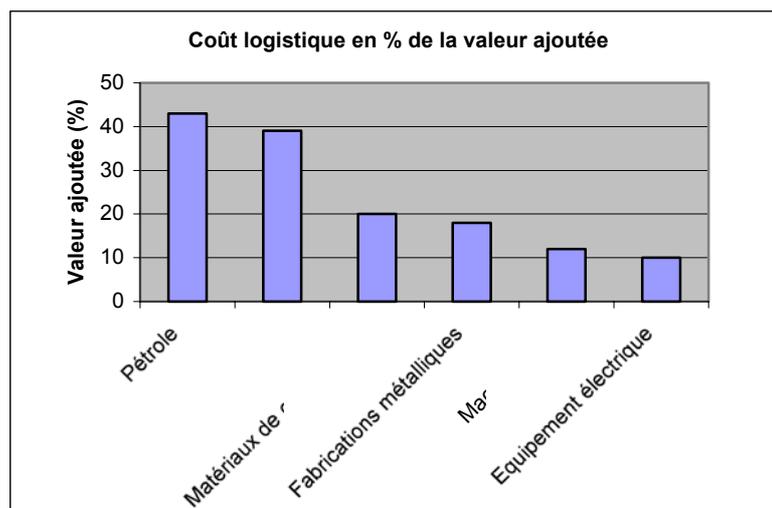


Les critères en gras dans le graphe ci-dessous renvoient plus précisément aux qualités demandées à l'AVEA et seront à même d'influer sur le choix modal du chargeur ou de son client selon le type de contrat commercial existant.

Il faut retenir que, vis à vis du client final, la perception de la qualité de service à la fin de la chaîne logistique dépend des critères délais, conformité et information en cas d'incident. Le facteur « délais » constitue l'élément qui concerne le plus directement l'AVEA car il renvoie à la notion de fiabilité et de performances de navigabilité de l'engin qui dépendent directement de l'offre technique du système, en l'occurrence degré de sécurité du dirigeable, vitesse, sensibilité aux aléas atmosphériques et moyens d'y remédier, précision du positionnement liée à la manœuvrabilité de l'aérostat (motorisation et autres), à sa stabilisation, à la définition opérationnelle de l'interface de levage et à ses systèmes annexes d'amarrage. Que ce soit pour le donneur d'ordre, le futur client ou le prestataire du dirigeable, des indications précises quant aux éléments cités ci-dessous doivent être données sous l'angle opérationnelle, ce qui aidera, entre autres, à affiner le volume du marché potentiel de l'AVEA ainsi que la détermination de sa faisabilité économique, sans quoi seul un calcul probabiliste de rentabilité pourra être mené avec toutes les contraintes que ceci comporte.

Le coût :

Globalement, le coût logistique d'une opération est connu. Le graphe suivant décrit l'impact de ce dernier sur la valeur ajoutée. On y a rapporté les secteurs d'activité susceptibles de générer un trafic en faveur de l'AVEA.



En revanche, la notion de coût logistique s'avère très difficile à déterminer spécifiquement (détermination du coût par tâche) et elle l'est encore plus du fait de l'intégration dans la chaîne actuelle d'un ou plusieurs prestataires de divers bords. Cette difficulté a été rencontrée dans les enquêtes menées où les divers interviewés, donneurs d'ordres du transport exceptionnel, n'arrivaient pas toujours à mettre en relation les diverses charges avec les étapes du processus logistique, malgré l'existence d'une comptabilité analytique au sein de leur entreprise.

L'introduction de l'AVEA en propre dans la chaîne de transport et la simplification de cette dernière, a fortiori la réduction du nombre d'intermédiaires, permettra d'aboutir à une correspondance claire « coût-tâche » et d'optimiser donc les coûts de transport directs voire indirects liés au stockage qui restent compressibles suite à une meilleure connaissance. Le prix de revient des produits manufacturés, intégrant une part transport, ne peut être ainsi que mieux cerné. A ce propos, G.E affirmait au sujet du levage d'une turbine dans le cadre d'une opération de transport exceptionnel : *« Il est difficile pour un équipement individualisé d'en extraire son coût de levage spécifique qui est généralement amorti ou totalement dilué dans une activité générale de levage sur le long terme. Par ailleurs, la mobilisation d'engins de levage de forte capacité ne se justifie pas uniquement par rapport à quelques équipements lourds mais en fonction de l'emplacement opérationnel d'équipements de toute nature pouvant requérir une capacité de levage extrême suivant l'abaque de l'engin. »*

Dans un autre registre, nous allons proposer ci-après un modèle de calcul du coût d'exploitation du dirigeable, élément incontournable dans le choix modal du chargeur et paramètre de la chaîne logistique. Cette formalisation permettra de mettre en relief, une fois de plus, l'analyse systémique qui prévaut dans une étude de faisabilité économique d'un projet innovant. De nombreuses méthodes parmi lesquelles l'analyse de la valeur, plus particulièrement adaptées au niveau de la conception des produits et dont l'idée de base est de réussir une adéquation la plus ajustée possible entre les besoins des utilisateurs d'un produit (au sens large) et les coûts associés en procédant à une définition des fonctions pertinentes à la fois sous l'angle technique et économique, pourront alimenter de manière de plus en plus détaillée le modèle proposé. Ce coût d'exploitation, une fois connu, sera implémenté dans le calcul de la rentabilité économique.

Paramètres	Frais annuels	Débit de transport annuel	Coût de transport à la t.km
X : coût engin (FF) V : vitesse (km/h) m : charge utile (t) θ : durée de vol annuelle (h) E : frais d'équipage (FF)	$F = aX + bV^3 + E$ a = {amortissement, frais financiers, entretien, assurances} b = consommation énergétique (carburant)	$Q = m\theta V$	$c = (aX/V + bV^2 + E/V) / m\theta$

Adapté du modèle de Balaskovic

θ : dépend de la réglementation mais aussi des caractéristiques techniques du dirigeable (comportement vis à vis des conditions atmosphériques, durée annuelle de maintenance où le dirigeable n'est pas opérationnel). θ dépend aussi intrinsèquement du volume d'activité du marché potentiel de l'AVEA.

b = f(vitesse, charge utile, type de motorisation) ; une courbe donnant l'évolution de la consommation énergétique en fonction de chacun de ces paramètres est nécessaire.

Amortissement : Il s'agit en réalité de la valeur de l'investissement, c'est à dire le coût d'un dirigeable tenant compte des spécificités techniques mais aussi **opérationnelles** exprimées par les futurs usagers du dirigeable ; besoins retracés le long de cette étude. L'application de la méthode de l'analyse de la valeur pourrait aider à déterminer ou du moins cadrer, dans une première étape, l'investissement nécessaire ventilé selon les besoins des chargeurs traduits en fonctions techniques.

Dans le cas d'une vision plus globale de la démarche logistique, la notion de coût appréhendée par un chargeur n'est pas déterminante à elle-seule. On assiste en réalité à un arbitrage. L'augmentation des frais inhérents à l'accomplissement d'une tâche est acceptée s'il en résulte une réduction proportionnellement plus forte des dépenses engagées dans l'accomplissement d'une ou plusieurs autres activités. Il est ainsi possible d'envisager le recours à une organisation de transport plus onéreuse si celle-ci permet en contrepartie de dégager des économies substantielles en matière de levage, finition ou stockage par exemple. Ceci peut être le cas de l'AVEA pour des opérations de moyenne envergure où le recours au dirigeable en tant que moyen de transport risque d'être plus coûteux que les vecteurs conventionnels.

Dans cette même optique, les entreprises visitées affirment accepter une surenchère de l'AVEA jusqu'à 30% (principalement pour les charges de plus de 120 tonnes) si ce dernier peut réaliser, en sus du transport, :

- les opérations de manutention/levage finales et intermédiaires sans rupture de charge et avec une précision équivalente à celle d'une grue
- la garantie des délais
- la qualité du service

Ainsi, si la notion de réduction du coût global est un des principaux enjeux de la chaîne logistique, la qualité de service rendue devient un facteur de différenciation et d'avantage concurrentiel par rapport aux compétiteurs en présence. Il devient donc nécessaire d'intégrer le service dans les arbitrages. L'augmentation des frais inhérents au service peut ainsi être acceptée si elle conduit à une amélioration du positionnement global de l'entreprise considérée.

3. Indicateurs de performances

La performance occupe une place centrale dans les mécanismes de contrôle. En effet, elle recouvre des concepts aussi divers que l'efficacité, l'efficience, la productivité... ; chacun de ces termes ayant une acceptation théorique précise bien que, souvent, des ambiguïtés puissent subsister.

Pour notre part, nous définirons l'efficacité comme la capacité à réaliser des objectifs et nous retiendrons la définition économique de l'efficience qui se réfère au ratio *output/input*. L'accroissement de cette dernière provient de la maximisation de l'utilisation de ressources qui passe par l'augmentation de la production sans accroissement des coûts, ou de la délivrance d'un niveau de production ou de service donné en réduisant les dotations factorielles (Desreumaux, 1992).

Les indicateurs de performance des réseaux de transport/distribution proposés par Stern et El-Ansary (1992) sont au nombre principal de deux :

- L'efficacité
 - o Distribution (capacité à fournir le niveau de service demandé par les clients). Un indicateur pourrait être, comme on l'a vu plus haut, le taux de qualité de service.
 - o Stimulation (capacité à stimuler la demande pour optimiser l'activité). Dans le cas de l'AVEA, il découle de cet aspect celui d'une construction optimale de réseau commercial alimentant de larges zones potentiellement demanderesses d'un transport par dirigeable lourd tout en minimisant les dépenses globales d'exploitation à la charge du prestataire. Le recours à la logique du groupage est également un autre élément de stimulation dans la mesure où, selon la tarification du mode, le chargeur affrètera un engin de 200 tonnes et pourra y transporter jusqu'à concurrence de cette charge utile ou encore, la tarification sera à la pièce et l'exploitant est libre de compléter le volume encore à disposition par une marchandise d'un client-tiers jusqu'à également concurrence de la capacité de l'aérostat retenu.
- L'efficience :
 - o Productivité (optimisation des ressources physiques mises en œuvre)
 - o Rentabilité (optimisation des ressources financières mises en œuvre). Il s'agit là d'un des objectifs du programme AVEA, partie qui pourrait faire l'objet d'une analyse ultérieure.

Avant de développer plus en détail cette partie, il convient de noter que les indicateurs ont pour but de fournir une vision synthétique d'un projet et ne remplacent en aucun cas l'analyse systémique, garante du contexte et des multiples interactions qui prévalent dans un projet à forte composantes novatrices (produit et pratique), telle qu'elle a été traitée jusqu'à présent dans cette étude.

La productivité peut être abordée de diverses manières dans le cas de l'AVEA. Il peut s'agir

- de la définition de base :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Quantité transportée}}{\text{Nombre d'AVEA en exploitation}}$$

- de la productivité du moyen de transport :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Quantité transportée}}{\text{Temps d'activité de l'AVEA}}$$

Dans le cadre de cette étude, la productivité sera approchée comme suit (période annuelle) :

$$\text{Productivité} = \frac{\text{Tonnes-km transportées}}{\text{Coût total réel du transport}}$$

Le choix de cette formulation permet de comparer directement l'AVEA à son principal concurrent, la route, sur la base d'une unité de mesure largement utilisée en transport de marchandises, à savoir la tonne-kilomètre.

Il est à noter que l'on s'est basé sur un coût de transport par AVEA de 40 000 FF/h de transport-levage effectif qui correspond à une limite dictée par les utilisateurs pressentis du dirigeable - *domaine industriel et BTP pour les opérations à caractère non urgent, c'est à dire n'ayant pas, dans le cas de l'industrie, nécessité l'usage d'un avion gros porteur* - et qui n'est pas à dépasser théoriquement (respectivement 32 500 FF/h pour une configuration 200 t et 45 500 FF/h pour une configuration 500 t) ; ce coût intégrerait les externalités positives induites par l'« Aile Volante » (gain de temps, qualité ...).

Pour des besoins de comparaison directe, on a retenu un temps d'exploitation légal de 9h par jour (réglementation du temps routier de transport des marchandises en France).

Hypothèses :

- AVEA
220j/an d'exploitation compte tenu d'un besoin de maintenance et des conditions externes, notamment les aléas atmosphériques, la réglementation du transport
Phases de chargement/déchargement et d'approche au départ et à l'arrivée du colis : 3h
Vitesse moyenne de 70 km/h, soit un transport de 100 t sur une distance de 420 km
- Transport exceptionnel routier
300j/an d'exploitation
Vitesse moyenne de 20 km/h, soit un transport de 100 t sur une distance de 180 km
Coût approximatif de 500 000 FF (estimation moyenne)

Sur la base de ces hypothèses grossières mais enclins à fournir un ordre de grandeur satisfaisant pour des missions similaires, on trouve :

Productivité de l'AVEA \approx 26

Productivité « route » \approx 11

⇒ l'AVEA développerait ainsi approximativement une productivité 3 fois supérieure à celle de la route

Ce résultat est à considérer avec précaution !

Un autre indicateur intéressant à déterminer et à fort impact sur la rentabilité du projet est le taux d'activité de l'AVEA qui renseigne également sur sa disponibilité « absolue » (paramètre moins significatif pour un chargeur que la disponibilité « relative » qui dépend de l'organisation de l'exploitant de l'aérostat).

$$\text{Tx d'activité} = \frac{\text{Heures d'exploitation}}{\text{Temps morts (maintenance, conditions atmosphériques, réglementation)}}$$

Cet indicateur, intéressant pour le futur exploitant, ne peut être valablement déterminé que sous conditions des **performances techniques sous-jacentes**.

IV. Contraintes/exigences d'exploitation :

Cette partie a pour but de mettre en exergue, sous forme synthétique, les besoins des futurs usagers de l'AVEA, ainsi que les contraintes qu'ils « imposent » à la définition technique du dirigeable considéré. La majorité de ces facteurs a déjà été analysée dans les volets précédents de ce rapport sous divers angles.

1. Performances opérationnelles de l'AVEA

<i>Configurations de l'AVEA (Charge utile)</i>	<p>Selon les besoins du marché actuel, les configurations 200 t et 500 t de charge utile sont bien adaptés. La configuration 200 t devrait être en plus grand nombre que la 500 t au départ du lancement de l'engin. Il est cependant à signaler que le marché 500 tonnes existe déjà et est même important. Des industriels à l'instar d'Alstom prévoient sur la base de l'évolution de la demande de leurs clients et d'une analyse de données historiques, un glissement du marché au-delà de 500 t (tranche 500-1000 t) dans les 10 ans à venir. A cet égard, l'aspect « modularité à la production » permis par l'assemblage de MAP semble une solution intéressante pour ces chargeurs. A noter également que le secteur pétrolier et para-pétrolier serait déjà plus enclins à utiliser un dirigeable de charge utile 1000 t que 500 t en raison de la nature de ses équipements comme le rapporte Bouygues Off Shore pour son exploitation en mer essentiellement.</p> <p>Dans le registre « humanitaire », particulier de par sa nature, des dirigeables de capacité d'emport de 50 tonnes seulement seraient nécessaires. Au-delà de cette capacité, il se pose des problèmes logistiques, de stockage (entretien, coût) et d'environnement (sécurité du personnel des organisations humanitaires garantissant le gardiennage des bases logistiques, pillage ...). Ce marché est intéressant du fait que les zones en crise manquent généralement d'infrastructures de communication, sont difficilement accessibles et, dans le cas d'opérations lourdes, les transports par convois de camions sont peu efficaces (exploitation saisonnière oblige en période de pluies par exemple puisque la majorité des pistes se trouve inexploitable - cette situation a été rencontrée au Sud Soudan - ; catastrophes naturelles telles que El Nino) si on venait à les comparer à une solution aérienne de grande envergure permise par une flotte de dirigeable de capacité moyenne (50 t). Notons que ce marché « humanitaire » drainerait, pour le dirigeable lourd, d'après le Programme Alimentaire Mondial et certaines analyses, un volume avoisinant les 150 000 tonnes par an, sous réserve de contraintes techniques (Cf. ci-après). Mentionnons la possibilité de largage de vivres à partir du dirigeable. Il s'agit d'une pratique couramment utilisée et expressément réclamée par les professionnels du secteur.</p>
<i>Vitesses</i>	Pour le secteur industriel, une vitesse commerciale de l'ordre de 100 km/h est satisfaisante et, en l'absence de rupture de charge, concurrencerait même un transport principal par avion cargo qui reste assister de transports annexes initiaux et terminaux qui grèvent la durée totale

	<p>de l'acheminement. Pour le BTP, une vitesse de 50 km/h est aussi intéressante.</p> <p>Dans le domaine militaire, il semblerait, par contre, que la vitesse de 100 km/h soit trop faible. Lockheed Martin, avec le soutien de la Nasa, développe un aérostat lourd de charge utile 500 tonnes pouvant évoluer à 230 km/h.</p> <p>Dans le domaine « humanitaire », une vitesse de 100 km/h est acceptable, mais l'important est de pouvoir développer, en cas de nécessité (aspect sécuritaire), une vitesse d'ascension et de descente importante de l'ordre de 60 m/s (avec, le cas échéant, une phase d'approche réduite à 1,5 voire 3 km du lieu précis d'atterrissage)</p>
<i>Distance franchissable</i>	La valeur proposée de 10 000 km semble parfaite pour tous les secteurs identifiés. Le BTP tabletrait même sur une valeur de l'ordre de 2000 - 3000 km.
<i>Altitude</i>	Pour les opérations courantes, un plafond de 5 000 m est recevable.
<i>Exploitabilité technique</i>	<p>Il s'agit ici de connaître la durée annuelle de stationnement obligée de l'AVEA pour raison de maintenance. Une exploitabilité de l'ordre de 300 j/an serait idéale.</p> <p>Pour les futurs investisseurs, une indication essentielle concerne l'amortissement de l'aérostat. Eu égard à un coût d'exploitation pressenti de l'ordre de 40 000 FF/h d'opération effective et sur la base d'un investissement initial probable de l'ordre de 800 millions de FF (valeur haute car correspondant au coût du prototype intégrant le développement) et d'une exploitation journalière de 9 h à raison d'une moyenne de 220 jours par an, une durée d'amortissement de 10 à 15 ans est nécessaire.</p>
<i>Comportement physique</i>	Il s'agit ici de décrire le comportement du dirigeable aux conditions atmosphériques (vent, pluie, neige et amplitude thermique).
<i>Manœuvrabilité/maniabilité</i>	Ce critère concerne la « pilotabilité » du dirigeable qui devrait être maniable instantanément lors d'actions sur ses commandes à l'image d'un avion ou d'un hélicoptère.
<i>Sécurité</i>	Il s'agit là de la sécurité ou plutôt de la fiabilité technique du dirigeable assurée lors de l'étape de certification, mais également des systèmes d'arrimage de la charge. Des moyens techniques doivent être mis en œuvre pour éviter tout choc, roulis ou tangage susceptible de détériorer le produit transporté (cas des colonnes de distillation d'Air Liquide).
<i>Interface de levage</i>	La manutention d'un colis lourd devrait se faire assez rapidement (de l'ordre d'une à deux heures pour un colis de 100 t) et satisfaire à une précision de pose ou d'emport similaire à celle d'une grue. En matière de BTP, des guides au sol, voire des systèmes d'amarrage du dirigeable, pourront compléter la performance de l'interface de levage de l'AVEA pour arriver à une précision de l'ordre du mm.
<i>Système d'élingues/berceau (les deux solutions sont réclamées par les usagers potentiels du dirigeable)</i>	Une définition précise du système d'élingues et la configuration du berceau, le cas échéant, doivent être fournies. Le système d'élingues devra être flexible, multi-points de manière à s'adapter à toute charge. Pour le berceau, eu égard aux différences majeures entre les diverses opérations possibles par dirigeable, il est souhaité, d'un point de vue économique et de concert

	avec le comité des usagers AVEA, de définir un standard tenant compte d'une pluralité de formes de « pièces » à acheminer, d'un besoin de simplification des opérations de chargement/déchargement (accélération notamment des opérations) et de limitation des investissements pouvant être requis lors de chaque transport.
<i>Module de « rigidification »</i>	Pour certaines pièces ne pouvant accepter la moindre déformation au-delà d'un certain seuil, en l'occurrence les poutres et futures travées de ponts, il est nécessaire que le « système d'élingues » soit rigide ou comprenne un intermédiaire rigide qui ne transmette pas de déformation à la charge transportée (dans le cas du BTP, un berceau pourrait limiter les portées des poutres d'où, probablement, un usage plus généralisé du système d'élingues).

Concernant le système d'élingues versus berceau, un industriel-chargeur affirmait :
« Si l'AVEA offre la possibilité de transporter une masse indivisible en configuration « prêt à poser sur massif de fondation » jusqu'à son lieu définitif d'opération en évitant un stockage intermédiaire, les berceaux de transport peuvent s'avérer être facultatifs même si des supports de fortune temporaires à impact économique quasi négligeable, de type calmarteaux par exemple, devaient être utilisés pour l'équipement concerné en attente d'évacuation. Quant aux équipements disposant de leurs propres supports métalliques intégrés, il n'y a pas lieu de considérer de berceaux temporaires ; l'économie sur des berceaux définitifs pourrait, quant à elle, se chiffrer aux alentours de 200 000 FF ».

2. Réglementation

La réglementation et son harmonisation à l'international constitue une composante essentielle et conditionne amplement le marché futur de l'AVEA. Parmi les remarques à ce sujet formulées par les usagers potentiels du dirigeable, on note :

- les tranches journalières admissibles d'exploitation : jour, nuit ou les 24 h. Evidemment, une exploitation en continu est demandée par les chargeurs. Il est à noter que dans le cadre de l'affaire de l'Airbus A 380 concernant le choix du mode d'acheminement entre Bordeaux et Toulouse, la DGAC, compte tenu de la circulation aérienne aux alentours de Blagnac, a avancé qu'un dirigeable ne pouvait se poser qu'à une dizaine de kilomètres d'Aéroconstellation (zone d'assemblage de l'A 380) et dans l'intervalle horaire 23 heures - 5 heures du matin. Cette fourchette reste contraignante mais l'importance de cette mesure peut être dépassée moyennant une organisation et une planification de la production et des transports adéquates et rigoureuses en amont et dans l'usine d'assemblage du gros porteur. En revanche, la rupture de charge créée la dizaine de kilomètres à effectuer par moyen terrestre nécessiterait la construction d'un nouvel axe routier pour finir l'acheminement en plus du coût de location ou d'achat des véhicules routiers, ce qui viendrait alourdir le coût de l'opération et éloignerait la perspective d'utiliser l'aérostat lourd.
- la possibilité ou non de survol de zones urbaines et péri-urbaines
- la possibilité d'intervention en milieu urbain, notamment au niveau de chantiers nécessitant l'usage de l'aérostat pour le transport et la manutention de pièces lourdes et/ou encombrantes. Ce point a été mentionné par Electrowatt Engineering (Suisse) dans le cadre d'une éventuelle réfection des voies de la gare de chemins de fer de Zurich
- la possibilité d'intervention directe de l'AVEA dans les zones portuaires ou au large dans le cadre de transports combinés « AVEA-Navire cargo »

- les couloirs aériens et plus précisément leur « tracé » éventuel au niveau de zones à proximité d'aérodromes. C'est le cas par exemple d'ABB Secheron (Suisse) localisée au voisinage de l'aéroport de Genève. Malheureusement, ce cas n'est pas isolé. Une interdiction formelle d'exploitation dans ces aires risque d'éliminer quasi-complètement le marché visé ; il ne sera pas forcément rentable de louer des moyens terrestres d'acheminement de charges lourdes jusqu'à un point où l'aérostat pourrait prendre en charge le reste des opérations ; ceci à moins que ce service soit intégré et effectué par la même société qui exploitera l'AVEA (économie d'envergure, logique de feeder).

Afin de procéder ultérieurement à un calcul de rentabilité économique réaliste et simuler une exploitation de l'AVEA, il serait convenable de disposer d'éléments de réponse (intentions) à ce sujet de la part des autorités concernées (armée, DGAC), et ce pour alléger les scénarii considérés.

3. Aspects logistiques, économiques et administratifs

Ce paragraphe traite essentiellement de paramètres liés à l'exploitation et qui ont un impact déterminant sur le choix modal opéré par le chargeur ou son/ses représentant(s).

Tout d'abord, le coût d'exploitation constitue un premier indicateur quant au choix à opérer. Ce coût, même si, en l'état, est plus élevé que celui des modes concurrents (jusqu'à 30% environ d'après l'échantillon d'usagers enquêtés) doit rester compétitif et constituera un critère déterminant lorsqu'il lui sera intégré la plus-value logistique déclinée selon les facteurs suivants :

- la régularité du transport (délais, disponibilité)
- la fiabilité et la conformité des livraisons (sécurité du transport entre autres)
- la réactivité qui peut se définir à l'égard de l'exploitant de l'AVEA comme sa capacité de réaction face à un aléa ou une activité inhabituelle ou non prévue
- la flexibilité qui peut être mesurée, dans le cas de l'AVEA, comme le seuil ou la limite mesuré par le pourcentage acceptable de variation de la demande hebdomadaire, mensuelle ou même annuelle par rapport à la prévision. Ce critère rejoint en partie la réactivité qui est également liée au parc d'AVEA disponible et ce, d'un point de vue exploitation, et à des facteurs techniques comme le comportement du dirigeable aux aléas atmosphériques
- la simplification de la chaîne logistique suite à une diminution du nombre d'intermédiaires (convoyeurs, escortes, multiplicité de transitaires et de transporteurs) et la moindre criticité des études techniques préliminaires à chaque opération (choix d'itinéraire, tracé, vérification de la sécurité structurale des ouvrages d'art empruntés ...). A propos de l'aménagement d'itinéraires, ABB Kraftwerke et Technip énoncent, en l'état actuel des moyens d'acheminement, : « Cette prestation (s'agissant de l'aménagement d'itinéraires) est à considérer de manière plus sensible pour le post-acheminement local entre le port de déchargement et un site peu accessible que pour la phase de pré-acheminement durant laquelle une prestation de relevage d'obstacles aériens aura un impact modeste (50 000 FF pour un colis de 500 t) ; les gros équipementiers/chaudronniers étant situés en façade maritime.
Pour des opérations en direction du Venezuela et de l'Egypte, les aménagements d'itinéraires (by pass, consolidation de ponts ou construction de ponts temporaires pour des colis supérieurs à 150 t et/ou hors gabarit) ont généré respectivement un budget de 135 000 et 180 000 \$US. En revanche, pour le Moyen Orient (péninsule arabique) par exemple, l'infrastructure locale existante, utilisée pour nos sites, n'a pas impliqué d'aménagement d'itinéraires »
- la possibilité de groupage à concurrence de la charge utile de l'aérostat (effet de masse) pour un même chargeur ou pour des clients différents mais, éventuellement, d'une même aire géographique de livraison

- la possibilité de transport combiné sans rupture de charge sous réserve d'options techniques (précision de pose et de dépose) et réglementaires dans l'optique d'un coût de transport compétitif (cas du combiné AVEA-Navire) et de haute qualité.

A ces critères purement logistiques découlant d'une exploitation plus ou moins spécifique par AVEA, on peut ajouter :

- les aspects administratifs et documentaires, en l'occurrence les formalités douanières. Ces dernières pourront faire l'objet d'une déclaration préalable en douane sommaire et le dédouanement effectif de la marchandise se fera à l'usine même (« dédouanement à domicile ») sous le régime des entrepôts francs ou des magasins sous douane. A noter que les 153 pays de l'Organisation Mondiale des Douanes sont signataires d'une facilitation et d'une harmonisation des procédures. La mise à la consommation du dirigeable et, éventuellement, de ses contenants de transport (berceau), ne devrait pas poser de problèmes
- les primes d'assurance de la « marchandise » transportée qui peuvent être revues à la baisse en raison de la fiabilité du mode (à noter que l'AVEA passera par au moins les mêmes phases de certification qu'un aéronef civil) et de l'absence de ruptures de charge génératrices d'avaries dans le cadre des transports conventionnels.

Ces divers éléments auxquels on peut ajouter la volonté politique pouvant influencer sur la demande via la nature de la tarification pratiquée (internalisation des coûts externes des modes concurrents à travers une tarification de type Ramsey-Boiteux - Quinet, 1998 - ; l'AVEA, étant un mode écologique, serait favorisé par cette mesure) ont un impact déterminant sur l'importance du marché potentiel de l'AVEA.

Une analyse multi-critère tenant compte de l'offre technique encore à préciser ou bien l'usage, moyennant une adaptation, du modèle SIMTRANS (Predit/DRAST, 1999) permettront de simuler l'évolution du marché potentiel de l'AVEA en fonction des critères cités ci-dessus.

4. Une logique bayésienne d'aide à la décision

Compte tenu des précisions techniques et autres que l'on a, à ce jour, la prise en compte des facteurs déterminés à l'alinéa 3 de cette partie se fera via une analyse bayésienne globale pour les secteurs d'activité « **industrie lourde** » et « **BTP** » (arbre de décision). On n'analyse pas ici des marchés plus spécifiques comme celui de l'humanitaire.

A cet effet, les facteurs identifiés au paragraphe 3 ont été agrégés et classés par ordre d'importance décroissant selon l'échantillon enquêté d'utilisateurs potentiels de l'AVEA.

On trouve :

- Paramètres d'exploitation
 - o Différentiel du coût logistique global de l'AVEA par rapport aux modes concurrents (pratiques de groupage et transport combiné non intégrés - voir ci-dessous -) : le seuil de comparaison est fixé à 0 (logique de comparaison à la Bertrand)
 - o Possibilité ou non de groupage
 - o Possibilité ou non de transport combiné
- Paramètre institutionnel :
 - o Réglementation souple versus contraignante
- Paramètres techniques liés à l'offre (vision technique) :
 - o Précision de pose/dépose
 - o Exploitation > 220 jours/an versus exploitation < 220 jours/an

Seuil de réaction explicité au cours des enquêtes menées

Dès lors, notons les cas suivants :

- 70% du trafic potentiel estimé AVEA correspond à « un différentiel du coût logistique global < 0 ».
- 30% du trafic potentiel estimé AVEA correspond à « un différentiel du coût logistique global > 0 ».
- 10% du trafic potentiel estimé correspond à « un coût logistique global avec AVEA $> 20\%$ sous contrainte d'un différentiel du coût logistique global > 0 ».
- 90% du trafic potentiel estimé correspond à « un coût logistique global avec AVEA $< 20\%$ sous contrainte d'un différentiel du coût logistique global > 0 ».

Compte tenu de la structure actuelle des coûts logistiques globaux du marché

- Si pas de groupage, 10% du trafic potentiel AVEA serait perdu.
- Si pas de transport combiné (i.e sans rupture de charge essentiellement), 30% du trafic potentiel AVEA) serait éliminé.

Ces deux facteurs sont liés à l'offre technique **et** à la réglementation qui sera appliquée au dirigeable lourd.

- Si la réglementation est rigide (contraignante), 40% du trafic potentiel AVEA serait perdu.

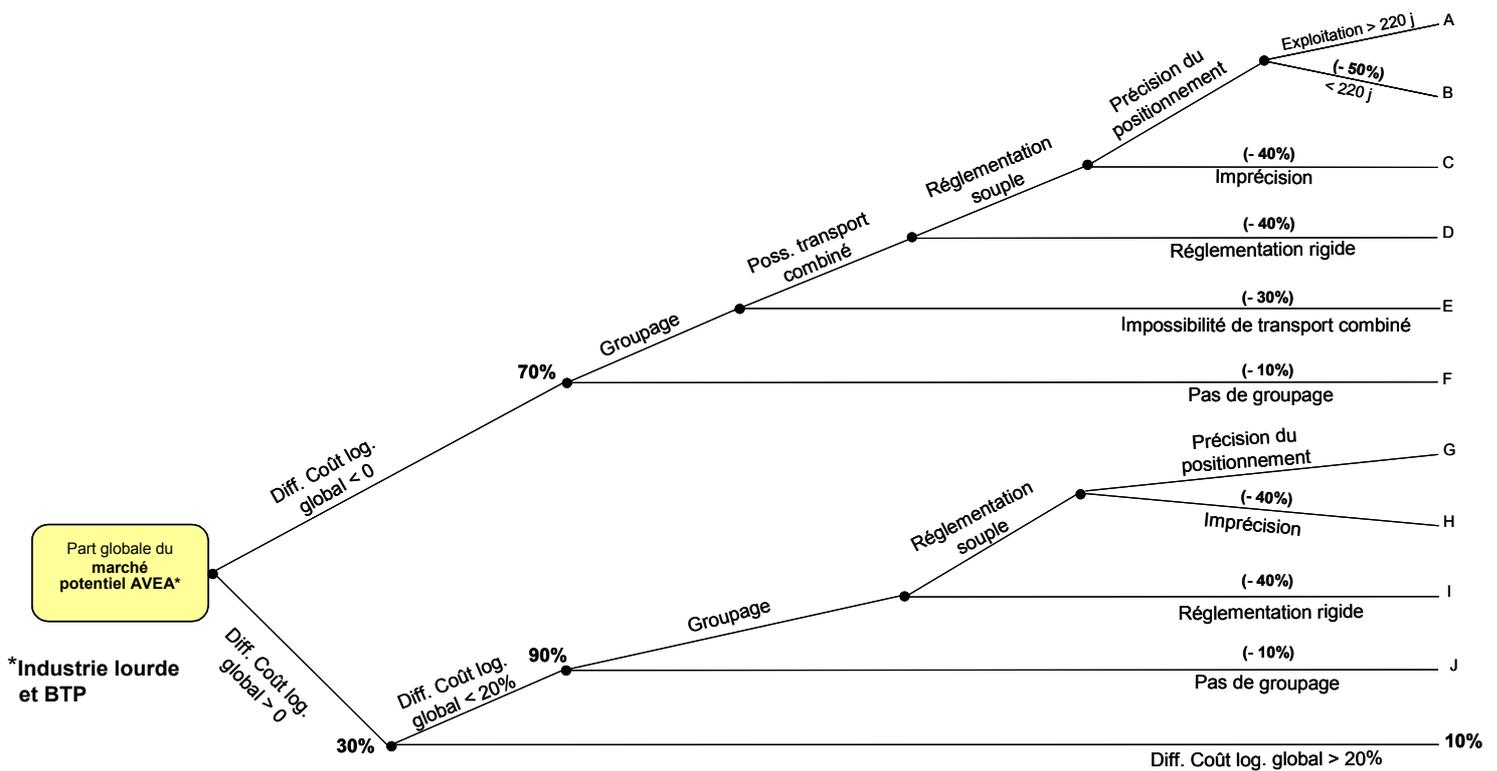
Ce paramètre dépend des autorités réglementaires (DGAC notamment) et, in extenso, de la volonté politique accordée au projet.

- Si la qualité du positionnement n'est pas précise (ordre de grandeur de celui d'une grue), 40% du trafic potentiel AVEA serait perdu.
- Si le nombre de jours d'exploitation de l'AVEA est inférieur à 220 j, 50% du trafic potentiel AVEA serait éliminé.

Ces facteurs dépendent de paramètres techniques (besoin et nature de la maintenance annuelle) et opérationnels (sensibilité du dirigeable aux conditions atmosphériques, précision du positionnement en situation perturbée).

Les propensions signalées pour les diverses situations ci-dessus dépendent des connaissances actuelles du domaine mercatique et découlent de l'attitude observée et des révélations faites par les usagers potentiels de l'AVEA qui ont été questionnés (Cf. rapport « Enquêtes AVEA »). Ces proportions sont amenées à se modifier en fonction de l'évolution des développements technique, opérationnels et de la position réglementaire adoptée. Le raisonnement opéré et la structure de l'arbre proposé ci-après resteront, en revanche, de vigueur. En améliorant les performances techniques de l'AVEA, le personnel en charge de son développement contribuera à accroître et à entretenir immanquablement la part réelle de marché de ce dirigeable.

Arbre de décision



Cet arbre de décision constitue un préalable déterminant pour l'adéquation de l'offre technique aux impératifs de coût (Cf. optimisation globale du système dans le cadre d'une méthode d'analyse de la valeur, de coût objectif - design to cost - ou encore de « coûts de non efficacité des équipements » développée par F. Boucly (1988)), mais surtout pour l'aide à la négociation des décideurs avec les autorités politiques, administratives et réglementaires (DGAC) et ce, dans une optique de maximisation du marché potentiel de l'AVEA sous contrainte d'un optimum collectif.

Nota :

La partie inférieure de l'arbre (branche principale « différentiel du coût logistique global > 0 ») concerne principalement les opérations à caractère particulier et/ou urgent d'où l'asymétrie de l'arborescence. Le transport combiné n'est par exemple pas une nécessité selon les industriels-chargeurs et transporteurs ayant ou devant opéré dans cette branche (en effet, un parallèle peut être fait ici avec les transports urgents par avion type Antonov AN 124 ou Boeing 747 Cargo).

Dans un contexte de marché plus global, il s'agirait par exemple d'opérations à destination/en transit passant par certaines régions enclavées ou en voie de développement, manquant totalement ou partiellement d'infrastructures de communication. Certains pays d'Afrique, d'Asie, de l'Europe de l'est ou encore les anciennes provinces de l'ex-URSS sont des cas d'application où l'utilisation de l'AVEA pourrait s'avérer vitale.

V. Développements futurs :

La précision du volume potentiel du marché de l'AVEA ainsi que l'illustration et la simulation exactes d'une chaîne logistique pourront être affinées via la réalisation d'études de cas concrets en partenariat avec les futurs usagers et les techniciens en charge de la conception de l'aérostat et ce, dans le cadre d'une connaissance technico-opérationnelle plus détaillée du système de transport en devenir et selon une démarche d'ingénierie concourante recommandée pour des projets similaires par divers experts à l'instar de Simon (1969), Navarre (1992) et Midler (1993).

Ces monographies combinés à des techniques de choix modal multicritères diminueront le risque associé au projet et permettront d'appréhender le calcul de sa rentabilité directe et, par suite, sociale (prise en compte qualitative et quantitative d'effets externes sous réserve de précisions quant à la consommation énergétique de l'AVEA et à la nature de sa motorisation) dans une optique relativement plus certaine.

Les études de cas et les résultats issus du calcul de rentabilité économique du projet permettraient de simuler, en collaboration avec un « armateur » probable de l'AVEA, un schéma d'exploitation lançant les bases d'un démarrage réel de l'activité « transport de charges lourdes et/ou encombrantes par dirigeable lourd ».

On propose ci-dessous une liste quasi exhaustive d'études de cas considérée comme nécessaire pour la poursuite ultérieure de l'étude.

- Simulation de transport au barrage des Trois Gorges en Chine de roues de turbines pour le compte d'Alstom avec prise en compte des aspects administratifs (opérations de transit, douanes) par Danzas/Sermat
- Transport de turbines avec revue du processus de production pour le compte de Nuovo Pignone et GE
- Transport de transformateurs et de vannes sphériques pour le compte d'Hydro-Québec / SEBJ dans l'environnement nord-américain (contraintes très largement différentes du contexte européen)
- Transport de modules para-pétroliers d'usines clés en main pour le compte de Technip avec prise en compte de l'aspect levage par Fostrans / Van Semeuren
- Construction d'une ligne électrique de 300 km de long au Pérou avec revue du processus de construction pour le compte de la SEBJ
- Construction du gazoduc « Papouasie-Queensland » avec revue du processus de construction pour le compte de Kvaerner, Bechtel et Egis
- Transport d'équipements lourds pour le compte d'Arianespace avec prise en compte de l'aspect assurance par AXA Global Risk
- Transport du fuselage de l'A 380 pour le compte d'Airbus
- Transport d'une tête de tunnelier pour le métro d'Amsterdam avec revue du processus de production pour le compte de NFM Technologies (Groupe Framatome)
- Transport de pylônes et de voussoirs du viaduc de Millau avec revue du processus de construction pour le compte du GIE Bouygues - GTM - Vinci
- Transport de maisons pré-construites avec leurs fondations pour le compte de la Maison Transportable
- Transport de camions miniers pour le compte de Caterpillar
- Transport de pelles hydrauliques pour le compte de Liebherr
- Application de l'AVEA et de la grue aérostatique au domaine portuaire en collaboration avec l'UPACCIM et le port autonome de Bordeaux (étude complémentaire)
- Etude de l'intermodalité dirigeable lourd / Rail pour le compte de la SNCF
- Etude détaillée de la complémentarité dirigeable lourd / Avion pour le compte d'ADP et de Cargolux

- Ouverture et mise en exploitation de nouvelles mines de cuivre et d'or pour le compte du Ministère québécois des Ressources Naturelles
- Aide au désenclavement économique de l'ouest chinois grâce à une meilleure accessibilité permise par l'AVEA (étude en collaboration avec l'Ambassade de France à Pékin et URBA 2000)
- Débardage des grumes pour le compte de la FAO (Afrique) et pour le compte de la province de la Colombie Britannique (Canada): simulation et comparaisons
- Distribution de vivres et de matériels de première nécessité depuis le port de Dar es-Salaam aux camps de réfugiés de la Région des Grands Lacs en Afrique pour le compte de la CNUCED, du PAM et du HCR (ONU).

Abréviations (Sigles) :

GE = General Electric (France)

SEBJ = Société de la Baie James (Canada/Québec)

UPACCIM = Union des Ports Autonomes et des Chambres de Commerce et d'Industrie Maritime (France)

SNCF = Société Nationale des Chemins de Fer (France)

ADP = Aéroports de Paris (France)

FAO = Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (ONU)

CNUCED = Conférence sur le Commerce et le Développement (ONU)

PAM = Programme Alimentaire Mondial (ONU)

HCR = Haut Commissariat des Nations Unies pour les Réfugiés (ONU)

En définitive, cette étude a permis d'estimer la demande en faveur du dirigeable lourd au niveau national et international selon les divers secteurs d'activité économique identifiés. Dans le cadre d'une analyse de risque, des scénarii ont été appréhendés et analysés à la fois pour calibrer, selon une distribution probabiliste, le potentiel mercatique de l'AVEA.

Dans une seconde étape, les différents centres industriels recensant les clients pressentis de l'aérostat ont été localisés. L'analyse de leur aire géographique de marché et de leur organisation de transport a permis de positionner quatre bases de stationnement de l'AVEA avec un champ d'intervention minimale de 800 km, compte tenu des spécificités techniques estimées et/ou révélées de l'engin.

On a également traité l'impact éventuel du dirigeable lourd sur les processus logistiques et de production en se basant sur la théorie de la proximité et des mondes de production empruntée à l'économie régionale et industrielle. Des résultats concluants en logistique ont été démontrés, à l'inverse des processus de production qui connaîtront, selon les secteurs, une timide évolution compte tenu des aspects structurels et organisationnels à forte inertie des entreprises, de la demande des clients (prévisions comprises) et de l'usage prévu pour les équipements phares à transporter par AVEA. Les sites et conditions d'exploitation, les besoins de maintenance et une éventuelle réutilisation partielle ou totale en fin d'opération ou de vie de ces équipements constituent des facteurs impliquant une garantie de modularité optimale dès leur phase de conception et, par suite, un prolongement des pratiques actuelles de production. Parmi les cas rencontrés dans les divers segments répertoriés, un exemple clair concernant la production d'un tunnelier pour le creusement du métro de la ville d'Amsterdam et cité par NFM Technologies (Groupe Framatome) confirme cette position.

Les contraintes et les exigences des usagers potentiels de l'AVEA ont été déterminées et agrégées par critère significatif. Leur lien avec l'offre technique, les facteurs politiques, administratifs et réglementaires et ce, dans une logique systémique, a été mis en évidence. Un arbre de décision a été proposé et montre l'évolution du volume du marché de l'« Aile Volante » en fonction de ces critères « construits ».

Enfin, on a proposé les études encore à mener pour garantir la faisabilité économique et opérationnelle de ce nouveau mode de transport de charges lourdes et/ou encombrantes.

Bibliographie :

- Simon S.A. (1969) version française (1991), *Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel*, Dunod
- Hakansson H. (1987), *Industrial technological development :a network approach*, London, Routledge
- Boucly F. (1988), *Maintenance : les coûts de non efficacité des équipements*, AFNOR Gestion
- Desreumaux A. (1992), *Structures d'entreprise*, Vuibert
- Howard W.G. Jr., Guile B.R. (1992), *Profiting from innovation : the report of the three-year study from the National Academy of Engineering*, New York, Free Press
- Navarre C. (1992), *De la bataille pour mieux produire à la bataille pour mieux concevoir*, Gestion 2000, n°6, Louvain, pp. 13-30
- Stern L.W., El-Ansary A.I. (1992), *Marketing channels*, Upper Saddle River, Prentice Hall
- Beckouche P., Damette F. (1993), *Une grille d'analyse globale de l'emploi. Le partage géographique du travail*, Economie et statistique, n°270, pp 37-50
- Midler C. (1993), *Gestion de projet, l'entreprise en question*, in Pilotage de projet et entreprises ; diversité et convergences, sous la direction de
- Salais R., Storper M. (1993), *Les mondes de production. Enquête sur l'identité économique de la France*, Editions de l'EHESS, Paris
- Storper M. (1995), *The resurgence of regional economies, ten years later : the region as a nexus of untraded interdependencies*, European Urban and Regional Studies
- Quinet E. (1998), *Principes d'Economie des Transports*, Paris, Economica
- Aérospatiale (N. Delattre / 1999), *Programme AVEA : rapport final des travaux Aérospatiale (première phase de 6 mois)*
- Bolis S., Maggi R. (1999), *Logistics strategy and transport service choices. An adaptive stated preference experiment*. 38th ERSA Congress, Dublin, août
- Predit/DRAST (Ministère de l'Equipement) (1999), *Prospective des transports de marchandises en France à l'horizon 2020 : le modèle SIMTRANS, Paris-La Défense*
- Burmeister A. (2000), *Familles logistiques : propositions pour une typologie des produits transportés pour analyser les évolutions en matière d'organisation des transports et de la logistique*, INRETS
- Maier G., Bergman E.M. (2000), *Trade and transport choices of member firms in major industrial clusters*. 6th RAI World Congress, Lugano, May